

Министерство образования Республики Беларусь

Белорусский национальный технический
университет

Механико-технологический факультет



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

ЛИТЬЕ И МЕТАЛЛУРГИЯ 2021



18 –19 ноября 2021 года

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Механико-технологический факультет

ЛИТЬЁ И МЕТАЛЛУРГИЯ 2021

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

18–19 ноября 2021 года

Минск
БНТУ
2022

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: **Чайка Е.Ю.**, **Питкевич А.А.**

СОСТАВИТЕЛИ: **Бежок А.П.**, **Иванов И.А.**

В настоящий сборник включены материалы докладов IV Международной научно-практической интернет конференции студентов и магистрантов «Литьё и металлургия 2021», 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**

Гидродинамическое волочение

Студенты: гр. 10402118 Левкович Е.В., гр.10402120 Капанец И.И.
 Научный руководитель – Томило В.А.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Режим гидродинамического трения, который обеспечивает полное разделение трущихся поверхностей, можно обеспечить таким образом: заготовка проходит через полость напорной волоки и вытягивается из нее через рабочую волоку. Смазка за счет сил адгезии к поверхности обрабатываемого материала и когезионного взаимодействия частиц захватывается шероховатой поверхностью заготовки и нагнетается в полость. Движению смазки в сторону, которая противоположна движению заготовки, противодействуют силы контактного трения, возникающие на поверхности канала напорной волоки. За счет касательных напряжений, действующих на границах слоя интенсивного течения, давление смазки повышается и достигает максимального значения на входе в рабочую волоку. По мере движения заготовки смазка заполняет шероховатости поверхности и между трущимися поверхностями заготовка – рабочая волока образует слой смазки, толщина которого соизмерима с глубиной впадин шероховатости поверхности заготовки.

Волочение проволоки с использованием комбинированных волочильных устройств включает напорную волоку, кольцо-насадку и рабочую волоку. Смазка перед напорной волокой захватывается движущейся проволокой и вовлекается в микрозазор в кольцах-насадках. В свою очередь микрозазор от кольца к кольцу уменьшается, таким образом давление смазки всё больше повышается, и в итоге у входа в деформационную зону рабочей волоки создаются условия жидкостного трения. Поэтому гидродинамическое волочение позволяет использовать и эмульсии или лёгкие масла, и достаточно густые смазки, например натриевое мыло. Условия, создаваемые жидкостным трением, позволяют проводить гидродинамическое волочение с повышенными скоростями при высоком качестве поверхности и точности протягиваемых изделий. Они существенно повышают стойкость волочильного инструмента.

Гидродинамическое волочение используют только в тех случаях, когда исключается возможность применения других, более простых способов волочения. Это происходит из-за необходимости использования насосов высокого давления и сложности заправки проволоки в волоку.

Гидродинамика процесса волочения изучена на достаточном уровне. На рисунке 1 показана наборная волока с вводной трубкой для волочения в гидродинамических условиях. Было установлено, что значительную роль при высоких скоростях волочения в отверстии матрицы играет гидродинамическое трение.

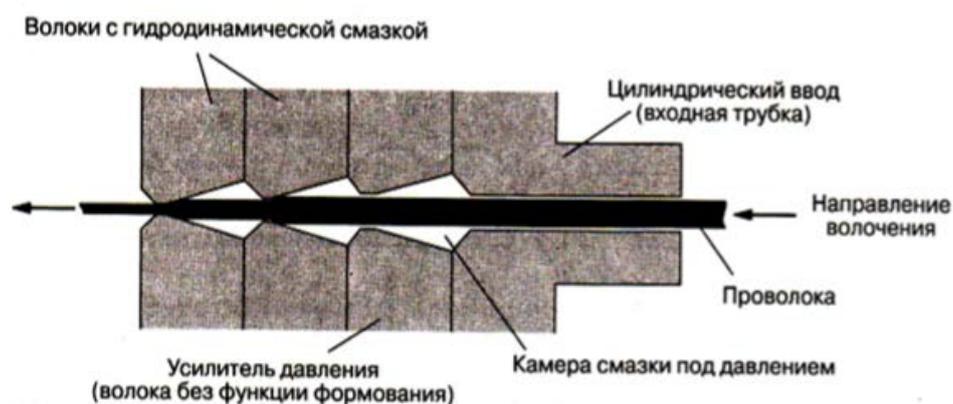


Рисунок 1 – Наборная волока тройного сжатия. Гидродинамическое волочение

Действие полярных противоизносных присадок – это важный фактор в условиях граничного трения, который позволяет избегать прерывистого движения.

Многочисленные усовершенствования и инструментов, и систем смазки направлены на полное разделение поверхности проволоки и отверстия волоки. Однако, как и в других процессах обработки давлением, непостоянный или полностью отсутствующий контакт поверхностей инструмента и заготовки приводит к образованию матовой или даже шероховатой поверхности изделия. В результате применение гидродинамического волочения ограничено первичными или промежуточными процессами.

В случае влажного волочения подача смазочных материалов осуществляется с помощью насосов, но это является весьма дорогостоящим процессом. В случае жидких смазочных материалов используются специальные схемы ввода проволоки, тогда как при сухом волочении можно использовать многофункциональные составные волоки. Хорошо известны системы подачи Кристоферсона для влажного волочения и Бисра для сухого волочения с применением мыл.

Преимущества полугорячей штамповки на примере изготовления детали «Шестерня коническая»

Магистрант гр. 50424021 Астапович А.В., студент гр. 10403117 Боярчук А.Н.

Научный руководитель – Томило В.А.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Современный уровень развития методов полугорячей штамповки позволяет широко применять их в производстве изделий из стали и алюминия. Высокоточная штамповка, которая была внедрена относительно недавно, обладает хорошими перспективами. Она применяется как при горячей, так и полугорячей штамповке. Данным методом штамповки изготавливаются детали все большего размера. Кроме того, эта технология находит все более широкое применение не только в автомобильной, но и в других отраслях промышленности [1].

Одним из путей снижения энергетических затрат и экономии металла в технологиях объемного деформирования является применение металлосберегающей полугорячей штамповки, сущность которой заключается в том, что металл перед деформированием нагревают до температуры, находящейся в области критических точек перлитного превращения (между точками, лежащими на линиях A_{c1} – A_{c3} диаграммы состояния железоуглеродистых сплавов). На основании результатов проведенных исследований и производственного опыта штамповки интервал температур полугорячей штамповки принимают 600–800 °С. В области этих температур еще не происходит интенсивное окисление и окалинообразование на поверхности заготовки, а усилия деформирования снижаются в 1,5–2 раза по сравнению с холодным деформированием. Также механических свойств, влияние полугорячей штамповки заключается в том, что в результате протекания процессов рекристаллизации деформированный металл приобретает мелкозернистую структуру.

Интервал температур полугорячей объемной штамповки определяют в зависимости от марки стали, скорости деформирования и допускаемых усилий на инструмент [1].

Целью исследования является оптимизация технологического процесса изготовления изделия «Шестерня коническая»3-250.35.34.005 (рисунок 1) для трехкулачкового токарного патрона, в частности, разработана технология полугорячей штамповки поковки (рисунок 2).

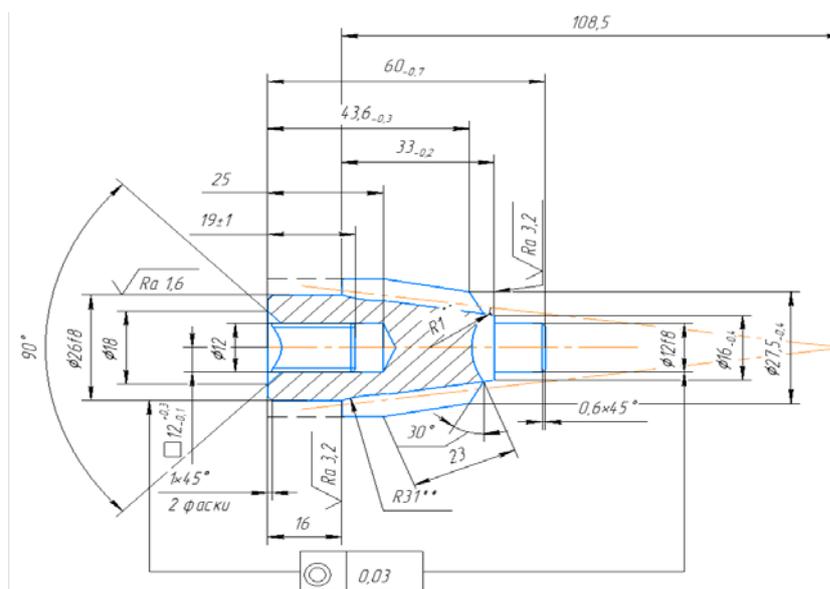


Рисунок 1 – Эскиз шестерни конической

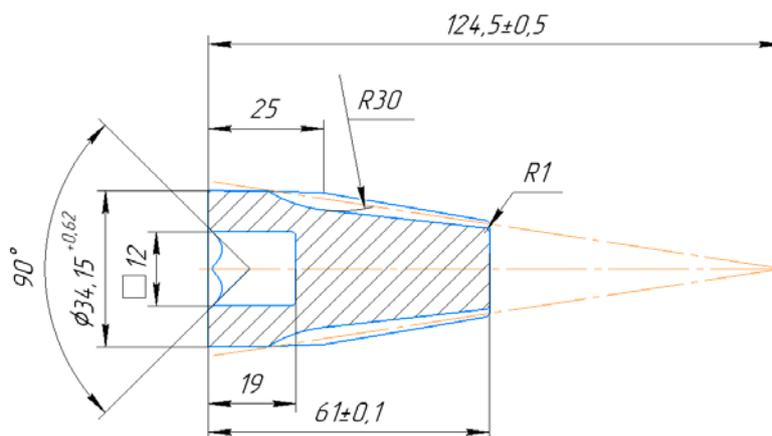


Рисунок 2 – Эскиз поковки шестерни конической

Благодаря данному усовершенствованию в технологическом процессе, экономия металла будет составлять:

- 1) В случае получения детали из сортового проката:

Габариты заготовки $\varnothing 35 \times 61$, масса заготовки 461 грамм, масса детали 203 грамма

$$K_{\text{им}} = (203/461) * 100 = 44 \%,$$

- 2) В случае получения детали из поковки:

Габариты заготовки $\varnothing 28 \times 57$, масса заготовки 277,6 грамм, масса детали 203 грамма

$$K_{\text{им}} = (203/277,6) * 100 = 73 \%,$$

Время изготовления $T_{\text{шт.}}$ при базовом технологическом процессе составляет 13,74 мин. после усовершенствования технологического процесса, время составляет 4,72 мин., что на 65,6 % меньше трудоемкости по сравнению с базовым.

В ходе исследования было получено, усилие штамповки составляет $P_{\text{шт.}} = 1343,06$ кН., график нагрузки изображенный на рисунке 3.

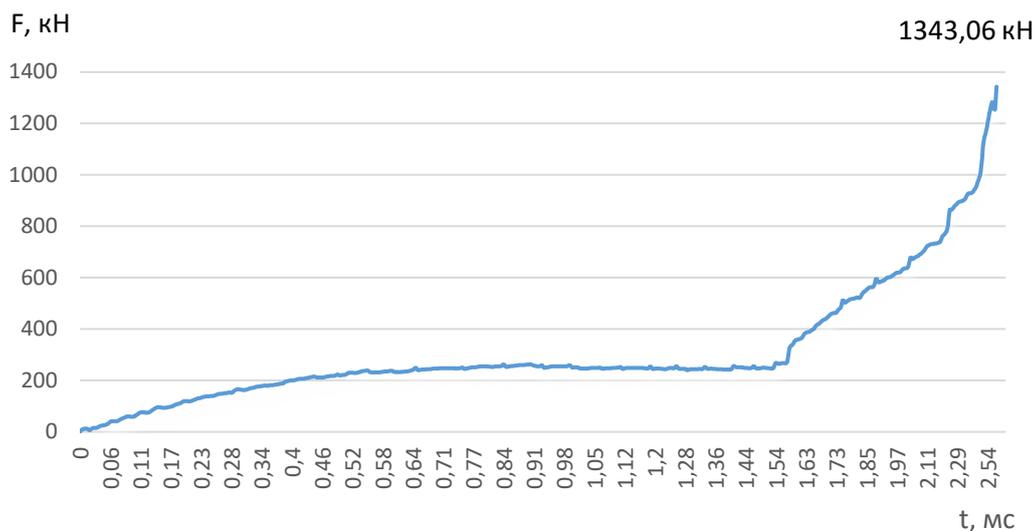


Рисунок 3 – График усилия штамповки от времени

Выводы:

- экономия металла, $K_{\text{им}}$ увеличен с 44 % до 73 %;
- трудоемкость уменьшится на 65,6 %;

– увеличение прочности и надежности изделия.

Нет никаких сомнений в том, что научно-исследовательская работа в отношении конструкции штампа, формующих условия, технологии производства штампов и т.п. будет продолжена. Разработчики изделий и инженеры, проектирующие конструкции штампов, должны работать совместно с тем, чтобы получить новые изделия с гораздо более высокими техническими характеристиками за счет применения технологий полугорячей штамповки.

Список использованных источников

1. Точная объёмная штамповка изделий из алюминия и стали [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pandia.ru/text/77/492/78504.php>. – Дата доступа: 27.09.2021.
2. Тылкин, М.А. Штампы для горячего деформирования металлов: учебное пособие для вузов / М.А. Тылкин, В.В. Клепиков, В.Ф. Солдатов. – Москва: Издательство Высшая школа, 1977. – С. 495.
3. ГОСТ 4543-2016Metalлопродукция из конструкционной легированной стали – М.: ФГУП «СТАНДАРТИНОФРМ», 2016. – 53 с.

Технологии штамповки эластичными средами

Студенты: гр.10402118 Бельский В.Ю., гр.10402120 Капанец И.И.
 Научный руководитель – Томило В.А.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Штамповка эластичными средами – специальный способ обработки металлов давлением. Данный метод штамповки принято считать одним из прогрессивных методов обработки давлением.

Современные конструкции штампов позволяют обходиться без пуансонов и матриц, заменяя их эластичными средами, с помощью которых и осуществляется давление на материал. В качестве эластичных сред применяют различные резины и полиуретаны различных марок, которые обладают своими свойствами. При штамповке эластичными средами матрица должна быть разъемной. Резина и прочие эластичные среды легко удаляются из штампованной детали.

Штамповка эластичными средами предусматривает несколько технологических схем. Рассмотрим вариант штамповки в закрытом объеме (рисунок 1).

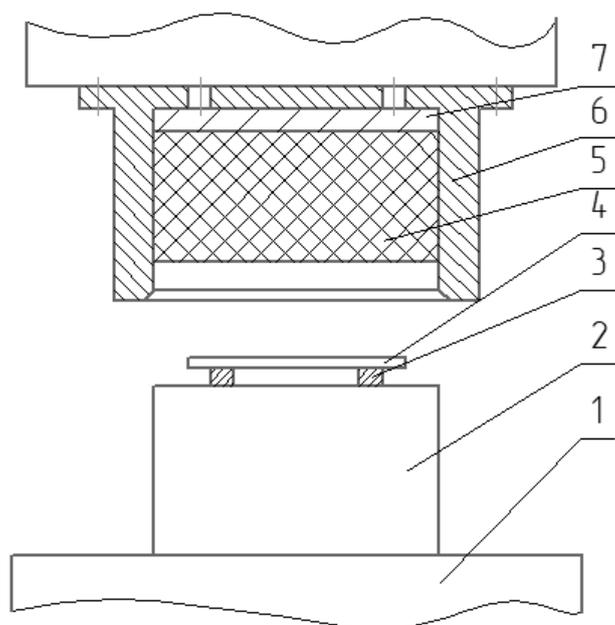


Рисунок 1 – Схема штамповки с закрытым объемом эластичной среды:
 1 – нижний стол пресса; 2 – подштамповая плита; 3 – инструмент; 4 – заготовка;
 5 – эластичная среда; 6 – контейнер; 7 – верхняя плита

На верхней плите пресса закрепляют контейнер, внутри которого размещена эластичная среда. На нижнем столе пресса размещают подштамповую плиту, на которую устанавливают необходимый инструмент и непосредственно заготовка. Операция вырубki-пробивки осуществляется благодаря инструменту, носящему название «вырезной шаблон», который повторяет контур детали. Для операции гибки используют «формблок», который представляет из себя рельефную формовку. Наружный диаметр подштамповой плиты и внутренний диаметр контейнера равны. При ходе ползуна пресса подштамповая плита входит в рабочее пространство контейнера. Эластичный блок оказывается в замкнутом объеме.

Резина, полиуретан, как и жидкость, практически несжимаемы. Находясь в замкнутом объеме, эластичная среда передает силовое деформирующее усилие на заготовку. Имеется возможность установки контейнера на нижнюю плиту, что считается более удобным условием

для работы, а также определяется требуемой точностью расположения контейнера, инструмента и заготовки [2].

Стоит также рассмотреть «открытую» и «полуоткрытую» технологическую схему.

«Открытая» технологическая схема является самой простой и дешевой в применении, так как при ее использовании не требуется установка контейнера. Присутствует нюанс, заключающийся в том, что при силовом воздействии на эластичную среду, последняя имеет возможность (рисунок 2, а) «растекаться» во все стороны, что не обеспечивает больших значений деформирующих усилий. Поэтому данную схему используют при выполнении гибочных операций, не требующих больших усилий.

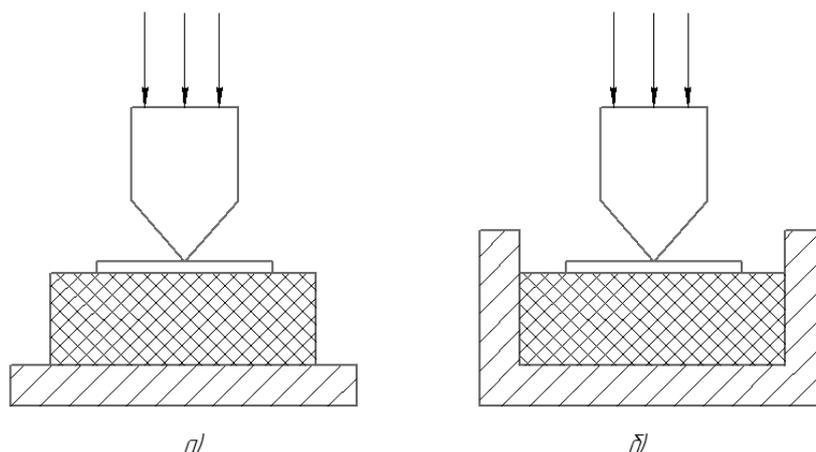


Рисунок 2 – Схема штамповки эластичной средой:
а – открытая; б – полуоткрытая

Деформирующее усилие можно повысить, если использовать препятствие для растекания эластичным средам. Такая схема называется «полуоткрытой» (рисунок 2, б). Данная схема позволяет помимо гибки осуществить и вырубку-пробивку или формовку. Однако лишь при получении деталей из очень тонколистных заготовок [2].

Существует также «бесконтейнерная – закрытая» (рисунок 3) технологическая схема, где в роли контейнера выступает сама заготовка, например, трубчатая. Сжатие эластичной среды, приводит к тому, что внутри развиваемые давления внутри трубы способствуют ее деформации.

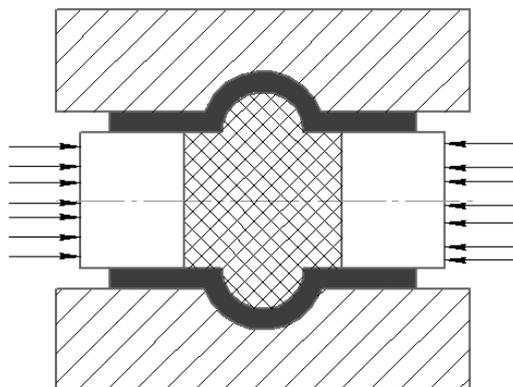


Рисунок 3 – Бесконтейнерная - закрытая технологическая схема штамповки эластичной средой

При использовании данной схемы пропадает такое положительное качество, как универсальность одной из половин штампа. Каждая труба будет требовать по размерам своего

резинового блока. Однако схема находит применение благодаря простоте оснастки по сравнению с инструментальным штампом [2].

В заключении стоит отметить, что данный метод штамповки имеет свои преимущества, так как в ее структуре используется универсальная технологическая оснастка. Значительное упрощение конструкции, снижение металлоемкости и стоимости оснастки в целом является основным достоинством данного метода штамповки.

Список использованных источников

1 Штамповка эластичными средами. Штамповка резиной. Штамповка полиуретаном. [Электронный ресурс] / С. Артюхов – Режим доступа: <http://www.mtomd.info/archives/1038>. – Дата доступа: 11.11.2021.

2 Глушечков, В.А. Специальные виды штамповки. Часть 1. Штамповка эластичными средами: учебное пособие / В.А. Глушечков. – Самара: Изд-во Самар, гос. аэрокосм, ун-та, 2008. – 72 с.

Поперечно-винтовая прокатка труб

Студенты гр. 10402129: Ващенко Е.Г., Бондаренко А.Н.
 Научные руководители – Зеленин В.А., Липницкий А.С.
 Белорусский Национальный технический университет
 г. Минск

Процесс поперечно-винтовой прокатки осуществляют на двух или трех валках, вращающихся в одну сторону. Оси валков – пересекающиеся или скрещивающиеся прямые [1].

Процессы поперечно-винтовой прокатки реализованы на станах: винтовой прокатки в винтовых калибрах; винтовой прокатки с меняющимся положением осей рабочих валков; продольной прокатки тел вращения (колец, дисков).

На станах винтовой прокатки осуществляется деформация исходного круглого прутка путем его ввинчивания в межвалковое пространство, образованное двумя или тремя валками с винтовыми калибрами, вращающимися в одну сторону. Вращательное и поступательное движение заготовки достигаются вращением валков и соответствующим их наклоном к оси прутка. Деформация прутка при этом происходит вследствие изменения формы витков на валках, постепенно приближающейся к требуемой конфигурации и размерам готового изделия (рисунок 1). Этот процесс весьма эффективен для прокатки червяков, крупных винтов, оребренных труб.

На станах для поперечно-винтовой прокатки осуществляют и процесс прошивки сплошной заготовки. Исходные заготовки имеют постоянное по длине сечение. Их получают непрерывным литьем (слитки) и прокаткой (прокат). Слитки имеют форму цилиндра или правильной многогранной призмы, подкат – форм сплошного или полого цилиндра. Прокатку проводят, как правило, в горячем состоянии. В процессе прошивки исходной заготовки на косорасположенных валках (оси валков скрещиваются) получают толстостенную гильзу – заготовку для получения бесшовных трубчатых заготовок (рисунок2).

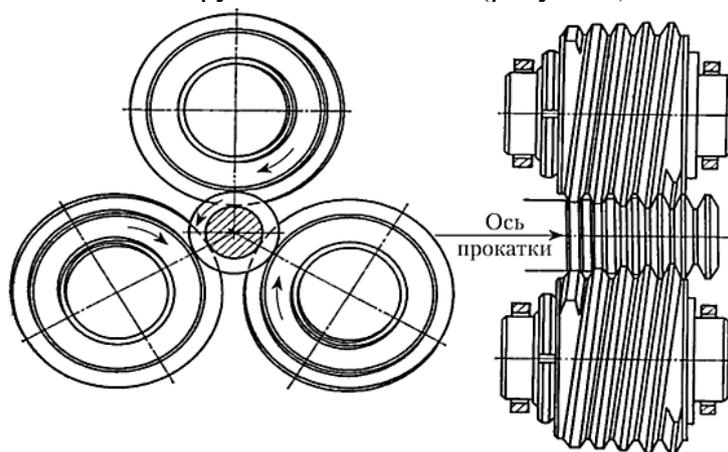


Рисунок1 – Схема непрерывного накатывания резьбы на винтах неограниченной длины

Гильза – толстостенная относительно небольшой длины труба. Служит заготовкой для раскатки труб заданных размеров продольной и поперечно-винтовой прокаткой.

Параметры прокатки (соотношение диаметров валков и заготовки, угол между осями валков, и заготовки, и наклона конической части валка) подобраны так, чтобы из-за неравномерности деформации в центральной части заготовки создавались растягивающие радиальные напряжения (рисунок 2,а). Под действием этих напряжений металл в центральной зоне заготовки разрыхляется, и образуется полость. Чтобы предупредить образование трещин на поверхности полости и получить заготовку трубы заданных размеров, устанавливают коническую оправку 4 (прошивень). Оправку устанавливают с опережением момента самопроизвольного образования полости на 2...3 мм. Оправку закрепляют на стержне, конец которого

установлен во вращающейся опоре. После окончания прокатки гильзу снимают со стержня и направляют на трубопрокатные станы для ее дальнейшей раскатки в трубу.

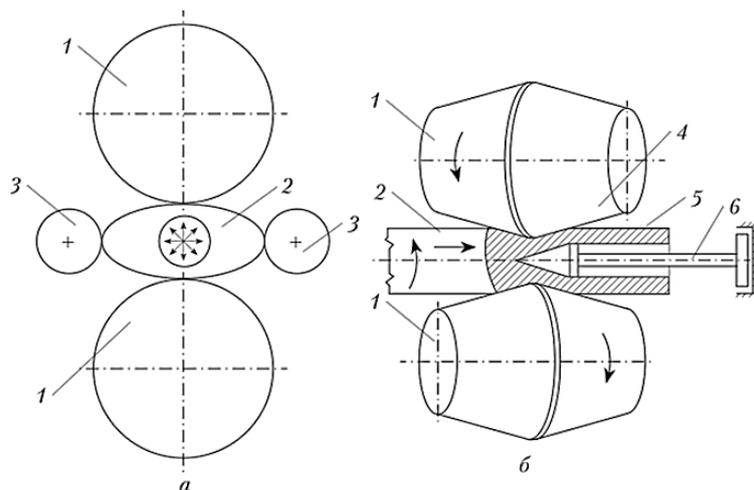


Рисунок 2 – Поперечно-винтовая прокатка заготовки трубы (гильзы):
a – схема создания растягивающих напряжений в центральной части заготовки;
б – схема прокатки;
 1 – валок; 2 – заготовка; 3 – направляющий хвостовик;
 4 – оправка (прошивень); 5 – гильза; 6 – стержень

На предприятии Южно Корейской компании «Сечанг стил» введен в эксплуатацию трубопрокатный агрегат (ТПА) для производства бесшовных труб диаметром от 40 до 80 мм. В основу технологического процесса заложен метод прошивки заготовки с последующими раскаткой гильзы в черновую трубу и калиброванием на станах винтовой прокатки.

Сортамент труб, получаемых на агрегатах с трехвалковым раскатным станом, характеризуется диаметральными размерами и отношением наружного диаметра D к толщине стенки S трубы – D/S . В трубопрокатном производстве наибольшее распространение получили агрегаты среднего и большого типа, на которых получают трубы диаметром от 72 до 250 мм с $D/S \leq 10 \dots 11$ из углеродистых и легированных сталей (рисунок 3).

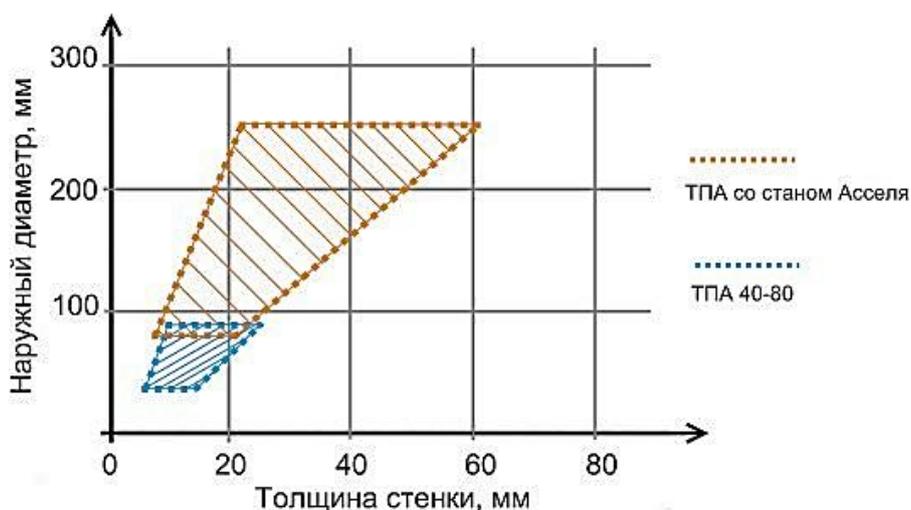


Рисунок 3 – Сортамент бесшовных труб, получаемых на традиционных ТПА со станом Асселя и ТПА40-80

Однако многие машиностроительные предприятия испытывают потребность в трубах повышенной точности диаметром 40...70 мм. В связи с этим целью настоящей работы являлось создание технологии и оборудования мини ТПА 40-80 для прокатки труб диаметром 40...80 мм с отношением $D/S \leq 9$ длиной до 6 м с годовым объемом производства до 10 тысяч тонн.

Технологическая схема мини ТПА 40-80 представлена на рисунке 4 и включает резку 1 исходного прутка на мерные заготовки, зацентровку 2 заготовок в холодном состоянии, индукционный нагрев 3 заготовок, термостатирование электрической печи, прошивку 5 в двухвалковом стане с направляющими линейками, индукционный подогрев 6 гильз, раскатку 7 гильз в трехвалковом стане на цилиндрической контролируемо-перемещаемой оправке, калибровку 8 труб в двухвалковом стане с направляющими линейками, контролируемое охлаждение 9 труб на холодильнике цепного типа с вращением трубы вокруг собственной оси.

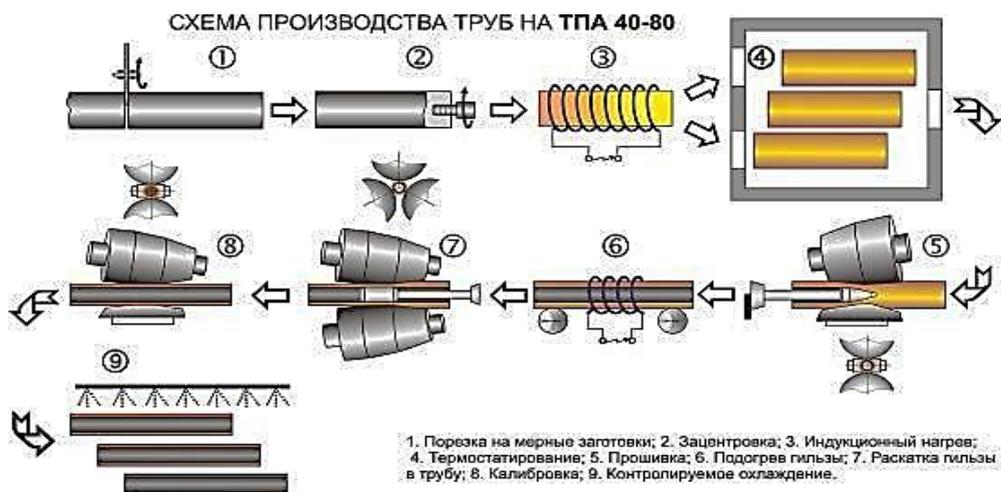


Рисунок 4 –Схема технологического процесса получения труб на ТПА40-80

Первый мини ТПА 40-80 был введен в эксплуатацию в июле 2010 г. на фирме Сечанг Стил, Южная Корея. В течение последующих трех месяцев были достигнуты проектные показатели по производительности и освоены сортамент труб диаметром от 40 до 89 мм с отношением $D/S \leq 9$, допускаемые отклонения труб из углеродистой и низколегированной стали по диаметру составили менее $\pm 0,5 \%$, по толщине стенки – менее $\pm 5 \%$.

Высокая точность труб была достигнута благодаря ряду внедренных технологических приемов и конструкции оборудования. Например, резка заготовок дисковой пилой обеспечивает перпендикулярность торцов заготовок диаметром от 40 до 110 мм в пределах 1...3 мм, эксцентриситет зацентровочного отверстия, нанесенного механическим способом, в холодном состоянии не превышает 2 мм, поэтому разностенность передних концов гильз всех размеров не превышает 0,5 мм.

Двухстадийный нагрев с выравниванием температуры заготовок по сечению и длине в термостате и последующая их транспортировка до рабочих валков в течение 10...15 с обеспечивают благоприятное осесимметричное распределение температуры по сечению для центрирования оправки в очаге деформации 35–0 центральные слои имеют температуру выше поверхностных на 20...30 °С, что в свою очередь, уменьшает сопротивление деформации на 15...20 %.

Кроме того, процесс прошивки осуществляется с центрированием оправочного стержня с помощью длинной втулки [1], которая также повышает жесткость стержней особенно малых диаметров. Многочисленные измерения разностенности передних и задних концов гильз различных размеров показали, что она находится в пределах 3...5 %.

Раскатка гильзы в трубу осуществляется в трехвалковом стане винтовой прокатки на короткой цилиндрической оправке, контролируемо-перемещаемой по ходу прокатки на величину до 300 мм. Особенностью конструкции рабочей клетки и стана в целом является постоянное положение нижней образующей прокатываемых труб различного диаметра.

Рабочая клетка имеет жесткую сварную станину закрытого типа (рисунок 5), в которой кассета с нижним валком смонтирована в соответствующей расточке. Регулирование кассеты с валком по высоте выполняется прокладками только после переточки валка. Настройку заданного калибра стана выполняют одновременным перемещением верхних рабочих валков от электромеханического привода, воздействующего на нажимные механизмы в виде массивных клиньев.

Такое конструктивное использование рабочей клетки позволило значительно упростить конструкцию приемного желоба и отводящего рольганга и уменьшить массу оборудования. В то же время ось прокатки, а следовательно, оправочный стержень с оправкой при настройке стана перемещается в вертикальной плоскости на заданную величину. Оправка и оправочный стержень в процессе прокатки работают на растяжение, перед раскаткой в гильзу вдувается сухая технологическая смазка на основе фосфатов. Благодаря углу подачи рабочих валков равному 10° и частоте вращения 200 мин^{-1} длительность процесса раскатки гильз в трубы длиной 6,0 м составляет 17...18 с.

Податливость калибра рабочей клетки при прокатке труб 89×11 мм находится в пределах 0,3...0,4 мм. Калибрование осуществляется в двухвалковом стане винтовой прокатки с направляющими линейками обкаткой трубы рабочими валками с обжатием по диаметру равным 4...10% при температуре металла, сохранившейся после операции раскатки $850 \dots 950^\circ \text{C}$. Рабочая клетка имеет жесткую сварную станину закрытого типа, в расточках которой смонтированы кассеты с рабочими валками, стул с линейкодержателем нижней линейки и траверса с линейкодержателем верхней линейки. Угол подачи рабочих валков – постоянный, равный 120° , частота вращения – 200 мин^{-1} , угол раскатки – 100° (грибовидная схема) скорость прокатки составляет примерно 0,6 м/с, машинное время калибрования труб длиной до 6,0 м составляет менее 11 с. Анализ пооперационного графика показал, что «узким» местом мини ТПА, с точки зрения производительности, является раскатной стан, минимальное время цикла прокатки труб длиной 6,0 м на этом стане достигает 28 с. Фактически на агрегате работают с циклом прокатки 30...60 с.

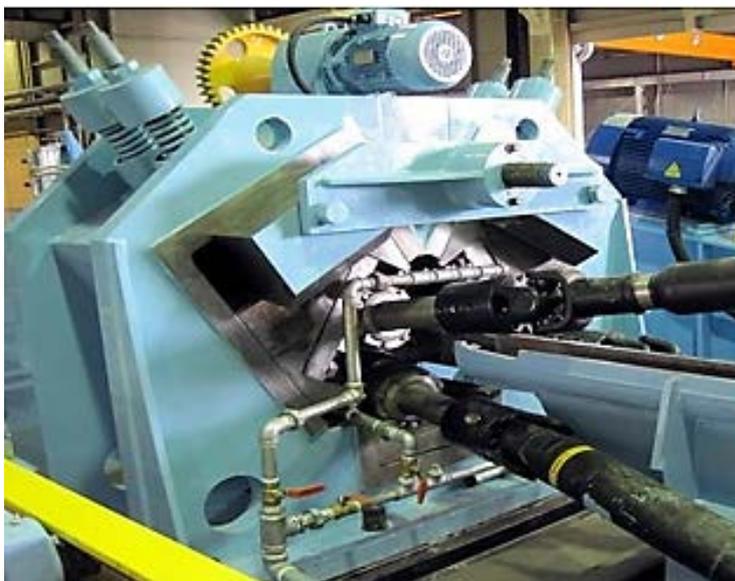


Рисунок 5 – Выходная сторона трехвалкового раскатного стана с нижним стационарным валком ТПА40-80

Наибольшему износу при прокатке подвергаются оправки прошивного и раскатного станков малых диаметров 28...40 мм, направляющие линейки. Оправки прошивного стана изготовлены из стали 4Х5МФС с наплавкой носка жаропрочным сплавом на никелевой основе, во время работы оправки охлаждаются водой непрерывно изнутри, а в паузах между прошивками – водой

снаружи. Износостойкость оправок диаметром 28...40 мм составляет в среднем 140 прошивок, оправок диаметром 60...80 мм достигает 300...400 шт.

Цилиндрические оправки раскатного стана также изготовлены из стали 4X5МФС и термообработаны на твердость 40...44 HRC. Установлено, что в процессе прокатки оправки диаметром 28...40 мм разогреваются до 500...550 °С, износ выражается в уменьшении диаметра и после прокатки 30...35 шт. труб длиной 5,0 м и достигает 0,2 мм. Изношенные оправки восстанавливают переточкой на оправки меньшего диаметра.

Направляющие линейки прошивного и калибровочного станом изготовлены из стали 20 с наплавкой рабочей части жаропрочным сплавом. Для повышения износостойкости линейки снабжены отверстиями для непрерывного охлаждения изнутри во время прокатки

Следует отметить, что линейки такой конструкции являются многократно восстанавливаемыми.

Рабочая поверхность изношенных линеек вновь наплавляется жаропрочной проволокой.

Таким образом, успешный опыт внедрения и эксплуатации мини ТПА 40-80 с трехвалковым раскатным станом свидетельствует о возможности расширения сортамента труб повышенной точности для машиностроения с отношением $D/S \leq 9$ из углеродистой и низколегированной стали.

Список использованных источников

1 Черепяхин, А.А. Технология машиностроения. Обработка ответственных деталей: учебное пособие для среднего профессионального образования / А.А. Черепяхин, В.В. Клепиков, В.Ф. Солдатов. – Москва: Издательство Юрайт, 2020. – С. 65–68.

2 Дольский, А. М. Технология конструкционных материалов: учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов. 6-е изд., испр. и доп. / А.М. Дольский [и др.]. – М.: Машиностроение, 2005. – 74 с.

3 Обработка металлов давлением: учебник / Б.А. Романцев [и др.]. – М.: Изд. Дом МИСиС, 2008. – 960 с.

4 Исследование и разработка методики проектирования технологического инструмента станом винтовой прокатки гильз и труб / А.С. Алещенко // Дисс. канд. техн. наук. – М.: МИСИ, 2010. – 150 с.

5 Данилов, Ф.А. Горячая прокатка и прессование труб / Ф.А. Данилов, А.З. Глейберг, В.Г. Балакин // – М.: Металлургия, 1972. – 576 с.

6 Повышение износостойкости оправок прошивного стана / Б.А. Романцев [и др.] // Известия ВУЗов. Черная металлургия. – М.: МИСИ, 2008. – №10. – С. 16–19.

7 Патент РФ 2250147 Способ винтовой прошивки литой заготовки / Д.А. Пумпянский [и др.] БИ № 11 2005 г.

**Влияние контактных условий в очагах деформации
непрерывного высокоскоростного стана на напряженное
состояние полосы между клетями**

Студент Баймакова А.М.
Научный руководитель Штода М.Н.
ЧАО «ДКХЗ» МП
Украина, г. Каменское

Коэффициент трения при пластической деформации является трудно исследуемой величиной. До сих пор разработано несколько способов измерения величины коэффициента трения при прокатке, некоторые из них лишь условно можно назвать прямыми. Следует учитывать, что само понятие коэффициента трения при прокатке является спорным понятием и каждым исследователем понимается по-разному. Некоторые ученые вводят термины «трение», «показатель трения» и другие понятия [1, 2, 3], имеющие своей целью сгладить острые углы в споре между сторонниками различных теорий и моделей трения, что, к сожалению, не всегда удается.

Из литературных источников известно, что опытные данные о величине коэффициента трения при горячей прокатке для случаев скорости выхода полосы из валков более 5 м/с, отсутствуют. Для горячей высокоскоростной прокатки существуют только расчетные значения коэффициента трения [4, 5]. Поэтому как у исследователей, так и у инженеров, которые рассчитывают технологические параметры высокоскоростной прокатки, возникают трудности с выбором граничных условий на контакте прокатываемой полосы с валками. В то же время от правильности выбора коэффициента трения зависит точность расчетов.

Определение технологических параметров непрерывной высокоскоростной прокатки осложняется взаимозависимостью контактных условий в каждом из очагов деформаций и процессами, протекающими в раскате в пространствах между клетями стана.

Целью данной работы является исследование влияния контактных условий в соседних очагах деформации на величину и направление продольных напряжений в металле прокатываемой полосы между клетями стана.

Для исследования влияния распределения коэффициента трения по очагам деформации при непрерывной высокоскоростной сортовой прокатке на величину натяжения полосы между клетями была разработана математическая модель в программной среде QForm версии 10.1.0. При моделировании в качестве прокатываемого материала был выбран свинец марки С1 из стандартной базы QForm. Для которого ранее [6] методом инверсного анализа были определены значения коэффициента трения Кулона, используемые в расчетах и соответствующие фактическим значениям.

В качестве реального физического процесса взяли прокатку в последних трех проходах чистового блока стана 400/200 ЧАО «ДКХЗ» МП катанки диаметром 7 мм. В соответствии с таблицей калибровки:

№	7	8	9	10
h, мм	6,75	8,66	5,28	7,09
b, мм	13,97	8,96	11,16	7,09
F, мм²	78	61,5	48,9	39,5
n_в, об./мин.	-	6238	7762	9656
Форма	овал	круг	овал	круг
D_в, мм	212	212	212	212

Для упрощения процесса моделирования овальную и круглую формы заготовки и калибров заменили плоской формой, определяя их размеры по методу соответственной полосы. Частота вращения и диаметры валков взяты из таблицы калибровки без изменений. Влияние

предыдущих калибров не учитывается. В качестве изменяемого параметра при исследовании выбран коэффициент трения Кулона для каждого очага деформации. Значения коэффициента трения при моделировании: 0,16; 0,23; 0,3. Значения выбраны из литературных данных. Моделирование проводили для симметричного очага деформации (четвертая часть) и для полного очага деформации рис. 1.

Результаты расчетов показывают, что на состояние полосы между клетями непрерывного стана существенно влияют контактные условия в каждом из очагов деформации. Это особенно хорошо видно при моделировании процесса без плоскостей симметрии (см. табл. 1-4). Практически во всех случаях и в первом, и во втором промежутках между клетями наблюдается напряжение подпора, величина которого изменяется в зависимости от условий трения на контакте с валками в каждом очаге деформации.

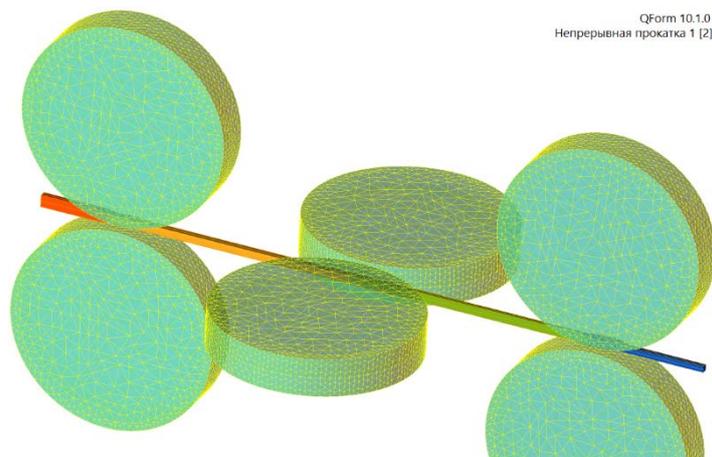


Рисунок 1 - Общий вид результатов моделирования в программной среде QForm 10.1.0 процесса непрерывной сортовой прокатки в чистовом блоке

Результаты расчетов приведены в табл. 1-4.

Таблица 1 – Результаты математического моделирования для случая, когда во всех очагах деформации коэффициенты трения равны 0,3 (при моделировании 0,6)

Параметр	Заготовка	I проход	σ_{xx}^{1-2}	II проход	σ_{xx}^{2-3}	III проход	Способ моделирования
h, мм	6,25	7,94	-18,6	4,71	-19,38	5,57	сим.
b, мм	12,83	8,08		10,03		6,27	
v_M , м/с	56,5	70,9		86,9		107,8	
Коеф. трения		0,3		0,3		0,3	
h, мм	6,2	8,18	-20,8	4,81	5,25	6,24	не сим.
b, мм	13,02	7,98		10,46		5,72	
v_M , м/с	56,8	71,3		90,6		110,0	

Если принять коэффициент трения таким как он рекомендован в работе [7] равным 0,3, то по результатам расчетов между первой и второй клетями возникает подпор около 20 МПа,

а перед чистой клетью растяжение – 5,25 МПа. Если принять значения коэффициента трения, соответствующие рассчитанным для условий высокой скорости прокатки в чистовых проходах [6] равный 0,16, то по результатам расчетов между первой и второй клетями возникает подпор около 12 МПа, а перед чистой клетью подпор величиной 12,5 МПа. Появление подпора вместо растяжения перед чистой клетью можно объяснить снижением скорости прокатки за счет уменьшения опережения за счет чего скорость прокатки в чистой клетке падает со 110 м/с до 108 м/с.

Таблица 2 – Результаты математического моделирования для случая, когда во всех очагах деформации коэффициенты трения равны 0,16 (при моделировании 0,32)

Параметр	Заготовка	I проход	σ_{xx}^{1-2}	II проход	σ_{xx}^{2-3}	III проход	Способ моделирования
h, мм	6,16	7,94	-16,6	4,83	-22,8	6,23	сим.
b*, мм	12,74	7,83/7,75		9,8/9,72		5,7/5,39	
v _м , м/с	47,5	70,06		86,2		98,2	
Коэф. трения		0,16		0,16		0,16	
h, мм	6,2	8,03	-12,0	4,84	-12,5	6,49	не сим.
b*, мм	12,64	8,03/7,9		10,2/9,8		5,76/5,94	
v _м , м/с	55,0	70,97		88,8		108,4	

* числитель ширина на контакте полосы с валками, знаменатель – середина

Таблица 3 – Результаты математического моделирования для случая, когда в первом очаге деформации коэффициент трения 0,3 (при моделировании 0,6), а в последних двух – 0,16 (при моделировании 0,32)

Параметр	Заготовка	I проход	σ_{xx}^{1-2}	II проход	σ_{xx}^{2-3}	III проход	Способ моделирования
h, мм	6,17	8,05	-20,6	4,76	-22,6	6,2	сим.
b*, мм	12,75	7,48/8,12		10,11/10,46		5,98/5,5	
v _м , м/с	53,8	70,1		86,7		106,4	
Коэф. трения		0,3		0,16		0,16	
h, мм	6,22	7,99	-20,8	4,81	-4,8	6,23	не сим.
b*, мм	12,74	7,54/8,34		9,84/10,81		6,05/6,3	
v _м , м/с	56,6	70,9		90,5		112,3	

* числитель ширина на контакте полосы с валками, знаменатель – середина

При разных коэффициентах трениях, распределенных по очагам деформации от большего к меньшему (см. табл. 3-4), получили в промежутке перед чистой клетью подпор 4,8 МПа и 4,1 МПа. Эти значения меньше, чем при одинаково малом коэффициенте трения (табл.

2), что объясняется большей скоростью металла на входе в чистовую клеть. В промежутке между первой и второй клетями в обоих последних случаях (табл. 3-4) наблюдается подпор, величина которого составляет 20,8 МПа и 3,8 МПа. Снижение величины подпора в последнем случае (табл. 4) объясняется увеличением скорости металла на входе во второй очаг деформации из-за увеличения опережения в этом проходе.

Таблица 4 – Результаты математического моделирования для случая, когда в первом очаге деформации коэффициент трения 0,3 (при моделировании 0,6), во втором – 0,23 (при моделировании 0,46) и в третьем – 0,16 (при моделировании 0,32)

Параметр	Заготовка	I проход	σ_{xx}^{1-2}	II проход	σ_{xx}^{2-3}	III проход	Способ моделирования
h, мм	6,17	7,97	-19,0	4,89	-24,1	6,22	сим.
b*, мм	12,75	7,45/7,98		9,59/10,38		5,85/5,54	
v _м , м/с	51,9	70,3		87,1		106,0	
Коэф. трения		0,3		0,23		0,16	
h, мм	6,21	8,0	-3,1	4,79	-4,1	6,3	не сим.
b*, мм	12,79	7,45/8,23		9,72/10,58		5,8/6,03	
v _м , м/с	56,9	71,76		89,5		111,2	

* числитель ширина на контакте полосы с валками, знаменатель – середина

Выводы

1. Напряженное состояние полосы между клетями непрерывного стана определяется не просто рассогласованием скоростей вращения валков соседних клеток, но на его вид и величину существенное влияние оказывают условия на контакте полосы с валками в каждой клетке стана.

2. Изменение величины коэффициента трения в одном или нескольких очагах деформации приводит к изменению скоростных условий прокатки в каждой клетке стана. И, как следствие, изменению напряженного состояния полосы в промежутках между клетями стана. Влияние изменения коэффициента трения сравнимо с влиянием изменения величины зазоров валков, поэтому им пренебрегать нельзя.

3. Сравнение конечной расчетной скорости прокатки, с реальными значениями скорости металла на выходе из чистовой клетки стана показывает, что при использовании малых значений коэффициента трения (табл. 2) указанные скорости практически совпадают. То есть, для определения коэффициента трения при прокатке на высоких скоростях можно использовать методику расчета, рекомендованную в работе [6].

Список использованных источников

1. Данченко В.Н., Миленин А.А., Кузьменко В.И., Гринкевич В.А. Компьютерное моделирование процессов обработки металлов давлением. Численные методы. Днепропетровск: «Системные технологии», 2005. 448 с.
2. Василев Я. Д., Мінаєв О. А. Теорія позовжньої прокатки. Підручник. Донецьк: УНІТЕХ, 2009. 488 с.
3. Огинский И.К., Данченко В.Н., Самсоненко А.А. и др. Процессы деформации металла на основе многовалковых калибров: Монография. Днепропетровск: Пороги, 2011. 355 с.

4. Капланов В.И. Динамика и трибоника высокоскоростной тонколистовой прокатки. Мировая тенденция и перспектива: Монография. Мариуполь: Изд-во «Рената», 2008. 456 с.
5. Штода М. Н. Влияние коэффициента трения на коэффициент уширения при прокатке круглых полос в овальном калибре с задним натяжением. *Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер.: Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудуванні та металургії: зб. наук. пр.* Харків: НТУ "ХПІ", 2019. № 26 (1351). С. 77-82.
6. Штода М. Н. Выбор граничных условий при моделировании процесса сортовой прокатки. *Обработка материалов давлением.* 2020. № 1 (50). С. 77-82. DOI: 10.37142/2076-2151/2020-1(50)77
7. Горбанёв А.А., Жучков С.М., Филиппов В.В. и др. Теоретические и технологические основы высокоскоростной прокатки катанки. Минск: Выш. шк., 2003. 287 с. ISBN 985-06-0793-9.

Штамповка взрывом

Студенты: гр. 10402118 Ганусевич Д.А., гр. 10402117 Кузнецов И.И.
 Научный руководитель – Томило В.А.
 Белорусский национально технический университет
 г. Минск

Штамповка взрывом – это способ обработки металлов, полученный на использовании энергии взрыва. Взрыв – процесс освобождения большого количества энергии в ограниченном объеме за малый промежуток времени. Формообразование заготовки происходит за счет импульсного давления ударной волны, вызывающего в материале заготовки напряжения, гораздо превышающие предел текучести [1].

Штамповка взрывом – один из первых, наиболее исследованных методов высокоскоростного деформирования материалов.

Обладая высокой удельной и общей энергоемкостью и эффективностью, взрывчатые вещества допускают деформировать детали больших габаритов из высокопрочных материалов с высокой точностью. Возникающие при взрыве давления достигают 3000 МН, а времядействия на материал заготовки составляет доли секунды. Таким методом штамповки можно выполнять многие операции холодной штамповки (вытяжку, формовку, пробивку отверстий и др.). Штамповкой взрывом производятся детали разных конфигурации и размеров из плоских и фасонных листовых заготовок.

К источникам энергии при обработке металлов взрывом относятся разные виды взрывчатых веществ. Взрывчатым веществом это химическое соединение (смесь), которое, под действием теплоты механического удара или давления, за короткий промежуток времени преобразуется в другое устойчивое вещество, полностью или большей частью газообразное.

От разновидности энергоносителя различают формообразование деталей взрывчатыми веществами бризантного действия, пороховых зарядов и газовыми смесями или сжиженными газами. К взрывчатым веществам бризантного действия относятся тротил, аммонит и др. Чаще всего применяется тротил, подрываемый с помощью электродетонаторов.

Взрыв веществами бризантного действия характеризуется большой концентрацией энергии. Для передачи этой энергии на заданную площадь заготовки и для ее равномерного деформирования взрыв заряда рационально производить не в воздухе, а в воде. Вода смягчает удар и обеспечивает нагружение заготовки по всему очагу деформации.

Как правило, штамповку производят в открытых емкостях – естественных (озеро, река) или искусственных (железобетонных и земляных бассейнах) наполненных водой (рисунок 1).

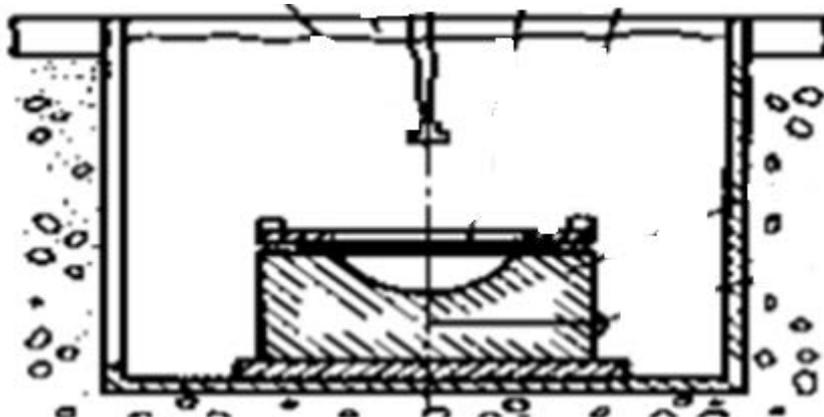


Рисунок 1 – Бассейн многозарядного действия

Изредка используются бассейны однорядного действия (рисунок 2), которые могут устанавливаться в бронекамере – для производства небольших деталей.

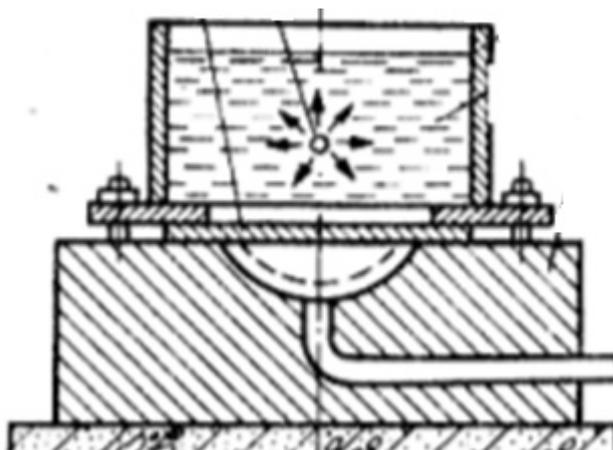


Рисунок 2 – Бассейн одnorазового действия

Штамповка порохами и газами осуществляется в закрытых емкостях. Энергия взрывчатого вещества передается заготовке либо прямо, либо через промежуточную среду.

Существенными преимуществами штамповки газовыми смесями является равномерность нагружений поверхности заготовки при взрыве, возможность автоматизации процесса. Важным недостатком штамповки газовыми смесями является повышенные требования к технике безопасности.

Основными достоинствами штамповки взрывом:

- низкая стоимость оснастки (матрица изготавливается из недорогих материалов);
- небольшие капитальные затраты (не требуется прессовое оборудование);
- высокая точность обработки;
- возможность изготовления деталей сложной формы из трудно деформируемых и хрупких сплавов;
- сокращение числа технологических переходов.

К недостаткам относятся неэкономичность при большом объеме производства, трудность управления процессом, опасность и неудобство работы с взрывчатым веществом.

Список используемых источников

1 Самохвалов, В.Н. Высокоэнергетические методы размерной и упрочняющей обработки: учеб. пособие / В.Н. Самохвалов. – Самарский университет, 2019 – 73 с.

Совершенствование процесса волочения проволоки

Студенты Го Кэ, Су Сяодун, Фан Цзинчи
 Научный руководитель – Зеленин В.А.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Волочение – один из древнейших способов обработки металлов давлением. Сущность его заключается в протягивании проволоки через отверстие (волоку), выходные размеры которого меньше размеров исходного сечения заготовки. Технология волочения широко используется в металлургии и металлообработке.

Процесс волочения проволоки представлен на рисунке 1.

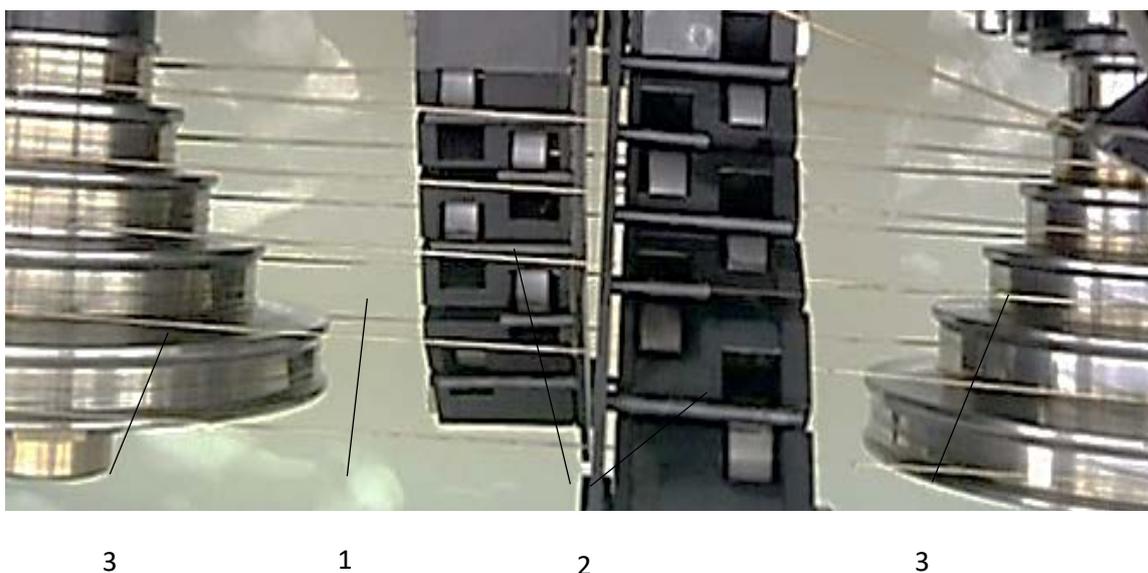


Рисунок 1 – Процесс волочения проволоки:
 1 – проволока; 2 – волоки; 3 – тяговые барабаны

В соответствии с рисунком сила волочения создается за счет трения между тяговым барабаном (3) и охватывающей его проволокой (1). Суммарная степень деформации заготовки зависит от количества волок (2). Для получения высоких степеней деформации требуется более 20 волок, которые устанавливаются неподвижно в волокодержателях.

С целью совершенствования процесса получения проволоки предложен ряд способов волочения с использованием комбинированных волочильных устройств, в частности с помощью наборной волоки для гидродинамического волочения (см. доклад в сборнике студента Левковича Е.В., научный руководитель Томило В.А.) или путем наложения колебаний ультразвуковой частоты на волоки, что снижает тяговое усилие, позволяет повысить степень обжатия в волоке и качество поверхности проволоки.

В [1] предложен способ волочения с помощью составной вращающейся волоки (рисунок 2). Отдельные части волоки вращаются в противоположные стороны одна относительно другой. Волоки 2 и 4 (рисунок 2) вращаются по часовой стрелке, а волоки 3 и 5 – против часовой. Движение вдоль оси осуществляется благодаря специальному винтовому профилю, нанесенному на рабочие поверхности отдельных частей волоки, и в противоположном направлении по сравнению с соседней частью волоки. Сама заготовка не вращается, что достигается регулированием частоты вращения частей составной волоки.

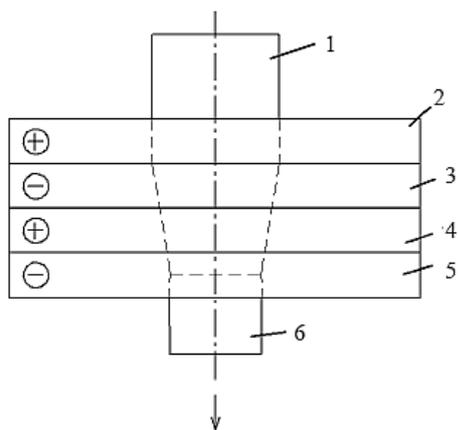


Рисунок 2 – Получение проволоки с помощью составной волоки:
 1 – заготовка; 2 – 5 – части волоки; 6 – проволока
 (знаки «-» и «+» показывают направление вращения)

В [2] разработано устройство для реализации волочения со сдвигом (рисунок 3).

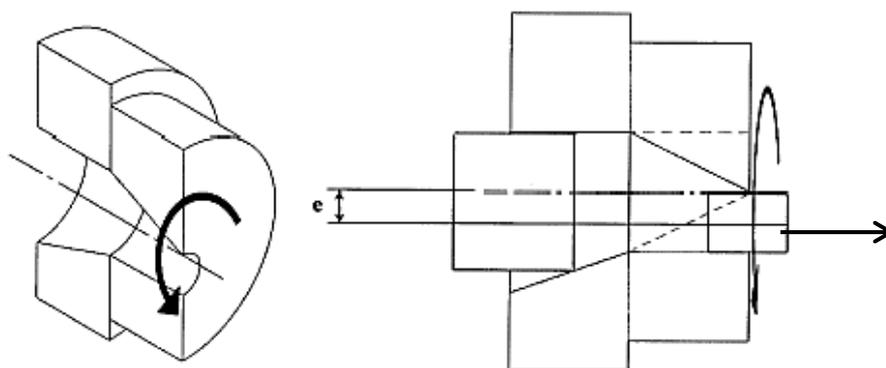


Рисунок 3 – Схема волочения со сдвигом

Устройство предназначено для повышения комплекса механических свойств изделий (проволоки, прутков) путем измельчения зеренной структуры за счет деформирования со сдвигом. Способ волочения со сдвигом заключается в деформировании металла за счет приложения тянущей силы через две расположенные последовательно конические волокни с одновременным вращением одной из них. Изменение физико-механических свойств металла происходит за счет того, что при вращении волокни обеспечивают дополнительную деформацию сдвига посредством заданного относительно оси вращения эксцентриситета, образованного конусным каналом волок. Кроме того, возможно сочетание процессов многократной равноканальной угловой (РКУ) протяжки с традиционным волочением (рисунок 4).

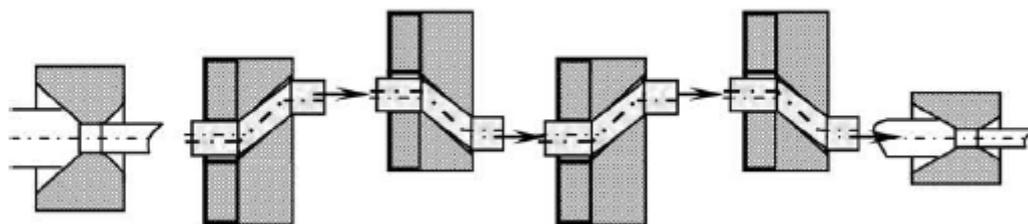


Рисунок 4 – Схема процесса РКУ протяжки на шестикратном волочильном стане

Многokратная обработка проволоки из углеродистой стали способом РКУ протяжки обеспечивает формирование мелкозернистой структуры и повышение прочностных характеристик при сохранении высоких пластических свойств. Установлено, что в образцах отожженной проволоки из стали марки 10 после двух и вплоть до десяти циклов РКУ протяжки происходит интенсивное равномерное диспергирование структурных составляющих по всему поперечному сечению проволоки [3].

Проведенные исследования показали возможность применения РКУ протяжки для формирования мелкозернистой структуры и повышения прочностных свойств стальной проволоки при сохранении высоких характеристик пластичности [4].

Новые способы обработки проволоки отличаются большей производительностью и позволяют измельчать ее структуру. Используя комбинирование различных простых видов деформирования (кручение, растяжение, сжатие, изгиб), можно увеличить коэффициент полезного действия процесса волочения, уменьшить материалоемкость оборудования, изменить схему напряженно-деформированного состояния на более благоприятную, при которой металл проявляет большую пластичность.

Вывод:

Для разработки эффективной технологии изготовления проволоки целесообразно использовать операцию волочения, комбинируя ее с другими видами деформирования.

Список используемых источников

1. Климов, К. М. Альтернативные пути получения прутков и проволоки / К.М. Климов // *Металлург.* – 2007. – № 9. – С 47 – 49.
2. Зюзин, В. И. Направления совершенствования процесса волочения проволоки в монолитной волоке / В. И. Зюзин, В. А. Харитонов, С. П. Гуров // *Моделирование и развитие технологических процессов обработки металлов давлением: сб. науч. тр.* – Магнитогорск: МГМА, 1998.
3. Формирование субмикрoкристаллической структуры поверхностного слоя стальной проволоки методом РКУ Протяжки / Г.С. Гун [и др.] // *Труды седьмого конгресса прокатчиков.* – М.: Черметинформация, 2007. – Т.1. – С. 364 – 368.
4. Чукин, М. В. Разработка способа и инструмента интенсивной пластической деформации при производстве высокопрочной проволоки: тезисы Второго международного конкурса научных работ молодых ученых / М. В. Чукин, Д.Г. Емалеева. – М., 2009. – С. 395 – 396.

Вибрационная прокатка

Студенты: гр. 10402118 Дранкович А.С, гр. 10402117 Кузнецов И.И.
Научный руководитель – Томило В.А.
Белорусский национальный технический университет
г.Минск

Вибрационная прокатка относится к обработке материалов давлением. Вибрационную прокатку ведут в волках, которые имеют цилиндрические опорные валики и с многогранными валиками. Сущность заключается в правильном выборе граней валков и действительной скорости прокатки, где частота поперечных колебаний рабочих валков равна резонансной частоте. В таком случае происходит ударное (импульсная) прокатка. Сопротивление деформации уменьшается, тем самым потребляемая мощность уменьшается. Так же для поперечных колебаний не требуются большие усилия. При резонансной амплитуде малых вынужденных колебаний выполняется отношение равенства амплитуд. Регулирование амплитуды происходит за счет изменения скорости [1].

Работа прокатного стана выполняется следующим образом. Электродвигатель приводит в движение опорные валки, которые передают вращательное движение рабочим валкам. При вращении рабочих валков возникают колебания, за счет ребристости, в вертикальной плоскости с определенной частотой и амплитудой. Колебания так же передаются станине. При увеличении скорости происходит увеличение колебаний, что при приближении к резонансной частоте увеличивает амплитуду колебаний. В этом случае происходит ударное воздействие валков с прокатной полосой. Как известно для разных марки сталей требуется определенная скорость прокатки. И по этой причине нужно иметь необходимое количество граней для определенной скорости. Чем меньше скорость прокатки, тем больше граней нужно. Правильный выбор граней позволит плавно довести колебания к резонансным, что позволит изменить скорость в 1–5 %.

Так при определенном количестве граней и частот эффект приводит к вибрации, тем самым снижает усилие прокатки и мощность привода, что тем самым уменьшает энергозатратность.

Список используемых источников

1 Способ вибрационная прокатка: патент по МПК В21В11/00/ В.М.Клименко [и др.]. – дата публ. 30.07.1977.

Студенты гр. 10402118 Дыдышко А.М.

Научный руководитель – Томило В.А.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Ковкой называют процесс горячей обработки металлов давлением, при котором путем многократного действия универсального подкладного инструмента или бойков металл заготовки пластически деформируется, постепенно приобретая нужные форму, размеры и свойства.

В процессековки нагретая заготовка укладывается на нижний боек молота или прессы, а верхним бойком наносятся удары либо по самой заготовке, либо по подкладному инструменту. При этом металл свободно течет в стороны, не ограниченные рабочими поверхностями инструмента

Для разного металла существует разная ковочная температура, зависящая от физических (температура плавления, кристаллизация) и химических (наличия легирующих элементов) свойств.

В качестве исходного материала дляковки поковок на молотах и в гидравлических прессах применяют слитки, прокат, обжатые заготовки (блюмы), а также заготовки, полученные методом разливки, центробежным литьем и сварные.

Цветной металл поступает в кузнечные цеха в виде слитков, прессованных или катаных прутков. Алюминиевые сплавы поставляются в виде прутков диаметром до 400 мм и квадратных заготовок размером до 1500 мм; латуни и бронзы - в виде прутков диаметром до 160 мм и длиной до 3 метров.

Дляковки металла используют: механические, гидравлические прессы и молоты.

Механические прессы

Кривошипные горячештамповочные прессы предназначены для изготовления поковок из черных и цветных металлов и сплавов методом горячей штамповки. Они универсальны и находят применение в различных отраслях промышленности.

Горячештамповочные кривошипные прессы двойного действия для штамповки в закрытых штампах с разъемными матрицами предназначены для горячей объемной штамповки поковок из углеродистой и легированной стали и сплавов в разъемных матрицах.

Гидравлические прессы

Гидравлические ковочные прессы с верхним расположением рабочих цилиндров предназначены для изготовления поковок методомковки из углеродистых, высокоуглеродистых сталей и сплавов, цветных металлов и их сплавов, а также для выполнения отдельных штамповочных операций, не требующих строгого направления подвижных частей.

Гидравлические прессы для горячей объемной штамповки предназначены для горячей объемной штамповки поковок из черных и цветных металлов и их сплавов. Кроме того, они могут быть использованы для листовой штамповки, осадки, правки и выполнения других операций, не требующих приложения больших эксцентрических нагрузок.

Молоты

Ковочные паровоздушные молоты двойного действия арочного типа предназначены для выполнения разнообразных кузнечных работ ковкой на плоских бойках. Молоты состоят из следующих основных узлов: станины, шабота, рабочего цилиндра, падающих частей, систем смазки и управления. Станина – литая, стальная, арочного типа, состоит из двух стоек коробчатого сечения, соединенных вверху подцилиндровой плитой. В стойки вмонтированы регулируемые направляющие.

Для нагрева металла используют пламенные печи и электронагревательные устройства.

Пламенные печи

Пламенные печи используют в кузнечно-штамповочном производстве. По способу загрузки их разделяют на печи с периодической и непрерывной загрузкой. Печи с непрерывной загрузкой обеспечивают определенный режим производства, более высокую производительность.

В крупносерийном и массовом производстве, когда за определенным агрегатом (молотом, прессом, ковочной машиной) закреплено небольшое количество однотипных заготовок, используют автоматизированные печи с непрерывной загрузкой. По технологическому назначению пламенные печи, используемые в кузнечно-штамповочном производстве, делятся на 3 типа: под ковку, первичную термообработку и на печи для нагрева под объемную штамповку.

Электронагревательные устройства

В кузнечно-штамповочном производстве для нагрева заготовок из различных сталей, цветных металлов и сплавов в интервале 800...1300 °С применяют электрические печи сопротивления, индукционные нагревательные установки, установки электро-контактного нагрева. Электронагрев по расходу энергии на тонну заготовок менее экономичен, чем нагрев в пламенных печах. Однако его широко применяют, так как он повышает производительность труда, позволяет провести полную автоматизацию и обеспечить высокую стабильность процесса, улучшить условия труда и сократить потери металла на окисление. Потери металла в виде окалина при индукционном и электроконтактном нагреве составляют 0,2...0,4 % массы нагреваемого металла, что в 5–10 раз меньше, чем при нагреве в пламенных печах. Уменьшение окалины повышает качество поковок и увеличивает стойкость штампов. Технологические преимущества электронагревательных устройств особенно эффективны в серийном и массовом поточном производстве.

Особенности процессов получения пористых изделий из порошков тугоплавких и трудноформируемых материалов

Студент гр. 10402118 Жусель В.П.
 Научный руководитель – Томило В.А.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Существует различные методы спекания пористых порошковых материалов с помощью электрического тока, такие как: метод электроразрядного спекания, метод электроимпульсного спекания.

В процессе ЭРС при прямом прохождении тока через порошок между его частицами происходят микроразряды, приводящие к разогреву порошка и его спеканию при приложении давления (рисунок 1).

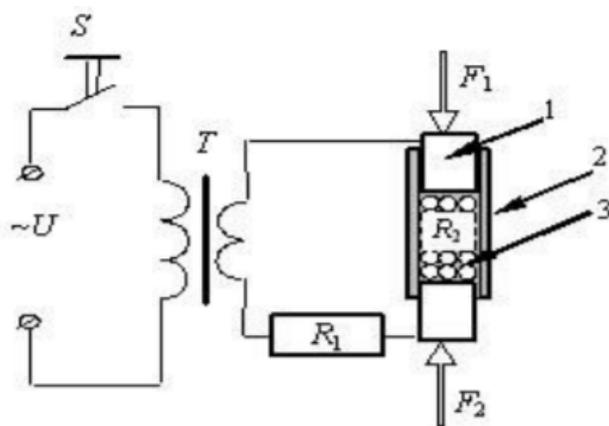


Рисунок 1 – Процесс электроразрядного спекания(ЭРС):
 1 – электрод-пуансон; 2 – матрица; 3 – порошок

Преимущества ЭРЛ: – способность изменять свойства материалов в зависимости от их назначения. Управляя распределением токов по сечению спекаемых объектов, воздействуя магнитными полями или ультразвуком, можно получать изделия с высокой плотностью.

ЭРС подвергают в основном проводящие материалы, которые размещаются в матрице из электроизоляционного материала между электродами-пуансонами, с помощью которых, после подпрессовки порошка, в начале процесса, с целью создания между частицами надежного механического контакта, через него пропускают постоянный или переменный электрический ток.

К недостаткам процесса относятся низкая стойкость оснастки и неравномерность порораспределения.

Так же при получения пористых изделий из порошков тугоплавких материалов используется электроимпульсное спекание. Прямое пропускание электрического тока через порошок является наиболее простым и экономичным методом спекания по сравнению с косвенным или комбинированным нагревом порошка. Малая длительность процесса позволяет успешно спекать на воздухе такие активные металлы, как титан и цирконий, а также избежать фазы превращений при спекании композиционных материалов. Быстрота протекания процесса дает возможность, сохранить их исходную структуру.

Процесс электроимпульсного спекания основан на пропускании мощного кратковременного импульса тока через порошок с помощью генераторов импульсных токов (рисунок 2).

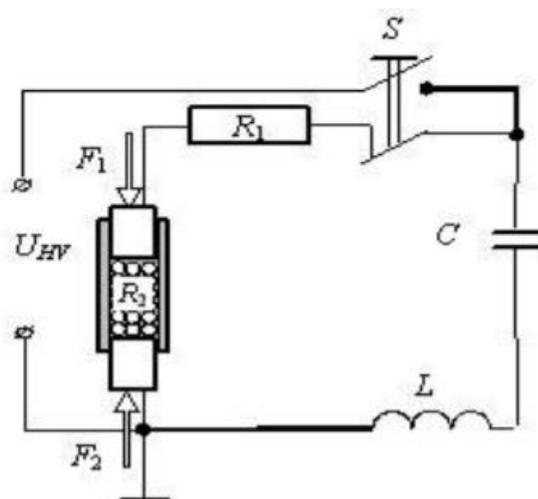


Рисунок 2 – Электроимпульсное спекание(ЭИС)

Наиболее распространены генераторы с емкостными накопителями энергии (конденсаторы). Спекаемый порошок помещается в диэлектрическую матрицу. Ток подводится через электроды-пуансоны. При прохождении электрического импульса происходит локальный разогрев частиц в зоне контакта и их спекание, одновременно перпендикулярно направлению тока наводится переменное магнитное поле (пинч-эффект), которое обжимает спекаемый порошок и способствует его легкой выпрессовке из матрицы.

Существующие способы ЭИС отличаются друг от друга количеством пропускаемых через порошок импульсов электрического тока и от прикладываемого давления. Для спекания достаточно пропустить через порошок один импульс, однако, в этом случае спекание изделия характеризуется неоднородностью физико-механических и структурных свойств и различных направлениях.

Получение изделий из твердосплавных порошковых шихт на основе титана, карбидов бора и кремния, боридов титана, кремния и оксида алюминия показало высокую эффективность технологии электроимпульсного спекания. Основными преимуществами этого процесса являются высокая производительность, низкая энергоемкость, возможность получения пористых спеченных образцов с мелкодисперсной структурой.

Методы электроимпульсного спекания

Студенты: гр.10402118 Карпей Ф.С., гр.10404118 Кузьмич И.А.
 Научный руководитель – Томило В.А.
 Белорусский национальный технический университет
 г.Минск

Прямое пропускание электрического тока через порошок является наиболее простым и экономичным методом спекания по сравнению с косвенным или комбинированным нагревом порошка. Малая длительность процесса позволяет успешно спекать на воздухе такие активные материалы, как титан и цирконий, а также избежать фазовых превращений при спекании композиционных материалов. Быстрота протекания процесса даёт возможность сохранить их исходную структуру.

Процесс ЭИС основан на пропускании мощного кратковременного импульса тока через порошок с помощью генераторов импульсных токов. Наиболее распространены генераторы с емкостными накопителями энергии (конденсаторами). Длительность импульса 10^{-7} – 10^{-1} с, плотность тока 10^5 – 10^6 кА/м², спекаемый порошок помещается в диэлектрическую матрицу. Ток подводится через электроды-пуансоны. При прохождении электрического импульса происходит локальный разогрев частиц в зоне контакта и их спекание, одновременно перпендикулярно направлению тока наводится переменное магнитное поле (пинч-эффект), которое обжимает спекаемый порошок и способствует его легкой выпрессовке из матрицы. Используя технологиюковки, ротационного обжатия и другие, можно получать высокоплотные изделия. Методом ЭИС спекают изделия из порошков стали, железа, никеля, молибдена, алюминия и др.

Существующие способы ЭИС отличаются друг от друга количеством пропускаемых через порошок импульсов электрического тока и от прикладываемого давления. Для спекания достаточно пропустить через порошок один импульс, однако, в этом случае спекание изделия характеризуется неоднородностью физико-механических и структурных свойств в различных направлениях (рисунок 1).

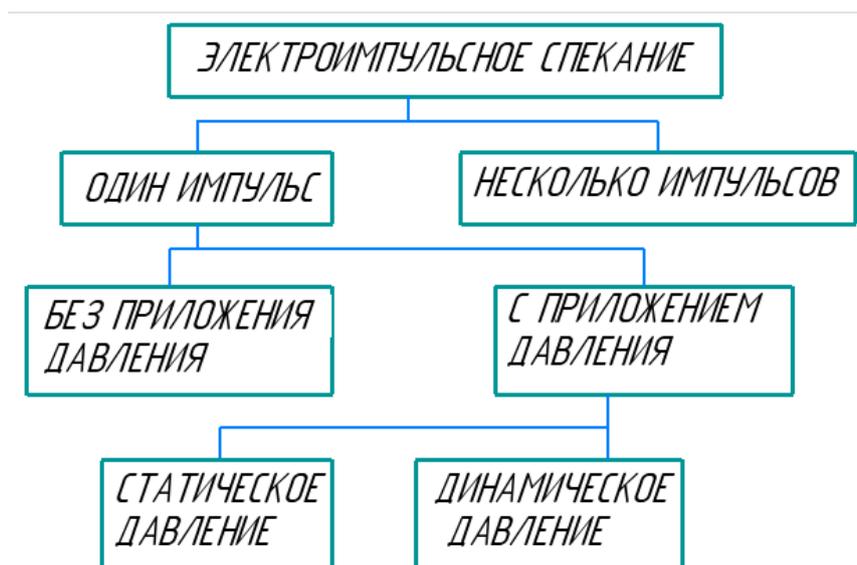


Рисунок 1 – Классификация способов электроимпульсного спекания

Плотность изделий, полученных ЭИС, зависит от прикладываемого к порошку давления. При отсутствии давления плотность получаемого изделия составляет 40–70 % от теоретической. Увеличить плотность можно за счет приложения к порошку статического давления.

В условиях динамического нагружения, когда одновременно с импульсом тока прикладывают импульс давления, достигается плотность 99,7 %.

Получение изделий из твердосплавных порошковых шихт на основе титана, карбидов бора и кремния, боридов титана, кремния и оксида алюминия показало высокую эффективность технологии электроимпульсного спекания. Установлено, что основными преимуществами этого процесса являются высокая производительность, низкая энергоемкость, возможность получения пористых с образцов с мелкодисперсной структурой.

Анализ рассмотренных методов спекания электрическим током ППМ показывает перспективность этих процессов ввиду их экономичности, возможности автоматизации, высокой производительности. Наиболее предпочтительным для получения ППМ из порошков тугоплавких металлов является метод ЭИС, однако, неизученность процессов и явлений, происходящих при формировании изделий и отсутствие технологического оборудования и оснастки затрудняет разработку этого метода.

Одним из важных направлений при производстве ППМ является получение длинномерных ППМ, которые позволяют обеспечить при минимальных размерах и массе максимальную площадь фильтрации и заданную тонкость очистки. Такие ППМ обладают повышенной прочностью, ресурсом работы и меньшим гидравлическим сопротивлением.

В большинстве случаев применение ДППМ в качестве фильтрующих, капиллярно-пористых элементов и других изделий со специальными свойствами требует равномерного или заданного распределения пор по толщине изделия, равномерную максимальную проницаемость по его площади, высокий капиллярный потенциал. Эти характеристики должны быть стабильными при массовом выпуске изделий.

Указанные характеристики зависят от формы и размеров частиц порошка, состояния их поверхности, способов и режимов изготовления изделий.

Список используемых источников

1 Реут, О.П. Сухое изостатическое прессование уплотняемых материалов / О.П. Реут, Л.С. Богинский, Е.Е. Петюшик. – Минск: «Дэбор», 1998. – 258 с.

2 Металлургия гранул – новый технологический процесс производства материалов / А.Ф. Белов [и др.]. – М: Наука, 1976. – 236 с.

3 Интернет источник Wikipedia [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/poroshkovayametallurgiya/>. – Дата доступа: 29.10.2021.

Ультразвуковое волочение

Студенты: гр. 10402118 Коваленко И.Е., гр. 10402129 Радионов А.В.
 Научный руководитель – Томило В.А.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Волочение – процесс протягивания прутка через отверстие, размеры которого меньше, чем исходные размеры прутка. При этом длина прутка увеличивается, площадь поперечного сечения уменьшается, а само сечение приобретает форму отверстия. Волочение выполняют в холодном состоянии заготовки. Исходным материалом могут быть горячекатаный прутки, сортовой прокат, проволока, трубы. Волочением обрабатывают стали, цветные металлы и сплавы.

Этим способом получают проволоку, прутки простой и сложной конфигурации, тонкостенные трубы, в том числе и капиллярные, фасонные шпонки и т. п. Волочение применяют также для калибровки сечения и повышения качества поверхности обрабатываемого изделия.

В технологическом процессе ультразвукового волочения (рисунок 1) волоке (фильер) 1 сообщаются высокочастотные колебания, а прутку (проволоке) 2 – подача с постоянной скоростью.

Экспериментально установлено [1, 2], что наложение ультразвуковой вибрации приводит к снижению силы постоянного волочения.

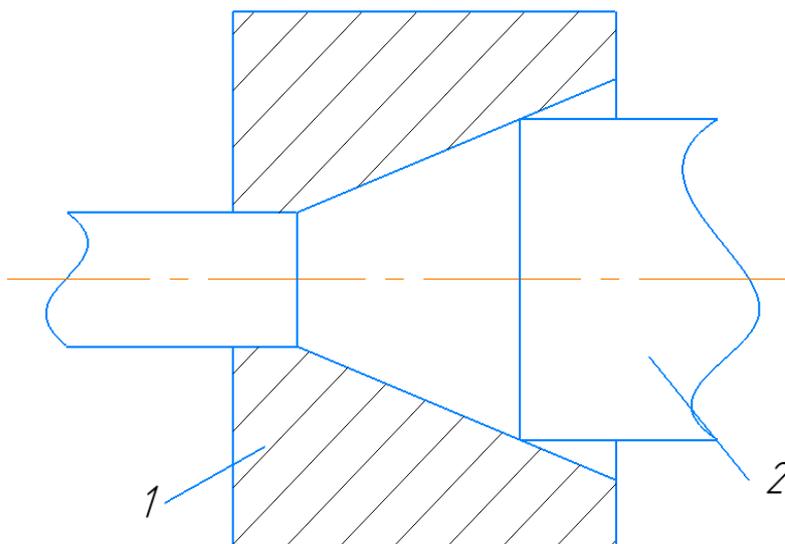


Рисунок 1– Технологическом процессе ультразвукового волочения:
 1 – волока (фильера); 2 – прутки (проволока)

Технология ультразвукового волочения позволяет повысить качество изделий постоянного сечения (проволоки, прутков, труб) путем наложения колебаний ультразвуковой частоты на фильеры или волоки.

По мере прохождения через фильеры, а их количество может достигать десяти и более штук, исходный материал упрочняется, а диаметр заготовки соответственно уменьшается. При этом материал в некоторой степени теряет свою пластичность, а вследствие уменьшения диаметра заготовки снижается прочность прокатываемого изделия на разрыв. Для снятия наклепа применяют промежуточные операции отжига и удаления окислов, которые, однако, сильно усложняют технологический процесс.

На финишной стадии процесса волочения сила трения становится сравнимой с силой, необходимой для разрыва проволоки. Для снижения коэффициента трения между материалом фильеры и, например, проволокой используют различные смазки, начиная от мыльного раствора и заканчивая специально разработанными смазками и пастами.

Наложение ультразвуковых колебаний на фильеру позволяет снизить трение. Проведенные эксперименты показали, что вследствие уменьшения силы трения усилие, требуемое для протяжки проволоки, при подведении ультразвуковых колебаний уменьшается обратно пропорционально амплитуде колебательной скорости в фильере.

В общем случае, усилие протяжки зависит от отношения скорости протяжки к амплитуде колебательной скорости фильеры. Чем больше скорость протяжки, тем меньше эффект снижения усилия протяжки. Например, при одной и той же колебательной скорости уменьшение скорости протяжки в два раза уменьшает усилие протяжки на 25–30% в зависимости от материала.

Частота колебаний также влияет на усилие протяжки. При одной и той же амплитуде колебательной скорости увеличение частоты колебаний уменьшает усилие протяжки.

Таким образом, усилие протяжки является функцией, по меньшей мере, трех параметров: скорости протяжки, амплитуды колебательной скорости и частоты колебаний, подводимых к фильере.

Наложение ультразвуковых колебаний в значительной степени влияет на качество поверхности проката – чистота обработки поверхности повышается в среднем на два класса.

В заключение заметим, что снижение усилия волочения при ультразвуковом воздействии происходит как за счет влияния на предел текучести материала, так и за счет уменьшения сил трения. Вклад в общий эффект той или иной составляющей зависит от соотношения между упругопластическими свойствами материала, коэффициентом трения, параметрами колебаний волоки и ее геометрическими характеристиками. При определенных соотношениях вклад одной из составляющих может оказаться преобладающим, как это часто и наблюдается в экспериментах [1, 2].

Практическое внедрение технологии ультразвукового волочения было осуществлено на заводе «Электросталь» на участке производства проволоки микронных размеров диаметром 30–50 мкм из сплава ЭИ708А-ВИ. Обработке подвергалась проволока на стадии финишной обработки. Ультразвуковые излучатели были установлены на последней фильере. На рисунках представлены фотографии поверхности проволоки без ультразвукового воздействия и с наложением ультразвуковых колебаний. Хорошо видно, что после волочения проволоки с применением ультразвука заусенцы стали в несколько раз меньше, чем без ультразвука, причем процент брака снизился с 80% до 5%.

Список используемых источников

1 Харитонович, М.В. Ультразвук в процессах пластической деформации металлов и сплавов / М.В.Харитонович, Г.И. Эскин. –М.: ВИЛС. – 1970. – 112 с.

2 Северденко, В.В.Ультразвук и пластичность / В.В.Северденко, В.В.Клубович, А.В.Степаненко. – Минск: Наука и техника. 1976. – 446 с.

Методы косвенного нагрева

Студенты гр. 10402118 Кузьмич И.А., Карпей Ф.С.
 Научный руководитель – Томило В.А.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Метод косвенного нагрева основан на использовании различных физических явлений, создаваемых электрическим током. Большинство разновидностей этого метода не обладает универсальностью применения, а имеет преимущественные области оптимального использования, однако, они существенно дополняют и расширяют арсенал технологических возможностей производства. Различаются они в основном формой подвода и видом энергии, преобразуемой в зоне обработки в технологически необходимую тепловую энергию.

Индукционное спекание (ИС) – метод косвенного нагрева основан на использовании различных физических явлений, создаваемых электрическим током. Большинство разновидностей этого метода не обладает универсальностью применения, а имеет преимущественные области оптимального использования, однако, они существенно дополняют и расширяют арсенал технологических возможностей производства. Различаются они в основном формой подвода и видом энергии, преобразуемой в зоне обработки в технологически необходимую тепловую энергию.

Индукционное спекание (ИС) – спекание в переменном электромагнитном поле (рисунок 1).

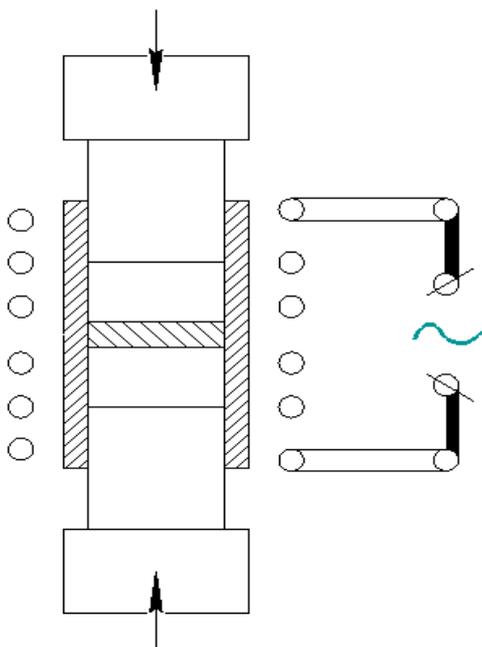


Рисунок 1 – Схема индукционного спекания

При ИС в электропроводном материале возникают вихревые токи, которые разогревают его. Продолжительность процесса 100–1000 с. Различают косвенное ИС (передача тепловой энергии происходит через промежуточное устройство-графитовые тили, где возбуждаются вихревые токи) и прямое ИС (тепловая энергия генерируется непосредственно в нагреваемом изделии). Метод индукционного спекания применяется в промышленности главным образом для спекания порошков и сплавов на основе железа.

Его преимущества:

- быстрый нагрев, достижение высоких температур и сокращение времени спекания;
- получение материалов с улучшенными свойствами, возможность концентрации большой мощности в любом объеме нагреваемого объекта, в любой среде и в вакууме;

– простота регулирования в больших интервалах скорости нагрева и обслуживания установок, удобство механизации и автоматизации технологических процессов, малая трудоемкость.

Однако, этот метод требует интегрированного учета множества законов и явлений, спекание сопровождается прохождением сложных физических и химических процессов, поэтому применение его в порошковой металлургии в настоящее время ограничено.

При пропускании электрического тока через матрицу спекание происходит за счет тепла, выделяющегося при ее омическом нагреве. Длительность процесса 100–1000 с. Матрица изготавливается из графита или токопроводящей керамики. Спекание осуществляется током частотой 100–1000 Гц. Этот способ применяется для получения изделий как из электропроводных, так и неэлектропроводных материалов.

Светолучевое спекание основано на использовании тепла, генерированного специально сформированным световым лучом, характеризующимся высокой концентрацией, переносимой им энергии. При взаимодействии с веществом подобный луч за короткое время (0,001 с) способен оказывать интенсивное тепловое воздействие, обуславливающее спекание частиц порошка железа, либо поверхностное упрочнение порошкового материала.

Электронно-лучевое спекание происходит за счет тепла, выделяющегося при торможении сфокусированного пучка ускоренных электронов поверхностью материала. Пучок электронов формируется с помощью электронно-лучевой пушки, состоящей из катода, обеспечивающего достаточную термоэмиссию, ускоряющего анода и фокусирующей электромагнитной системы. Метод дает возможность проводить плавку и рафинирование металлов, сварку и термообработку различных материалов, наносить покрытия.

Газоразрядное спекание спрессованных заготовок осуществляется с помощью тлеющего разряда, при котором спекаемый материал служит в качестве одного из электродов. По этому способу при напряжении 300 В и токе 60 А (заготовка из порошка нержавеющей стали служит катодом, а корпус вакуумной камеры – анодом) спекание при 1500 К происходит за 120–150 с.

Штамповые стали

Студенты: гр. 10402118 Куканова О.В., гр. 10402117 Петрович Ю.В.
Научный руководитель – Томило В.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Стали, используемые с целью производства инструмента для изменения формы материала деформированием, при отсутствии снятия стружки, относятся к штамповым. По условиям деятельности штамповые стали разделяются на стали для холодного деформирования и стали для горячего деформирования. Главные условия, предъявляемые к инструментальным сталям: прочность, износостойчивость, теплоустойчивость также др. принадлежат также ко штамповым сталям, но значимость этого либо иного качества способен меняться в зависимости от условий работы инструмента. По этой причине состав и режимы термической обработки штамповых сталей различного назначения могут иметь существенные отличия.

В данной работе будут рассмотрены стали для холодного деформирования.

Штамповые стали для холодного деформирования, особенно для инструментов, работающих при динамических нагрузках, должны иметь высокую твердость, износостойкость и повышенную вязкость. При жестких условиях работы, а именно: большие скорости деформирования, динамические нагрузки, связанных со значительным разогревом инструмент, необходимым свойством становится теплостойкость стали. В качестве штамповых сталей для холодного деформирования могут применяться нетеплостойкие углеродистые и легированные стали, работающие при небольших давлениях и скоростях деформирования, или полутеплостойкие высокохромистые.

Нетеплостойкие малолегированные стали имеют высокую твердость после закалки, пониженные температуры аустенитизации, достаточную вязкость, хорошую обрабатываемость резанием в отожженном состоянии. Использование сталей ограничивает их пониженная теплоустойчивость и изноустойчивость.

Согласно свойствам, штамповые легированные стали для холодного деформирования классифицируются на:

- высокопрочные стали с повышенной вязкостью;
- стали повышенной износостойкости;
- дисперсионнотвердеющие стали с высоким сопротивлением смятию.

Высокопрочные стали с повышенной ударной вязкостью обладают значительной пониженной теплостойкостью и прочностью. Упрочнение сталей выполняется закалкой и низким отпусканием или путем дисперсионного твердения. Такие стали предназначены для производства инструмента, который работает при динамическом нагружении.

Высокопрочные стали с повышенной ударной вязкостью применяют для инструментов, работающих при значительных динамических нагрузках и давлениях до 1500 Мпа или для инструмента презиционной пробивки и вырубки.

Стали повышенной износостойкости – полутеплостойкие стали, содержащие высокий процент хром. Износостойкость этих сталей целиком находится в зависимости от типа и количества карбидной фазы. При возрастании доли более твердого карбида износостойкость увеличивается, но в то же время значительно уменьшается ударная вязкость и прочность, повышается вероятность выкрашивания рабочих поверхностей инструментов. Из-за пониженной вязкости подобные стали пригодны для инструментов, работающих без значительных динамических нагрузок: вытяжные и вырубные штампы, матрицы прессования порошков и т.п.

Дисперсионнотвердеющие стали с высоким сопротивлением смятию содержат малое количество углерода и легированы хромом, вольфрамом, молибденом, кремнием и ванадием. Стали данной категории после высокого отпуска предрасположены к дисперсионному твер-

дению. В результате высокой степени легирования стали обладают высокой прокаливаемостью и стойкостью против перегрева, в результате чего температура аустенитизации этих сталей довольно высока. При оптимальных режимах термической обработки стали имеют прочность, невысокую твердость, удовлетворительную вязкость и теплостойкость.

Дисперсионнотвердеющие стали со значительным сопротивлением смятию используют в деятельности тяжело нагруженных пуансонов и матриц для работы при давлениях 1000–23000 Мпа при холодном и полугорячем деформировании.

3D-печать ответственных деталей изделий машиностроения

Студенты гр. 10402129: Мельников Р.С., Славиковский М.С.

Научный руководитель – Зеленин В.А.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Традиционное производство деталей из пластиков и металлов методами литья, обработки давлением или резанием в ряде случаев довольно ресурсозатратно – появляется масса отходов, используется немало лишнего материала. 3D-напечатанные металлические детали требуют меньше затрат, а количество отходов сокращается до минимума. Немаловажно и то, что напечатанные 3D-детали оказываются до 60 % легче традиционных.

В связи с этим 3D-изделия активно набирают популярность. Причина заключается в том, что многие высокоточные по размерам детали сложной конфигурации можно выпускать серийно, например, вал-шестерни и венцы зубчатых колес (рисунок 1).



Рисунок 1 – Коническая зубчатая пара, полученная 3D-печатью

При 3D-печати используют следующие металлические материалы: алюминий, сталь, латунь, медь, бронзу, серебро, золото, платину, титан, инконель, кобальтохромовые сплавы и др. Основные группы материалов, из которых изготавливают изделия методом 3D-печати:

- нержавеющей стали (аустенитные, ферритные, мартенситные, дисперсно-упрочненные) с пределом прочности 0,4–2,0 ГПа;
- магнитномягкие сплавы и материалы с контролируемым коэффициентом температурного расширения (сплавы Fe, Ni и Co) с пределом прочности 0,4–1,3 ГПа;
- низколегированные (никель, кобальт) сплавы и углеродистые стали с пределом прочности 0,3–0,6 ГПа;
- материалы для имплантатов (кобальт-хром) с пределом прочности на уровне 650 МПа и прочностью на сдвиг 450 МПа;
- сплавы на основе меди (медь, бронза, монели).

На основе 3D-печати можно построить автоматизированные линии, выпускающие «топологически оптимизированные» детали, подбирая материалы для формирования градиентных по свойствам поверхностных слоев, выдерживающих большие нагрузки. Полости и перегородки в них, кроме снижения массы, повышают упругость и способность восстанавливать исходную форму и размеры при относительной деформации до 8–10 %. Масса деталей при этом существенно ниже, а способность выдерживать экстремальные нагрузки значительно увеличивается (рисунок 2).



Рисунок 2 – Топологически оптимизированная деталь, полученная 3D печатью

Применения 3D-печати деталей из металлов

3D-принтеры применяются при изготовлении точных деталей машиностроения, отдельных деталей прессов и сложнопрофильных матриц, каркасов и ферм, для изготовления которых раньше использовали различные виды сварки.

Детали, выполненные по технологии 3D-печати, имеют механические свойства, эквивалентные полученным методом литья. 3D-напечатанный металл может иметь разное разрешение. При самом высоком разрешении толщина слоя составляет 0,02–0,03 мм [1].

Процессы металлической 3D-печати

Powder Bed Fusion (расплавление в заранее сформированном слое).

Процесс металлической 3D-печати, который сегодня применяется большинством крупных компаний, называется Powder Bed Fusion. Это название указывает на то, что некий источник энергии (лазер или другой энергетический пучок) расплавляет «атомизированный» порошок (т.е. такой металлический порошок, который тщательно измельчен на сферические частицы), в результате чего получают слои печатаемого объекта.

Binder Jetting (разбрызгивание связующего вещества).

При 3DP-технологии ExOne металлические объекты печатаются за счет связывания порошка перед его обжигом в горне.

Другой профессиональный подход, при котором также применяется порошковая основа, называется Binder Jetting. В этом случае слои формируются за счет склеивания металлических частиц и дальнейшего их спекания (или сплавления) в высокотемпературном горне – точно так же, как это делается с керамикой.

Еще один вариант, который тоже похож на работу с керамикой, это замешивание металлического порошка в металлическую пасту. 3D-принтер с пневматическим экструдированием (похожий на шприцевый биопринтер) формирует 3D-объекты. Когда требуемая форма достигнута, объект отправляется в печь, т.е. в горн. Этот подход применяется в Mini Metal Maker [1].

Metal Deposition (нанесение слоя металла).

Обычно весь процесс идет в закрытой камере, но в проекте MX3D при строительстве полноразмерного моста использованы приемы привычной 3D-печати. Другой вариант наплавления металла называется EBAM (Electron Beam Additive Manufacturing – аддитивная технология электронного пучка).

Металлическая 3D-печать. Принтеры.

Sciaky EBAM 300 – печать металлическим филаментом.

Самый крупный из серийных принтеров Sciaky – это EBAM 300. Он печатает объекты в объеме 5791 × 1219 × 1219 мм.

ЕВАМ 300 является также одним из самых быстрых промышленных 3D-принтеров. Трехметрового размера титановая деталь печатается на нем за 48 ч, при этом расход материала составляет около 7 кг в час. Кованные детали, на которые обычно уходит 6–12 месяцев, на этом 3D-принтере могут быть сделаны за 2 дня.

Fabrisonic UAM — ультразвуковая 3D-печать.

Другой способ печати крупных металлических деталей — UAM (Ultrasound Additive Manufacturing Technology — ультразвуковая аддитивная технология). Аппараты этой фирмы представляют собой трехосные фрезы с ЧПУ, к которым добавлены сварочные головки для аддитивности процесса. Металлические слои свариваются ультразвуком. Принтер Fabrisonic 7200 работает в объеме $2 \times 2 \times 1,5$ м.

Concept Laser XLine 1000 – 3D-печать металлическим порошком.

В этом оборудовании задействовано два лазера, рабочий объем составляет $800 \times 400 \times 500$ мм. Используется лазерная технология Laser CUSING (селективного лазерного сплавления) от Concept Laser, которая позволяет печатать сплавами алюминия, никеля, титана, благородных металлов, а также титаном и высокосортными сталями), рисунок 3 [2].

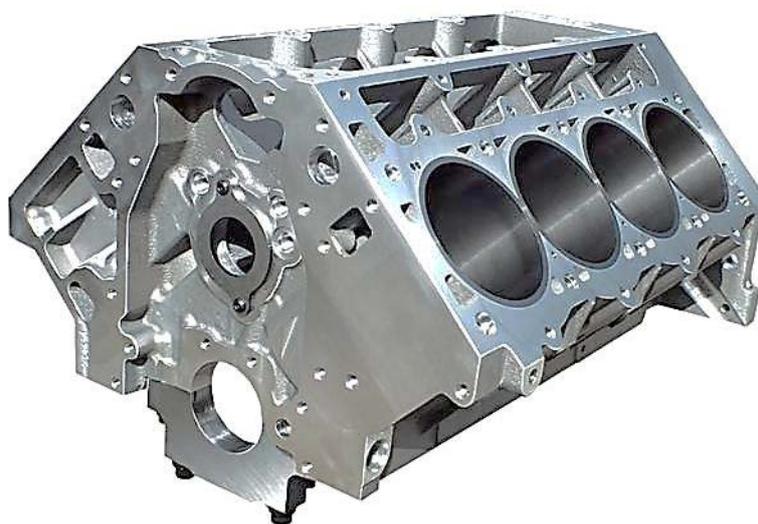


Рисунок 3 – Блок цилиндров ДВС, полученный на 3D-принтере

Заключение

В настоящее время производство деталей для промышленных изделий посредством 3D-печати находится в стадии интенсивного развития. С совершенствованием технологии и модернизации оборудования процесс 3D-моделирования становится все более совершенным, позволяющим создавать изделия с градиентными по структуре и свойствам поверхностными слоями, выдерживающими большие нагрузки. Полости и перегородки по толщине деталей придают им повышенную упругость и способность легко восстанавливать исходную форму и размеры при относительной деформации до 8–10 %. Масса деталей при этом существенным образом уменьшается, а их способность выдерживать экстремальные нагрузки значительно увеличивается. Все это свидетельствует о возможности создания технологии получения прецизионных изделий сложной геометрии, обладающих повышенными характеристиками ударной вязкости и прочности.

Список использованных источников

1 [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <http://integral-russia.ru/2018/09/17/vse-o-3d-pechati-metallami-tehnologii-oborudovanie-materialy-i-novye-vozmozhnosti/>. – Дата доступа: 20.10.2021.

2 [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://m.habr.com/ru/company/top3dshop/blog/400731/>. – Дата доступа: 20.10.2021.

Студент гр. 10402118 Муковозчик Н.В.

Научный руководитель – Томило В.А.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Порошковая металлургия дает возможность извлекать использованные материалы и детали, владеющие значительной жаропрочностью, стабильными магнитными качествами, износостойкостью, полупроводниковые материалы, материалы, не смешивающиеся в расплавленном виде и не образующие твердых растворов, пористые материалы, материалы высокой чистоты, установленного химического состава также др.

Механические качества изделий, приобретенных способами порошковой металлургии несущественно уступают свойствам литых и кованных изделий. Изделия, полученные порошковой металлургией, согласно правильности размеров шероховатости поверхности не требуют добавочного обрабатывания.

Целью работы является исследование технологических процессов производства порошковой стали, ее применение.

Сущность метода состоит в спекании при высокой температуре специально приготовленного брикета. Брикет, в свою очередь, получают прессованием металлических порошков под давлением. Исходя, из формы и масштабов брикет представляет собой подразумеваемую деталь.

Металлические порошки получают 2-мя основными способами: механическим (размол в шаровидных или вихревых мельницах) и физико-химическим (реконструирование из окислов.)

Технологическая процедура металлокерамики формируется с последующих действий: приготовление шихты требуемого состава; дозирование; формование детали; спекание; калибровка.

В первую очередь порошки очищают химическим, гидромеханическим либо магнитным методами, потом выполняют измельчение с целью выравнивания зернистости в шаровидных мельницах. Образующийся при этом наклеп снимают отжигом в защитной атмосфере. Затем шихту просеивают и соединяют в вибрационных или барабанных смесителях. Приобретенную шихту дозируют согласно массе или объему.

Формование реализовывают путем прессования в стальных пресс-формах, реже прокаткой. Прессование реализовывают на механических и гидравлических прессах, жидкостью через пластичную оболочку, посредством взрыва и т.д. В зависимости от размеров детали используют одностороннее или двухстороннее (рисунок 1) прессование.

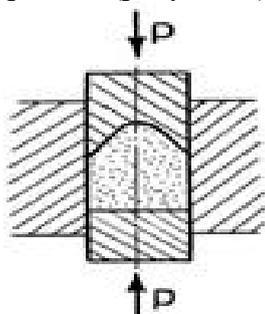


Рисунок 1 – Схема двухстороннего прессования сердечника броневой детали

Спекание отформованных брикетов создают в водородных или вакуумных печах.

В результате спекания совершается крепкое соединение частиц. Посредством спекания происходит:

– упрочнение и преобразование физико-химических свойств;

- изменение размеров детали (усадка или рост);
- изменение микроструктуры (увеличение зёрен).

Время спекания составляет от 0,5 до 6 часов. Рассмотренная методика нашла обширное применение в промышленности, в том числе и при производстве и ремонте вооружения. Таким образом, приобретают весь твердосплавный режущий инструмент; жароустойчивые спеченные алюминиевые порошки и сплавы; спеченные ленту и проволоку для наплавки при восстановлении деталей вооружения; пористые спеченные материалы с установленным размером пор для создания подшипников, фильтров; спеченные материалы с закрытыми порами, сердечники бронебойных снарядов и тому подобные изделий.

Список использованных источников

- 1 Материалы конструкционные порошковые на основе железа. ГОСТ 28378–89. Введ. 19.12.1989. – М.: Стандартиформ, 2006. – 18 с.
- 2 Витязь, П.А. Порошковые материалы на основе железа и меди. Атлас структур / П.А. Витязь [и др.]. – Минск: Беларус. наука, 2008. – 155 с.
- 3 Шатт, В. Порошковая металлургия. Спеченные композиционные материалы / В. Шатт. – М.: Металлургия, 1983. – 520 с.

Технология изостатического прессования

Студент гр.10402118 Парагис М.Г.
 Научный руководитель – Томило В.А.
 Белорусский национальный технический университет
 г.Минск

Технология изостатического прессования, разработанная в 50-х годах 20-го века, быстро развивалась в 80-х годах и в настоящее время широко используется в различных отраслях промышленности.

Изостатическое прессование – барометрическая обработка изделий с помощью сжатого газа или жидкости в специальных аппаратах высокого давления.

Суть процесса заключается в следующем: под давлением расстояние между частицами порошкового материала уменьшается, а сами частицы подвергаются пластической деформации.

Прессование выполняется следующим образом (рисунок 1):

В капсулу засыпается порошковый материал, затем производится виброуплотнение. Инертный газ заполняет камеру, включается компрессор для повышения внутреннего давления. Капсула откачивается и заваривается для полной герметизации.

При деформации капсулы порошок уплотняется. По окончании прессования проводится химическая или механическая обработка для удаления слоя капсулы. Прессование порошков жаропрочных сплавов может происходить при давлении 210 МПа.

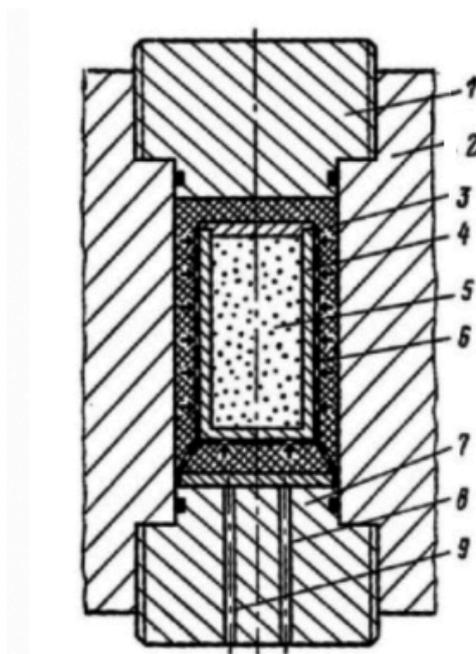


Рисунок 1 – Схема изостатического прессования:

- 1 – верхний затвор; 2 – сосуд высокого давления; 3 – жидкость высокого давления;
 4 – упругая форма; 5 – прессуемый порошок; 6 – перфорированная корзина;
 7 – нижний затвор; 8 – подвод высокого давления; 9 – отвод жидкости

Изостатическое прессование проводят 2 способами: холодным и горячим.

Метод холодного изостатического прессования

Если контакт заготовки с жидкостью не желателен, то используют сухой метод холодного изостатического прессования. Процесс проходит в упругой герметичной форме, благодаря чему весь объем сжимается равномерно. Минимизированы локальные плос-

кости концентраций деформаций и условия разрушения структуры. Повышение производительности достигается за счет использования сухой формы, что позволяет автоматизировать процесс.

С помощью жидкого метода получают изделия более сложной формы и большего размера. При использовании метода холодного изостатического прессования дополнительного нагрева жидкости в среде гидростата не производится. Метод применяется в следующих сферах:

- производство керамики, обладающей огнеупорными свойствами;
- обработка вольфрамовых деталей, которые используются при производстве ракетных форсунок;
- производство стоматологических имплантов;
- производство предварительно отформованных графитовых заготовок;
- производство политетрафторэтиленовых соединений и тефлона.

Метод горячего изостатического прессования

Суть метода заключается в следующем: материал обрабатывается под давлением в среде инертного газа при высокой температуре. Заготовка максимально уплотняется в результате сочетания давления и высокой температуры. Метод горячего изостатического прессования обеспечивает высочайшее качество конструкции

Метод применяется в следующих сферах:

- производство заготовок для имплантатов и протезов;
- изготовление деталей для газовых турбин;
- герметизация литья;
- диффузионное соединение деталей из различных материалов;
- плакирование деталей.

Структура деталей, изготовленных изостатическим прессованием в несколько раз плотнее и однороднее, чем деталей, изготовленных при уплотнении другими методами. С помощью изостатического прессования точно формируются внутренние полости, необходимость дальнейшей обработки отпадает, а ценные материалы экономятся. Недостатками является лишь сложность оборудования и одноразовое использование пресс-форм.

Список использованных источников

1 Реут, О.П. Сухое изостатическое прессование уплотняемых материалов / О.П. Реут, Л.С. Богинский, Е.Е. Петюшик. – Минск: «Дэбор», 1998. – 258 с.

2 Интернет источник SD GROUP [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sdgroup.pro/blog/tekhnologiya-izostaticheskogo-pressovaniya/>. – Дата доступа: 29.10.2021.

3 Металлургия гранул – новый технологический процесс производства материалов / А.Ф. Белов [и др.]. – М: Наука, 1976. – 236 с.

Способы и технологические схемы производства шатунов

Студенты Ван Шэнцзяо, Ван Ихань
 Научный руководитель Зеленин В.А.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

В работе рассмотрены два типа шатунов, отличающихся конструктивно, размерами и назначением.

На рисунке 1 показан шатун, предназначенный для дизельного двигателя мощностью 35 л.с. класса «Stage 3A», развивающий до 3000 об/мин. Данный тип двигателя применяется для малогабаритных и маневренных машин, используемых при погрузочно-разгрузочных работах. Данный шатун изготавливают методом горячей облойной штаповки из стали марки 40ХГНМ. Масса шатуна составляет 1750 г, Разброс массы после механической обработки должен составлять не более 40 г.

Второй тип шатуна представлен на рисунке 2. Это неразъемный шатун, используемый в пневмокомпрессоре ПК 306, предназначенном для питания сжатым воздухом пневмосистем автомобилей БЕЛАЗ. При производстве шатуна используется материал – сталь 35, в качестве альтернативы применяют высоколегированный алюминиевый сплав В95. Масса шатуна при использовании стали 35 составляет 410–450 г, а при использовании алюминия – 150 г.

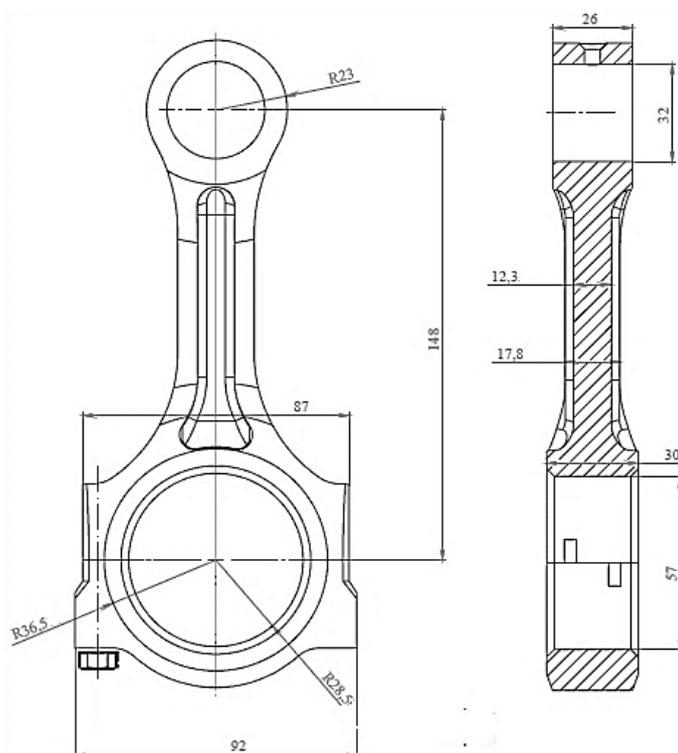


Рисунок 1. – Шатун трехцилиндрового дизельного двигателя

Для изготовления шатунов ДВС и компрессоров из различных материалов используются следующие наиболее распространенные технологии получения заготовок: литье, штамповка и ковка [1].

Чаще всего шатуны изготавливают методом штамповки из стали. Однако для высокооборотных двигателей применяют кованые шатуны из деформируемых алюминиевых сплавов, которые имеют малую массу, хорошую теплопроводность и способны поглощать толчки и вибрации [2].

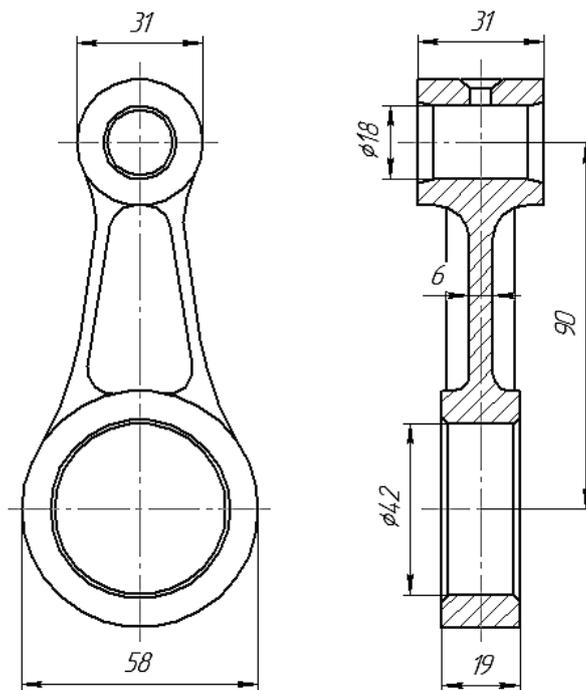


Рисунок 2 – Шатун для пневмокомпрессора

Ковка позволяет варьировать характеристики применяемых материалов, в том числе и алюминиевых. Однако кованые шатуны редко используются в серийном производстве, поскольку свободная ковка по сравнению с другими методами обработки давлением наименее производительна. Она экономически целесообразна в мелкосерийном производстве за счет сравнительно низких расходов на универсальный инструмент [3].

Конструкция поковки шатуна сложна для применения точной (безоблойной) штамповки из-за сложности формообразующей оснастки окончательного перехода и проблем получения точного по массе полуфабриката – заготовки в виде асимметричных частей под финишную штамповку. Поэтому широко применяют облойную штамповку поковок шатунов. Эта технология дает возможность получить наивысшую конструкционную прочность, поскольку структура металла становится волокнистой, а направление этих волокон – изначально заданным. Она является технологически несложной, но в силу своей природы не позволяет получать поковки высокой точности, а только со значительным разбросом по массе.

Таким образом, имеет место противоречие между высокими требованиями к шатунам и недостаточным уровнем технологии производства поковок для них.

Поэтому вопрос разработки технологии формообразования, обеспечивающей отклонения показателей массы в пределах одной партии поковок в интервале 3–4 %, а на обработанных механически шатунах – в интервале 2–3 %, стоит достаточно остро.

Технологические схемы получения поковок шатунов представлены на рисунке 3 и отличаются количеством операций.

Вариант I наиболее производителен, однако неэффективен по большому расходу металла (масса отходов соизмерима с массой поковки). При технологической схеме II снижается по сравнению с вариантом I расход металла на 20 %, но увеличивается технологический цикл, требующий дополнительного оборудования для высадки.

Вариант III позволяет сэкономить до 17 % металла в сравнении с вариантом II, высокопроизводителен, но требует дополнительного оборудования (вальцы) и соответствующей рабочей единицы. По этому варианту штампуют поковки шатунов большинство производств, в том числе и на Минском тракторном заводе.

По производительности и трудоемкости IV схема соответствует параметрам варианта III, но не уступает ему в экономии металла.

Отрезка от прутка (прокат) цилиндрической заготовки длиной, соответствующей длине поковки шатуна

Отрезка от прутка (прокат) заготовки длиной, превышающей длину поковки



Рисунок 3 – Технологические схемы получения поволок шатунов

Все варианты при разных параметрах металлоемкости и производительности объединяет общий признак – низкая точность поволоков. Повысить ее можно применением чеканочных прессов, но в Беларуси они в производстве поволоков шатунов не используются.

Вывод

Рассмотрены два типа шатунов, для ДВС и для компрессора. Показано, что при производстве изделий типа «Шатун» целесообразно совместное использование различных технологий.

Список использованных источников

- 1 Семенов, Е.И. Ковка и горячая штамповка: учебник / Е.И. Семенов. – М.: МГИУ, 2011. – 414 с.
- 2 Лекедемонский, А.В. Материалы для карбюраторных двигателей. Справочное пособие / А.В. Лекедемонский. – М.: Машиностроение, 1969. – 221 с.
- 3 Технология горячей обработки металлов / Е.И. Бельский [и др.] – Мн.: Из-во. Министерства высшего, среднего специального и профессионального образования БССР, 1962. – 293с.

Электрогидравлическая штамповка

Студент гр. 10402118 Федюк Ю.Ю.
 Научный руководитель – Томило В.А.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Сущность электрогидравлического эффекта заключается в том, что при высоковольтных импульсных разрядах в жидкости создаются мощные гидравлические давления. Возникающие при этом ультразвуковые и гравитационные явления могут быть использованы для различных технологических целей и, в первую очередь, для штамповки сложных деталей из высокопрочных материалов. Принципиальные схемы электрогидравлической штамповки и развальцовки труб показаны на рисунке 1.

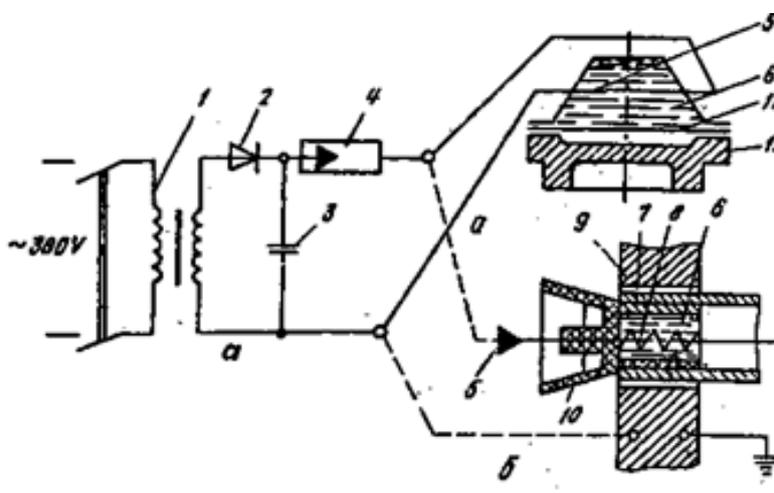


Рисунок 1 – Принципиальная схема электрогидравлической штамповки (а) и развальцовки труб (б)

При помощи автотрансформатора и высоковольтного трансформатора 1, питающихся от сети переменного тока, напряжение через выпрямитель 2 подается на конденсаторную батарею 3. Накопленная энергия, благодаря пробоем формирующей промежуток 4 при заданном напряжении, выделяется в рабочем промежутке между двумя электродами 5.

В зависимости от мощности трансформатора время зарядки конденсаторов может быть от десяти долей секунды до десятков секунд. При этом время разряда измеряется микросекундами. В связи с этим процесс приобретает характер взрыва. При сравнительно небольшой мощности генератора импульсных токов в канале разряда возникают высокие температуры (десятки тысяч градусов) и гидравлические давления до десятков тысяч атмосфер [1–4].

При этом возможен непосредственный пробой жидкости 6 или взрыв проводника 3. Последний случай использованием специальных патрончиков 10 (рисунок 1, б).

Как видно из рисунка 1, а, заготовка 11 в процессе деформирования принимает форму матрицы 12. Электрогидравлическая штамповка характеризуется рядом последовательно происходящих стадий: формирование проводящего канала между электродами; выделение в зоне канала основной доли энергии, запасенной в конденсаторах; образование волн сжатия и пульсация газового пузыря после разряда; взаимодействие ударной волны и гидротока с заготовкой.

По сравнению с традиционными методами обработки металлов давлением электрогидравлическая штамповка имеет следующие преимущества:

– упрощается и удешевляется технологическая оснастка, что способствует сокращению сроков технологической подготовки производства и уменьшению затрат на освоение новых изделий;

– повышается точность штампуемых деталей из-за уменьшения пружинения и увеличения скорости деформирования;

– появляется дополнительная возможность совмещения ряда операций, выполняемых в одном штампе;

– увеличивается предельная глубина штамповки и критическая степень деформации из-за локализации воздействия и высоких скоростей деформирования; расширяются технологические возможности процесса.

По сравнению со штамповкой взрывом электрогидравлическая штамповка более предпочтительна, поскольку процесс может выполняться в обычных цеховых условиях. Кроме того, более просто решаются вопросы техники безопасности, обеспечиваются точная регулировка энергии и многократное воздействие на заготовку с одной установки.

Список использованных источников

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

2 Щукин, В.Я. Основы поперечно-клинового прокатывания / В.Я. Щукин. – Минск: Наука и техника, 1986. – 223 с.

3 Кожевникова, Г.В. Развитие теории и технологии формообразования осесимметричных ступенчатых деталей поперечной прокаткой / Г.В. Кожевникова. – Минск: Белорусская наука, 2005. – 183 с.

4 Кожевникова, Г.В. Теория и практика поперечно-клинового прокатывания / Г.В. Кожевникова. – Минск: Беларуская навука, 2010. – 291 с.

Развитие технологии прокатки стального листа в Китае

Студент гр. 10402319 Цзян Хао, Чжоу Цзюньцзе
Научный руководитель Зеленин В.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Рост сталелитейных мощностей в Китае уже давно занимает первое место в мире. Сейчас в центре внимания находятся вопросы повышения производительности прокатки стального листа, контроля и управления его размерами и формой, разработки совмещенных процессов прокатка-охлаждение и литьё-прокатка.

1 Совмещенная технология горячая прокатка–охлаждение стального листа

Северо-Восточный университет технологии и автоматизации прокатки разработал линию сверхбыстрого охлаждения горячекатаного стального листа [1]. Сверхбыстрое охлаждение стало ключевой операцией процесса изготовления листа толщиной от 12 до 100 мм, шириной до 3,3 м и длиной до 20 м (рисунок 1).



Рисунок 1 – Система сверхбыстрого охлаждения прокатанного стального листа

Реализация сверхбыстрого охлаждения позволила сократить время пребывания заготовки в высокотемпературной зоне и снизить образование окалины, что значительно улучшило качество поверхности листа.

Совмещенная технология прокатка-охлаждение заключается в объединении прокатного стана и оборудования охлаждения в одну технологическую линию (рисунок 2).

Рисунок 2 – Линия совмещенной технологии прокатка-охлаждение

Автоматизированная система контроля и управления температурой листа позволяет поддерживать равномерное распределение температуры по всей его площади с точностью ± 20 °С (рисунок 3). Кроме того, сверхбыстрое охлаждение сокращает время нахождения листа на

охлаждающем конвейере, уменьшает градиент температуры по высоте листа, что минимизирует уровень возникающих в нем остаточных напряжений.

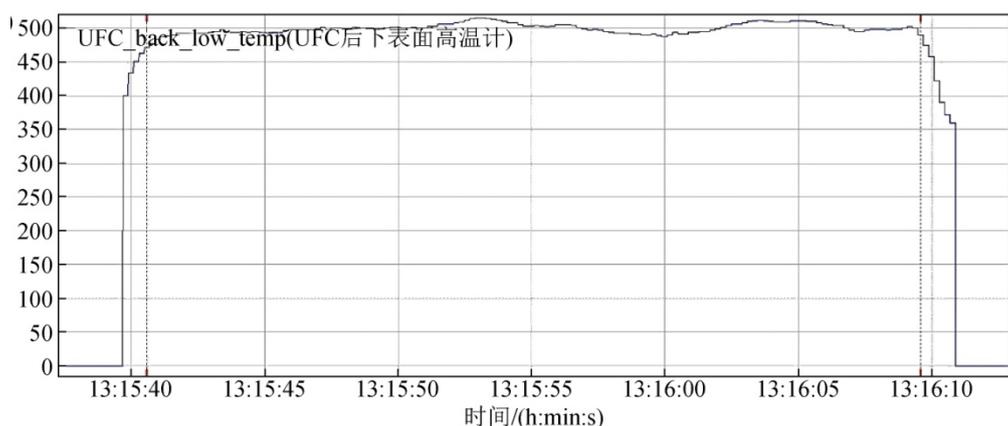


Рисунок 3– Температура листа толщиной 20мм при прокатке(500 ± 20 °C) и охлаждении

В результате сверхбыстрого охлаждения измельчается структура приповерхностных слоев с обеих сторон листа, что повышает их твердость и износостойкость (рисунок 4).

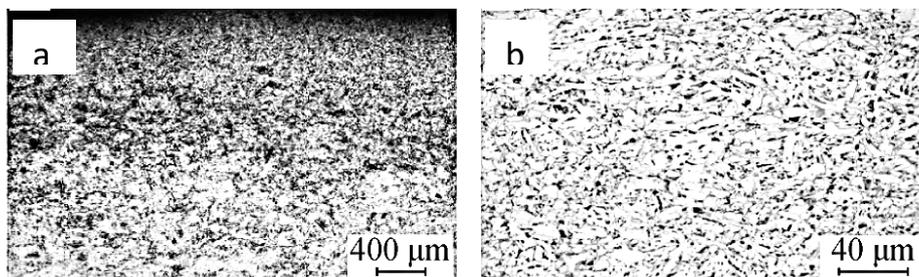


Рисунок 4 – Кристаллическая структура поверхностного (a) и центрального (b) слоев стального листа, прокатанного со сверхбыстрым охлаждением

При прокатке тонкого листа толщиной до 3 мм из высоколегированных сталей, вследствие отношения ширины к толщине листа порядка 1000, неравномерность охлаждения по площади при закалке и формирование высоких напряжений приводило к короблению листа и образованию трещин (рисунок 5).

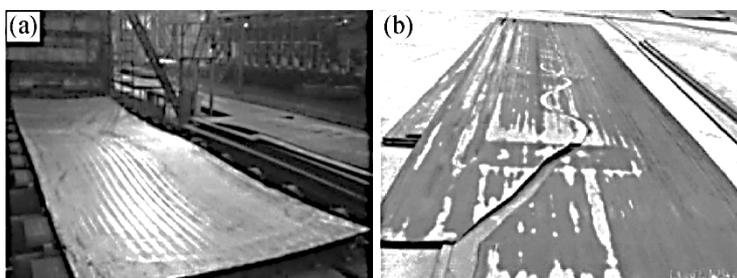


Рисунок 5 – Проблемы закалки тонкого (≥ 3 мм) высоколегированного стального листа:
а – коробление; b – трещины

Для устранения деформации тонкого листа при охлаждении были разработаны метод и устройство роликовой закалки при подаче струй воды на верхнюю и нижнюю поверхности стального листа (рисунок 6). Устройство состоит из 5 секций, в каждой из которых расположено по 2 верхних и 2 нижних ролика, длина которых соответствует ширине листа. При закалке лист находится в заневоленном состоянии между роликами. Частота вращения роликов

от секции к секции нарастает, что приводит к образованию в листе напряжений растяжения (натяга).

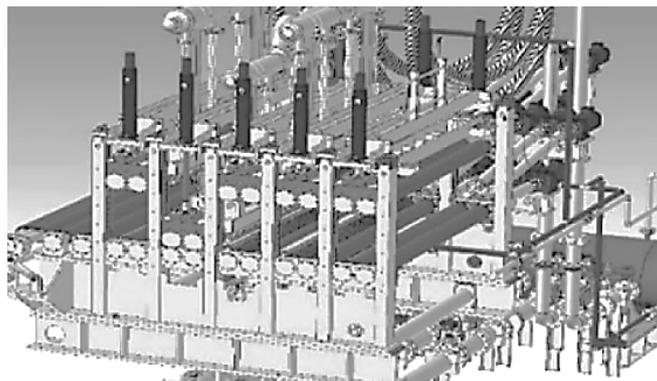


Рисунок 6— Роликовый механизм заневоливания и натяга листа при закалке

В результате была решена проблема закалки тонких высоколегированных стальных листов с максимальными габаритными размерами $3,3 \times 16$ м, с сохранением высокой точности по толщине листа и малых отклонений от плоскостности его поверхности.

2 Совмещенная технология литье-прокатка заключается в том, что процесс затвердевания расплава металла происходит за очень короткое время со скоростью на два порядка выше, чем при обычном литье. При этом растворенные в матрице легирующие элементы образуют пересыщенные твердые растворы, металл остается однофазным и приобретает повышенные эксплуатационные свойства.

Северо-Восточный университет совместно с SteelCo., Ltd. разработали технологию и оборудование Newco CASTRIP для производств тонких и ультратонких листов низкоуглеродистой электротехнической стали. Была оптимизирована конструкция сопла, повышена однородность, равномерность и стабильность процесса тонкополосного литья. Разработана стратегия автоматического управления и контроля уровня расплава в кристаллизаторе с точностью ± 1 мм. Результаты исследования структуры листовой электротехнической стали состава Fe–0,7% Si, полученной по традиционной и совмещенной технологиям, представлены на рисунке 7.

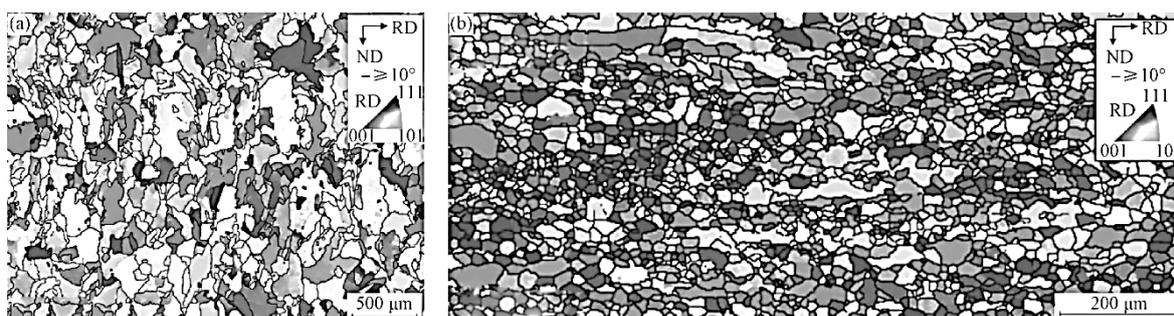


Рисунок 7—Структура электротехнической стали Fe-0.7% Si:
а – технология литье-прокатка; б – традиционная технология

Размер зерна стали, полученной по совмещенной технологии, составил 80 мкм, её структура близка к однофазной. Традиционная прокатка электротехнической стали включает следующие операции: горячую прокатку слитков на слябы, горячую прокатку слябов в лист толщиной 2–3 мм и холодную прокатку за 5–6 проходов с промежуточными отжигами [3].

Прокатку слитка в сляб производят при температуре от 1100 °С вначале до 800 °С в конце за 10–12 проходов с относительным обжатием от 10 до 50 %. В результате получают полосу толщиной 2–3 мм. Холодную прокатку листов толщиной 0,35–0,5 мм производят за 5–6 проходов с относительным обжатием 50–60 % с одним промежуточным отжигом.

При низких температурах (100 °С) пластическая деформация электротехнической стали осуществляется в основном двойникованием. Плотность дислокаций в процессе холодной

прокатки увеличивается до 10^{16} м^{-2} , размер зерна снижается до 35 мкм и формируется двухфазная кристаллическая структура листа (рисунок 7,б). В результате коэрцитивная сила электротехнической стали увеличивается до 500А/м, а её магнитная проницаемость снижается.

Качество листов электротехнической стали, полученной по совмещенной технологии литьё–прокатка, значительно выше соответствует лучшим мировым аналогам.

Заключение

Уровень развития технологий прокатки стального листа в Китае соответствует мировому уровню. Основное внимание в последние годы было уделено созданию оборудования и освоению совместных технологий горячая прокатка-охлаждениеи литья-прокатки.

Совмещенная технология – горячая прокатка-охлаждение стального листа сочетает технологию прокатки и термическую обработку, что повышает качество,улучшает структуру поверхностных слоев, их твердость и увеличивает производительность.

При применении совмещенной технологии при пластической деформации используется первичная теплота непрерывно литой заготовки, что экономит энергоресурсы на нагрев, повышает производительность и эффективность использования оборудования. Преимуществом литейно-прокатных агрегатов является компактное расположение оборудования, что требует меньших производственных площадей.

Прокатка листов электротехнической стали по совмещенной технологии литья-прокатки способствует улучшению кристаллической структуры листа, существенно снижает энергозатраты и повышает производительность прокатки, а также качество листов и их магнитные свойства.

Список использованных источников

1 Ли Хэ Shansteel Sunshine 2050 Горячекатаный прокат на основе ультрабыстрой холодной двухфазной стали DP600 производственной практики [J] / Ли Хэ. – Сычуань. Metallurgia, 2019. – 41(2). – Р. 32–36.

2 Berdiev, D.M. Improving wear resistance of steel products to unconventional heat treatment methods / D.M. Berdiev, A.A. Yusupov // International journal of scientific & technology research. Vol. 9, Issue 02, February 2020. – Р 2504–2509.

3 Мишин, Д.Д. Магнитные материалы: учеб.пособие. / Д.Д. Мишин. – М.: Высш. школа, 1981. – 335 с.

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

Исследование смазывающей способности разделительного покрытия для литья под давлением алюминиевых сплавов

Магистрант Хамид Заид Джаббар Хамид, студент гр. ТЛ-181 Алифировец Н.Н.
Научный руководитель Пивоварчик А.А.
Гродненский государственный университет имени Янки Купалы
г. Гродно

Известно [1–5], что в качестве основы разделительных покрытий используемых при литье под давлением силуминов целесообразно использовать кремнийорганические полимеры, продукты нефтепереработки, а также продукты растительного и животного происхождения, такие как технический жир, растительные масла и их производные. Разделительные покрытия (смазки) в основе которых присутствуют кремнийорганические полимеры (полиметилсилоксановые, полиэтилсилоксановые и др. жидкости) обладают рядом несомненных достоинств, таких как: высокая разделяющая способность, экологичность. Однако данные материалы имеют высокую себестоимость. В случае использования минеральных и синтетических масел, полученных на основе нефтепродуктов, основным недостатком является повышение пожароопасности и ухудшение санитарно-гигиенических условий труда на рабочем месте заливщика. С точки зрения литья под давлением интерес представляют образующиеся в результате получения сливочных и растительных масел побочные продукты переработки, такие как жирные кислоты (олеиновая и стеариновая, пальмитиновая и др.), мылосток и фуз. Данные продукты реализуются ОАО «Минским маргариновым заводом» по ТУ РБ 190239501.034–2002 и имеют невысокую себестоимость.

Цель настоящей работы состоит в исследовании смазывающей способности новых «альтернативных» материалов, используемых в составах разделительных покрытий при литье алюминиевых сплавов под высоким давлением.

Экспериментальную оценку смазывающей способности исследуемых материалов, входящих в состав разделительных покрытий определяли по усилию извлечения стержня из кокильной отливки Ризв. Исследуемый материал наносили вручную (квачом) на металлический стержень с технологическим уклоном 1° и шероховатостью поверхности $0,32 Ra$, прогретый в сушиле до температуры $220^\circ C$, что соответствует рабочей температуре пресс-формы. Температура прогрева стержня контролировалась при помощи термометра, встроенной в рабочее пространство сушилы. Термометру в свою очередь подключали к термоанализатору, погрешность измерения, которого составляет $0,5^\circ C$. Стержень, после нанесения на него слоя смазочного материала устанавливался в специально изготовленный металлический кокиль. Кокиль перед заливкой расплава также прогревали в сушиле до температуры $220^\circ C$. При установке кокиля на станину происходит незначительная потеря температуры, однако последующие заливки металла в кокиль возвращают первоначальную температуру, значение которой находилось в диапазоне от $200^\circ C$ до $220^\circ C$. После закрепления кокиля на станине с помощью рым-болтов, и установки в него смазанного стержня производилась заливка расплавленного жидкого металла из сплава АК12 [2, 4, 5, 6, 7].

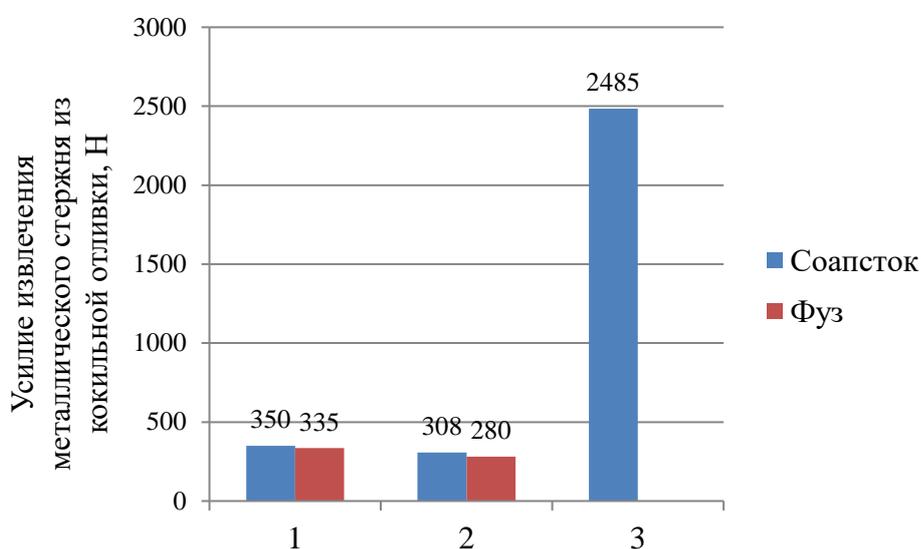
Масса навески металла в тигле перед расплавлением составляла 50 ± 2 г, температура заливки жидкого металла составляла $650^\circ C$. Время выдержки отливки в кокиле до полной кристаллизации составляло 0,5 мин. После кристаллизации расплава, стержень извлекался вместе с обжимающей его отливкой и устанавливался в специально изготовленную оснастку, закрепленную на разрывной машине модели РМ-5. После удаления стержня из тела отливки, за счет перемещения нижней плиты разрывной машины, фиксировалось усилие необходимое для извлечения стержня из тела кокильной отливки [6, 7].

В качестве перспективных материалов выступали продукты переработки растительных масел и животных жиров (мылосток и фуз), ввиду их экологичности и невысокой себестоимости. Следует отметить, что указанные компоненты в исходном состоянии представляют собой

темно светло-коричневую и светло-желтую водную эмульсию, а следовательно при корректном подборе поверхностно-активных веществ, создается предпосылка для создания разделительного покрытия с высокой седиментационной устойчивостью. Анализ количественного состава данным материалов показал, что в их состав входят такие вещества как: олеиновая кислота, стеариновая кислота, фосфолипиды и вода. По совокупности количество данных компонентов за исключением воды составляет 56–78 %. Было принято решение о проведении операции предварительного отстаивания исходным материалов с целью разделения эмульсии на жировую и водную составляющую. Отстаивание исходных материалов проводили в течение 30 дней в специальной таре емкостью 1 дм³. В результате исследования было установлено, что независимо от объема исходного материала эмульсия разделяется на жировую и водную составляющую в пропорциях: при использовании соапстока – 40:60; фуза – 20:80.

После отстаивания из верхней части тары отбиралась проба с помощью шприца для проведения исследований по определению смазывающей способности отстоявшейся фракции изучаемых материалов.

Результаты исследования по определению смазывающей способности соапстока и фуза в исходном состоянии и после отстаивания представлены на рисунке 1.



1 – исходный материал, 2 – материал после отстаивания, 3 – без разделительного покрытия

Рисунок 1 – Результаты исследования смазывающей способности соапстока и фуза, используемых при разработке смазок для литья алюминиевых сплавов под давлением

Показано (рисунок 1), что использование исследуемых материалов позволяет снизить усилие извлечения металлического стержня из отливки в 8,5–9,0 раз по сравнению с условием проведения экспериментов, когда смазывание стержня разделительным покрытием не производилось. Установлено, что наилучшей смазывающей способностью обладает фуз, при этом усилие извлечения стержня из отливки составляет 335 и 280 Н соответственно.

Показано (1), что при использовании соапстока усилие извлечения стержня из кокильной отливки составляет 350 Н и 308 Н. Установлено, что при использовании в качестве смазочного материала фуза после отстаивания снижается на 16,5 %. Следует отметить, что при использовании соапстока материалов усилие извлечения стержня уменьшается на 12 %.

В результате исследований установлено, что с целью получения разделительного покрытия с высокой смазывающей способности целесообразно использовать фуз – побочный продукт переработки растительного подсолнечного масла. Показано, что использование фуза позволяет снизить усилие извлечения металлического стержня из кокильной отливки на 4,5 % в сравнении с соапстоком.

Список использованных источников

1. Михальцов, А. М. Разработка водоземulsionных смазок для пресс-форм литья под давлением / А. М. Михальцов, А. А. Пивоварчик, В. А. Розум // Литейное производство. – 2006. – № 3. – С. 15–16.
2. Михальцов, А. М. К вопросу выбора компонентов смазок для пресс-форм литья под давлением / А. М. Михальцов, А. А. Пивоварчик // Наука – образованию, производству, экономике: Материалы VIII Междунар. научно-техн. конф. : в 4 т. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол. : Б.М. Хрусталеv [и др.]. – Минск, 2010. – Т. 1. – С. 282.
3. Противозадирные свойства смазок при литье под давлением алюминиевых сплавов / А. М. Михальцов [и др.] // Металл и литье Украины. – 2011. – № 6. – С. 8–15.
4. Пивоварчик, А. А. Исследование смазывающей способности материалов, используемых при разработке составов смазок для литья алюминиевых сплавов под давлением / А. А. Пивоварчик, А. М. Михальцов // Литье и металлургия. – 2012. – № 1 (64). – С. 95–97.
5. Михальцов, А. М. Разработка водоземulsionного состава разделительного покрытия для пресс-форм литья алюминиевых сплавов под давлением / А. М. Михальцов, А. А. Пивоварчик // Литейщик России. – 2012. – № 4. – С. 33–36.
6. Михальцов, А. М. Материалы разделительных покрытий пресс-форм литья алюминиевых сплавов под давлением / А. М. Михальцов, А. А. Пивоварчик, С. К. Дятловский // Литейщик России. – 2012. – № 7. – С. 38–40.
7. Пивоварчик, А.А. Влияние способов нанесения разделительных покрытий на толщину смазочно-разделительного слоя при ЛПД Al-сплавов / А. А. Пивоварчик, А. М. Михальцов // Литейное производство. – 2014. – № 5. – С. 24–25.

**Разработка состава разделительного покрытия для литья под давлением
алюминиевых сплавов с высокой седиментационной устойчивостью**

Магистрант Хамид Заид Джаббар Хамид, студент гр. ТЛ-181 Алифировец Н.Н.
Научный руководитель Пивоварчик А.А.
Гродненский государственный университет имени Янки Купалы
г. Гродно

При изготовлении отливок из алюминиевых сплавов методом литья под давлением используют разделительные покрытия, которые существенно снижают действие сил адгезии между отливкой и элементами пресс-формы (матрица, стержни, вставки) в процессе удаления отливки [1–4]. Разделительные покрытия (смазки) после нанесения на пресс-форму образуют равномерную пленку, которая позволяет производить беззадирное удаление отливки, сохраняя геометрию отливки. Известно, что в качестве основы водоземulsionных смазок целесообразно использовать натуральные продукты (растительные масла и животные жиры, природный воск), минеральные и синтетические масла и др. [1–4]. Водоземulsionные смазки 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. Однако получить водную эмульсию при использовании вышеназванных компонентов основы смазки довольно проблематично, ввиду гидрофобных свойств основных компонентов. Известно [1–4], что на величину седиментационной устойчивости смазки оказывают влияние не только гидрофобно-гидрофильные свойства материалов основы смазки, температура подогрева исходных компонентов перед перемешиванием и вид ПАВ, а также скорость перемешивания компонентов.

Целью настоящей работы является исследование влияния частоты перемешивания исходных компонентов, используемых при разработке состава смазки для литья под давлением алюминиевых сплавов с высокой седиментационной устойчивостью.

При разработке состава смазки в качестве основы был принят фуз (побочная маслянно-жировая фракция, образующаяся при хранении сырья, используемого при изготовлении подсолнечного масла и маргарина), реализуемый по ТУ РБ 190239501.034–2002. В качестве поверхностно-активного вещества выступал неионогенный и анионный ПАВ. Воду использовали в качестве разбавителя. Выбор данных материалов обусловлен их достаточно высокой смазывающей и разделяющей способностью, относительно невысокой вязкостью и высокой экологичностью.

Технология получения состава разделительного покрытия заключалась в следующем: точное дозирование компонентов для приготовления составов смазки осуществляли с использованием цилиндра 3-250-2 ГОСТ 1770–74, перемешивание компонентов проводили в мензурке 250 ГОСТ 1770–74, с использованием закрепленного на штативе диспергатора модели Basic T18 Ultra-Turrah. Использование указанного диспергатора позволило изменять частоту перемешивания исходных компонентов от 3 500 до 24 000 мин⁻¹. Температура подогрева исходных компонентов перед перемешиванием, контролировалась при помощи термометра и составляла 85 °С. Время перемешивания исходных компонентов, при приготовлении состава смазки составляло 10 мин.

Следует также отметить, что предварительно были проведены исследования по определению степени влияния вида и количества ПАВ, температуры подогрева исходных компонентов, частоты и времени перемешивания на седиментационную устойчивость разрабатываемого состава смазки для литья под давлением алюминиевых сплавов. Исследования показали, что оптимальный состав разделительного покрытия может быть следующий: фуз – 25–40 %; ПАВ – 2,5 %; вода – 67,5 %. Оптимальная температура подогрева компонентов варьировалась в интервале от 75 °С до 90 °С. Первоначально перемешивание исходных компонентов, прово-

дили, используя лабораторный смеситель с рабочей частотой 1 300 мин⁻¹. Время перемешивания компонентов не менее 1 мин. Седиментационная устойчивость вододисперсионной смазки, приготовленной при вышеуказанных технологических параметрах, не превышала 2 суток.

В таблице 1 представлены результаты исследования влияния частоты перемешивания исходных компонентов, на седиментационную устойчивость вододисперсионной смазки для литья алюминиевых сплавов под давлением.

Таблица 1 – Результаты исследования влияния частоты перемешивания исходных компонентов, на седиментационную устойчивость вододисперсионного разделительного покрытия для литья алюминиевых сплавов под давлением

Седиментационная устойчивость полученной вододисперсионной смазки, суток	Частота перемешивания исходных компонентов, используемых при разработке вододисперсионного состава смазки, мин ⁻¹					
	4 000	8 000	12 000	16 000	20 000	24 000
	4	13	17	22	29	38

Можно видеть (таблица 1), что значение седиментационной устойчивости возрастает при увеличении частоты перемешивания исходных компонентов. При этом возрастание значения седиментационной устойчивости более чем в 3 раза наблюдается при частоте перемешивания компонентов от 4 000 мин⁻¹ до 8 000 мин⁻¹ и составляет 13 суток. Дальнейшее увеличение частоты перемешивания компонентов от 16 000 до 24 000 мин⁻¹ приводит к повышению значения седиментационной устойчивости до 35 суток.

В результате проведения исследований установлено, что значительное влияние на седиментационную устойчивость смазки оказывает частота перемешивания исходных компонентов. При частоте перемешивания 24 000 мин⁻¹ седиментационная устойчивость разрабатываемого состава смазки превысила 1 месяц.

Список использованных источников

1. Михальцов, А.М. Разработка комплексного компонента на основе кремнийорганических полимеров для пресс-форм литья под давлением / А.М. Михальцов, А.А. Пивоварчик, Л.М. Слепнева // Литье и металлургия. – 2008. – № 1. – С. 129–133.
2. Михальцов, А.М. Разделительные покрытия на основе кремнийорганических полимеров для литья под давлением алюминиевых сплавов / А.М. Михальцов, А.А. Пивоварчик // Металлургия: респ. межвед. сб. науч. тр. – 2006. – № 30. – С. 130–140.
3. Пивоварчик, А.А. Разработка разделительных покрытий на основе кремнийорганических материалов для пресс-форм литья под давлением / А.А. Пивоварчик, Л.М. Слепнева, В.А. Розум // Литейщик России. – 2007. – № 1. – С. 36–40.
4. Михальцов, А.М. Разработка вододисперсионного состава разделительного покрытия для пресс-форм литья алюминиевых сплавов под давлением / А.М. Михальцов, А.А. Пивоварчик // Литейщик России. – 2012. – № 4. – С. 33–36.

Магистрант группы МЧМ-20 Ульянов Я. Э.

Магистрант группы МЧМ-21 Якимов Б. В.

Научный руководитель, д.т.н. Кузин А.В.

Донецкий национальный технический университет, г. Донецк

В связи с существенным снижением в последние годы расхода кокса и повышением механических и химических нагрузок на кокс, являющихся следствием значительного повышения эффективности применения дополнительных видов топлива, возникла острая необходимость повышения прочностных характеристик кокса. Одним из возможных вариантов повышения качества кокса в значительной мере является его подготовка к доменной плавке по фракционному составу.

В связи с этим возникла необходимость определения эффективности подготовки кокса по фракционному составу на работу печи.

Цель работы – исследование влияния подготовки кокса к доменной плавке по фракционному составу на работу печи.

В доменном цехе ЕМЗ в 2006 г. введен в эксплуатацию склад окатышей и кокса (СОК). Отличительной особенностью подачи кокса через СОК к бункерам печей в сравнении с традиционной схемой является большая ударно-стирающая нагрузка. Кроме того, на СОК предусмотрено выделение из основного потока крупной фракция кокса (в зависимости от размера ячеек сита крупность фракции можно изменить от 60 до 90 мм) с последующим дроблением её на валковой дробилке с изменяющимся расстоянием между валками. После дробления крупной фракции кокса поток объединяется с основным потоком для подачи к бункерам кокса доменных печей. Выделение скипового кокса на доменных печах осуществляется как и при обычной схеме на вибрационных грохотах.

Выполнен анализ гранулометрического состава металлургического кокса по данным поставщиков и по данным отсева при его выгрузке из вагонов в приемные бункера СОК. Из таблицы 1 видно, что среднее значение содержания фракции >80 мм в металлургическом коксе по данным поставщиков составляло 9,2 %, в то время как по данным отсева на СОК – 7,4 %, т.е. в процессе транспортировки содержание фракции кокса >80 мм снижалось на 20 % (отн.). Следует отметить, что максимальное значение фракции >80 мм по поставщикам в ряде случаев достигало 12-16 %. Обращает на себя внимание значительное повышение содержания мелкой фракции кокса <25 мм в металлургическом коксе: содержание данного класса в коксе возрастало почти в 4 раза, что свидетельствует о достаточно низкой прочности металлургического кокса. Содержание неблагоприятных фракций в металлургическом коксе R (сумма фракций >80 мм и <25 мм) по данным поставщиков и отсева кокса при разгрузке на эстакаде СОК возрастало в среднем с 12,3 до 19,4 % (на 58 % отн.), т.е. примерно на половину увеличивается содержание фракций, не удовлетворяющих требованиям доменной технологии. При этом показатель однородности кокса K_o , рассчитанный по формуле П.А. Щукина, имеет относительно низкое значение.

С начала 2003 г. в доменном цехе на доменных печах 1, 3 и 4 на коксовых грохотах начали применять резиновые сита с размерами просеивающих ячеек: верхнее 50х50 мм, нижнее – 30х32 мм. На новой доменной печи № 5 на коксовом грохоте были установлены резиновые сита с размерами ячеек: верхнее – 60х60 мм, нижнее – 36х36 мм.

Выполнен анализ изменения удельного расхода кокса и выхода отсева кокса на доменных печах ЕМЗ в зависимости от работы установленного зазора между валками дробилки кокса на СОК. Показано, что перевод со схемы обеспечения доменных печей коксом с «вагонами» на «через СОК+вагонами» позволил существенно снизить удельный расход скипового кокса: в среднем удельный расход кокса снизился с 520,3 до 516,2-500,2 кг/т чугуна (на 0,8-3,9 %). Кроме того, при переводе доменных печей с одной схемы обеспечения на другую

Таблица 1 – Значения показателей качества кокса

Поставщик	По данным поставщика				По данным отсева при выгрузке в приемные бункера СОК			
	>80 мм, %	<25 мм, %	R	Ko	>80 мм, %	<25 мм, %	R	Ko
Авдеевский КХЗ:								
1-й цех (20 опытов)	14,4	3,4	17,8	2,2	8,0	14,6	22,6	1,6
2-й цех (154 опыта)	9,0	2,9	11,9	2,9	7,7	11,7	19,4	1,7
3-й цех (113 опытов)	6,5	3,3	9,8	3,3	6,5	11,6	18,1	1,8
4-й цех (31 опыт)	7,3	3,0	10,3	3,2	6,7	10,8	17,5	1,9
Енакиевский КХП (41 опыт)	8,9	2,8	11,7	2,9	7,9	11,4	19,3	1,7
Среднее значение	9,2	3,1	12,3	2,9	7,4	12,0	19,4	1,7

и снижении зазора между валками коксовой дробилки с 80 до 60 мм (при практически постоянном размере нижней фракции скипового кокса) наблюдается существенное увеличение отсева кокса: выход отсева кокса возрос с 32,4 до 40,7-50,1 кг/т чугуна или на 1,6-2,5 %.

Выполнен отбор проб скипового кокса на доменной печи № 1 непосредственно при ссыпании его с коксового грохота. Рассевы показали, что обработка кокса на СОК безусловно способствовала решению основной задачи – значительному снижению содержания в коксе фракции >80 мм: содержание фракции >80 мм в скиповом коксе снизилось с 11,9 до 3,2 % или в 3,7 раза. Следовательно, крупные и, в большинстве своем, непрочные фракции, которые преимущественно способствуют образованию коксового мусора, в доменные печи не попадают. Одновременно в скиповом коксе существенно повысилось содержание и мелких фракций. Так, содержание фракций 40-25 мм повысилось с 19,4 до 29,7 % (на 53,1 % отн.), а содержание фракции 25-10 мм повысилось более чем в два раза. Обращает на себя внимание повышение содержания мелочи (10-0 мм) в скиповом коксе более чем в двое с 0,5 до 1,1 %. Повышение содержания мелких классов (10-0, 10-25 и 25-40 мм) в скиповом коксе с 23,0 до 37,1 % является следствием дробления крупных фракций и реализации наиболее непрочных кусков кокса с образованием более мелких фракций при прохождении металлургического кокса через СОК, так и относительно низкой эффективности грохочения скипового кокса на доменной печи. В связи с этим были даны рекомендации по увеличению размер ячеек на резиновых нижних ситах до 36x36 мм. Указанные рекомендации позволят повысить как минимальный размер скипового кокса до 36 мм, так и уменьшить содержание в нем суммы мелких фракций (10-0, 10-25 и 25-40 мм) до 10-15 %. Данные изменения в подготовке скипового кокса по фракционному составу особенно актуальны в свете освоения технологии пылевдувания.

Были выполнены рассевы отсева кокса на доменной печи № 1. Отсев кокса отбирался непосредственно под коксовым грохотом во время его работы. Показано, что при подаче металлургического кокса на доменную печь через СОК в отсеве кокса содержание фракции 10-0 мм повышается с 36,7 до 45,7 % (на 24,5 % отн.). Кроме того, в отсеве кокса содержание класса >10 мм, т.е. фракций пригодных для высева коксового орешка, снизилось с 63,3 до 54,3 %. Несмотря на некоторое снижение фракции >10 мм в отсеве кокса, её доля остаётся достаточно высокой для производства коксового орешка.

Анализ результатов свидетельствует о повышении выхода отсева кокса и увеличении в скиповом коксе мелких (10-0, 10-25 и 25-40 мм) фракций, что закономерно. Однако, это не означает, что додрабливание может привести к существенному снижению доли использования металлургического кокса в доменной печи. Решение данной задачи может быть обеспечено за счёт увеличения верхней границы крупности отсева до 36(40) мм, выделения из отсева кокса коксового орешка и загрузки его в смеси с железорудной частью шихты.

Были проведены рассевы коксовой мелочи получаемого на участке высева коксового орешка доменной печи № 1 ЕМЗ. Отбор проб производился непосредственно из накопительного бункера коксовой мелочи. Показано, что при размере просеивающих отверстий на нижнем резиновом сите виброгрохота коксового орешка 15x15 мм коксовая мелочь содержит крупных кусков >10 мм в среднем 12,6%, что является достаточно хорошим показателем при использовании её в агломерационном производстве. Для повышения эффективности грохочения и степени использования металлургического кокса в доменном цехе можно увеличить количество просеивающих сит до 3 штук, причем нижнее сито может быть выполнено из металла с размером отверстий ячеек до 8-10 мм. Данное предложение может позволить снизить содержание фракции 10-25 мм вплоть до полного её отсутствия в коксовой мелочи.

Таким образом, подготовка кокса к доменной плавке по фракционному составу обеспечивает: снижение количества поступающей фракции >80 мм в печь и, как следствие, образование в ней мелочи фракцией менее 10 мм; повышение степени использования металлургического кокса в доменной плавке при выделении из отсева кокса коксового орешка и загрузка его в смеси с железорудной частью шихты; улучшение однородности скипового кокса; снижение потерь кокса в виде класса 10-0 мм при грохочении и др.

Выводы

1. Установлено, что при обеспечении доменных печей металлургическим коксом при подаче его через склад окатышей и кокса выход отсева кокса на 1 т чугуна возрастал с 40,7 кг (7,5 %) до 47,6-50,1 кг (8,4-9,1 %).
2. Показано, что содержание фракции >80 мм в скиповом коксе при прохождении металлургического кокса через СОК способствовало снижению её содержания с 11,9 до 3,2 % (в 3,7 раза).
3. Отсев кокса необходимо подвергать классификации для выделения коксового орешка крупностью более 10(15) мм с последующей загрузкой его в смеси с железорудной частью доменной шихты.

Свойства шлаков, образующихся при металлургической переработке алюмоматричных кварцсодержащих композиций

Студент гр. 10405319 Руленков А.Д.

Магистрант Миронович А.Ю.

Научный руководитель Рафальский И.В.

Белорусский национальный технический университет.
г. Минск

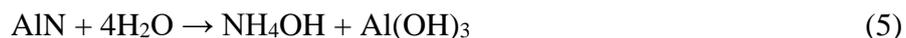
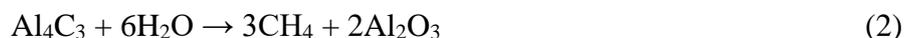
Для получения порошков с высоким содержанием алюмооксидных фаз, применяемых в процессах газотермического напыления, могут использоваться шлаки, образующиеся при металлургической переработке алюмоматричных кварцсодержащих композиций [1, 2]. В процессе температурно-временной обработки алюмоматричных кварцсодержащих композиций протекает химическая реакция взаимодействия алюминия и оксида кремния с образованием оксида алюминия, который впоследствии удаляется из расплава в шлак, и кремния, растворяющегося в расплаве алюминия:



Для получения алюмоматричных кварцсодержащих композиций использовали формовочные кварцевые пески марок 1K₁O₂016, 1K₂O₂03, алюминиевый литейный сплав АК5М2 (ГОСТ 1583-93) в чушках (основа металлотавалки), отходы деформируемого алюминиевого сплава АМц (система алюминий-марганец, ГОСТ 4784-2019). Кварцевый песок вводился в количестве до 20 % от массы металлотавалки.

Для удаления шлаковой фазы после металлургической переработки алюмоматричных кварцсодержащих композиций применяли рафинирующую обработку расплава флюсом в составе солей: KCl (50 % мас.), NaCl (30 % мас.), Na₃AlF₆ (15 % мас.), CaF₂ (5 % мас.). Полученную шлаковую смесь собирали в стальную изложницу и после охлаждения просеивали на ситах для удаления металло- и флюсосодержащих конгломератов. Удаление солей рафинирующего флюса из шлака осуществляли путем промывки шлаковой смеси водой с последующей ее сушкой.

В процессе взаимодействия с водой карбидов и нитридов алюминия, содержащихся в шлаке, протекают химические реакции их гидролиза с образованием щелочного раствора. При этом выделяющийся газообразный аммиак NH₃ растворяется в воде, повышая pH раствора при выстаивании шлако-водной суспензии



Исследована структура частиц порошкового материала, синтезированного и выделенного из шлаковой фазы в процессе металлургической обработки алюмоматричных композиций. Установлено, что частицы порошка имеют округлую, губчатую форму с размерами, близкими к исходным размерам частиц кварцевого песка, преимущественно, от 100 до 300 мкм.

Фазовый состав полученной порошковой смеси является достаточно сложным и включает, преимущественно, различные формы алюмооксидных фаз, а также различные продукты взаимодействия компонентов сплава, флюса, кварцевого песка и атмосферных газов, такие как карбиды и нитриды алюминия (Al_4C_3 , AlN).

Гранулометрический состав полученной порошковой смеси, установленный на основе ситового метода анализа, показал следующее распределение частиц по фракциям: свыше 0,315 мм – 35,6 %; 0,2-0,315 мм – 43,7 %; 0,1-0,2 мм – 10,1 %; 0,063-0,1 мм – 1,4 %; менее 0,063 мм – 9,2 %.

Насыпная плотность полученной порошковой смеси (рис. 1) составила 1,91-1,95 г/см³, в уплотненном состоянии (уплотнение встряхиванием) 2,17-2,21 г/см³, естественный угол откоса порошковой смеси составил 34 °, сыпучесть 26,7-27,8 г/с (для сухого кварцевого песка 25,2-25,7 г/с).



Рисунок 1 – Внешний вид порошка, полученного после металлургической переработки алюмоматричных кварцсодержащих композиций

Список использованных источников

1. Рафальский, И.В. Физико-химические основы синтеза силуминов с использованием кварцсодержащих материалов / И.В.Рафальский, А.В.Арабей, Б.М.Немененок – Минск: БНТУ, 2015. – 140 с.
2. Рафальский, И.В. Ресурсосберегающий синтез сплавов на основе алюминия с использованием дисперсных неметаллических материалов и интеллектуальные методы контроля металлургических процессов их получения / И.В.Рафальский. – Минск: БНТУ, 2016. – 308 с.

Влияние технологии изготовления на структурную однородность японской и дамасской сталей

Студенты гр.10405118: Матюков Иван Максимович

Ященко Артём Сергеевич

Научный руководитель: Астрейко Людмила Александровна

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Наибольший интерес среди исследователей по сочетанию пластических и прочностных свойств находит материалы японской и дамасской сталей. Этот материал работает и в условиях удара, и при щадящем использовании без динамического воздействия. Японская сталь отличается чередованием слоев низко- и высокоуглеродистой, в отличие от дамасской стали, в которой чередуется чистое железо и высокоуглеродистая сталь.

Процесс изготовления изделий из японской стали начинается с выплавки: изначально рудный песок размещали в яме вместе с предварительно измельченным древесным углем и плавил. Это позволяло удалить вредные серо- и фосфорсодержащие примеси и провести насыщение железа углеродом. В результате получается так называемая крица - высокопористые куски железа. При таком способе получения железа, жидкий металл контактирует со шлаком и происходит удаление неметаллических включений и вредных примесей. Выплавленные куски крицы перековывались в прутья и закапывались в болотистую землю. Насыщенная солями и кислотами болотная вода разъедала прутья и тем самым обеспечивается дополнительное удаление (очистление) вредных примесей. Далее слитки полученного металла опять перековываются в тонкие пластины с охлаждением в воде. После закалки пластины разбиваются на небольшие куски. Предполагают, что это приводит к дополнительной очистке, так как сколы происходят в местах, расположения шлаковых включений. Излом имеет хрупкий характер и присутствуют видимые включения шлака. Содержание углерода в полученном металле определяется по искре: чем выше содержание углерода в стали, тем больше сноп с яркими желто-оранжевыми искрами. Таким образом куски стали дифференцируются на низкоуглеродистую и высокоуглеродистую стали. Полученные куски металла укладывали пакетом на большую пластину из этого же материала. Пакет нагревается примерно до 1200°C и подвергается кузнечной сварке. Целью является получение оптимального сочетания вязкости и твердости. Для этого каждую заготовку ковали до состояния пластины и складывали пополам, и снова ковали. Такой цикл повторялся до 15-20 раз. При этом получалось до нескольких тысяч чередований слоев высокоуглеродистой и низкоуглеродистой сталей [1].

Термообработка является важным этапом изготовления, обеспечивающим упрочнение режущей кромки. В результате закалки на стали появляется типичный узор - хамаон. Хамаон представляет собой зону перехода от твердой мартенситной к более мягкой перлитной зоне стали.

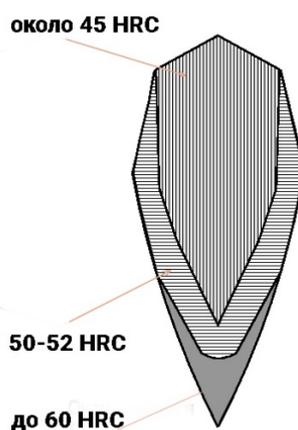


Рисунок 1. Расположение слоев стали в сечении меча

На основании металлографического анализа установлено, что по сечению меча из японской стали присутствуют структуры: на режущей кромке - мартенсит (до 60HRC), плавно переходящий в троосто-мартенситную структуру (52-54 HRC) и имеющую сорбит зернистый (около 45HRC) в центре сечения клинка (см. рисунок 1). При этом твердость клинка меняется не только по сечению, но и по длине клинка. Наибольшая твердость достигается на режущей кромке и острие. Также установлено наличие фрагментарно волокнистой структуры. Волокна представляют собой сильно вытянутые по поперечной оси поликристаллические структуры из слоев стали с разным содержанием углерода. Между самими волокнами периодически прослеживаются следы сварочных швов. Плотность волокон у кромки лезвия доходит до 100-300 волокон на квадратный миллиметр [1].

Дамасская сталь в структуре отличается от японской стали чередованием слоев чистого железа и высокоуглеродистой стали, что придает стали вязкость с одновременно повышенной твердостью.

Основным недостатком дамасской стали является низкая коррозионная стойкость, обусловленная большим содержанием углерода в компонентах поковки и практически полным отсутствием легирующих элементов.

Текстура травленной дамасской стали представляет оптический эффект неравномерного распределения углерода в материале (см. рисунок 2).



Рисунок 2. Пример структуры дамасской стали

Изначально крица для изготовления дамасской стали содержит 0,05-0,15 %С. Сталь науглероживали в горне при температурах около 1000 °С и выдержкой от нескольких часов до нескольких дней. Толщина науглероженного слоя была в диапазоне от 0,5 до 1,0 мм. Для более равномерного распределения углерода по сечению, заготовки сваривали кузнечной сваркой, перековывали и опять подвергали науглероживанию. Такой цикл повторялся до нескольких раз. В результате термической и кузнечной обработки заготовки получалась структура с чередованием чистого железа и высокоуглеродистой стали. В ходе термообработки содержание углерода по слоям в некоторой степени выравнивалось за счет его диффузии [2].

Структура дамасской стали обеспечивает хорошие прочностные и режущие свойства: создается эффект «микропилы» при котором участки с более твердой и износостойкой высокоуглеродистой стали выступают в роли микрозубьев. Структура обеспечивает устойчивость к ударным нагрузкам: высокоуглеродистая сталь, обработанная на троосто-сорбит, может треснуть при динамическом ударе, но слои чистого железа блокируют распространение трещин и обеспечивает сохранение целостности.

Сравнение технологий изготовления японской и дамасской сталей выявило, что, не смотря на различия в технологии набора слоев в сварном кузнечном композите, средневековым мастерам из разных концов мира с применением примитивных технологий микроскопического анализа, таких как на анализ структуры излома стали и примерного содержания углерода по снопу искр, удалось уже в те времена изготовить первые композиционные материалы. Японская сталь создается из чередования слоев низкоуглеродистой и высокоуглеродистой сталей, тогда как дамасская чередованием слоев чистого железа и высокоуглеродистой сталей. Обе структуры позволяют получить высокую твердость на режущей кромке при одновременно высокой вязкости в середине.

В современности данные стали находят в свое применение для режущего инструмента, в частности кухонных ножей и холодного оружия, так и в изготовлении декоративных вещей благодаря своей необычной текстуре.

Список использованных источников

1. Федосеев С.Н. Секреты изготовления японского меча // Прогрессивные технологии и экономика в машиностроении: Труды XIII региональной научно-практической конференции студентов и учащейся молодёжи. – Юрга, ЮТИ ТПУ, 9-10 апр. 2009. – Томск: Изд. ТПУ, 2009. – С. 22-24.
2. Шерби О.Д., Дж. Уодсворт Дамасская сталь. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://padaread.com/?book=31979>

Особенности использования пылевидных отходов в электросталеплавильном производстве

Студенты: гр. 10405317 Буйкевич М.С., Шарафанович М.А.,
гр.10405119 Федорович Д.С.
Научный руководитель Корнеев С.В.
Белорусский национальный технический университет.
г. Минск

В процессе производства стали неизбежно образуются отходы, среди которых значительную долю могут составлять пылевидные отходы различных фракций. Наиболее мелкие фракции содержат пыль газоочисток электродуговых печей.

Анализ конструкций электродуговых печей и технологий плавки в них свидетельствует о том, что загрузка материалов в них может осуществляться в завалку при помощи корзин, через бункерную систему, технологическое окно и вдуванием через инжекторы и фурмы.

За исключением последнего варианта пылевидные материалы требуют предварительного окускования. В металлургическом производстве широко используются продукты, полученные окатыванием пыли в грануляторах (окомкователях) барабанного и чашевого типов к которым относятся окисленные и металлизированные окатыши. Данные продукты должны обладать определенными прочностными характеристиками, позволяющими их транспортировать на значительные расстояния с многочисленными перегрузками. Для обеспечения необходимой прочности сырые окатыши проходят последующую сушку и обжиг при температурах около 1250-1350 °С.

Брикетирование для относительно незначительных объемов пыли может быть более эффективным, чем другие способы окускования. При этом сами технологии брикетирования могут различаться в зависимости от необходимых размеров и формы брикетов, их химического состава, ограничений на количество и вид связующих и др. факторов.

При получении брикетов непосредственно на металлургическом предприятии без необходимости транспортировки на большие расстояния следует также рассматривать возможность некоторого снижения требований к прочностным характеристикам брикетов за счет снижения количества связующих, давлений прессования или времени (температуры) тепловой обработки. В настоящее время наиболее распространенным продуктом в электросталеплавильном производстве являются оксидоугольные брикеты, а также брикеты, полученные из металлизированного сырья в горячем состоянии.

Также в большинстве высокощных электродуговых печей в настоящее время используются те или иные инжекционные системы. Наиболее распространены системы, вдувающие в печь углеродсодержащие материалы, а также добавочные материалы такие как известь и флюсы. В настоящее время общепризнана целесообразность применения вдувания порошкообразных материалов при выплавке стали в электропечах. Это ускоряет наведение шлака, рафинирование и сокращает длительность плавки, также пневмоподача порошков несколько упрощает систему грузопотоков в цехе. Также известны системы, вдувающие пыль газоочисток непосредственно с целью ее утилизации в электродуговых печах.

В процессе анализа литературных данных и патентного исследования установлено, что основные направления совершенствования конструкций и технологии связаны со следующими работами:

- селективное разделение пыли по химическому и фракционному составу в системе газоочистки (например, отделение обогащенной соединениями цинка пыли посредством переключения определенной линии улавливания по периодам плавки, так как цинк преимущественно испаряется в первой половине плавки);
- подбор наиболее оптимального связующего для определенного способа брикетирования и состава пылевидного материала;
- определение оптимальных размеров брикетов для подачи их в печи;

- разработка технологий и режимов предварительной обработки пыли для извлечения из нее цинка, свинца, олова и других элементов;
- совершенствование способов и устройств подачи кусковых материалов в печи;
- совершенствование распределения порошкообразного материала по фурмам металлургического агрегата и устройств для его осуществления;
- совершенствование способов подачи углеродсодержащих порошков совместно с пылью для восстановления оксидов (преимущественно железа и цинка);
- определение места подачи порошкообразных материалов в рабочее пространство печи с целью создания восстановительной среды при одновременном использовании вдувания кислорода;
- разработка технологий переработки пыли с получением вторичных продуктов востребованных в других производствах и др.

Обработка расплава стали модификатором, содержащим щелочноземельные металлы

Магистрант Мухтаров Д.Р., студент гр. 10405117 Далецкий А.Р.,
гр.10405119 Хорольский П.Д.
Научные руководители Барановский К.Э., Розенберг Е.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Производство качественных отливок из стали в настоящее время основано не только на рафинировании металла от вредных примесей при проведении плавки. Значительный вклад в формирование требуемой структуры и эксплуатационных свойств стали могут вносить и другие, более экономичные методы, к которым относится модифицирование. В результате процессов модифицирования происходит изменение степени дисперсности и морфологии фазовых составляющих стали, в том числе, количества, размера и формы неметаллических включений в результате введения в ее расплав небольших количеств активных добавок. При этом существенно изменяются механические и технологические свойства.

В настоящее время широкое распространение получили модификаторы, содержащие щелочноземельные металлы (ЩЗМ). Однако низкие температуры кипения ЩЗМ и высокая упругость пара при температуре жидкой стали затрудняют их эффективное использование. Значительная часть кальция и других ЩЗМ при введении в сталь испаряется и окисляется, удаляясь из металла. Усиление действия кальция обеспечивается путем совместной присадки с ним бария, а также стронция. При их комплексном вводе в жидкую сталь упругость паров будет ниже упругости пара каждого отдельно взятого элемента, что ведет к более медленному испарению и увеличению продолжительности взаимодействия с кислородом и серой и, как следствие, к более эффективному результату модифицирования [1]. Целью исследований являлось опробование модификатора, содержащего несколько ЩЗМ, разработанного ООО НПК «МеталлТехноПром» (г. Иркутск, Россия) для производства отливок из стали марки 45Л при выплавленной в дуговой печи ДСП-5М с кислой футеровкой.

Преимущество данного комплексного модификатора, по сравнению со стандартным силикокальцием, заключается в том, что присутствие нескольких раскислителей облегчает образование комплексных неметаллических включений что приводит, к более эффективному результату модифицирования.

Модификатор добавлялся при заполнении заливочного ковша (400 кг) на 25-30%, в количестве 0.1, 0.2, 0.3% соответственно. Затем, заливались спиральные пробы на жидкотекучесть и трефы для определения механических свойств, часть из которых использовалась для изготовления шлифов, для определения загрязненности стали неметаллическими включениями, а часть подвергалась термической обработке – нормализации в соответствии с заводской технологией для проведения механических испытаний.

В результате обработки жидкой стали модификатором, уменьшился размер и количество неметаллических включений, по сравнению с немодифицированным образцом. Кроме того, улучшилась их форма. Это обусловлено образованием соответствующих сульфидов и окисульфидов щелочноземельных металлов [2].

Результаты испытаний механических свойств показали, что после модифицирования произошло повышение предела текучести на 20 – 35% (рис. 1).

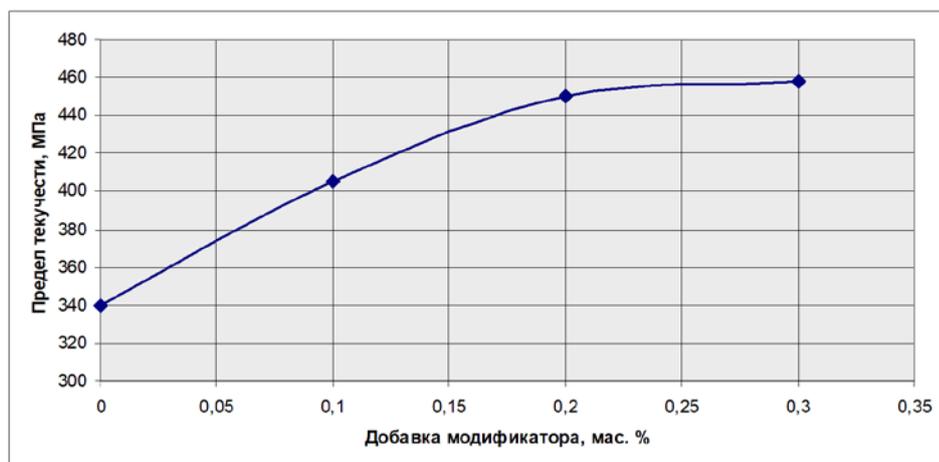


Рисунок 1- Зависимость предела текучести от количества вводимого модификатора

Относительное удлинение (наиболее значимый параметр для литых сталей) при модифицировании возросло на 25 – 40% (рис. 2), аналогичная тенденция наблюдалась и для относительного сужения.

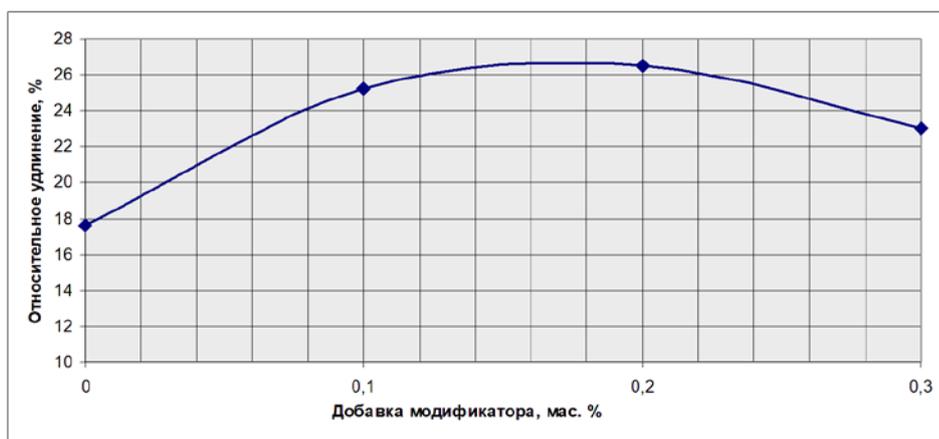


Рисунок 2- Зависимость относительного удлинения от количества вводимого модификатора

Кроме того, при модифицировании значительно увеличилась (на 40 – 55%) жидкотекучесть (рисунок 3).



Рисунок 3- Зависимость жидкотекучести от количества вводимого модификатора

Это обусловлено тем, что в результате защиты поверхности расплавленной стали парами кальция, бария и стронция от контакта с атмосферой происходит понижение поверхностного натяжения, что приводит к увеличению её жидкотекучести. Это связано с тем, что поверхностное натяжение оказывает значительное влияние на динамическую вязкость расплава, которая в наибольшей степени определяет литейные свойства сплавов.

Из приведенных рисунков видно, что небольшие добавки исследуемого модификатора повышают механические свойства стали, особенно относительное удлинение. Следует также отметить, что некоторые зависимости носят экстремальный характер. Поэтому, наиболее целесообразно вводить в расплав 0,2% модификатора, так как дальнейшее повышение количества присадки не дает значительного увеличения свойств. В таблице 1 показаны результаты и исследований при вводе в расплав 0,2% модификатора.

Таблица 1 Результаты исследований

Показатели	Без модифицирования	С модифицированием
Предел текучести σ_T , МПа	340–425	400–460
Временное сопротивление σ_B , МПа	683–705	690–715
Относительное удлинение, %	13–24	21–29
Жидкотекучесть, мм	230–410	320–630

Применение модификатора, содержащего несколько ЦЗМ, позволяет снизить загрязненность стали по неметаллическим включениям, улучшить форму неметаллических включений, повысить жидкотекучесть расплава, а также увеличить механические свойства отливок. Рекомендуется использовать модификатор в литейных цехах предприятий машиностроительного профиля для внепечной обработки сталей.

Список использованных источников

1. Голубцов, В.А. Модифицирование стали для отливок и слитков / В.А. Голубцов, В.В. Лунев. – Челябинск – Запорожье: ЗНТУ, 2009. – 356 с.
2. Легирование и модифицирование стали с использованием природных и техногенных материалов / О.И. Нохрина [и др.]; Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013 – 320 с.

Студенты гр. 10405319 Авчинникова М. Д., Астапенко М. С., гр. 10405119 Раков И. Г.
Научные руководители Немененок Б. М., Румянцева Г. А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Цифровое управление производственным процессом в металлургическом производстве рассмотрим на примере электросталеплавильного цеха. Схему управления лучше анализировать по ходу технологического процесса, который начинается с автоматизации подготовки и подачи шихтовых материалов. Далее следует полностью автоматизировать процесс электродуговой плавки, ходом которого можно управлять с использованием системы видеокамер и измерительной аппаратуры. Различные вспомогательные устройства и приспособления, расположенные вблизи электродуговой печи (ЭДП), позволяют выполнять трудоемкие и опасные операции с минимальным использованием ручного труда.

Эта задача должна быть решена для обеспечения безопасного и надежного технологического процесса без поломок оборудования и простоев. Разработаны полностью автоматизированные системы управления загрузкой шихты в ЭДП, которые точно воспроизводят условия перемещения шихты и ее загрузки. Передвижение мостовых кранов должно быть синхронизировано с перемещением укрытия и свода ЭДП. Это позволяет сокращать время работы печи без токовой нагрузки в технологическом цикле электродуговой плавки, повышать безопасность работы, т. е. снижать риск повреждения оборудования во время завалки шихты.

Цифровое управление процессом электросталеплавильного производства базируется на следующих четырех основных положениях:

- сбор и анализ информации о ходе технологического процесса плавки в ЭДП и о рабочих параметрах оборудования, которую обрабатывают в автоматизированной системе управления в соответствующих подпрограммах;
- сбор информации из других источников, в том числе от так называемых интеллектуальных сенсоров;
- автоматизированное управление работой манипуляторов, роботов и другого программируемого оборудования;
- анализ состояния и функционирования основного технологического и вспомогательного оборудования.

Для реализации цифрового управления электросталеплавильным цехом необходимо соединить все четыре направления для достижения полной оптимизации и максимальной автоматизации технологического процесса выплавки стали. Любая технологическая операция описывается математической моделью с четко заданными параметрами, которые обеспечивают работоспособность манипулятора или оборудования только в заданном диапазоне нагрузок, температур и т. д. Не выполнение хотя бы одного из установленных параметров не позволяет выполнять следующую запрограммированную операцию пока не будут соблюдены все требования.

Вся информация от автоматизированных систем управления собирается и хранится с использованием защищенных облачных технологий. Текущая информация о параметрах ЭДП и связанного с ней вспомогательного оборудования, включая и работы системы пылегазоочистки, отображается на дисплее. В интерактивных сводках можно представлять наиболее важные показатели с акцентированием внимания на их отклонениях. Для сравнения могут приводиться показатели нескольких последних плавов. Корреляционные зависимости между отдельными параметрами можно проанализировать с использованием статистических методов для последующей оптимизации рабочих параметров ЭДП и вспомогательного оборудования. По результатам мониторинга состояния оборудования можно прогнозировать объем и сроки работ по ремонту и техническому обслуживанию оборудования.

Студенты гр. 10405117 Можейко Д.П., Тарасова А.А.,
гр. 10405118 Казакевич А.Д.

Научные руководители: Немененок Б.М., Румянцева Г.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Для металлургического производства характерно образование больших объемов техногенных отходов, которые оказывают негативное воздействие на окружающую среду. При этом на разных стадиях производства появляются отходы, связанные как с несовершенством технологического процесса, так и с его особенностями. Значительная часть таких отходов представлена шлаками, пылью и шламами газоочистных сооружений, содержащих наряду с оксидами железа, кальция, кремния, магния и марганца также комплекс примесей в виде оксидов свинца и цинка, примесей цветных металлов, щелочных соединений, серы и фосфора [1]. При этом часть техногенных отходов по содержанию железа и полезных элементов способна конкурировать с природными материалами, которые еще нужно извлечь из недр земли и транспортировать к месту плавки.

Стремление к появлению экологически чистых «зеленых» производств привело к возникновению концепции No WASTE и развитию малоотходных и безотходных производств. Степень их развития характеризуется объемом вредных выбросов, классом опасности, показателями потребления энергоносителей, полнотой переработки образующихся отходов и объемами их захоронения. Любые действия, направленные на снижение топливопотребления при плавке металлов и нагреве заготовок перед прокаткой, также являются элементами «зеленых» технологий, поскольку приводят к уменьшению объемов выделяющегося в процессе горения углекислого газа и снижению парникового эффекта. По данным авторов работы [2] на сталелитейную отрасль приходится лишь 6 % общемирового объема выбросов и, например, удельные выбросы CO₂ от молока превышают выбросы от стали на 50 %. Рециклинг образующихся металлоотходов дает возможность получать качественные шихтовые материалы для выплавки стали при производстве отливок и прокатной продукции с меньшим энергопотреблением по сравнению с их получением на основе природного сырья, что позволяет наблюдать в нем «ростки зеленых» технологий. Следует отметить, что при повторном использовании стали в виде металлолома эти 6 % по большей степени оказываются углеродно-нейтральными, что делает сталь поистине уникальным материалом, так как, по сравнению со всеми производимыми материалами, она отличается самым низким объемом выбросов CO₂ на протяжении своего жизненного цикла. При анализе процессов газоочистки следует обращать внимание не только на содержание оксидов углерода на выходе из очистных сооружений, но и учитывать возможность улавливания углекислого газа с целью использования его в качестве сырья для нужд металлургической, химической и энергетической отраслей [2]. Было бы ошибкой заявлять, что CO₂ является отходом. Он является сырьем для производства новых видов продукции.

Заслуживает внимания электродуговая печь Quantum с системой обработки отходящих газов с автоматизированной модификацией газовых потоков, максимальной герметичностью и специальным колпаком для улавливания пыли и газов в ходе завалки шихты [3]. Данное решение обеспечивает выполнение природоохранных требований, позволит сократить площадь крыши здания и значительно уменьшить объем системы газоочистки. Большая часть энергопотерь в электросталеплавильном производстве приходится из-за неэффективного использования отходящих газов. Наиболее действенным способом сокращения потерь является рекуперация энергии таких газов и использование ее для нагрева шихты, что позволило снизить потребление энергии до 280 кВт.ч/т. Снижение потребления электроэнергии и расхода

электродов ведет к сокращению выбросов углекислого газа почти на 30 %, что примерно равняется 65000 т CO₂ при годовой производительности печи 1,3 млн т [3].

Крупнотоннажными отходами сталеплавильного производства являются шлаки. В большинстве случаев зарубежной практики они являются признанным строительным материалом, что нельзя сказать о Белорусском металлургическом заводе, где они используются преимущественно в качестве щебня при строительстве дорог или для изготовления тротуарной плитки. Большие проблемы возникают с использованием рафинировочных шлаков с установки «печь-ковш», которые отличаются низкой устойчивостью и подвержены самораспаду. В случае их стабилизации большая часть шлаков внепечной обработки может быть использована в качестве шлакообразующих добавок при плавке стали в дуговых электропечах. При этом не требуется полигонов для их захоронения и экономится первичное сырье. Например, в Германии и другие отходы перерабатываются внутри предприятия и используются в качестве шлакообразующих, что дает экономический эффект, выражающийся шестизначной суммой в евро [2].

Грамотное обращение с техногенными отходами позволяет исключить их захоронение с уплатой обязательного экологического налога и превратить в ценное сырье для производства новых видов продукции, что обеспечит развитие безотходных и «зеленых» технологий с получением экономического и социального эффектов.

Литература

1. Использование техногенных отходов при производстве агломерата и чугуна / Л.Д. Никитин [и др.] // Сталь. - 2019. - № 7. - С. 8-12.
2. Люнген, Х.Б. Гибкие решения в сталелитейной отрасли для сокращения выбросов и повышения эффективности производства / Х.Б. Люнген, М. Шпрехер // Черные металлы. - 2017. - № 11. - С. 64-71.
3. Высокая производительность электродуговых печей при исключительно низких конверсионных затратах / М. Абель [и др.] // Сталь. - 2012. - № 7. - С. 19-22.

Машины и технология литейного производства

Изучение стабильности микроструктуры быстрозакаленных алюминиевых сплавов

Студент гр.10404118 Марусич А.В.
Научный руководитель Калиниченко В.А.
Белорусский национальный технический университет
г.Минск

Тенденции развития материаловедения характеризуются исследованиями и разработкой новых материалов с повышенными эксплуатационными свойствами, обеспечивающих повышение долговечности машин и механизмов, снижение материалоемкости продукции. Особый интерес представляют алюминиевые сплавы, которые характеризуются высокими удельными физико-механическими свойствами, однако работающие при относительно невысокой температуре. Для повышения их температурной области применения активно применяется легирование тугоплавкими элементами. Однако необходимо отметить, что возможности полезного легирования в традиционных процессах литья почти себя исчерпали. Поэтому значительный интерес представляют процессы затвердевания при неравновесных условиях, которые открывают новые возможности в управлении структурой и свойствами металлов [1].

Причем, процессы неравновесного затвердевания уже нашли практическое применение для некоторых алюминиевых сплавов [2]. Процессы местного плавления и затвердевания в крайне неравновесных условиях имеют место и при сверхглубоком проникании, вызывая формирование совершенно необычных фаз и соединений [3]. Местные отклонения от равновесного хода процесса кристаллизации и последующего затвердевания зафиксированы при получении макронеоднородных композиционных материалов [4].

С точки зрения получения в структуре наноразмерных элементов интерес представляют термические методы, включающие обработку с использованием источников концентрированной энергии (лазер, электронно-лучевая обработка) и процессы закалки из жидкого состояния. В процессах закалки из жидкого состояния обеспечиваются условия для расширения области растворимости в твердом состоянии, формирования ультрадисперсной структуры, формирования новых кристаллических и некристаллических, метастабильных фаз, включая фиксирование аморфного состояния. При последующей термообработке происходит распад пересыщенного твердого раствора или кристаллизация аморфного состояния с выделением по границам зерен наноразмерных фазовых составляющих. Такие частицы на границах зерен обеспечивают значительное увеличение стабильности микроструктур при повышенной температуре.

Ранее были выполнены исследования по особенностям формирования микроструктуры алюминиевых сплавов, полученных закалкой из жидкого состояния, а также определены некоторые физико-механические свойства [5]. При оценке работоспособности алюминиевых сплавов, полученных закалкой из жидкого состояния, важной задачей является исследование способности сохранять характер микроструктуры длительное время, что, в свою очередь, определяет и сохранение высоких физико-механических свойств. Поэтому были исследованы структуры образцов из алюминиевых сплавов, полученные закалкой из жидкого состояния достаточно длительное время назад (более 5 лет). Были исследованы сплавы системы алюминий – медь и алюминий – хром.

Выбор данных сплавов обусловлен тем, что сплавы алюминий – медь характеризуются естественным старением вследствие распада твердого раствора, способствующего упрочнению сплава, а система алюминий – хром отличается стабильностью вторичных фаз.

Было отмечено, что у охлаждаемой поверхности в слое толщиной 25 – 30 мкм присутствуют столбчатые кристаллы, которые сменяются равномерными округлыми зернами разме-

ром около 10 мкм. По сечению ленты видны выделения избыточной фазы, которая, в основном, присутствует по границам зерен, но по мере удаления от охлаждаемой поверхности включения этой фазы присутствуют и в объеме зерен матричного сплава.

Начиная с 15% меди, при максимальной скорости кристаллизации сплавов на рентгенограммах появляются линии другой метастабильной фазы Cu_3Al_2 , что приводит к изменению характера микроструктуры по сечению. Результатом появления вторичных метастабильных фаз CuAl и Cu_3Al_2 , которые богаты медью, является некоторое снижение концентрации меди в твердом растворе по сравнению со сплавами, содержащих 5-10% меди. Это особенно заметно в двухфазной области сильнолегированных сплавах, содержащих свыше 20% Cu (вплоть до эвтектического состава), закристаллизованных с большими скоростями. В сплавах алюминия с 15% и 25% в твердом растворе содержится соответственно 4,25 и 3,9% меди (28,3% и 15,6% от общего содержания меди в сплаве). Структура лент обоих образцов характеризуется наличием следующих фаз: α_{Al} -твердый раствор, CuAl_2 , CuAl , Cu_3Al_2 . Однако объемное содержание этих фаз различно, что приводит к отличию в микроструктурах.

В микроструктуре быстрокристаллизованных пленок с высоким содержанием хрома наблюдаются две составляющие - нетравящийся твердый раствор (возможно весьма мелкокристаллическое строение, не выявленное в световом микроскопе) и компактные выделения ровной стабильной фазы Al_7Cr . В пересчете на среднюю концентрацию хрома в твердом растворе она должна составлять около 3% при содержании 5% хрома в сплаве. Интерпретируя кривую параметра решетки, можно предположить, что максимальная растворимость хрома в твердом растворе приходится на его содержание в сплаве около 6%. При дальнейшем добавлении хрома выделяется осязаемое количество кристаллов фазы Al_7Cr , параметр решетки растет, твердый раствор обедняется хромом

Список использованных источников

1. Калиниченко А.С., Бергманн Г.В. Управляемое направленное затвердевание и лазерная обработка: теория и практика. – Мн.: Технопринт, 2001. – 362 с.
2. Марукович Е.И., Стеценко В.Ю., Баранов К. Н. Исследование литья полых заготовок из силумина АК18 методом намораживания на водоохлаждаемом стрержне //Литье и металлургия. 2011, №3. С. 65 – 67.
3. Ovchinnikov V.I., Roman O.V., Usherenko S.M., Kalinichenko A.S. Effect of Processing with High-speed Particles and Explosion Energy on Mechanical Properties of Materials / Shock-Assisted Synthesis and Modification of Materials. Eds. AA. Deribas, Yu.B. Scheck.- Moscow: Torus Press Ltd., 2006. p. 96 – 97.
4. Кезик В.Я., Калиниченко А.С. Упрочнение литых макрогетерогенных композитов //Литье и металлургия. 2004, №1. С. 40-44.
5. Применение неравновесных процессов затвердевания для получения материалов с улучшенными свойствами // Литье и металлургия. 2010. №4. С. 49-54.

Исследование влияния армирования железом на триботехнические свойства алюминиевых сплавов

Студент гр.10404128 Демьянович П.А.
Научный руководитель Калиниченко В.А.
Белорусский национальный технический университет
г.Минск

В настоящее время в промышленности используется широкая палитра алюминиевых сплавов, причем силумины занимают в ней одну из ведущих позиций. Их область применения весьма разнообразна: от корпусных изделий до различных типов пар трения. В производственном цикле используются не только первичные материалы, но и вторичные сплавы, а также отходы производства, которые имеют ряд примесей и загрязнений, снижающих качество отливок. Поэтому была поставлена цель по разработке способа снижения вредного влияния примесей в силуминах, в первую очередь, железа. Для исследований были изготовлены образцы с различными концентрациями железа, которые затвердевали при различных скоростях охлаждения. Различные скорости охлаждения достигались различием в диаметре образцов, заливаемых в кокиль, а процентное содержание железа регулировалось добавкой быстроохлаждённой лигатуры Al-4Fe. Образцы изготавливались путём заливки в кокиль диаметром 10 и 25 мм. Состав образцов для испытаний был выбран следующим: исходный АК9, АК9 + 0,8%Fe, АК9 + 1,7%Fe и АК9 + 2,0%Fe.

В результате исследований с помощью оптического микроскопа было отмечено четкое влияние скорости охлаждения и состава на размер зерна (рисунок 1).

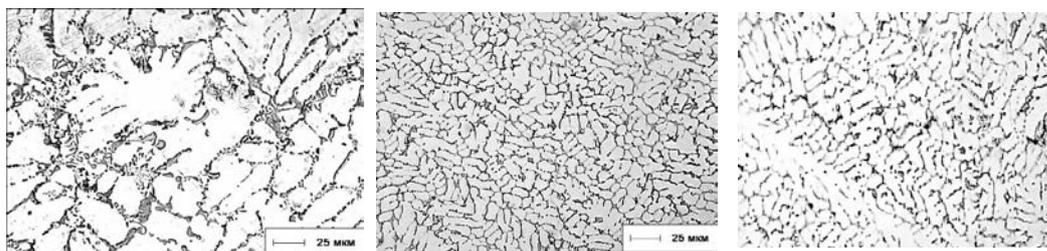


Рис.1. Микроструктура исходного АК9 (а) и содержащего 0,8% (б) и 2,0% (в) железа

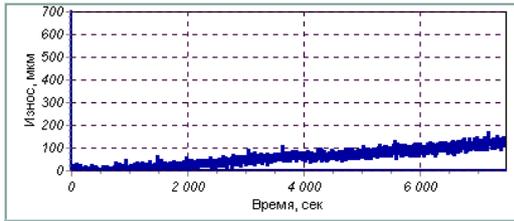
Можно отметить, что в результате введения железа в виде быстроохлаждённой лигатуры Al-4Fe в образцах не наблюдается образование первичных интерметаллидов Al_3Fe , имеющих форму игл. Железо находится частично в твёрдом растворе и частично в эвтектических составляющих по границам зёрен. Отмечено, что размер зерна при вводе железа по сравнению с исходным сплавом уменьшается и эта зависимость носит немонотонный характер.

Триботехнические испытания проводились на базе ИМИНМАШ НАН Беларуси на установке для триботехнических испытаний УТИМ-2 при нагрузках на образец 50, 125 и 250 Н, время испытания каждого образца составляло 2 часа, при этом путь, пройденный образцом, составил примерно 2 км. Контртело изготовлено из закалённой стали 45.

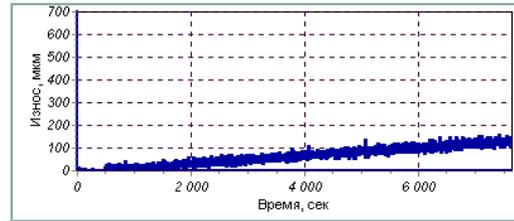
После проведения триботехнических испытаний был проведён анализ износостойкости расчётным методом, путём расчёта коэффициента износа, и исследование поверхности трения с помощью оптического микроскопа.

Из результатов испытаний видно, что образцы силуминов с добавками железа с наименьшими скоростями охлаждения (что соответствует кокилю \varnothing 25 мм) имеют степень износа на 40% выше, чем образцы с более высокими скоростями охлаждения.

Исходя из результатов испытаний необходимо отметить, что образцы, содержащие высокое содержание железа, до 2%, имеют износостойкость сравнимую и даже превосходящую промышленные силумины (рисунок 2)



а



б

Рисунок 2. Износостойкость образцов, а – АК-9, б – АК9 + 2,0%Fe.

После изучения поверхности трения образцы были разрезаны перпендикулярно поверхности трения. По результатам изучения поверхности трения на перпендикулярном разрезе видно, что все типы образцов не имели деформации поверхностного слоя сопряжённые с изменением микроструктуры. Однако следует отметить, что ряд образцов, залитых в кокиль диаметром 10 миллиметров был склонен к трещинообразованию в поверхностном (АК9 + 1,7% Fe) и около поверхностном (АК9 + 2,0% Fe) слое (рисунок 3). Данный факт может быть объяснен не только скоплением железа по границам зёрен, но и изменением параметров кристаллической решётки, а также внутренними напряжениями в отливке.

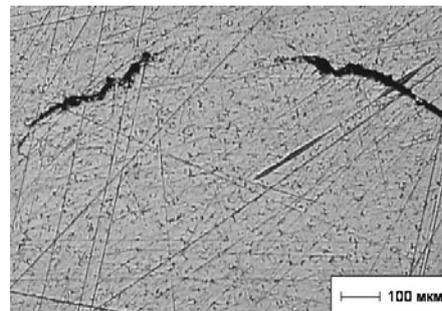
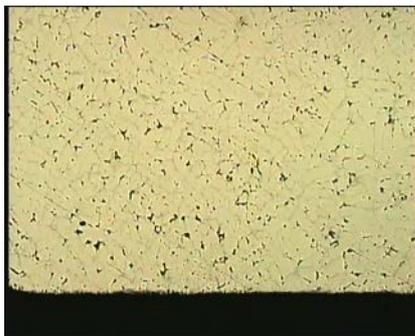


Рисунок 3. Поперечное сечение образцов после триботехнических испытаний. а – АК9 исходный (x100), АК9 + 2,0%Fe.

По результатам проведённых испытаний можно предположить, что применение быстроохлаждённых модификаторов AL-Fe может способствовать улучшению ряда свойств вторичных алюминиевых сплавов с повышенным содержанием железа.

Список использованных источников

1. Калиниченко В.А., Неменёнок Б.М., Калиниченко А.С., Триботехнические свойства некоторых алюминиевых сплавов полученных с использованием отходов производства. 2004. - НОМАТЕХ 2004 (06-07 апреля 2004). – Минск. – С.132-133.
2. Калиниченко В.А., Неменёнок Б.М., Довнар Г.В., Возможные варианты применения в литейном производстве алюминиевых сплавов с повышенным содержанием железа. 2004. - Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии. Материалы МНК, Т.1, (22-23 апреля 2004). - Могилёв. – С.168.

Применение алюминиевых сплавов в литейном производстве

Студент группы 6-18 ЧМ филиала АФ НИТУ МИСиС Абдугафуров А.А.,
соискатель Узбекско-Японского молодёжного центра Тухтамурадov Б.Т. Научный руководи-
тель д.т.н., профессор Тураходжаев Н.Д.
Ташкентский государственный технический университет
Республика Узбекистан, г. Ташкент

На сегодняшний день применение алюминиевых сплавов в литейном производстве для получения машиностроительных деталей является актуальной задачей. Это в первую очередь связано с большими запасами алюминия в земной коре (более 8%) и его технологическими свойствами. Однако получение алюминия и применение его в литейном производстве является довольно сложной задачей ввиду его особенных свойств. Процесс переплава алюминия и его сплавов протекает в условиях сложного физико-химического взаимодействия с атмосферой плавильного агрегата. В результате этих взаимодействий часть металла угорает, образуя окислы, остальная часть насыщается газовыми и окисными включениями. В зависимости от содержания в расплаве этих включений, получаемые изделия имеют те или иные свойства. К качественным показателям получаемых изделий наряду с механическими свойствами, относятся однородность структуры и содержание газовых включений [1]. В свою очередь газовые включения образуют газовые поры, которые отрицательно влияют на механические свойства изделий. Так как атмосфера плавильной печи насыщена кислородом, а продукты сгорания твердого и газообразного топлива содержит водород, окисление алюминия и диффундирование водорода в расплав происходит неизбежно [2]. Материалы на основе алюминия также имеют склонность к образованию окисных и газовых включений. Исследовать способность алюминия восстановить металлы из их окислов являлась задачей проводимых исследований.

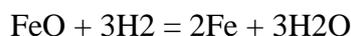
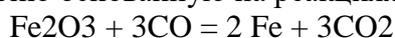
Для обеспечения благоприятных условий протекания процесса оплавления сплавов с содержанием легкоокисляемых компонентов проводятся исследовательские работы по трем основным направлениям: 1 - изучение влияния химического состава шихты на насыщение расплава неметаллическими включениями; 2 – изучение влияния атмосферы печи на насыщение расплава неметаллическими включениями; 3 - изучение влияния защитного флюса на насыщение расплава неметаллическими включениями.

На кафедре «Литейные технологии» Ташкентского государственного технического университета совместно с научными сотрудниками Узбекско-Японского молодёжного центра инноваций проводятся исследовательские работы по усовершенствованию технологии плавки алюминиевых сплавов в газовых и электрических печах [3-4]. Исследования ведутся с учетом возможности восстановления алюминия из его окислов в процессе плавки.

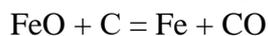
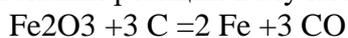
Процесс восстановления алюминия из его окисла проводится в два этапа:

1. В первой стадии восстановления необходима температура равной 900-1000 °С. При данной температуре кислород легко отделяется от железа.
2. Для протекания второй стадии реакций необходима температура равная 1400-1450 °С. При этой температуре углерод активно воздействует с кислородом и железом. Поэтому при данной температуре необходимо изолировать от воздействия атмосферы печи в котором количество кислорода всегда в избытке.

Так как встречаются оксиды железа (II) и оксид железа (III) порядка. Для отделения железа необходимо применить технологию основанную на реакциях:



В зависимости от условий протекания реакций получают следующие результаты:



Способ восстановления окисла железа углеродом осуществляется следующим образом:

После образования дуги производится нагрев рабочего пространства установки до температуры 1100-1200 °С. Загрузку окисла железа в рабочее пространство печи производится при достижении ею температуры 1100-1200 °С. После достижения окисла железа температуры 900-1000 °С производится выдержка в течении 10-15 минут. В это время происходит интенсивное отделение кислорода. Температура рабочего пространства печи доводится до 1400-1500 °С, а температура жидкой ванны поддерживается при температуре 1200-1250 °С в течение 10-15 минут. В этот период происходит вытеснение кислорода углеродом, находящимся в составе графитового электрода. Защитный слой из жидкого флюса обеспечит изоляцию жидкого расплава от атмосферы печи, в котором находится свободный кислород.

Список использованных источников

1. Гусаров М.Н., Мансуров Ю.Н. Зависимость механических свойств сплавов системы Al-Mg с повышенным содержанием примесей от скорости охлаждения при кристаллизации // Цветные металлы. - Москва, 1988.-№2.-С.69-71.
2. Aluminium, ed. R. Kent van Horn, v. 1—3, N. Y., 2007-pp.
3. Тураходжаев Н.Д., Абдурахмонов Х.З., Турсунов Т.Х. Способ упрочнения рабочих поверхностей литых деталей/ Сборник научных трудов 1 Международной заочной конференции «Технологическое обеспечение машиностроительных производств», Челябинск, 2014. – С.483-488.
4. Аксенов А.А., Белов Н.А., Золоторевский В.С., Истомин-Кастровский В.В., Мансуров Ю.Н. О микролегировании высокопрочных литейных алюминиевых сплавов с повышенным содержанием железа и кремния // Известия АН СССР. Металлы. - Москва, 1988.-№1.- С.114-120.

**Аддитивные технологии в литейном производстве
Технология SLSE**

Студент: А.А. Абдугафуров

Научный руководитель – д.т.н. проф. Н.Д. Тураходжаев
Филиал НИТУ МИСиС в г.Алматы

Трёхмерная печать является одной из самых перспективных инноваций, используемых в современных технологиях проектирования и мелкосерийном производстве. 3D-принтер – это устройство, которое создаёт объёмный предмет на основе виртуальной 3D-модели. В отличие от обычного принтера, который выводит информацию на лист бумаги, 3D-принтер позволяет выводить трёхмерную информацию, т. е. создавать определённые физические объекты. В основе технологии 3D-печати лежит принцип послойного создания (выращивания) твёрдой модели SLS или Selective Laser Sintering — технология аддитивного производства, основанная на послойном спекании порошковых материалов (полиамиды, пластик) с помощью луча лазера [1].

Предварительно нагретый порошок кратковременно облучается лазером и спекается с уже затвердевшими частицами, которые находятся в нижележащем слое. Управляя параметрами этого процесса, можно добиваться нужной остаточной пористости и плотности полученной детали.

Основное преимущество SLS — обеспечение прекрасных механических свойств готовых изделий [2]. Изделия получаются чрезвычайно прочными, с высокой детализацией и качеством построения поверхностей. Другой весомый плюс — SLS-печать практически безотходна, поскольку неиспользованный для выращивания деталей порошок частично смешивается с новыми порциями материала и возвращается в работу (этот процесс носит название «регенерация»), а частично — отправляется на переработку.

Преимущества:

- Превосходные механические свойства готового изделия
- Высокая производительность — лазер плавит только поверхность частиц порошка, а не весь объем. Это позволяет SLS-машинам работать гораздо быстрее других порошковых 3D-принтеров
- Не требует материалов поддержки — сам порошок в рабочей камере поддерживает модель, пока она не будет закончена
- Позволяет печатать весьма крупные (до 750 мм) объекты, либо целые серии деталей за раз — это возможно благодаря объемным камерам построения SLS-принтеров

Недостатки:

- Высокая стоимость расходных материалов и самого оборудования
- Требуется обязательного обучения специалистов на сертифицированных курсах

С технологией аддитивного производства стало возможным распечатать сложную пресс-форму за день и получить отливку из литейного цеха на следующий день. Целые дорогостоящие этапы, могут быть исключены, поскольку для производства песчаных форм и стержней необходим только один набор данных в CAD [3]. Применение данных CAD моделей, позволяет использовать все богатство детализации и точности, практически неограниченной геометрии, могут быть реализованы подрезы.

Для изучения качества получаемых отливок с применением модели методом 3D технологии приняли шихту двух видов стали и чугуна. При изучении структуры отливок из стали выявили неровности от следов материала модели на поверхности отливок. На рисунке 1 приведены следы неровностей на поверхности стальных отливок. Здесь в спектрах 23 – и 24-брали пробы на химический анализ, что показал соответствие поверхности отливок заданному показателю.

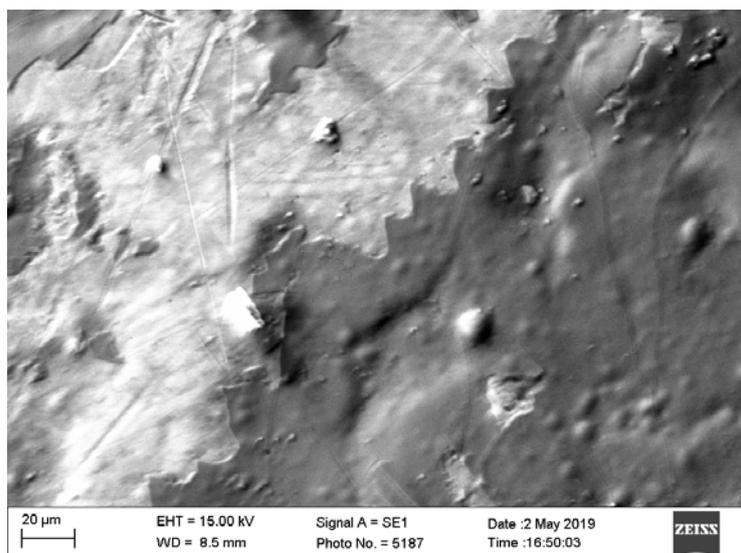


Рисунок 1- Образовавшиеся неровности на поверхности стальных отливок

Наблюдались образования газовых пузырей на поверхности отливок. На рисунке 6 приведена структура детали на поверхности которой образовались газовые пузыри и выпуклости из-за этих газовых включений [4].

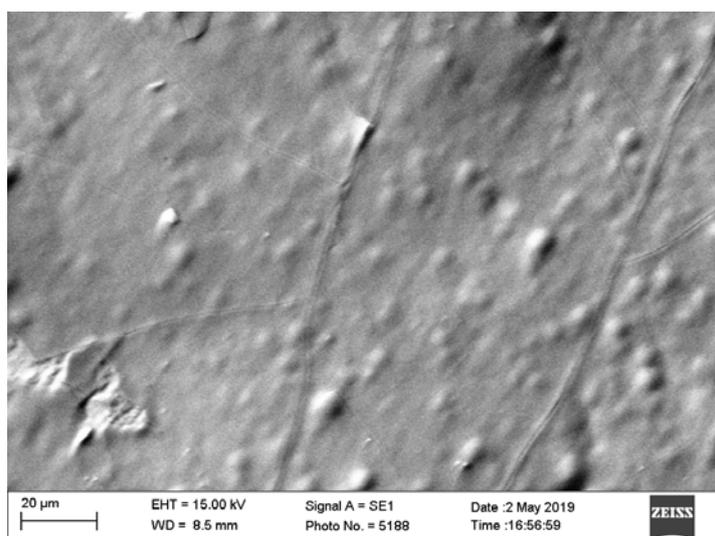


Рисунок 2- Структура детали на поверхности которой образовались газовые пузыри и выпуклости из-за этих газовых включений

Однако, количество этих дефектов на 20-25% меньше, чем у деталей получаемых в одноразовых литейных формах. Видимо это связано с выделением продуктов сгорания материала модели и диффундирования в металл. На рисунке 3 приведена структура стальной отливки, полученной после обработки модели, что способствовало снижению неровностей на поверхности отливок.

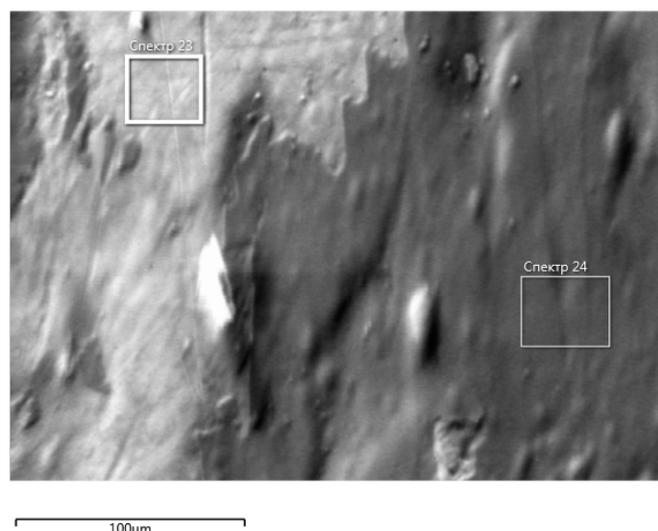


Рисунок 3- Структура стальной отливки, полученной после обработки модели

В результате проведенных исследований выявлено, что наряду с обеспечением высокого качества отливок при применении 3D, но и себестоимость продукции снижается на 30-35%.

• **Список использованных источников**

1. Базовые принципы технологии SLS.[Электронный ресурс]. URL: (дата обращения: 27.04.2021)
2. 3D-печать песком - будущее всех направлений литейного производства. [Электронный ресурс]. URL: (дата обращения: 27.04.2021).
3. Абдурахманов Х.З., Камалов Ж.С., Турахужаева Ш.Н., Турсунов Т.Х. Тураходжаев Н.Д. Применение 3D технологий для изготовления литейных моделей при литье изделий из алюминиевых сплавов. Международная научно-практическая интернет конференция студентов и магистрантов «Литьё и металлургия 2019». Минск, 16-17 октября 2019 г. С.-17-18.
- 4.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.

Износостойкие металлические композиционные материалы, полученные по принципу IN-SITU: применение и свойства

Студенты: гр. 10404128 Пацовский Н.В., Мацинов С.А.,
гр.10404129 Коршак В.Е.

Научный руководитель Калининченко В.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В настоящее время остро стоит вопрос повышения срока службы машин и механизмов. Данный аспект может быть реализован через улучшение свойств отдельных узлов. Например, для узлов трения разрабатываются новые композиционные материалы, которые позволят в разы увеличить их срок службы.

Известно, что практически все детали подвергаются финишной обработке, которая направлена на повышение прочностных характеристик как поверхности, так и самого металла [1]. В зависимости от назначения и состава детали можно подвергать к различным видам обработки. Одним из таких методов является создание износостойких материалов методом IN-SITU.

Композиционные материалы, упрочненные тугоплавкими частицами, нашли широкое применение благодаря низкому удельному весу и оптимальному сочетанию комплекса механических и эксплуатационных свойств. Такие упрочненные сплавы широко используются в зарубежном автомобильном и авиационном двигателестроении. Их производство является активно развивающимся направлением промышленности, и все способы получения, по сути, можно объединить в три группы: твердо-жидкофазное компактирование (прессование, прокатка, экструзия); газотермическое напыление; литейные технологии (пропитка матричного каркаса, введение наполнителя извне, синтез наполнителя в составе расплава) [2].

Последняя группа методов – технологии, основанные на синтезе второй фазы в результате химического взаимодействия введенных в расплав компонентов (за рубежом получившая название IN-SITU) – характеризуется целым рядом преимуществ: доступное и сравнительно недорогое оборудование, короткий технологический цикл, высокая чистота и качество конечных сплавов [3].

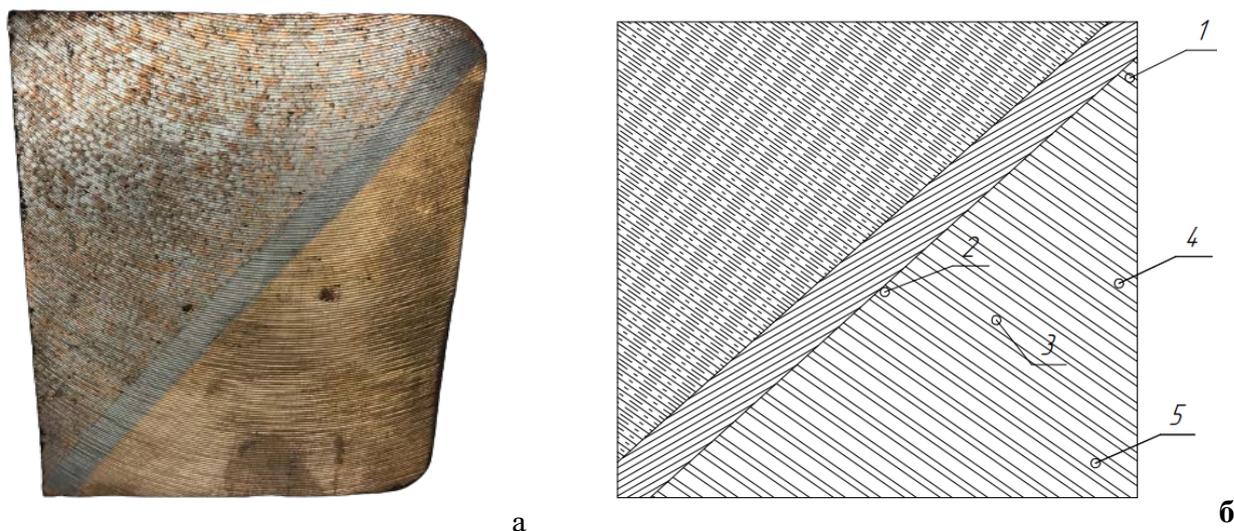


Рисунок 1 – Натуральный (а) и схематический виды (б) композиционного материала

Для оценки химического состава, от которого напрямую зависят механические свойства был применен портативный лазерный спектрометр ЛИС – 01 (рис. 2), произведенный в

Российской Федерации. Данный прибор с помощью импульсного DPSS лазера с длиной волны 1064 нм позволяет определять химический состав металлов и сплавов на участках сечением 50 мкм. Исследования проводились в точках указанных на рис. 1б. В каждой исследованной точке были получены усредненные значения по пяти участкам анализируемой поверхности.



Рисунок 2. - Портативный лазерный спектрометр ЛИС – 01 и пример показаний, выдаваемых прибором.

На основании приведенных данных, касающихся получения IN-SITU, можно сделать вывод о том, что разработка технологий получения композиционных материалов является актуальным направлением развития материаловедения, а сами композиционные материалы демонстрируют широкие функциональные возможности, что еще раз подтверждает их перспективность.

Список использованных источников

1. Композиционные материалы: справ. / Под. ред. Д. М. Карпиноса. Киев: Наукова думка, 1985. 292 с.
2. Батаев, А.А. Композиционные материалы: строение, получение, применение. А,А. Батаев, В.А. Батаев.- Новосибирск.: НГТУ, 2002.- 384 с.
3. Бабкин, В.Г. Литые металломатричные композиционные материалы электротехнического назначения / В.Г. Бабкин, Н.А. Терентьев, А.И. Перфильева // Журнал Сибирского федерального университета. 2014. Т. 7. №4. С. 416-423. 3. Затуловский С. С., Кезик В. Я., Иванова Р. К. Литые композиционные материалы. Киев: Тэхника, 1990. 240 с.

Интенсификация электроплавки чёрных металлов с применением предварительного подогрева шихты

Студент Новик А.А.
Научный руководитель Ровин С.Л.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Интенсификация технологических процессов – наиболее эффективное направление в ресурсосбережении и повышении экономической эффективности плавки.

Подогрев шихты для электропечей – средство универсальное, он актуален как для крупных металлургических печей, в том числе сверхмощных, несмотря на их высокую удельную мощность и интенсивность процесса плавки, так и для небольших по емкости плавильных агрегатов литейных цехов. Подогрев шихты эффективен не только для электродуговой плавки чугуна и стали, но также и для индукционных тигельных печей, применяемых для выплавки черных и цветных сплавов. Экономия электроэнергии при использовании подогрева шихты определяется не только количеством тепла (величиной энтальпии), вносимого в печь с горячей шихтой, но и соотношением коэффициентов теплоиспользования, т.е. КПД [1].

Существующие системы подогрева шихты можно объединить в следующие группы:

- Системы подогрева шихты в бадьях - Bucket Scrap Preheating Systems (Daido, NKK, Krupp, SMS-Demag, Siemens-VAI, Danarc, Danieli);
- Вращающиеся нагревательные печи – Rotary Kiln Preheater (Fuel Arc Furnace, BBS-Brusa);
- Шахтные печи – с одной или сдвоенной шахтой с удерживающими пальцами – Shaft Furnaces – Single, Double and Finger Shafts (Siemens-VAI);
- Шахтнодуговые печи – EcoArc Shaft Furnace (NKK);
- Шахтные печи с толкателями – Shaft Furnace with pusher (ИИ);
- Шахтно-дуговые с перемещаемым подогревателем – COSS (Continuous Optimized Shaft System) Shaft Furnace (Fuchs);
- Подогреватели непрерывного действия (подогрев шихты на конвейере) – Continuous Scrap Preheating System (Tenova Consteel Process, Danieli ESC System);
- Сдвоенные (двухкорпусные) печи – Twin Shell Furnace;
- Бадьевые высококорпусные печи – Single Bucket High Shell Furnace.

Анализ показывает, что в электрометаллургии черных металлов усилия были направлены в основном на создание комбинированных комплексных агрегатов, включающих помимо собственно ДСП сопряженную с ней установку, в которой за счет тепла отходящих газов шихта подогревается до максимально возможных температур [2].

Наиболее удачной по компактности, технологичности и эффективности зарекомендовала себя последняя разработка фирмы “Fuchs Systemtechnik AG”: дуговая печь с устройством для подогрева шихты “COSS” и боковой загрузкой. Шихта загружается в “COSS”, где нагревается до 650-850°C печными газами, поступающими с температурой 750-1600°C. Загрузка горячей шихты в печи осуществляется 3-5 раз в час порциями по 20-25т. Процесс плавки идет непрерывно с периодическими выпусками жидкого металла по 100-120 т.

Однако, в системах такого типа имеется ряд существенных недостатков. В слое нагреваемой шихты газы, отходящие из ДСП, дополнительно насыщаются продуктами испарения и деструкции органических соединений, аэрозолями и частичками синтетических материалов (масла, краски, пластмасса и т.п.). Высокодисперсные органические вещества и сажистый углерод, осаждаясь на фильтрах и накапливаясь в слое уловленной аспирационной пыли, способны к интенсивному окислению и разогреву, что может привести к возгоранию в газоходах и тканевых фильтрах. Эта проблема характерна для всех подобных систем, работающих на печных газах, и требует установки дополнительного оборудования для дожигания газов на

выходе из слоя шихтовых материалов, с последующим охлаждением и/или разбавлением перед входом в фильтр.

В установках ВПШ, где нагрев осуществляется отходящими газами, проходящими по тоннелям (камерам) над шихтой (“Consteel” и др.), дожигание СО и органики осуществляется непосредственно по тракту движения шихты в свободном пространстве над ее поверхностью. Выделяющееся тепло служит дополнительным источником энергии. Подобные установки обеспечивают высокую температуру нагрева, но имеют большие габариты (протяженность), значительные тепловые потери и, соответственно, более низкий, чем шахтные печи, КПД. Во вновь строящихся цехах это не вызывает особых сложностей, но при реконструкции действующих цехов и замене традиционных агрегатов это требует тщательной проектной проработки, значительных инвестиций, а зачастую вообще невозможно.

Альтернативой, особенно для действующих производств и литейных цехов машиностроительных предприятий, где используют печи относительно небольшой ёмкости (до 10-15 тонн), является подогрев шихты в завалочных бадьях. При этом могут рассматриваться варианты нагрева как за счет тепла отходящих газов, так и за счет использования дополнительного топлива – преимущественно природного газа. Кажущаяся простота решения задачи экономии электроэнергии и утилизации ВЭР с минимальными капзатратами при подогреве шихты непосредственно в завалочных бадьях стимулировала активную разработку таких систем во второй половине прошлого века. Уже в 50-тых годах несколько фирм в Японии и Европе начали использование установок предварительного подогрева шихты в бадьях. За 70-80-е гг. только в Японии было создано более 50 таких установок.

Однако нагрев в загрузочных бадьях имеет наряду с привлекательной простотой очевидный недостаток: невозможно нагреть шихту, не нагревая в то же время корпус бадьи. При этом температура нагрева самой бадьи, как правило, даже выше, чем шихты, так как сопротивление вдоль корпуса бадьи для потока газов меньше, чем сквозь слой материалов в центральной части слоя, соответственно больше скорость и конвективный теплообмен. Нагревать бадью – грузонесущее оборудование выше 350°C опасно. Отсюда ограничение по температуре нагрева шихты и недостаточная эффективность подогрева.

В начале 2000-х годов учеными ГГТУ им. П.О.Сухого (г. Гомель) и УП “Технолит” (БНТУ, г. Минск) было найдено простое решение, позволяющее осуществить высокотемпературный подогрев шихты в малозатратной установке, легко адаптирующейся к действующему плавильному оборудованию. Сущность технического решения заключается в применении специальной бадьи – термоса. При этом получить такую бадью можно простой доработкой традиционных загрузочных бадей. Для этого в обычную загрузочную бадью (корзину) из конструкционной стали концентрически устанавливается вставка: обечайка из такого же “черного” металла толщиной 6-8 мм с зазором между ней и корпусом бадьи 50-70 мм. Эта вставка позволяет разделить функции, выполняемые бадьей: грузонесущую – выполняет корпус, а роль ограждающей тепловой стенки (экрана) играет вставка, не испытывающая серьезных механических нагрузок. В установке, использующей бадью-термосы, по практическим данным термический КПД составляет в среднем за цикл нагрева не менее 75%, при удельных затратах газа на нагрев шихты до 600-650°C около 12-14 м³/тэкономия электроэнергии составляет до 140-160 кВт·ч/т [3].

Список использованных источников

1. Ткаченко С.С., Кривицкий В.С. Станкостроение и модернизация литейного производства. // Черные металлы. – 2010. – №10 – С. 24-29.
2. Михайловский В.Н., П. В. Ковалев. Электрометаллургия и производство ферросплавов. Методика определения технических показателей плавки в дуговой шахтной электро-сталеплавильной печи. – СПб.: Политехнический ун-т, 2011 – 140 с.
3. Ровин Л.Е., Ровин С.Л. Сокращение расхода электроэнергии при плавке чугуна и стали. // Литье и металлургия. – 2013. – №3. – С.18-31.

Магистрант группы 50424021 Телешова Е.В.,
Научный руководитель – Ровин С.Л.,
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

С каждым годом возрастает дефицит качественной металлошихты и постоянного увеличивается закупочная стоимость как первичных металлов (чушки) так и качественного металлолома. Исходя из этого, особую значимость представляет процесс возвращения металло-содержащих отходов (стружки, окалины, шлака, шлама, аспирационной пыли) в производственный оборот – рециклинг.

Задача рециклига металлоосодержащих отходов – приведение их в состояние, позволяющее заменить первичные шихтовые материалы (чушку), либо непосредственное использование их для выплавки марочных сплавов. Эта проблема особенно актуальна для Республики Беларусь, металлургическое и литейное производство которой практически полностью зависит от импортируемых шихтовых материалов, а увеличение закупочной цены неизбежно приводит к росту себестоимости конечной продукции [1].

Проблема создания эффективной технологии рециклинга в Беларуси осложняется наличием большого количества небольших по объему источников металлоотходов (машиностроительных и металлообрабатывающих предприятий) и отсутствием собственного металлургического производства полного цикла.

В условиях Беларуси необходимы технология и техника, адаптированные к параметрам и порционным, относительно небольшим объемам исходного сырья, позволяющие перерабатывать разнородные дисперсные металлоотходы, причем не просто переплавлять, но и восстанавливать при необходимости. Для этого нужен специальный агрегат, предназначенный для работы с дисперсной шихтой, с широкими возможностями управления параметрами рабочего пространства и режимами плавки. В этом отношении безусловными преимуществами обладают ротационные (вращающиеся) печи. Из них наиболее эффективными являются на сегодняшний день ротационные наклоняющиеся печи (РНП) с петлеобразным движением газов.

В работе была исследована пыль дробеочистки отливок литейных цехов Минского тракторного завода. Ежегодно на ОАО «МТЗ» образуется около 3000 тонн таких отходов, и сегодня они практически полностью вывозятся и захораниваются на промышленных полигонах.

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. С помощью фазового анализа удалось установить, что в пыли дробеочистки основную долю составляют SiO_2 – 70-75 %, и металлосодержащая пыль – 23-25 %, (металл, чугун или сталь, что зависит в первую очередь от используемой для очистки дроби, и оксиды железа), около 3-5 % составляют прочие компоненты, в том числе глинозем (до 3 %), сажа и угольная пыль (около 1 %).

В процессе исследования пыли дробеочистки определялся ее гранулометрический состав (методом ситового анализа), влажность, насыпной вес, потери при прокаливании, магнитная составляющая, фазовый состав и металлургический выход (методом переплавки омагниченной составляющей в лабораторной высокочастотной индукционной установке).

Результаты ситового анализа пыли представлены на рисунке 1.

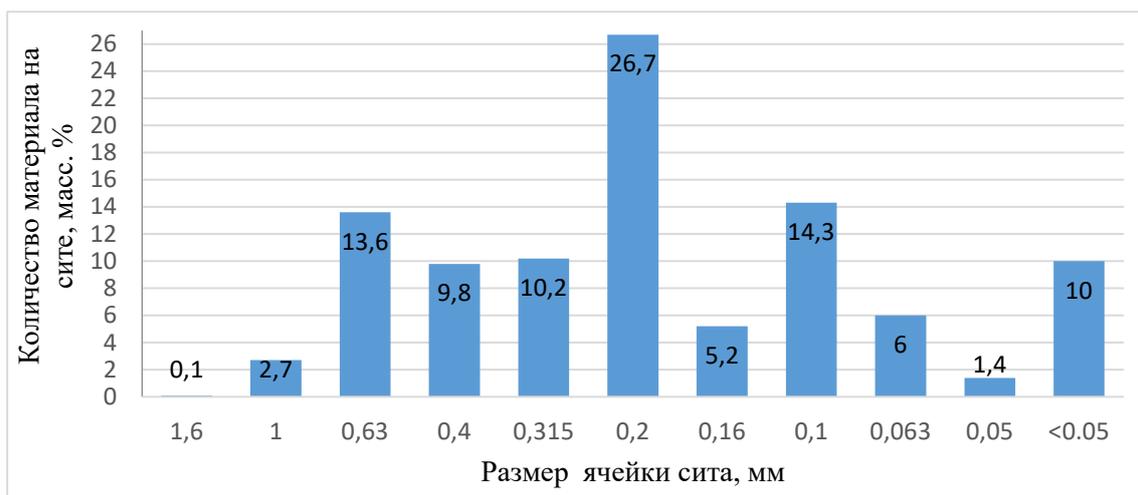


Рисунок 1 - Гранулометрический состав пыли дробеочистки

Средняя влажность пыли дробеочистки составила 0,03%, потери при прокаливании (материал прокаливался в течении 30 минут при температуре 900) ~ 1 %. Доля омагниченного материала относительно исходного составляет 50-53%. Насыпная плотность исходной пыли составила в среднем 2050 кг/м³, омагниченной части ~ 3740-3760 кг/м³, а немагнитного отсева – около 1470-1480 кг/м³.

Для оценки распределения металлической части материала по фракциям было выполнено омагничивание пыли на наиболее характерных ситах: 0,315+; 0,2; 0,2-. Полученные результаты представлены на рисунке 2.

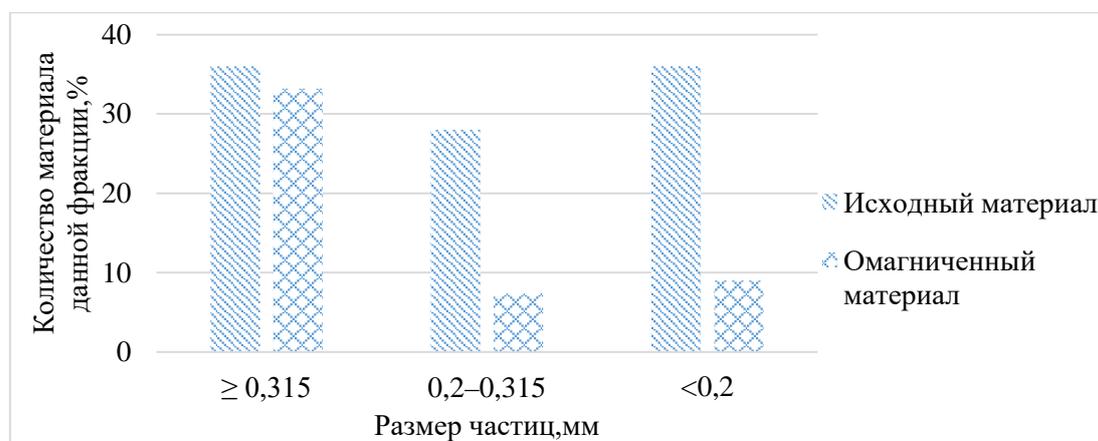


Рисунок 2 - Распределение железосодержащего материала по фракциям

Из данных на рисунке 2 следует, что самое большое количество металла содержится в материале с размером частиц $\geq 0,315$ мм: 92,7% от материала этой фракции омагнитилось, что составляет около 67 % от общего количества омагничиваемой части пыли дробеочистки. При этом, как показал фазовый анализ, выполненный с помощью дифрактометра ДРОН 3, основной составляющей немагнитной части пыли дробеочистки является SiO₂ (до 90-93%), а омагниченной части: с размером частиц $\geq 0,315$ мм – в основном металл (в зависимости от материала применяемой дробы – либо чугун, либо сталь), а в материале с частицами менее 0,2 мм – в основном оксиды железа (FeO и Fe₂O₃).

При переплаве омагниченной части пыли с размером частиц $\geq 0,315$ мм в лабораторной высокочастотной установке металлургический выход составил около 92%, что хорошо коррелируется с данными фазового анализа.

Учитывая результаты предварительных исследований наиболее рациональной технологической схемой рециклинга образующейся в литейных цехах ОАО «МТЗ» пыли дробеочистки представляется следующая:

1. Раздельный сбор пыли в зависимости от материала применяемой дробы и очищаемых отливок.
2. Отсев фракции с размером $\geq 0,315$ мм.
3. Омагничивание этой фракции.
4. Плавка полученной омагниченной части в ротационной наклоняющейся печи (РНП). Процесс плавки дисперсных металлических отходов в РНП включает в себя: загрузку исходных материалов – металлотходов, восстановителя (коксы, отсев угля, антрацита и т.п.) – до 4-6%, и флюсов (известняк, доломит) – около 5-6%, от массы металлотходов; безокислительный нагрев (при сжигании топлива с недостатком окислителя в присутствии твердого восстановителя) до температуры 1100-1200°C; расплавление шихты путем повышения температуры за счет обогащения дутья кислородом (до 27-28%); выдержку расплава до прекращения кипа и слив расплава и шлака. Весь процесс плавки дисперсных металлических отходов занимает в РНП не более 40-45 минут, при этом угар металла не превышает 1,5-2,5% (причем, это потери в основном с шлаком) [2].
5. Жидкая завалка полученного в РНП расплава в имеющиеся в литейных цехах электроплавильные печи и доводка его до заданного состава («дуплекс-процесс»), что обеспечит дополнительный экономический эффект, благодаря сокращению затрат электроэнергии на расплавление шихты.

Расчеты показали, что реализация такой технологии позволит предприятию получить дополнительно около 600 тонн металла при себестоимости расплава в 3-4 раз ниже существующей.

Список использованных источников

1. Ровин, Л. Е. Рециклинг железосодержащих отходов / Л. Е. Ровин, С. Л. Ровин // Литье и металлургия. – 2006. – №2 Ч.2. – С. 159–164.
2. Ровин, С.Л. Применение ротационных печей для плавки черных сплавов / С. Л. Ровин, Л. Е. Ровин, И. С. Насевич // Литье и металлургия. – 2020. – №1. – С. 9–13.

Кокильное литье алюминиевых сплавов

Магистрант Абдулхусейн Зайдун Хусейн Абдулхусейн
Студенты гр. 10404118 Мисюк А.Н, Мисюк И.Н.
Научный руководитель Садоха М. А. (cadoxa@bntu.by)
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Металлические формы (кокиля) нашли широкое применение в литейном производстве, особенно при литье алюминиевых сплавов (рис. 1), реже – при литье магниевых и медных сплавов [1-5]. Отливки из чугуна также часто получают литьем в кокиль.



Рисунок 1 – Отливка из алюминиевого сплава, полученная литьем в кокиль

Наиболее часто кокиля используются в массовом и серийном производстве при изготовлении отливок массой от сотни граммов до нескольких десятков, а иногда и сотен килограмм.

Преимущества литья в кокиль:

- кокильные отливки обладают высокой размерной точностью, поэтому припуски на механическую обработку на них существенно ниже (до двух раз) по сравнению с отливками, полученными в разовые формы;
- кокиль обладает нулевой газотворностью, поэтому при правильной организации вентиляции кокиля риск образования газовых дефектов в отливках понижен;
- кокильные отливки обладают повышенными физико-механическими свойствами вследствие того, что высокая скорость кристаллизации обеспечивает формирование мелкозернистой структуры;
- отливки, полученные литьем в кокиль, из-за отсутствия физико-химического взаимодействия сплава с поверхностью кокиля и пригара обладают поверхностью более высокого качества, чем отливки, изготовленные в разовых формах;
- для организации производства отливок в кокиль требуются относительно небольшие производственные площади;
- при производстве отливок в кокиль требуется значительно меньше обслуживающего персонала, чем при литье в разовые формы;
- относительно небольшая потребность во вспомогательных расходных технологических материалах;
- высокая производительность процесса литья;
- многократное использование металлических литейных форм,
- возможность автоматизации процесса кокильного литья;

- минимальная экологическая нагрузка на окружающую среду.

Наряду с преимуществами литью в кокиль свойственны и некоторые недостатки, ограничивающие рамки использования процесса:

- относительно высокая стоимость кокильной оснастки (процесс практически не эффективен и не применяется в единичном производстве);
- определенные ограничения по геометрии производимых отливок.

Кокили имеют разнообразные конструкции в зависимости от геометрии отливок, привязочных размеров кокильного оборудования и т.п.

По конфигурации и массе отливок кокиля делятся на: неразъемные (вытряхные) кокиля; кокиля с вертикальной плоскостью разъема; кокиля горизонтальной плоскостью разъема и на кокиля с комбинированной плоскостью разъема (для производства отливок, имеющих сложную конфигурацию).

В зависимости от числа одновременно заливаемых отливок кокили разделяют на: одностенные и многостенные.

В качестве основных материалов, применяемых при изготовлении кокилей, преимущественно выступают чугуны и стали различных марок. Обычно высоконагруженные детали кокиля изготавливают из легированных и более дорогостоящих материалов, менее нагруженные – из более простых и дешевых.

Стойкость кокилей зависит от многих факторов, прежде всего от температуры заливаемого сплава, от применяемых для изготовления материалов, от качества наносимых красок и режима эксплуатации и может достигать 100 000 съемов до полного выхода оснастки из строя.

Если допустить перегрев кокиля в процессе работы выше рекомендуемой температуры эксплуатации, то возможны как его коробление, так и быстрый износ формообразующих частей вследствие эрозии рабочих поверхностей формообразующих полостей.

Для недопущения этого особо нагруженные кокиля оснащаются системами принудительного управляемого охлаждения (жидкостного или воздушного).

А формообразующие поверхности кокилей покрываются специальными огнеупорными покрытиями: кокильными красками и облицовками. Это позволяет не только исключить прямой контакт расплава с поверхностью кокиля и продлить его срок службы, но и управлять теплоотводом от отливки в процессе ее формирования. Скорость охлаждения расплава и отливки зависит как от толщины огнеупорного покрытия, так и от его структуры и состава. В любом случае чем больше толщина облицовки, тем медленнее расплав и отливка будут охлаждаться.

Как правило при алюминиевом литье рабочая поверхность кокиля покрывается кокильной краской 2-3 раза за смену. Толщина покрытия составляет 0,1-1 мм в зависимости от технологических особенностей и конфигурации отливки. Периодически в процессе работы состояние покрытия контролируется литейщиком и по мере необходимости обновляется. При этом как правило на различные зоны кокиля наносят различные покрытия и различной толщины. Для примера прибыльные части покрывают «теплыми» красками с максимально низкой теплопроводностью с целью обеспечения кристаллизации этих узлов в последнюю очередь. Менее теплопроводные покрытия наносят и на литниковую часть кокилей. Зоны кокилей, где оформляются тепловые узлы отливок, защищают покрытиями с минимальной теплопроводностью.

В состав огнеупорных покрытий входят различные наполнители и связующие материалы на неорганической основе: кварц, глинистые материалы, графит, продукты на основе оксидов кальция и алюминия и т.п.

Процесс литья в кокиль достаточно легко поддается механизации и автоматизации. Для этого используют кокильные однопозиционные и многопозиционные машины и литейные комплексы на их основе. Заливка расплава и извлечение, и складирование отливок могут выполняться в автоматическом режиме.

Важной особенностью литья алюминиевых сплавов в кокиль от литья под давлением является возможность получения отливок со сложными внутренними полостями, которые

оформляются разовыми песчаными стержнями. Простые полости могут оформляться металлическими стержнями.

Для обеспечения получения качественных отливок без газовой пористости и неметаллических расплав необходимо предварительно подвергать рафинированию. В случае алюминиевых сплавов, которые особенно склонны к растворению большого количества водорода и других газов, это особенно актуально и осуществляется обработкой расплава соответствующими флюсами на основе различных солей и продувкой инертными газами.

Таким образом, литье в кокиль, в том числе и алюминиевых сплавов, несмотря на имеющиеся особенности, является экономически и технологически эффективным способом получения высококачественных отливок.

Список использованных источников

1. Волочко, А.Т. Алюминий: технологии и оборудование для получения литых изделий. / А.Т. Волочко, М.А. Садоха. - Минск: Беларус. навука, 2011.- 387с.
2. Гавариев Р.В., Савин И.А. Повышение качества поверхности отливок цветных металлов, получаемых литьем под давлением: монография/ Гавариев Р.В., Савин И. А., Курск: Из-во «Университетская книга», 2017, -236с.
3. Теория и технология литейного производства / Кукуй Д.М., Скворцов В.А., Адрианов Н. В. - Минск: Новое знание, 2011. - 74 с.
4. <https://litejka.ru>
5. www.aluminum.org

Студент гр. 10404118 Дёмин В.А.
 Научный руководитель Садох М. А.
 Белорусский национальный технический университет,
 г. Минск

Литьё по выплавляемым моделям – один из способов литья, известный с глубокой древности. Данная технология применяется для изготовления отливок высокой точности и сложной конфигурации, которые зачастую трудно получить другими методами литья (например, лопатки турбин газотурбинных двигателей и т.п.).

Процесс литья по выплавляемым моделям состоит из ряда типовых операций, схематично представленных на рис.1 [1-4]:

- изготовление модели отливки и элементов литниковой системы из легкоплавкого материала (воск, парафин, стеарин и др.), путём заливки или запрессовки в соответствующую форму (наиболее широкое применение в промышленности нашёл модельный состав ПС50-50, состоящий из 50 % стеарина и 50 % парафина; для крупногабаритных изделий применяются солевые составы, менее склонные к короблению);
- формирование вокруг модели керамической оболочки, которая в дальнейшем после затвердевания и прокалики становится литейной формой.
- выплавка модели из керамической формы и прокалика формы.
- заливка расплава в форму, кристаллизация отливки, ее выбивка и финишная обработка.

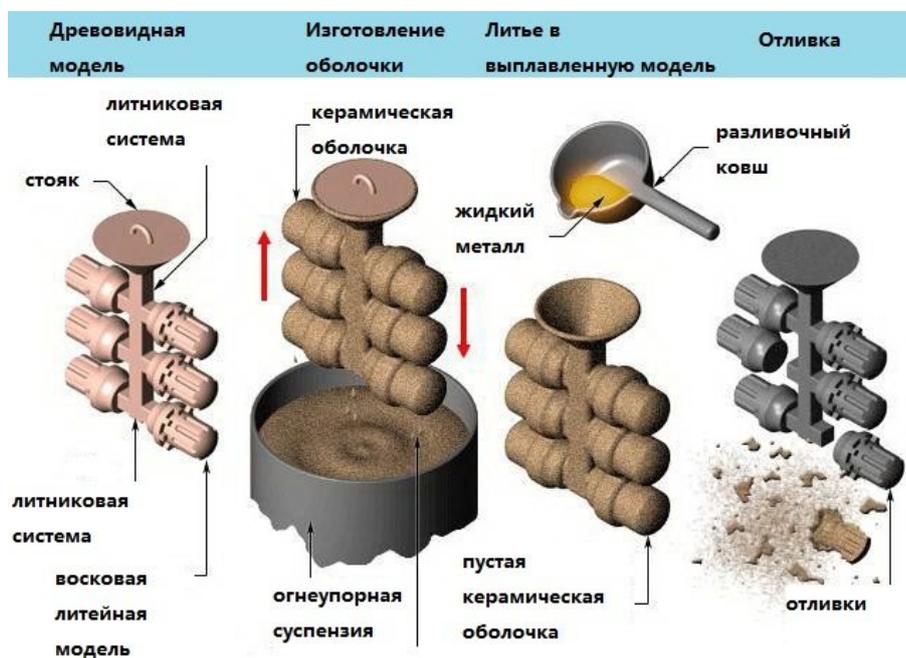


Рисунок 1 - Схема получения отливки методом литья по выплавляемым моделям

Технология литья по выплавляемым моделям имеет ряд особенностей, отличающих ее от других способов получения отливок:

- модель является разовой и выплавляется в процессе изготовления формы;
- металл заливают в разовые неразъемные керамические формы, получаемые несколькими способами;
- формовочная смесь представляет собой композицию, состоящую из мелкозернистого огнеупорного материала и связующего;

- применение мелкозернистых огнеупорных материалов обеспечивает высокое качество поверхности отливки;
- высокая точность отливки достигается за счет высокой точности формы.

Литье по выплавляемым моделям имеет ряд существенных преимуществ перед другими способами литья - возможность изготовления точных отливок с высокой чистотой поверхности, в том числе и из труднообрабатываемых сплавов, с потребностью в минимальной механической обработке или полным ее исключением.

Технология литья по выплавляемым моделям нашла свое применение как в единичном (опытном), так и в серийном и массовом производстве при получении отливок из различных металлов и сплавов.

К недостаткам метода можно отнести относительная сложность и длительность процесса.

Практические работы по получению единичных отливок из алюминиевых сплавов проводилась с применением эластичных силиконовых форм, изготовленных по существующей детали (рис. 2, а, б). Далее эти формы были использованы для получения выплавляемых моделей отливки и элементов литниковой системы из композиции, состоящей из церезина (50%), парафина (45%) и канифоли (5%) и обладающей хорошей пластичностью и жидкотекучестью. Полученные модели были собраны в блоки с литниками (рис. 2, в). Литейные формы изготавливали из песчано-гипсовой смеси путем заливки в опоку с установленной моделью.



Рисунок 2 – Внешний вид эластичных форм (а, б) и полученных в них выплавляемых моделей (в).

После затвердевания модели выплавляли, формы прокаливали и заливали алюминиевым сплавом АК9.

Полученные отливки полностью соответствовали прототипу и им требовалась минимальная доработка.

Список использованных источников

1. Волочко, А.Т. Алюминий: технологии и оборудование для получения литых изделий. / А.Т. Волочко, М.А. Садоха. - Минск: Беларус. навука, 2011.- 387с.
2. Электронный ресурс

[https://ru.wikipedia.org/wiki/ Литьё_по_выплавляемым_моделям](https://ru.wikipedia.org/wiki/Литьё_по_выплавляемым_моделям)

3. Электронный ресурс

<http://xn--80aagiccszezsw.xn--p1ai/uchebniki/specialnye-vidy-litya/3-lite-po-vyplavlyаемым-modelyam>

4. Электронный ресурс

<https://www.bboard.com.ua/imgs/board/20/814520-1.jpg>

Преобразование облака точек, полученного методом 3D сканирования в твердотельную модель

Студенты гр. 10404118 Дикун А.О., Янкович С.В.
Студент гр. 10401119 Путрич О.В.
Научный руководитель т Русевич О.А.
Белорусский национальный технический университет
г Минск.

Трёхмерное сканирование объектов с последующим получением облака точек является современным и высокоскоростным методом перевода реальных объектов в 3D. Но такая технология имеет так же ряд недостатков одним и по совместительству самым важным недостатком является то, что после сканирования на выходе мы имеем то самое облако точек, напрямую с которым невозможно работать в инженерных программах.

Для того что бы с облаком точек можно было взаимодействовать и каким-либо образом его изменять. Необходимо произвести конвертацию облака точек в твердотельную 3D модель. Для решения данной проблемы, можно воспользоваться расширением ScanTo3D для SolidWorks. Но для его использования необходимо подключить данное расширение в системе SolidWorks. Подключение производится через вкладку “инструменты” в верхнем левом углу окна SolidWorks. В выпавшем подменю необходимо перейти по вкладке “добавления” (Рис. 1)

Рисунок 1 – Подключение инструмента ScanTo3D

В открывшемся новом окне, которое содержит в себе все добавления SolidWorks необходимо установить галочку кликнув на соответствующее поле рядом с добавлением “ScanTo3D”. Также необходимо установить галочку в столбце “запуск” напротив добавления “ScanTo3D”.

Далее необходимо импортировать файл формата “STL” в “SolidWorks”, для этого зажатой левой клавишей мыши перетаскиваем файл в рабочее поле “SolidWorks”, после чего необходимо отпустить клавишу мыши, “SolidWorks” начнёт распознавание облака точек формируя коечный результат (Рис. 2).

Следующим шагом является открытие мастера подготовки сетки, для этого необходимо выбрать “сетку” в “дереве операций” (при этом объект изменит цвет на зелёный), кликнув ПКМ (правая кнопка мыши) на сетке. В выпадающем меню запускаем мастер подготовки сетки.

После запуска мастера подготовки сетки первым пунктом предлагается изменить ориентацию сетки, если изменение ориентации объекта в пространстве не требуется, то необходимо выбрать пункт “Нет”, после чего щёлкнуть по левой синей стрелке, перейдя тем самым на следующий шаг мастера подготовки сетки.

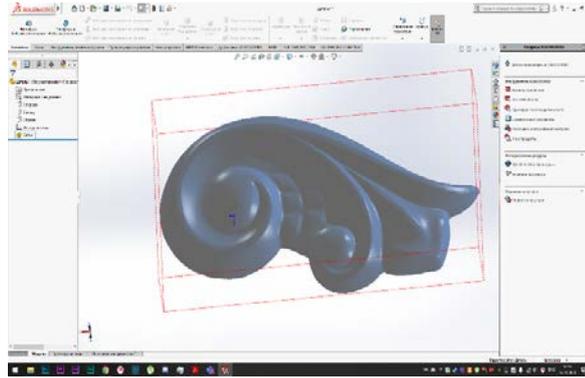


Рисунок 2 – Импортированное облако точек

Следующим шагом мастер подготовки сетки предлагает удалить лишние элементы, что производится при захвате сканером не нужных элементов, таких как: части крепления отливки или части элементов, на которых базируется объект. После удаления ненужных элементов осуществляется переход к шагу стрелку в верхнем левом углу меню расширения “ScanTo3D”.

Далее следует упростить сетку, дабы она занимала меньше ресурсов компьютера для последующих расчётов. Для этого необходимо воспользоваться ползунком “Кол-во снижения (%)”, где указывается процент, на который будет упрощена сетка модели.

Далее программа предлагает сгладить объект для устранения дефектов поверхности, если качество поверхности данного объекта хорошее, то сглаживание не требуется. Расширением “ScanTo3D” предусмотрена возможность применения местного сглаживания, если требуется повысить качество поверхности отдельных участков объекта.

Следующий параметр является очень важным: “Гладкость границы”. Для создания твёрдого тела из объекта сканирования необходимо, что бы объект не имел разрывов поверхности. Как правило в случае 3D сканирования имеется обширный разрыв на нижней стороне объекта, на которой объект базируется на плоскости (Рис. 3), так же разрывы появляются в местах удаления ненужных элементов. Для корректного закрытия таких разрывов необходимо чтобы ограничивающая данный разрыв линия была максимально гладкой. Для этого в данном добавлении существует специальный инструмент “Гладкость границы”, но он имеет свой лимит действия чего в некоторых случаях бывает недостаточно. Для решения этой задачи можно применить изменения “мастера подготовки сетки”, после чего запустить его повторно, но не изменяя предыдущих параметров, кроме параметра “гладкость границы” и так до тех пор, пока граница не станет полностью гладкой.

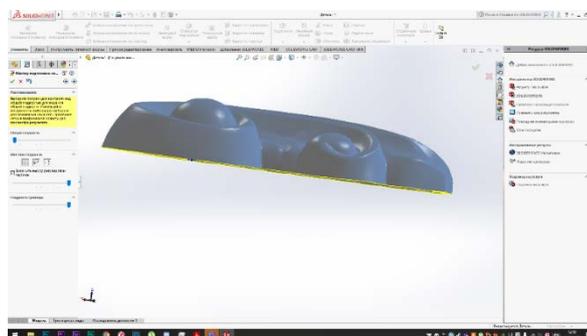


Рисунок 3 – Граница разрыва до выполнения операции сглажива-

Следующим шагом является выделение границы для закрытия разрыва поверхности, для этого необходимо кликнуть по ней ПКМ, после чего она должна отобразиться в соответствующем поле и изменить цвет с жёлтого на зелёный. Далее необходимо перейти к следующему пункту, при этом выделенные открытые части закрываются поверхностью (Рис. 4).

Переходим к запуску мастера поверхности, установив соответствующую галочку и перейдя на следующий этап.

Далее программа предлагает выбрать способ создания сетки: автоматически или вручную. Для большинства случаев подходит автоматический тип создания.

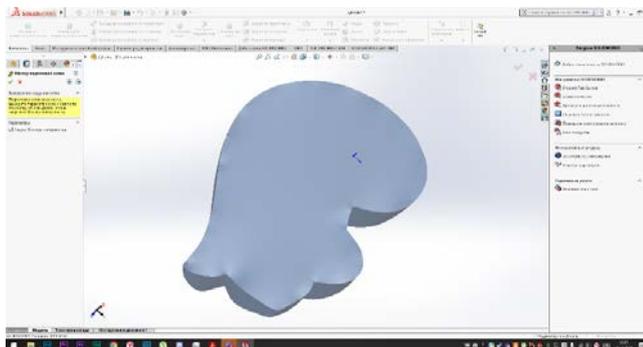


Рисунок 4 – 3D объект после закрытия разрывов поверхностей

Ползунком устанавливаем желаемое качество поверхности (Слишком большие значения не рекомендуется ставить, т.к. поверхность будет разделена на очень большое количество подповерхностей, вследствие чего вырастет нагрузка на систему, а также появится большое количество ошибочных поверхностей, которые будет необходимо исправить. Слишком малые значения так же не рекомендуется устанавливать, т.к. первоначальная геометрия объекта не будет соблюдаться.) и обновляем предварительный просмотр нажатием на одноимённую кнопку.

После процесса генерации поверхностей мы получим предварительный вид готового объекта, с некоторыми ошибочными поверхностями.

Для исправления ошибочных поверхностей необходимо установить галочку рядом с соответствующим пунктом.

После активации редактирования появляются соответствующие инструменты редактирования и образующие поверхность линии, которые необходимо откорректировать. Они выделены жёлтым цветом. Редактирование заключается в добавлении точек на уже существующие линии, ослабление (упрощение) линий, добавление новых и удаление уже существующих.

После того как сетка поверхностей будет исправлена, можно перейти к следующему пункту. А именно непосредственно к созданию твёрдого тела. Для этого переходим через стрелку к следующему пункту, после чего щёлкаем ПКМ по галочке “завершить операцию”. Запустится процесс создания поверхностей.

После завершения построения тело может отобразиться в виде сетки. Для исправления этой ошибки необходимо скрыть только что созданный объект и показать его снова.

Для проверки корректности работы только что созданного твёрдого тела можно выполнить в нём вырез, или сечение. Если тело будет заполнено без разрывов, то тело является рабочим, если же в процессе создания были допущены ошибки, то оно будет отображаться не корректно или не будет подвергаться изменению.

Данный метод является простым и удобным в использовании, для его использования не требуется установка дополнительных программ. Данное добавление позволяет работать с любым количеством точек и полигонов, сохраняя высокий уровень производительности и автоматизации процесса создания твёрдого тела из облака точек. При этом есть поддержка ручного создания и редактирования поверхностей. Что позволяет получать твёрдые тела с достаточно высокой точностью размеров и геометрии, а также экономит время.

Студент гр. 10404128 Болотько А.С.
Научный руководитель - Садоха М. А.
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Литье в кокиль (многоазовую металлическую форму) – это достаточно точная литейная технология, широко применяемая при производстве отливок из алюминиевых сплавов [1].

Несмотря на высокую первоначальную стоимость оснастки, технология литья в кокиль имеет ряд преимуществ по сравнению с литьем в разовые формы, а именно:

- отливки обладают плотной структурой;
- внешний вид отливок и чистота поверхности значительно лучше;
- точность отливок и идентичность их размеров выше;
- меньше металлоемкость отливок и затраты на их механическую обработку за счет уменьшения литейных припусков;
- повышенный выход годного литья;
- устраняются операции с формовочными смесями;
- ниже себестоимость продукции, особенно при крупносерийном производстве;
- выше производительность труда.

Для изготовления кокилей в основном применяют серый или высокопрочный чугун, а также углеродистые или легированные стали.

Серый чугун, применяемый для кокилей, стойкий к тепловым нагрузкам, недорогой и легко обрабатываемый материал.

Стальные кокили более дорогие в изготовлении, но являются более долговечными по сравнению с чугунными, так как они значительно лучше выдерживают термические и механические нагрузки.

Основной показатель кокиля — его стойкость. При работе рабочие поверхности кокилей подвергаются быстрому нагреву и охлаждению, в следствие чего в них возникают термические напряжения, приводящие к короблению и поверхностным трещинам – разгарам. Стойкость чугунных и стальных кокилей при получении отливок из алюминиевых сплавов составляет 50—100 тыс. заливок. Для повышения стойкости кокилей рабочие поверхности покрывают красками. С помощью красок устраняется также приваривание металла к стенкам кокиля, обеспечивается получение качественных поверхностей и регулируется направленность затвердевания отливок. При соприкосновении с металлом краска возгоняется, создается газовая и сажистая прослойка между жидким металлом и кокилем, которая предотвращает приваривания жидкого металла к кокилю. Краску наносят кистью или пульверизатором один-два раза в смену, в зависимости от конструкции и режима работы, на подогретый до 100—200 °С кокиль.

В процессе литья очень важным технологическим параметром является температурный режим кокиля. Для получения качественного литья из алюминиевых сплавов температура кокиля должна поддерживаться в пределах 200—350 °С. Разогрев и поддержание температуры кокиля (разгон кокиля) осуществляют подогревом с помощью газовых горелок, а контроль температурного режима осуществляют инфракрасными термометрами (пирометрами) или термопарами. Охлаждение кокиля осуществляется путем естественной передачи тепла в окружающую среду через стенки кокиля. При необходимости наши специалисты спроектируют и изготовят кокили, охлаждаемые снаружи водой (водоохлаждаемые) по специально предусмотренным каналам. Стойкость водоохлаждаемых кокилей выше, чем неохлаждаемых.

Для реализации технологии литья в кокиль используют соответствующее технологическое оборудование – от ручных кокилей до кокильных машин различного типа, других вспомогательных устройств и приспособлений [2-4].

На рынке технологического оборудования имеется широкая гамма конструктивных решений в области механизации литья в кокиль, в частности, для массового изготовления алюминиевых отливок.

Условно данное оборудование можно разделить на одно- и многопозиционные машины, кокильные комплексы и специальное оборудование.

Однопозиционные кокильные машины составляют основу парка кокильного оборудования в производстве отливок из алюминиевых сплавов благодаря тому, что они наиболее эффективны как при мелкосерийном, так и при крупносерийном производстве. Данные машины могут быть гибко использованы при работе с большой номенклатурой литья и при частом переходе от литья одного наименования отливок к другому. На рис. 1 представлена однопозиционная кокильная машина мод. 4992.



Рисунок 1 - Однопозиционная кокильная машина мод. 4992.

Использование карусельно-кокильных машин позволяет организовать рациональное использование производственных площадей литейного цеха и распределить технологические операции по зонам - например, зона заливки, зона простановки стержней, зона удаления отливки и т.п. Это в свою очередь позволяет механизировать и автоматизировать операции с использованием минимального числа вспомогательных устройств и механизмов.

Наиболее эффективно использование карусельно-кокильных машин при крупносерийном и массовом производстве отливок.

Сложнее использовать такие кокильные машины при работе с большой номенклатурой литья и частом переходе от одного вида литья к другому. Однако в настоящее время в связи с переходом на применение систем управления оборудованием, основанных на базе программируемых контроллеров, это ограничение или недостаток теряет свою силу, так как можно программировать различные режимы получения отливки на каждой позиции отдельно. То есть теперь на одной карусельно-кокильной машине можно одновременно изготавливать различные виды отливок (различные по массе, по порядку сборки-разборки форм, по технологическому времени и т.п.).

Список использованных источников

1. Волочко, А.Т. Алюминий: технологии и оборудование для получения литых изделий. / А.Т. Волочко, М.А. Садоха. - Минск: Беларус. навука, 2011.- 387с.
2. Садоха М.А., Мельников А.П., Краев Б.А. и др. Метод самозаполнения при производстве алюминиевых отливок // Литье и металлургия. 2004. №2. С.153-155.
3. Садоха М.А. Повышение эффективности производства отливок специальными способами литья// Литейное производство. 2019. №11. С.21-23.
4. Садоха М.А. Об особенностях технологии литья в кокиль// Литейное производство. 2019. №12. С.21-25.

Производство отливок из чугуна в кокили

Студенты: гр.10404118 Гурин К.Г., гр.10404128 Шпилевский Я.В.
Научный руководитель Садоха М.А.
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Чугун обладает хорошими литейными и механическими свойствами и широко применяется для производства отливок

Серые чугуны обладают хорошими литейными свойствами: высокой жидкотекучестью, небольшой усадкой (до 1 %), незначительным влиянием газосодержания на механические свойства, достаточно высоким сопротивлением образованию горячих трещин, малой склонностью к образованию усадочных раковин и пористости. Литейные свойства чугуна существенно зависят от его химического состава. С увеличением содержания углерода жидкотекучесть доэвтектических чугунов повышается, а заэвтектических уменьшается. При увеличении содержания кремния и фосфора жидкотекучесть чугуна повышается, влияние марганца и серы на жидкотекучесть металла несущественно.

Линейная усадка чугунов зависит от химического состава и скорости охлаждения: перлитно-ферритные чугуны со структурой (П+Ф+Гр) имеют усадку 0,7 – 0,9, перлитные – 1,1 – 1,15, белые – 1,65 – 1,75%.

Трещиностойкость чугунов возрастает с повышением содержания углерода и кремния; увеличение содержания серы снижает трещиностойкость чугунов; увеличение содержания марганца до 0,9% повышает трещиностойкость, а при дальнейшем увеличении его содержания вероятность появления трещин возрастает. Опасность появления трещин резко возрастает при наличии в чугуне более 0,2% фосфора [1].

Отливки из чугуна можно получать с применением различных технологических процессов. Наибольшее применение получило литье чугуна в песчано-глинистые формы (ПГФ). Однако значительное количество отливок из серого и высокопрочного чугунов производится в кокили.

Металлический кокиль, по сравнению с ПГФ, обладает более высокой теплопроводностью, теплоемкостью, прочностью, практически нулевой газотворностью и газопроницаемостью.

Технология производства отливок в кокиль обладает рядом преимуществ перед литьем в ПГФ [2]:

1. Металлические формы (кокили) используются многократно и позволяют получать отливки с поверхностью более высокой чистоты и с более точными размерами.
2. Достигается более высокая производительность труда (до 3—4 раз).
3. Меньшая трудоемкость литья и последующей их механической обработки (до 40—60%).
4. Литье в кокиль позволяет производить в 2-4 раза больше отливок из расчета 1-го квадратного метра производственных площадей по сравнению с литьем в ПГС.
5. Материал кокильных отливок имеет более мелкую микроструктуру и более высокие физико-механические свойства за счет высокой скорости затвердевания и кристаллизации отливок.
6. Значительно уменьшается потребность в количестве технологического оборудования, транспортных системах и складских помещениях.
7. Обеспечивается снижение брака отливок до 40% по засорам, пригару, несоответствию размерам и т.п.
8. Лучшие санитарно-гигиенические условия труда [3].

Наряду с этим литье чугуна в кокиль присущи и некоторые недостатки по сравнению с литьем в ПГФ:

1. Высокая стоимость изготовления кокилей.

2. Большая длительность подготовки производства.
3. Ограниченная стойкость кокиля,
4. Сложность получения тонкостенных отливок протяженной формы,
5. Склонность к образованию отбела в отливках.
6. Образование внутренних напряжений в отливках, склонность к образованию трещин

[4].

При литье в кокиль чугуна у литейщиков есть ряд инструментов воздействия на скорость и характер кристаллизации расплава.

Так при высокой скорости охлаждения может произойти образование отбела. Такие отливки с отбеленной поверхностью трудно обрабатываются, но обладают высокой износостойкостью. Обычно их применяют без механической обработки или после шлифования. Примером могут служить мелющие тела для дробильно-размольного оборудования, валки для прокатки металлов и др. Чугунные отливки с отбеленным поверхностным слоем, которые необходимо подвергать обработке резанием, предварительно термически обрабатывают – подвергают графитизирующему отжигу для устранения отбела.

Применение специальных покрытий на формообразующей поверхности кокиля позволяет активно воздействовать на процессы теплоотвода и получать отливки без отбела. Такие отливки обладают повышенными физико-механическими свойствами и широко используются в машиностроении и других отраслях. На рис. 1 представлен процесс получения методом литья в кокиль отливки люка канализационного.



Рисунок 1 – Литье в кокиль отливки «Люк канализационный»

Исследования и производственный опыт показывают, что основными направлениями влияния на процесс формирования структуры отливок при литье в кокиль являются: выбор химического состава чугуна и способов его модифицирования; регулирование скорости охлаждения чугуна путем изменения начальной температуры кокиля, нанесения на его поверхность облицовок и красок, создающих необходимые термические сопротивления переносу теплоты от отливки к кокилю.

Для предотвращения отбела повышают содержание углерода и кремния в чугуне. Однако содержание кремния не должно быть выше 2,5%, так как иначе снижается жидкотекучесть чугуна и в структуре отливок появляются силикокарбиды. Уменьшение глубины отбела может быть достигнуто модифицированием чугуна ферросилицием, силикокальцием. Наилучшими являются комплексные модификаторы, вводимые в состав чугуна в количестве 0,2 – 0,3 мас. %, например, модификатор марки ФЦМ5 [3].

Список использованных источников

1. Дубинин Н. П., Производство кокильного чугуна, Машгиз, 1947.
2. Садоха М.А. Об особенностях технологии литья в кокиль// Литейное производство. 2019. №12. С.21-25.
3. Чернобаев Н.Е., Литьё в кокиль, Машгиз, 1947.
4. Худокормов, Д.Н. Производство отливок из чугуна / Д.Н. Худокормов. – Минск: Высшая школа, 1987. – 200 с.

Способы контроля влажности формовочных смесей в технологическом потоке

Студентка гр.10404118 Курач Д.И.
Научный руководитель – Ровин С.Л.
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Определение и обеспечение заданной влажности формовочной смеси является важной задачей в технологическом процессе изготовления литейных форм. Вода может быть самостоятельным компонентом связующей композиции (песчано-глинистые, цементные смеси) и входить в состав одного из ее компонентов как растворитель (жидкое стекло, водорастворимые синтетические смолы, технические лигносульфонаты и др.).

Влажность влияет практически на все технологические свойства формовочных смесей: прочность, газотворность, газопроницаемость, уплотняемость, формуемость, текучесть, прочность в зоне конденсации, высокотемпературные свойства. Превышение или снижение влажности относительно оптимального уровня более чем на 10...15 % приводит к образованию поверхностных и внутренних дефектов в отливках: пригар, ужимины, засоры, газовые и песчаные раковины и т.д. В случае, когда вода входит в состав компонентов связующего, ее содержание влияет на скорость упрочнения (отверждения), достигаемую прочность, другие технологические свойства и в конечном итоге также сказывается на качестве отливок [1].

Как правило, под влажностью понимают количество слабо связанной капиллярной и адсорбционной влаги, содержащейся в исследуемой смеси, т. е. воды, которую можно удалить при низкотемпературном высушивании (при 105-110°C).

Важнейшее значение имеет контроль влажности при использовании единых песчано-глинистых смесей (ПГС), так как влажность оборотной смеси, составляющей до 95% от массы единых ПГС, является нестабильной, постоянно изменяющейся в широком диапазоне величины (от 0,5 до 3,5%).

Методы определения и контроля влажности формовочных и стержневых смесей условно подразделяют на прямые методы физического или химического определения влажности и косвенные методы. Прямые методы основаны на непосредственном разделении влажного материала на сухое вещество и воду путем сушки либо химическим способом

Косвенные методы контроля предполагают измерение электрических либо электрофизических свойств смеси, функционально связанных с ее влагосодержанием. Соответственно эти методы сравнительно просто могут быть автоматизированы, измеряемая величина легко преобразуется в цифровой сигнал, а само измерение происходит практически мгновенно [2].

Косвенные (электрофизические) методы подразделяют на:

- Кондуктометрический;
- Емкостный;
- Нейтронный;
- Метод ядерного магнитного резонанса;
- СВЧ-метод и др.

Кондуктометрический метод является, пожалуй, наиболее простым из известных электрических методов контроля влажности. Он основан на измерении электропроводности (или силы тока) влажного материала, которая изменяется в зависимости от влагосодержания. Однако применение этого метода для контроля процесса смесеприготовления в литейном производстве затруднено, т.к. при низком уровне влажности (влажность готовой смеси, как правило, не превышает 4%, а исходных материалов — 0,5-1,5%) собственная проводимость формовочных материалов достаточно низка, изменения ее при колебаниях влагосодержания незначительны, и решающее значение приобретают такие факторы, как собственная проводимость примесей, содержащихся в смеси, и их количество, плотность смеси, ее температура и др.

Емкостные влагомеры основаны на измерении величины емкости конденсатора, между обкладками которого находится исследуемый материал. Так как диэлектрическая проницаемость воды в десятки раз превышает проницаемость большинства сухих веществ (соответственно – 80 ед. у воды и 2-4 у глины и песков), то, оценив емкость конденсатора с влагонасыщенным материалом, можно определить его влажность. Однако при этом необходимо обеспечить равномерное заполнение пространства между обкладками конденсатора контролируемым материалом, без зазоров и с постоянной плотностью, что фактически требует специального формирования исследуемого объема. Кроме того, использование емкостного метода для контроля влажности формовочной смеси затрудняется тем, что для достижения требуемой точности изменений в пределах $\pm 0,2\%$ по влажности необходимо исключить колебания диэлектрической проницаемости основных компонентов смеси (песка и глины) превышающие 1% [3].

Нейтронный метод применяют преимущественно для автоматизированного измерения влажности сыпучих материалов, а также для экспрессного измерения влажности бетонных и растворных смесей и бетонов с содержанием влаги от 1 до 12%. Метод измерения основан на эффекте существенного замедления быстрых нейтронов в процессе их взаимодействия с ядрами атомов водорода воды, содержащейся в материале. Анизотропный поток быстрых нейтронов при прохождении через влажный материал превращается в изотропный поток медленных, так называемых «тепловых», нейтронов, которые регистрируются специальным детектором. Число (концентрация) зарегистрированных медленных нейтронов и характеризует объемную влажность контролируемого материала. Различают нейтронные влагомеры погружного (зондового) и поверхностного типа. В качестве источника быстрых нейтронов используются радиоактивные элементы: полоний (Po), радий (Ra), плутоний (Pu), а в качестве детекторов: чаще всего – борные счётчики, или фольга из индия, родия или кадмия [4].

Метод ядерного магнитного резонанса (ЯМР) основан на резонансном поглощении или излучении энергии электромагнитных волн высокой частоты ядрами атомов водорода в составе воды, находящейся в постоянном магнитном поле. Этот метод позволяет измерять содержание влаги в различных её формах (и свободную, и связанную влагу). Однако и нейтронный метод, и метод ядерного магнитного резонанса требуют строгого соблюдения правил работы с радиоактивными источниками, использования специальных средств защиты, характеризуются сложностью устройства и высокой стоимостью используемого оборудования и для контроля влажности формовочных смесей практически не применяются [5].

В последнее время в различных отраслях промышленности (в индустрии стройматериалов, в химической и пищевой промышленности, в производстве медпрепаратов) все большую популярность завоевывают микроволновые (СВЧ) методы контроля влажности. Эти методы отличаются высокой точностью, относительной простотой и дешёвой инструментальной реализации, возможностью бесконтактных измерений, стабильностью и высокой информативностью оценки, что позволяет легко их использовать в системах автоматического контроля влажности непосредственно в технологическом потоке. В основе микроволновых методов влагометрии лежат уникальные диэлектрические свойства воды в СВЧ диапазоне от 0,3 до 30 ГГц, а именно – наличие максимума диэлектрических потерь, которого не наблюдается более ни у одного из известных материалов. Диэлектрические потери в воде на частоте 17 ГГц достигают 36 ед., в то же время диэлектрические потери в обезвоженных веществах и жидких неполярных диэлектриках практически равны нулю. Так, например, слой воды толщиной 1 см вызывает ослабление электромагнитного микроволнового сигнала в 10000 раз, в то же время гометровые пласты песка, глины, известняка и т.п. практически радиопрозрачны.

В большинстве случаев в промышленности используются СВЧ влагомеры, работающие по методу поглощения. Измеряемым параметром в этих влагомерах является ослабление или затухание СВЧ энергии в исследуемом материале [6]. Применение СВЧ метода для контроля влажности единых песчано-глинистых и жидкостекольных формовочных смесей впервые было предложено и реализовано белорусскими учеными, сотрудниками кафедры «Машины и

технология литейного производства». Сегодня этот метод является одним из основных методов контроля влагосодержания единых формовочных смесей в технологическом потоке, как во время транспортировки смеси, так и во время ее приготовления непосредственно в смесителе.

Список использованных источников

1. Кукуй Д.М., Мельников А.П., Ровин С.Л., Голуб Д.М., Одиночко В.Ф. Технологии процессов смесеприготовления и изготовления песчаных литейных форм. – Минск: БНТУ, 2009. – 437с.
2. Методы и средства измерения влажности твердых и сыпучих тел. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://chimbiolab.ru/novosti-i-stati/Metodi_i_sredstva_izmerenia_vlazhnosti. Дата доступа: 05.11.2021.
3. ГОСТ 23422-87 Материалы строительные. Нейтронный метод измерения влажности
4. Нейтронный метод измерения влажности. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://bstudy.net/920422/tehnika/neytronnyy_metod_izmereniya_vlazhnosti. Дата доступа: 05.11.2021.
5. Способы измерения влажности материалов. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vevivi.ru/best/Sposoby-izmereniya-vlazhnosti-materialov-ref228146.html>. Дата доступа: 05.11.2021.
6. Ровин С.Л., Ренгарт И.И. Создание систем автоматического управления качеством формовочной смеси на основе непрерывного контроля ее диэлектрических параметров // Металлургия и литейное производство: Сб. научн. тр. – Минск: Белоргстанкинпромиздат, 1997. – С.41–44.

Современные тенденции в области изготовления стержней из холоднотвердеющих смесей

Студенты: гр. 10404128 Шпилевский Я.В., гр. 10404118 Гурин К.Г.
Научный руководитель Коренюгин С.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В литейном производстве существует большое количество способов изготовления стержней, в которых применяют смеси различных составов. Одними из самых распространенных для изготовления стержней являются холоднотвердеющие смеси отверждаемые при помощи отвердителей и катализаторов. На сегодняшний день известно большое количество методов изготовления стержней из данного типа смесей. Например, методы, основанные на продувке стержней, находящихся в «холодной оснастке», газовым отвердителем. Наиболее распространенными среди них являются: cold-box-amin-процесс; beta-set-процесс; эпоху-SO₂-процесс [1].

Также существуют смеси отверждаемые в «холодной оснастке» с применением жидкого катализатора, который входит в состав смесей: маложивучие холоднотвердеющие смеси на основе органических связующих материалов, жидкие самотвердеющие смеси на основе жидкого стекла, жидкие самотвердеющие смеси на основе органических связующих материалов [2].

Маложивучие холоднотвердеющие смеси на основе органических связующих материалов применяются для изготовления стержней при получении отливок массой от 0,5 кг до 50 т в индивидуальном и мелкосерийном производстве отливок из черных и цветных сплавов.

В качестве катализаторов в них используются ортофосфорная и бензосульфокислота. Механизм отверждения ХТС основан на том, что введение в состав смеси кислотного катализатора резко сдвигает рН системы в кислую область, что инициирует протекание поликонденсационных процессов между отдельными олигомерами связующего материала и образование его пространственной структуры, формирующей как адгезионные связи между отдельными зернами наполнителя смеси, так и собственную когезионную прочность.

Основной особенностью маложивучих ХТС является обратная взаимосвязь между скоростью отверждения и живучестью смеси. В связи с этим процесс ее приготовления должен быть максимально кратковременным (3-30 с), после чего смесь должна немедленно использоваться для изготовления стержней. Технология изготовления стержней из песчано-смоляных ХТС отличается от технологии изготовления стержней с тепловым отверждением тем, что уменьшается число технологических операций и их трудоемкость, отпадает необходимость в ряде транспортных операций и погрузочно-разгрузочных работ.

Основные достоинства процесса: наличие широкой гаммы отвердителей, определяющих скорость отверждения от «медленных» до «быстрых» с низким содержанием азота и серы, которые обеспечивают стабильность процесса в любое время года; низкие требования к содержанию влаги и температуры песка; низкая токсичность.

Жидкие самотвердеющие смеси (ЖСС) имеют высокую текучесть, поэтому они подобно жидкости могут быть залиты в стержневой ящик. Другое важное свойство этих смесей – самозатвердевание. ЖСС широко применяются при индивидуальном и крупносерийном производстве. Так же их применяют при изготовлении средних и крупных по величине стержней, так как в этом случае, ввиду отсутствия операции уплотнения смеси, их использование наиболее эффективно.

В состав ЖСС входят жидкая композиция (ПАВ, жидкое стекло и вода), наполнитель, отвердитель и различные добавки для регулирования технологических и рабочих свойств смеси. Содержание жидкого стекла в смесях составляет 6-7 % при использовании в качестве

отвердителя феррохромового шлака и 3,5-4,5 % при применении нефелинового шлама. В качестве пенообразователя используют НЧК (нейтрализованный черный контакт). Применение НЧК исключает необходимость сушки форм и стержней с целью восстановления газопроницаемости [3]. Твердение ЖСС происходит в процессе обменных реакций между жидким стеклом и силикатом кальция.

Применение ЖСС позволяет резко повысить производительность труда, исключить ручной труд при изготовлении форм и стержней, устранить энергоемкую операцию сушки, механизировать производство крупных отливок.

Жидкие самотвердеющие смеси на основе жидких органических связующих (ОЖСС) во многом лишены недостатков ЖСС на основе жидкостекольного связующего. Наибольшее применение из таких смесей нашли ОЖСС с лигносульфонатами (ЛСТ), отверждаемые хромовым ангидридом CrO_3 .

В состав таких смесей могут входить следующие компоненты: кварцевый песок, глина, ЛСТ ($\rho = 1260 \text{ кг/м}^3$), хромовый ангидрид, вода, КЧНР, катализатор, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (медный купорос) или др., феррохромовый шлак, персульфат аммония.

Главное достоинство ЖСС и ОЖСС заключается в том, что они не требуют уплотнения после свободной их заливки в оснастку. К недостаткам их относят невысокую прочность и повышенную хрупкость стержней и форм. Поэтому ЖСС и ОЖСС применяют в основном для изготовления крупных и средних стержней и форм относительно простых конфигураций. ОЖСС в отличие от ЖСС лучше выбиваются из отливок, однако ОЖСС требуют обязательной подсушки, а используемый в их составе отвердитель (хромовый ангидрид или бихроматы) является токсичным соединением.

Механизм предложенного в 1968 г. фирмой Ashland (США) метода Cold-box-amin заключается в продувке отформованного в ненагреваемой оснастке стержня газообразным катализатором из группы третичных аминов. Стержневая смесь для этого процесса готовится из сухого песка и связующего, состоящего из двух компонентов (растворов синтетической фенольной смолы и полиизоцианата). В процессе продувки стержня газообразным катализатором гидроксильные группы фенольной смолы стремительно и очень прочно соединяются с группами полиизоцианата, в результате чего образуется полиуретан, прочно связывающий зерна песка и обеспечивающий высокие эксплуатационные свойства изготавливаемых стержней [1].

Основными преимуществами Cold-box-amin -процесса являются: равномерное объемное отверждение стержня в течение нескольких секунд или продувки; высокая прочность, обеспечивающая возможность изготовления стержней самой сложной конфигурации; минимальный суммарный расход связующего; высокая производительность стержневых автоматов, обеспечивающая их использование в массовом производстве отливок; высокое качество отливок; легкая выбиваемость и регенерируемость.

Недостатки процесса: высокая стоимость материалов и оборудования; жесткие требования к качеству песка; токсичность и взрывоопасность катализатора [2].

Beta-set-процесс, разработанный фирмой «Borden» (Англия) в начале 80-х гг., основан на быстром отверждении смеси в холодной оснастке при продувке парами метилформиата. Связующее – щелочной резольный полифенолят. Используемый для продувки реагент – метилформиат, МФ (метиловый эфир муравьиной кислоты).

Процесс отверждения аналогичен Alpha-set. Сначала МФ подвергается гидролизу в водощелочной среде с образованием муравьиной кислоты и метанола. Время продувки в зависимости от массы стержня составляет, как правило, от 10 до 30 с.

Масса стержней по beta-set-процессу ограничена 10–12 кг, максимум 20 кг. Достижимая прочность в 1,5–2 раза ниже, чем в процессах с продувкой аминами или SO_2 .

К достоинствам описываемой технологии относятся хорошее качество литых поверхностей (сталь, чугун, цветные сплавы), отсутствие азота и серы в связующем, незначительное термическое расширение смеси, относительная влагостойкость, более легкая (по сравнению с cold-box-amin и ероху- SO_2) выбиваемость и возможность достижения экологически

благоприятных условий на формовочных и стержневых участках.

К недостаткам можно отнести дороговизну технологии, в связи с чем для относительно небольших серий стержней ее применение становится уже экономически неоправданным, а также невозможность получения стержней высокой прочности [2].

В середине 80-х годов в ФРГ была разработана усовершенствованная технология SO₂- процесса изготовления стержней, так называемый ероху-SO₂-процесс, в составе стержневой смеси которого в качестве связующего используются не фурановые (как в фуран-SO₂-процессе), а специальные модифицированные эпоксидные смолы. При этом смесь содержит следующие компоненты (масс.%): обогащенный кварцевый песок – 98,4-98,8; модифицированная эпоксидная смола, смешанная с органическим пероксидом – 0,6-0,8; эпоксидная смола, смешанная с акрилатом – 0,6-0,8; газообразный катализатор SO₂, смешанный с воздухом или азотом.

Уплотнение смеси, продолжительность продувки газом аналогичны cold-box-amin-процессу. Газовоздушная смесь – смешанный с сжатым воздухом SO₂ готовится в специальном газогенераторе.

Отличительной особенностью эпоксидных связующих, наряду с их высокой удельной прочностью, является практически полное отсутствие в их составе азота, в связи с чем использование стержней ероху-SO₂-процесса практически исключает возможность образования ситовидной пористости и газовых раковин в отливках. Также достоинствами процесса являются: низкая газотворность, высокая живучесть и выбиваемость стержней.

Недостатки процесса, связанные с применением SO₂: токсичность, химическая агрессивность, что требует строгого соблюдения правил техники безопасности [2].

В изготовлении стержней по представленным методам наблюдаются следующие тенденции:

- уменьшение количества операций и снижение их трудоемкости, соответственно повышение производительности труда;
- снижение количества вредных выбросов;
- снижение энергозатрат;
- механизация и автоматизация изготовления;
- повышение качества внутренних полостей путем улучшения качества поверхностей стержней;
- улучшение технологических параметров стержней (выбиваемость, газотворность).

Список использованных источников

1. Ф.А. Домотенко, С.И. Сиротенко, А.Н. Карась, А.П. Мельников, М.А. Садоха, Г.И. Пасюк. Современные ресурсосберегающие технологии в литейном производстве ОАО «МТЗ» // // Литьё и металлургия. — 2016. — № 3. — С. 5-8.

2. Кукуй, Д.М. Теория и технология литейного производства. Формовочные материалы и смеси: учебн. Пособие / Д.М. Кукуй, Н.В. Адрианов. – Мн.: БНТУ, 2005. – 391 с.

3. Голотенков О. Н. Формовочные материалы: Учеб. пособие. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2004. – 164 с.

**Технологии 3d сканирования для создания модели
применимой для изготовления оснастки методом 3d печати**

Студенты гр. 10404118 Дикун А.О., Янкович С.В.
Студент гр. 10401119 Путрич О.В.
Научный руководитель ассистент Русевич О.А.
Белорусский национальный технический университет
г Минск.

Приход в последнее десятилетие 3D технологий в сферу производственной деятельности открывает все новые и новые возможности. Создание 3D моделей наиболее сложных деталей или отливок становится глобальным проектом, реализуемым сегодня международными организациями. Особое направление в рамках этой глобальной тенденции – оцифровка сложных элементов различных типов конструкций.

Возможности дистанционной работы с 3D объектами, размещенными в сети интернет, во много раз увеличивают скорость обмена научной и производственной информацией и позволяют оптимизировать и усовершенствовать работу конструкторских и технологических отделов.

Постоянное развитие технологий делает возможным постоянное сокращение трудоёмкости изготовления сложных отливок в литейном производстве и сильно расширяет возможности работы со сложными объектами.

Одним из таких новшеств развития современных литейных технологий явилось 3D сканирование объектов для их последующей обработки полученного облака точек в САД системах.

3D сканирование находит широкое применение в промышленности, медицине и в быту. Более того, многие современные производственные процессы не могут обойтись без автоматизации и контроля. В этих случаях наряду с компьютерным зрением приходит технология 3D сканирования.

3D-сканеры можно разделить на два типа: Контактные и, бесконтактные.

К первому типу сканеров относятся СММ (coordinate measuring machine - координатно-измерительные машины) (рис.1).

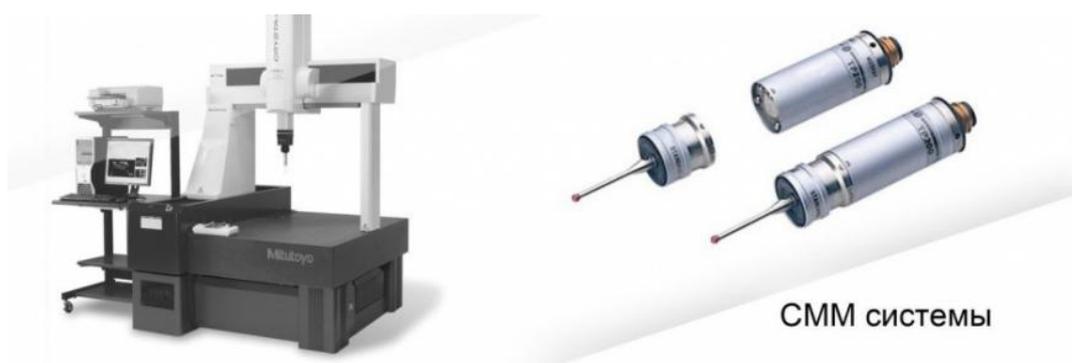


Рисунок 1 – Контактный сканер

Эти устройства напоминают промышленные ЧПУ станки, на массивном основании, но вместо шпинделя крепится измерительная головка с рубиновым шариком на конце. Сканирование, или контроль геометрических размеров производится контактным способом. Щуп медленно подходит к измеряемому объекту, регистрируя малейшее касание.

Так же существуют системы с подвижными “суставами”, в которых установлены высокоточные энкодеры. При перемещении сканирующего органа оператором эти датчики фиксируют перемещение всей системы и на основе этих данных строит трехмерную модель изделия.

Данные сканеры широко применяются на высокоточных производствах для контроля геометрических размеров выпускаемой продукции. Так же при помощи данных устройств можно произвести “полное” сканирование и получить облако точек.

Но данная технология не идеальна, и имеет ряд ограничений, таких как:

- Низкая скорость сканирования;
- Невозможно (чаще всего) сканировать поднутрения и малые отверстия;
- Установки стационарны и массивны.

Сканеры второго типа являются бесконтактными и делятся на несколько типов по способу сканирования. Условно их можно разделить на лазерные и оптические.

Основная часть лазерных сканеров (рис. 2) работает на принципе триангуляции. Суть триангуляционных 3D сканеров состоит в том, что высоко контрастная камера ищет лазерный луч на поверхности объекта и измеряет расстояние до него. При этом оптическая ось камеры и лазера разнесены, а расстояние между ними и угол заведомо известны. Таким образом, путем геометрических измерений мы можем достаточно точно измерить расстояние до объекта, быстро получив облако точек. Этот класс устройств имеет ограничения по дальности сканирования, но при этом сканирует объекты с высокой точностью.

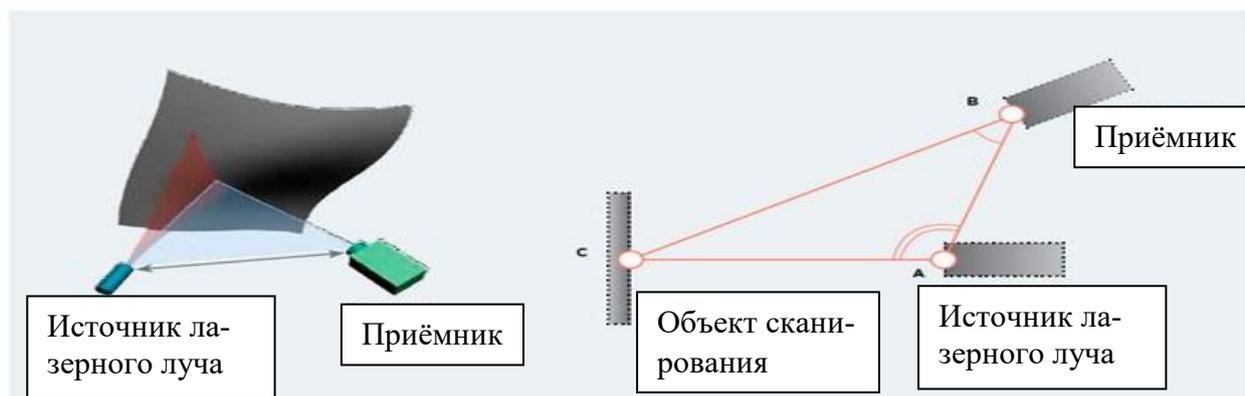


Рисунок 2 – Лазерный сканер

В отличие от промышленных сканеров, стоимость данных устройств более демократична, и более доступна. Эти сканеры идеально подходят для сканирования не больших объектов, например изделий художественного литья, для последующей печати моделей на 3D принтере или получения 3D модели для последующего её изменения или компьютерных симуляций (например, для моделирования процессов заливки).

К другому типу лазерных сканеров относятся сканеры, основанные на измерении времени отклика лазерного луча от поверхности объекта. Данные виды сканеров имеют принцип работы похожий на лазерный дальномер. Они позволяют быстро оцифровывать окружающее пространство крупных и массивных отливок или их макетов.

Главным недостатком этих систем является сложность подсчета времени отклика лазерного луча на малых расстояниях (менее метра). Поэтому данные сканеры применяются по большей части только для сканирования особо крупных и массивных изделий, таких как станины крупных станков и агрегатов, металлических монументов художественного и паркового литья корпусов карьерного оборудования.

Переходя к оптическим сканерам (рис.3), необходимо отметить сканеры, основанные на методе сканирования структурированным светом. Эти устройства представляют собой одну или две камеры в связке с проектором. При засветке сканируемого объекта “зедрой” или черно-белыми квадратами, которые расположены в шахматном порядке, камеры анализируют искривления полученной картинке и на основе этих данных строят 3D модель. Этот метод широко применяется для реверс-инжиниринга, сканирования ювелирных украшений, часто применяется для сканирования мелких отливок. Данная технология позволяет максимально точно изготовить мелких и сложных отливок.

К недостаткам данной технологии можно было бы отнести ограничение по возможно-

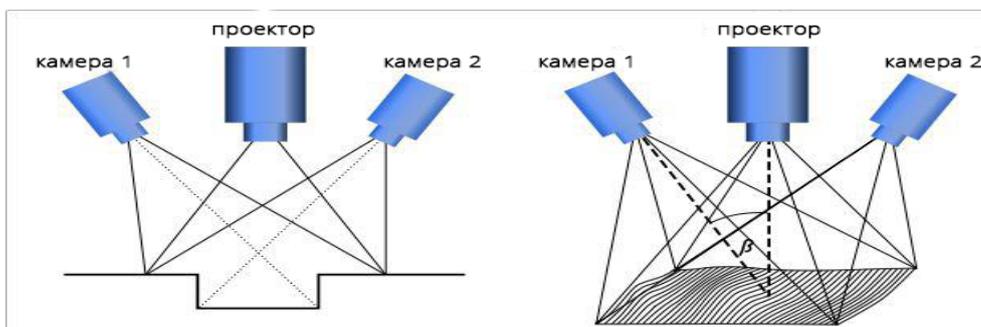


Рисунок 3 – Оптический сканер

сти сканирования крупных объектов, но данная задача эффективно решается путем нанесения на объект специальных маркеров, которые позволяют сканировать большие объекты по частям с последующей “склеивкой” модели.



Creaform EXAScan; EinScan-Pro; 3D Systems Capture; Artec Space Spider

Рисунок 4 – Ручные сканеры

Стоит отметить, что существуют и портативные ручные версии сканеров (рис.4), работающие как по лазерной, так и по оптической технологии, обычно это профессиональные устройства, обладающей большой точностью и скоростью сканирования.

Таким образом мы подходим к тому, что 3D сканеры являются достаточно простым и скоростным методом получения 3-х мерной модели уже существующей отливки или экспериментального макета будущей отливки для последующей её доработки, и проведения симуляций необходимых процессов изготовления или иных процессов жизненного цикла литых изделий. При помощи данной технологии так же можно получать цельные 3D модели повреждённых (разбитых или расколотых) отливок.

Студенты: гр. 10404129 Коршак В.Е., гр. 10404128 Пацовский Н.В., Мацинов С.А.
Научный руководитель Садоха М.А.
Белорусский национальный технический университет
г Минск.

Литейный стержень — это элемент литейной формы, обеспечивающий формирование в литом изделии отверстий, полостей, а также сложных наружных поверхностей. Стержень устанавливают в литейную форму и фиксируется при помощи знаков. Литейный стержень, как элемент формы, в процессе получения отливки испытывает значительные механические нагрузки и воздействие высоких температур. В связи с этим к стержню предъявляются даже более высокие требования, чем к форме, которая формирует только наружные поверхности отливки [1-5].

Процессы изготовления литейных песчаных стержней, занимающие до 25% от всей трудоемкости получения отливки, постоянно совершенствуются. Это объясняется тенденцией возрастания роли стержней в связи с повышением сложности, тонкостенности и точности литых деталей. Кроме этого, постоянно актуальны задачи минимизации трудовых затрат и вопросы защиты окружающей среды.

Процесс изготовления стержней может осуществляться вручную или на автоматизированной линии при помощи стержневых автоматов. На автоматизированной линии чаще всего применяют пескодувный и пескострельный методы уплотнения стержневой, реже встряхивание и пескомет.

Основные операции изготовления литейных стержней из песчаных смесей: формовка стержня, отверждение стержня, выбивка и финишная обработка стержня (окраска, сборка в блоки и т.п.).

Формовка вручную. Вручную стержни изготавливают в условиях единичного и мелкосерийного производства с применением стержневых ящиков и шаблонов. Чаще всего применяют способ изготовления стержней в стержневых ящиках, которые по конструкции делятся на: разъемные и неразъемные. Стержни с простой геометрией изготавливают в неразъемных ящиках. Однако наиболее широко используют разъемные ящики, которые состоят из нескольких частей, и могут содержать в конструкции отъемные вкладыши. Составные части ящика центрируются между собой при помощи центрирующих штырей и втулок и скрепляются скобами, струбцинами и т.п.

Последовательность технологических операций при изготовлении литейных стержней вручную: очистка рабочей полости от загрязнения и остатков смеси, нанесение разделительного покрытия, сборка и скрепление частей стержневого ящика, заполнение ящика стержневой смесью и уплотнение ее. После отверждения готовый стержень извлекают из стержневого ящика.

При необходимости для придания стержню большей прочности можно использовать каркасы из стальной проволоки. Каркас располагают на определенном расстоянии от поверхности стержня.

Склеивание и исправление дефектов стержней происходит вручную при помощи специальных приспособлений.

Окраску полученных стержней производят ровным слоем толщиной не более 1...1,5 мм при помощи кисти, пульверизатора или окунанием.

Механизированное и автоматизированное изготовление стержней. В массовом и серийном производствах изготовление литейных стержней производится на специальном оборудовании, основу которого составляют стержневые машины. По сравнению с ручным спосо-

бом изготовления стержней механизированное и автоматизированное имеет ряд существенных отличий: значительно более высокая производительность труда и, соответственно, более низкая трудоемкость получения стержней, стабильное и высокое качество стержней.

Это позволяет снизить затраты на изготовление отливок и обеспечить их высокое качество.

На стержневых машинах механизированы и автоматизированы все основные технологические и вспомогательные операции, связанные с заполнением стержневого ящика стержневой смесью и ее уплотнением, отверждение стержня, разборка ящика и извлечение готового стержня.

Основная масса используемых в производстве стержневых машин являются пневматическими и электромеханическими. В последние годы активно начинают применяться машины на гидроприводе.

По методу уплотнения стержневой смеси в ящике стержневые машины делятся на: пескодувные и пескострельные, реже используются встряхивающие машины с перекидным столом и пескометные.

Пескодувный способ изготовления стержней. Суть пескодувного уплотнения заключается в воздействии на смесь сил песчано-воздушного потока в момент заполнения стержневого ящика, а также фильтрации воздушного потока через смесь от вдувных отверстий к вентам стержневого ящика, происходящего после ее заполнения смесью. В процессе уплотнения пескодувным способом сжатый воздух, проходящий в пескодувную головку, воздействует на имеющуюся в ней стержневую смесь, которая фильтруется ее порами и обеспечивает своим потоком захват частиц смеси. Выходя из пескодувной головки через вдувные отверстия смесь наполняет рабочую полость стержневого ящика, при этом происходит ее уплотнение за счет сил воздушного потока, а также из-за удара о поверхность ящика, модели или других слоев смеси.

Пескострельный способ. Уплотнение смеси пескострельным способом можно разделить на несколько этапов. В процессе первого этапа пескострельный резервуар служит питателем, при этом питание стержневого ящика происходит с некоторым уплотнением смеси. Смесь проходит через насадку через 0,02-0,06 с после открывания клапана, в тот момент, когда давление сжатого воздуха над столбом смеси равно 40-60 кПа. Предварительное заполнение смесью стержневого ящика завершается до наступления максимального давления воздуха. Из этого следует, что ударное воздействие сжатого воздуха на столб смеси незначительно. Перепад давлений – важнейший фактор, который обеспечивает требуемое уплотнение смеси в пескострельном резервуаре и стержневом ящике. Второй этап заключается в окончательном уплотнении смеси в следствии выдавливания дополнительной порции смеси, которая, выпрессовываясь из насадки, принимает форму кома, уплотняющего как лежащие ниже слои, так и боковые. Чем выше начальное давление сжатого воздуха в ресивере и чем медленнее оно снижается в процессе истечения смеси, тем больше объем кома.

Встряхивающие машины с перекидным столом. Встряхивающие машины с перекидным столом в последние годы используются в производстве все реже. Они состоят из встряхивающего механизма с плитой, на которой лежит перекидной стол. После уплотнения стержневой смеси стержневой ящик устанавливается на приемный рольганг, перед этим стол поворачивается на 180° при помощи рычагов и тяг, которые приводятся в движение гидравлическими приводами с горизонтальными цилиндрами.

Пескометные машины в производстве литейных стержней применяются также редко в последние годы. Пескометы – формовочные машины, выполняющие несколько функций: заполнение стержневого ящика формовочной смесью и уплотнение ее. Качество уплотнения стержня зависит от скорости выброса пакета смеси, ее направления и скорости возвратно-поступательного движения головки над опокой.

Контроль качества. Стержни подвергаются внешнему осмотру, чтобы определить наличие осыпаемости, трещин, заусенцев и др. дефектов. Также проводят контроль прочности,

влажности, газопроницаемости образцов и др. Размеры стержней контролируются при помощи шаблонов.

Список использованных источников

1. Теория и технология литейного производства/ Д. М. Кукуй, В.А. Скворцов, В.Н. Эктова, 2000.
2. Садоха М.А. Повышение эффективности производства отливок специальными способами литья// Литейное производство. 2019. №11. С.21-23.
3. Садоха М.А., Ровин С.Л. Получение отливок в условиях мелкосерийного и единичного производства// Литейное производство. 2021. №4. С.35-38.
4. [Электронный ресурс] <http://материаловед.рф/uchebniki/osnovy-litejnogo-proizvodstva/1-3-sposoby-izgotovleniya-otlivok-technologicheskie-osobennosti-litya-v-peschanye-formy/1-3-4-izgotovlenie-litejnyx-form-i-sterzhnej> Дата доступа: 01.11.2021.
5. [Электронный ресурс] https://metallischekiy-portal.ru/articles/obrabotka/litie/ruchnoe_izgotovlenie_liteinix_sterjnei/19 Дата доступа: 01.11.2021.

The impact of green productivity on the foundry and mining industries

Georgiy Patkhullaev ,Steven Patkhullaev
Supervisor - N.Turakhodjaev
Tashkent State Technical University

The purpose of this study is to investigate the effect of total quality management on green productivity. Increasing productivity is the best tool to increase people's living standards and create national wealth. From a systemic point of view, by spreading this thinking in the economic resources of the society, it can be concluded that increasing the productivity of companies has increased national productivity, which also increases people's purchasing power, economic prosperity, increasing national income, reducing inflation and employment in it will lead in the long run.

The Asian Productivity Organization defines green productivity as a comprehensive strategy according to which the State can increase the welfare and achieve a better quality of life for its citizens by leveraging productivity dynamics and social justice. Green productivity is a strategy to increase productivity and protect the environment to achieve sustainable socio-economic development. The green productivity index is to measure and monitor the economic performance of the firm along with its environmental performance, while productivity shows only the economic performance. Productivity provides the framework for continuous improvement, while environmental protection is the foundation of sustainable development, and without preserving the environment, green productivity, and the continuity of development is challenged Strategies to increase environmental productivity and performance for overall social development and is economical to use environmentally friendly techniques, technologies, and management systems to produce environmentally friendly goods and services.¹

In this direction, several concepts have been proposed, including total quality management, which are used in companies and organizations with different activities.

Total quality management is a management philosophy that aims to use all the resources of the organization, including employees, as the most effective factor in achieving the company's goals. The main focus of the TQM is to increase customer satisfaction, whether internal or external. Total quality management combines the philosophy of participatory management, statistical techniques and staff collaboration through communication to improve the quality of goods and services, correct production schedule, meet customer needs and reduce costs.²

Total quality management is a substitute for some management concepts such as goal-based management, participatory management, quality circles, value added and evaluation. The management system is constantly evolving, including values, methods and tools, with the aim of increasing internal and external customer satisfaction with a small amount of resources. Inclusive quality management is an organizational strategy through the use of quality methods, services and quality products. Top offers to customers.³

Due to the increase in production volume in order to meet customer needs and increase the size of companies and increase the diversity of needs in customers of organizations and companies, in the process of production and environmental protection, the need for tools such as total quality management is tangible. Total quality management can play the role of a facilitator channel in sales by creating a competitive advantage in quality and price that leads to profit and productivity by applying management in order to use materials optimally, eliminate waste and reduce environmental pollutants. Comprehensive quality management with a green productivity approach is also referred to as inclusive environmental quality management.⁴

¹Asian Productivity Organization

²Abrunhosa, A., & Moura, P. (2008), Are TQM Principles Supporting Innovation in the Portuguese Footwear Industry Technovation. Journal of Technovation.

³Ahadi Nia, N. (2005), Solutions for Increasing Productivity.

⁴Baldwin, J., & Johnson, R. (1996), Business Strategies in more and less Innovation Firms in Canada.

Understanding the benefits of waste disposal or reducing the optimal use of resources is a comprehensive approach that helps all stakeholders and participants. However, some training is almost certainly necessary for this approach to be effective. Avoiding waste is equivalent to the resources used in its production. Implementing a waste minimization and reuse program and continuously improving consumption provides a strategy and competitive advantage in this area.

One of the world's largest gold mine projects has stalled due to environmental degradation.

A Chilean court has ruled that the world's largest gold mine project has been halted due to pre-operational environmental damage.

Of course like many other companies, Break Gold also denied the allegations in court.

The Chilean Environment Agency first decided to seek redress for the Canadian company by referring to a local court. The organization cited 33 violations of environmental principles, including the discharge of polluted water and the destruction of plants by the Canadian company. Therefore, the court, emphasizing the legitimacy of the complaint of the Environment Organization, ruled that it should be closed permanently and not temporarily and punished.

In recent years, many locals as well as animals have contracted various diseases due to the consumption of water containing dangerous and sometimes carcinogenic substances.⁵ We believe that the reconstruction of the environment of the mines or the process of reconstruction of the mines begins when the mining activity starts, but unfortunately it is a common misconception that we assume that we issue an exploitation license for mining and say that the operation has started. Now, to extract, exploit, extract, process and produce the brush product, and whenever the mining license for that mine expires, if the environment gets stuck in this problem, an environmental work will solve this issue, which is a misconception.

Environmental activity a mining activity begins from the time of mine exploration, that is, from the time an exploration permit is issued to a mine applicant and the mine begins construction of access roads, trenches, wells, canopy workshop equipment, or possibly construction.

This must happen at the same time as the exploration period and after the exploration and operation period of the reconstruction and rehabilitation activities around the mine and within the permitted area.

Of course, during the exploration period, this area is wider and about forty square kilometers of butterflies are discovered, in which the miner may build a road or a trench in that forty square kilometers, or it may cause damage to the environment. Rehabilitate the rehabilitated areas by granting an exploitation license.

During the operation phase, reconstruction and rehabilitation should be done simultaneously with the operation, while after the termination of mining activities and completion of mineral reserves and dismantling of workshops, camps, waste equipment and machinery, a reconstruction and rehabilitation activity should be done in the area. Reconstruction of the mine environment should continue from the start of exploration to the closure and closure of the mine.

An example from financial institution to encourage European Organization for green sustainable projects.

We must rapidly transform our energy production to achieve net-zero emissions by 2050 and limit the impact of climate change.⁶

The EIB Energy Lending Policy

In line with EU energy policy, which aims to ensure that all Europeans have access to secure, affordable and sustainable energy, the European Investment Bank (EIB) financed energy infrastructure with some €60 billion between 2016 and 2020. This included over €3 billion for renewable energy, energy efficiency and electricity grid projects in Europe and around the world.

⁵ Euro News.

⁶ European Investment Bank

In November 2019, the EIB adopted a new ambitious energy lending policy. The Bank will phase out the financing of traditional fossil fuel energy projects, including natural gas, by the end of 2021. Specifically, the energy lending policy calls for:⁷

- 1- Unlocking energy efficiency investments
- 2- Decarbonizing energy supply
- 3- Supporting innovative low-carbon technologies
- 4- Investing in a more secure enabling infrastructure

Our Offers to founders CEOs and Managing Directors of Companies which are active in foundry and mining industries:

- 1- Senior managers of the organization to the tool of comprehensive quality management through directives and goals Strategic and operational, pay special attention.
- 2- As employee participation increases effectiveness and their training and empowerment in preventing energy waste reduces consumption costs, the importance of specialized training and collective morale should have a special place.
- 3- The organization should pay attention to the use of green materials and use recyclable materials that do not have environmental consequences for society and the future.
- 4- Organization officials should pay attention to the use of green energy and include the use of renewable energy in macro planning.
- 5- Senior managers should strive to use and attract capital and green resources that play an important role in the field of production.
- 6- Seriously pursue practical and general education at various levels to create, maintain and maintain green staff who consider environmental protection as a public duty.

Sources

- 1- Asian Productivity Organization; The APO is an intergovernmental organization established in 1961 to increase productivity in the Asia-Pacific region through mutual cooperation. The APO contributes to the sustainable socioeconomic development of the region through policy advisory services and institutional capacity-building efforts.
- 2- European Investment Bank; the European Investment Bank is the European Union's investment bank and is owned by the EU Member States. It is one of the largest supranational lenders in the world
- 3- Abrunhosa, A., & Moura, P. (2008), Are TQM Principles Supporting Innovation in the Portuguese Footwear Industry Technovation. Journal of Technovation.
- 4- Ahadi Nia, N. (2005), Solutions for Increasing Productivity.
- 5- Baldwin, J., & Johnson, R. (1996), Business Strategies in more and less Innovation Firms in Canada.
- 6- Euro News; television news network.

⁷THE EIB CLIMATE SURVEY 2019-2020

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

Сравнительный анализ технологий азотирования титановых сплавов

Студент группы 10405520 Лигорская К.С.
 Научный руководитель Булойчик И.А.
 Белорусский национальный технический университет,
 г. Минск

В настоящее время для улучшения эксплуатационных свойств сплавов на основе титана широкое применение получили процессы насыщения азотом. Преимуществом данной обработки является повышение ряда эксплуатационных характеристик, а именно: модуль упругости и коррозионная стойкость, особенно важных при использовании указанных сплавов в протезировании суставов человека. На данный момент, наиболее широко распространенными способами насыщения поверхности сплавов азотом являются: газовое азотирование (ГА) [1, 2], ионное азотирование (ИА) [3, 4] и ионная имплантация (ИИ) [5, 6]. ГА осуществляется при высоких температурах и требует большой длительности выдержки, что является определенным недостатком при реализации азотирования указанным способом. Существенным преимуществом ИА перед ГА является уменьшение времени реализации процесса азотирования при сохранении эксплуатационных свойств формируемых азотированных диффузионных слоев. В этой работе приводится анализ исследований, посвященных различным способам азотирования титановых сплавов. Для сравнения выбрали способы газового азотирования (ГА), ионного азотирования (ИА) в плазме тлеющего и дугового разрядов, а также способы комбинированной ионной обработки титановых сплавов, включающая ИА с последующей упрочняющей ионно-плазменной обработкой, либо ИА с последующей ионной имплантацией (ИИ).

Процесс газового азотирования (ГА) стандартно осуществляется при высоких температурах. Для титана реальные температуры азотирования составляют 850 – 1000 °С, в результате чего могут изменяться объемные параметры образцов и понижаются показатели конструкционной прочности в результате увеличения размеров структуры. Процесс (ГА) реализуется при длительных выдержках порядка 30 – 60 ч и более.

По способу реализации процесса технологии ионно-плазменного азотирования можно разделить на три направления: ИА в тлеющем разряде, ИА в дуговом разряде и комбинированную ионную обработку титановых сплавов. В свою очередь, работы по ИА в тлеющем разряде подразделяются на традиционное ИА в тлеющем разряде и ИА в тлеющем разряде с полым катодом.

Классификация видов азотирования представлена на рисунке 1 [10].



Рисунок 1 – Классификация основных видов ионного азотирования титановых сплавов [10].

Работы по ИА в дуговом разряде разделены в зависимости от использования разряда холодного или горячего катодов. Комбинированная ионная обработка подразделена на ИА с последующим осаждением ионно-плазменных покрытий и ИА с последующей ИИ.

Использование диффузионного насыщения азотом в плазме газовых разрядов (ИА) позволяет повысить скорость насыщения поверхностной зоны сплава атомами азота, а также обеспечить формирование определенного типа структур приповерхностного азотированного слоя при более низких температурах насыщения, в сравнении со способом азотирования в газовой атмосфере (ГА) с учетом сохранения механических свойств сформированного диффузионного слоя (так как основным назначением азотирования титановых сплавов является повышение твердости и износостойкости поверхности сплава при работе в условиях трения).

В последнее время перспективу представляет возможность модификации свойств поверхности титановых сплавов использованием комбинаций различных методов ионно-плазменной обработки, включающих ИА, осаждение покрытий и ИИ. Такие комбинации различных методов обработки позволяют сочетать их достоинства, повысить износостойкость и срок службы обработанных изделий. Комбинированные методы обработки, включающие ИА и осаждение ионно-плазменных покрытий, успешно используются для модификации свойств поверхности сталей [7, 8]. Например, в работе [7] рассмотрен способ вакуумно-дуговой модификации поверхности стальных изделий, заключающийся в использовании азотирования в дуговом разряде при положительном потенциале и дальнейшем осаждении сверхтвердых покрытий с использованием методов ИИ. В работе [8] для повышения износостойкости поверхности деталей использовали процесс ИА с последующим нанесением износостойкого нитридного слоя на основе молибдена (MoN). Упрочненная глубина такого слоя составляет от 170 до 180 мкм.

Согласно информации, полученной на основании анализа данных источника [9], возможно получение вакуумно-плазменных нанослойных покрытий из титановых сплавов путем совмещения процессов электродугового осаждения и ионной имплантации. На поверхности исследуемых образцов проводили вакуумно-плазменное осаждение выбранного металлического подслоя и нанослоев из нитридов, либо карбо-нитридов алюминия, соединений титана, циркония и алюминия с азотом. При этом, после осаждения подслоя и каждого нанослоя, производили дополнительную обработку методом ионной имплантации. Экспериментальные данные авторов [9] показали повышение стойкости образцов из титана после комбинированной обработки в условиях коррозии в среде NaCl (до 1,5 раза), капельно-ударной эрозии (до 2,1 раза) и газоабразивной эрозии (в 2,5 раза) по сравнению с покрытиями без обработки [9].

В работе [10] представлены исследования способов формирования износостойких слоев сформированных на титановых сплавах различными методами азотирования, в том числе и их комбинирования. В качестве базового метода рассмотрено ГА в комбинации с азотированием в тлеющем разряде (АТР), а также ионной имплантацией. Представлены результаты исследования фазового состава нитридных слоев и особенностей механизма насыщения азотом из газовой фазы. Исследовано изменение показателей микротвердости и шероховатости поверхности, представлены результаты измерения износостойкости сформированных слоев. На рисунке 2 представлено распределение микротвердости по сечению упрочненного поверхностного слоя сплава ВТ6 после азотирования [10].

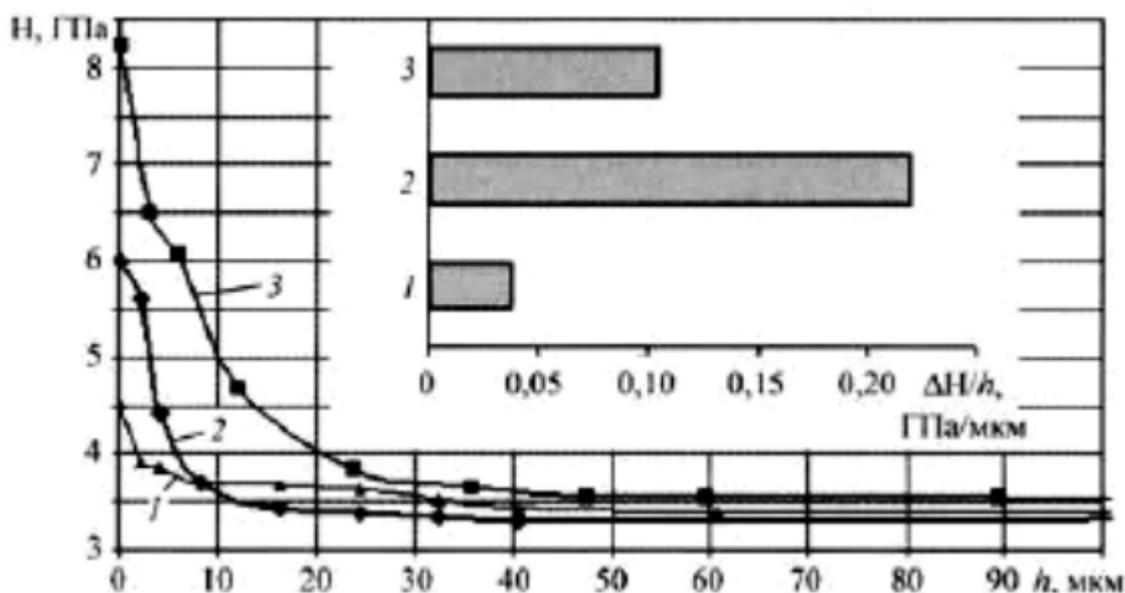


Рисунок 2 – Распределение микротвердости по сечению упрочненного поверхностного слоя сплава ВТ6 после азотирования: 1 - ГА; 2 - ГА+ИИ; 3 - ГА+АТР [10]

Согласно данным, представленным на рисунке 2, можно сделать вывод о повышении износостойкости сформированных нитридных слоев в условии комбинированной обработки методами ГА и АТР. Авторы объясняют это тем, что последовательное проведение ГА и АТР позволяет формировать азотированный слой с нитридной пленкой на поверхности при плавном градиенте твердости по сечению приповерхностных слоев, что обеспечивает повышение трибологических свойств образца в целом.

Таким образом с учетом результатов проанализированных исследований, можно сделать вывод о том, что комбинация различных способов азотирования, а также ряда дополнительных обработок, таких, например, как ионная имплантация ИИ, позволяет повысить износостойкость поверхностных слоев, сформированных на титановых сплавах. Наиболее перспективным сочетанием является последовательное проведение газового ГА и АТР (ионно-плазменного азотирования в тлеющем разряде), поскольку такая комбинация способов насыщения не только лучше повышает износостойчивость нитридного слоя, но также способствует сохранению механических свойств титановой матрицы образца.

Список использованных источников

1. С. Малинов, А. Зечева, В. Ша. Связь микроструктуры и свойства промышленных титановых сплавов с параметрами процесса азотирования из газовой фазы // МиТОМ. 2004, №7, с. 21-28.
2. В.Г. Хижняк, М.М. Бобина, О.М. Соловар. Зносостійкі покриття на основі азоту на сплаві ВТ9 // Problems of friction and wear. 2013, №1(60), p. 61-66.
3. Ю.М. Лахтин, Я.Д. Коган, Г.И. Шпис, З. Бемер. Теория и технология азотирования. М.: «Металлургия», 1991, 320 с.
4. И.М. Пастух. Теория и практика безводородного азотирования в тлеющем разряде: Монография. Харьков: ННЦ ХФТИ, 2006, 364 с.
5. Т.Д. Раджабов, А.С. Багдасаров. Изменение поверхностной микротвердости и износостойкости сплава титана в результате ионного азотирования // Поверхность. Физика, химия, механика. 1986, №11, с. 104-111.
6. С.Н. Братушка, С.В. Соколов. Влияние плазменной обработки и ионной имплантации на свойства и структурно-фазовые изменения в титановых сплавах // ФИП PSE. 2012, т. 10, №2, с. 4-27.

7. А.А. Андреев. Вакуумно-дуговое модифицирование поверхности стальных изделий // Физическая инженерия поверхности. 2007, №3-4, с. 140- 148.
8. В.А. Белоус, Н.С. Ломино, Ю.А. Заднепровский, И.Г. Ермоленко. Упрочнение поверхности деталей узла трения для блока парораспределения турбин комбинированным методом обработки // Труды 5 Международной конференции "HighMatTech", 05 – 08 октября 2015 г., Киев, Украина, с. 72
9. А.М. Смыслов, А.Д. Мингажев, М.К. Смыслова, К.С. Селиванов, А.А. Мингажева. Нанослойное покрытие для лопаток турбомашин из титановых сплавов // Вестник УГАТУ. 2011, т. 15, №1(41), с. 109-112.
10. И.Н. Погрелюк, О.И. Яськив, В.Н. Федирко, И.М. Пастух, Н.С. Машовец. Применение комбинированных методов азотирования для формирования износостойких покрытий на титановых сплавах // Упрочняющие технологии и покрытия. 2007, №7(31), с. 29-33.

Анализ влияния режимов термодиффузионного алитирования на свойства и структуру стали 10

Студенты группы 10405517 Мышкевич П.С., Чернявская Е.С., Белов А.Р.
Научный руководитель – к.т.н. Дашкевич В.Г.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Алитирование (калоризация) – это способ химико–термической обработки мало– и среднеуглеродистой стали, путем диффузионного насыщения поверхности алюминием в определенных насыщающих средах. В большинстве случаев данный процесс проводится при температурах 700–1100 °С, однако он может протекать и при более низкой температуре 550–650 °С. Целью алитирования, как и большинства методов обработки, является повышение жаростойкости, коррозионной стойкости стали в агрессивных средах, твердости, а также износостойкости.

Алитированию подвергают изделия для различных отраслей народного хозяйства, обрабатывают трубы, инструмент для литья цветных сплавов, чехлы термодар, детали газогенераторных машин и т. д. [1]. При выборе методов и температурно–временных режимов алитирования производят анализ существующих зависимостей между долговечностью, толщиной, структурой алитированного слоя для материала изделий или близкого ему по химическому составу, для различных методов алитирования [2].

Алитирование как способ увеличения жаростойкости сталей за рубежом известен с 1915 г. [3], в то время этот процесс назывался калоризацией. На постсоветском пространстве такую технологию насыщения, при температурах 900–1100 °С, разрабатывали такие знаменитые ученые как Н.А. Минкевич, Н.В. Агеев, О.И. Вер в 1927–1930 гг.

Необходимо отметить, что в литературе трудно найти источники, содержащие полную информацию о структуре и свойствах алитированного слоя на углеродистых конструкционных сталях при низкотемпературном процессе алитирования.

Для проведения исследований выбрали низкоуглеродистую сталь 10, с феррито–перлитной структурой. Порошковая смесь была приготовлена на основе алюминия марки ПА–4, температура опыта 570 °С, время проведения алитирования составляло 5ч. Насыщение проводили при печном нагреве в герметичном контейнере с плавким затвором. Использовали шахтную электрическую печь с селитовыми нагревателями. После проведения химико–термической обработки, образцы были разрезаны и подготовлены для микроструктурного анализа. Затем провели травление в 3%–ой азотной кислоте (HNO_3), время травления составило 5–10 с.

В результате макро и микроанализа поверхности темплета под микроскопом была выявлена структура основного металла, состоящая из зерен феррита и небольшого количества перлита с плохо выраженной границей зерен. На исследуемых образцах также был проведен микродюрометрический анализ с целью определения изменений микротвердости, характеризующий структурные изменения за счет диффузии легирующего элемента в поверхность образцов. Анализ проводили на приборе ПМТ–3 при нагрузке $P=0,196$ Н. Измерения показали увеличение микротвердости на поверхности в 1,3 раза выше микротвердости основы. Толщина алитированного слоя за 5 часов обработки составила около 25 мкм. На рисунке 1 представлена микроструктура поверхностного слоя стали 10 после низкотемпературного алитирования.

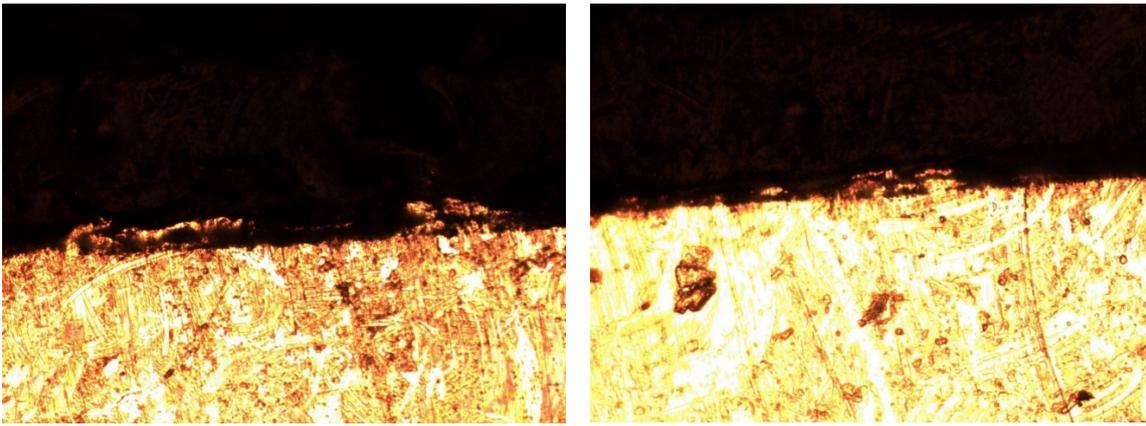


Рисунок 1 – Микроструктура поверхностного слоя стали 10 после низкотемпературного алитирования. $\times 200$

Для проведения высокотемпературного алитирования применяли порошковую смесь состоящую из 49% алюминиевой пудры, 49% оксида алюминия Al_2O_3 и 2% хлорида аммония NH_4Cl . Режим обработки: температура – $900^\circ C$, время – 4ч. Насыщение проводили аналогично низкотемпературному алитированию в шахтной электрической печи с селитовыми нагревателями. Отмечено оплавление смеси и фрагментарное припекание ее на поверхности образца.

Было проведено аналогичное травление 3%-ой азотной кислотой (HNO_3), время травления составило 5–10с. Поверхность образца имеет диффузионный слой с неравномерным распределением алюминидных фаз. В результате замера микротвердости поверхности образца установлено её увеличение в 2,5–2,8 раза по сравнению с исходной. Толщина алитированного слоя за 4 часа обработки составила около 150 мкм. На рисунке 2 представлена микроструктура поверхностного слоя стали 10 после высокотемпературного алитирования.

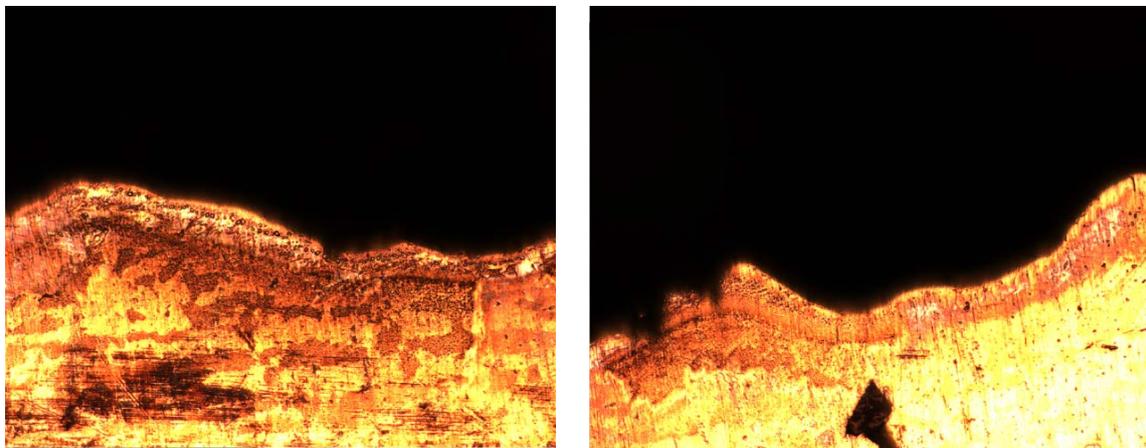


Рисунок 2 – Микроструктура поверхностного слоя стали 10 после высокотемпературного алитирования. $\times 200$

В результате выполненной работы подтверждена работоспособность описанных в литературных источниках составов смесей для низкотемпературного и высокотемпературного алитирования конструкционной стали марки 10.

За 5 часов обработки образуется диффузионный слой толщиной до 25 мкм для низкотемпературного алитирования и до 150 мкм за 4 часа обработки для высокотемпературного алитирования. Кроме этого, необходимо отметить недостаточно высокое качество полученных диффузионных слоев. Ввиду этого требуются дополнительные исследования по совершенствованию состава смеси и температурно–временных параметров обработки для рассматриваемой конструкционной стали 10.

Список использованных источников

1. Герасимова, Н.С. Химико-термическая обработка сталей и сплавов: учебное пособие по курсу «Материаловедение» / Н.С. Герасимова – Калуга: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017. – 48 с.
2. Методические указания РД 50–412–83. Надежность в технике. Упрочнение деталей машин. Выбор режимов алитирования по долговечности. Общие требования. – М.: Издательство стандартов, 1984. – 27 с.
3. Коломыцев, П.Т. Жаростойкие диффузионные покрытия / П.Т. Коломыцев. – М.: Металлургия, 1979. – 272 с.

Влияние дефектов кристаллического строения сталей на абразивную износостойкость стали

Студент гр. 81А-19 Хакимов С.Б.

Ассистент, Мирзарахимова З.Б.

Старший преподаватель, Пардаева Г.Т.

Ташкентский государственный технический университет,
Узбекистан, г.Ташкент

В предыдущих исследованиях [2] было установлено, что повышение температуры закалки или нормализации стали способствует повышению плотности дефектов кристаллического строения. Как видно из результатов (рис.1) испытаний отпущенных сталей с равным содержанием углерода для каждой марки стали (35, 45, У8), наблюдается своя линия зависимости износа от плотности дефектов кристаллического строения. При равной величине β (220) износостойкость сталей значительно различается. Ступеньки между линиями объясняются различием включений карбида в матрице отпущенных сталей. Из рисунка видно, что разрывы между величиной износовтерм улучшенном состоянии сталей меньше, чем после среднего отпуска (350⁰С). Это означает, что влияние на абразивную износостойкость стали карбидных частиц, ослабевает с их коагуляцией и увеличением меж карбидного расстояния.

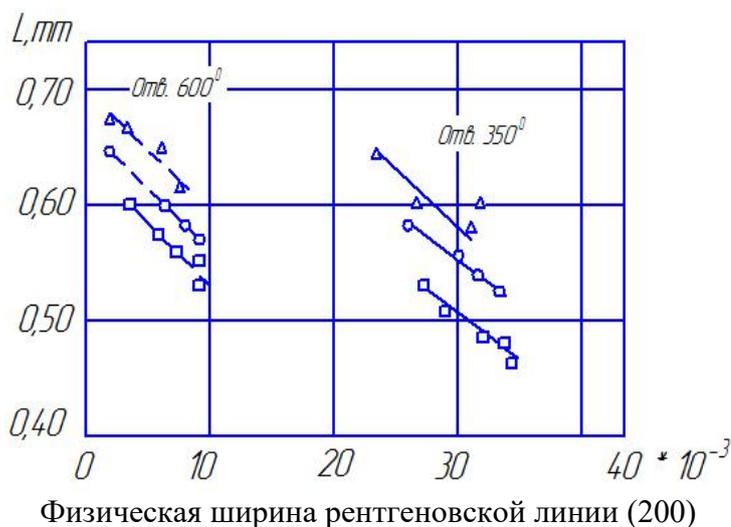


Рис. 1 - Зависимость абразивного износа (L) сталей Δ -35, \circ -45, \square -У8 от физической ширины рентгеновской линии.

Влияние межкарбидного расстояния на величину износа изучали на термоулучшенных образцах сталей. Размеры частиц цементита и расстояния между их центрами определяли на электронномикроскопических снимках реплик. Межцементитные расстояния для сталей 35, 45 и У8 составляли 0,96; 0,83; 0,68 мкм соответственно при среднем диаметре частиц 0,18-0,20 мкм. Полагая, что при данных размерах микрочастиц они являются недеформируемыми, уменьшение величины абразивного износа (ΔL) износа за счёт присутствия дисперсных частиц цементита при равной плотности дислокаций можно описать уравнением Срована

$$\Delta L = K * 1/\lambda$$

где K - константа материала, для изученных сталей равна 0,1305
 λ - среднее расстояние между частицами цементита, мкм.

С целью выяснения влияния температуры закалки на кинетику образования и величину карбидных частиц были проведены эксперименты на образцах стали 45, закаленных от различных температур и отпущенных при 600⁰С. Результаты исследования кинетики распада пересыщенного твердого раствора-мартенсита при отпуске показали, что на dilatометрических кривых, снятых с образцов, закаленную при 860⁰С, первый перегиб наблюдается в интервале 122-165⁰С, а второй - при 270⁰С. На динамограммах образцов, закаленных с 1100⁰С первый перегиб, начинается уже при 108⁰С, а второй при 250⁰С. Завершается процесс выделения карбидных частиц у обоих образцов при одной и той же температуре - 405⁰С (табл.1).

Таблица 1 - Температура образования карбидов железа в стали 45 при отпуске

Периоды	Температура закалки, ⁰ С	
	860	1100
Начало образования ε - карбида	122	103
Конец образования ε - карбида	165	165
Начало образования цементита	270	250
Конец образования цементита	405	405

Таким образом, повышение температуры закалки стали 45 до 1100⁰С способствует более раннему распаду перенасыщенного твердого раствора, как в области образования ε - карбида (на 14⁰С), так и области образования цементита (на 20⁰С).

Наблюдаемое объясняется увеличением плотности дислокаций с повышением температуры закалки стали, с максимум при 1100⁰С [3], и сегрегацией атомов углерода на дислокации. Чем выше плотность дислокаций, тем больше сегрегаций на них атомов углерода (0,16-0,18%), которые являются потенциальными источниками для образования карбидов железа. Это подтверждается экспериментальными данными. В стали 45, закаленной от 860⁰С, физическая ширина рентгеновской линии β (220), косвенно характеризующей плотность дислокаций, равна 53*10⁻³ радиан, а содержание углерода в твердом растворе около 0,30%, у образца закаленной от 1100⁰С соответственно 63*10⁻³ радиан и 0,20%.

Изменение температурных интервалов распада мартенсита должны были отразиться и на морфологии карбидов железа. Электронно-микроскопические исследования показали, что выделение дисперсных карбидных частиц у образцов, закаленных от 1100⁰С, имеет четко выраженную ориентацию по отношению к бывшим мартенситным иглам, чего нельзя сказать о выделении карбидов у образцов, закаленных от 860⁰С.

Интересно отметить, что повышение температуры отпуска до 680⁰С приводит к резкому укрупнению и коагуляции карбидов в образцах, закаленных от стандартной температуры, в то время как в образцах, закаленных с 1100⁰С, они охраняют свою ориентированность и имеют меньше тенденции к росту. Наблюдаемое объясняется взаимной стабилизацией полигонизованных дислокаций с включениями карбидов, что и препятствует коагуляции и укрупнению последних. Чем выше плотность дислокаций в стали, тем меньше вероятности роста и коагуляции карбидных частиц (у образца, закаленной от 1100⁰С).

Эксперименты по изучению распределения карбидов по размерам в образцах, отпущенных при 600⁰С, показали (рис.2), что доля мелких карбидов (до 0,1 мкм) после закалки от 1100⁰С составляет 45%, а в образцах, стандартно закаленных - 31,4%. Крупные же карбиды (0,4-0,5 мкм) в образцах, закаленных от 1100⁰С вообще не встречаются, в то время как после стандартной закалки (860⁰С) их доля составляет 5-10%.

Таким образом, повышение температуры закалки до 1100⁰С способствует при отпуске более раннему образованию карбидов. Кроме того, образовавшиеся карбиды железа являются более дисперсными и стабильными, чем в стали, закаленной от стандартной температуры. Это является следствием увеличения протяженности субграниц, в которых сегрегируют атомы углерода и образуются карбиды железа.

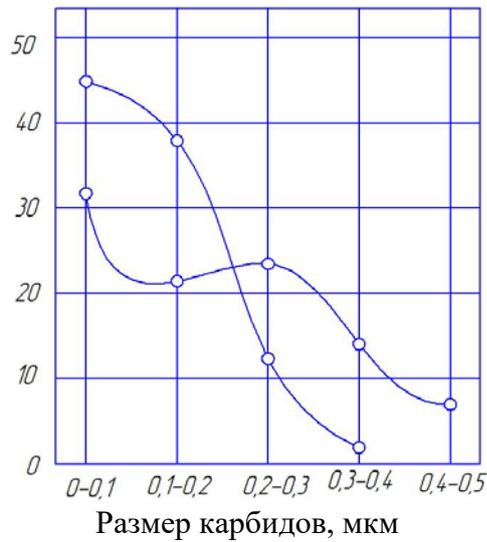


Рисунок 2 - Распределение карбидов железа (Fe_3C) по размерам в закаленной и отпущенной при $600^{\circ}C$ стали 45. Закалка от: 1- $860^{\circ}C$, 2- $1100^{\circ}C$.

Список использованных источников

1. Инагамова Д.А., Мухамедов А.У. Влияние наследственности исходной структура при фазовой перекристаллизации стали на ее износостойкость // "Техника и технология" - Москва, 2011. №1. С.42-45.
2. Мухамедов Т.А., Шамахсудов С.М. Соотношения между абразивной износостойкостью и параметрами структуры стали // Изв. АН УзССР, сер. техн. наук, 1989 №1, С.61-65.

Разработка технологии процесса восстановления оксидов тугоплавких металлов (на примере молибдена)

Маг. Умирзокова Ф.Б, Эргашева З.С,
Научный руководитель - доц. Расулов А.Х.
Ташкентский государственный технический университет,
Узбекистан, г.Ташкент

Введение. В мире в сфере промышленности повышается потребность в получении и использовании твердосплавных инструментов со специальными механическими, технологическими и физическими свойствами из порошков тугоплавких металлов.

С обретением независимости наша Республика отдаёт предпочтение разработке технологии получения порошков тугоплавких металлов и изготовления твердосплавных инструментов из местного сырья.

Изучением данной проблемы занимались многие авторы [1-2].

Начало XXI века ознаменовалось развитием технологии тугоплавких высокодисперсных материалов. Она уже используется во всех развитых странах мира в наиболее значимых областях человеческой деятельности (промышленности, обороне, информационной сфере, радиоэлектронике, энергетике, транспорте, биотехнологии, медицине и т.д.).

В современном мире восстановление оксидов тугоплавких металлов и в том числе молибдена осуществляется в многозонных трубчатых печах с противоточным пропусканием водорода или плазмохимическим методом. У нас в стране в производстве «НПО» по производству редких металлов и твердых сплавов при АО «Алмалыкский ГМК» имеются плазмохимическая установка «ПУВ-300» и многозонные трубчатые печи с противоточным пропусканием водорода. Технология восстановления оксидов тугоплавких металлов практически не отличаются друг от друга, и в том числе восстановления молибденового ангидрида принципиально не отличается от технологии восстановления оксидов вольфрама.

Объекты и методы исследование. Как обычно сырьем для получения дисперсных порошков металлов являются оксиды тугоплавких металлов. А для получения порошка молибдена является триоксид молибдена (MoO_3) получаемый, в результате окислительного обжига обогащенных молибденовых концентратов. На «НПО» по производству редких металлов и твердых сплавов при АО «Алмалыкский ГМК» триоксид молибдена восстанавливается в плазмохимической установке «ПУВ-300» или многозонных трубчатых печах с противоточным пропусканием водорода.

Измерения технологических и эксплуатационных характеристик порошков и заготовок (штабиков) производились с использованием существующих стандартных методов и измерительного парка приборов.

В процессе получения порошков в новом реакторе в осадительной камере под реактором практически не обнаружено порошка, это свидетельствует о том, что поступивший оксид металла оказался восстановленным полностью и дисперсные порошки металла попали на фильтры [3].

Технология восстановления молибденового ангидрида принципиально не отличается от технологии восстановления оксидов вольфрама. Поэтому рассмотрены основные принципы восстановления оксидов молибдена. С этой целью на первом этапе проведен анализ морфологии, структуры, химического и фазового составов молибденосодержащих промпродуктов АО «АГМК» (рис.1) [6].

После переработки концентратов образуется большое количество отходов (кеков), которые содержат значительное количество железа (15-20% масс). Разработана технология извлечения порошка железа. Из дисперсных порошков были изготовлены опытные партии формующих инструментов, и получен патент на металллокерамический материал [7].

Грануляция порошков, который соответствовало требованиям изготовления качественных инструментов производили в смесителе вращающегося своей оси в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Отработка всех режимов отжига, спекания проводилась на производственных условиях и оборудовании «НПО» по производству редких металлов и твердых сплавов при АО «Алмалыкский ГМК» (ПУВ–300, ЦЕП–214, СТН–1,6).

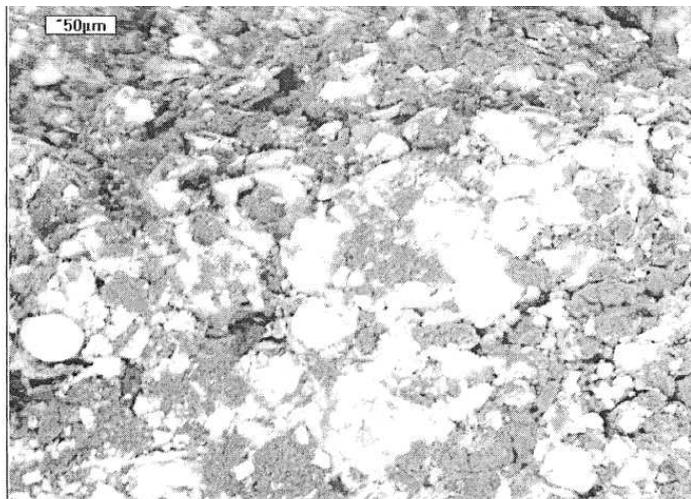


Рисунок 1 - Микроструктура промпродукта ППМ-1x300

Зависимость технологических характеристик порошков молибдена от природы сырья (Бишкек, Скопино, Степногорск, АО «АГМК») и типа печей восстановления (ОКБ-111А; СТН-1,6; СКБ-5062) соответствовало требованиям изготовления твердых сплавов.

При восстановлении оксидов в печи ОКБ-111А образовался большее количество конгломератов, которые объясняется меньшим удельным расходом водорода.

Происходить рост зародышей новой фазы на границе раздела оксидов и газообразного реагента при восстановлении триоксида молибдена. Изменяется структура и дисперсность реагирующих твердых компонентов. Варьированием условий проведения процесса, таких как температура, состав газовой фазы, концентрация и параметры термообработки компонентов твердой фазы, можно достичь заданную степень диспергирования оксидов и обеспечить получение дисперсных порошков молибдена с требуемыми размерами частиц. Рассмотрено технологическое оформление и особенности плазменных восстановительных процессов[3].

Наиболее распространенным вариантом аппаратного оформления струйно-плазменных процессов является схема прямоточного реактора, соосно пристыкованного к выходному соплу генератора. В зависимости от расхода оксидов можно получать порошки молибдена со средним размером 20-30 нм. При этом нанопорошки под действием различного рода сил (электрических, дисперсионных, магнитных и др.) могут образовывать конгломераты, которых практически невозможно разделить на исходные частицы даже с использованием современных диспергаторов. Присутствие в порошке конгломератов приводит к образованию структурной неоднородности в спрессованном и спеченном материале. Поэтому требуются предпринимать специальные предохранительные меры.

На рис. 2 представлена электронно-микроскопические снимки дисперсных порошков молибдена, сферическая форма которых косвенно свидетельствует о преобладающем вкладе коалесценции в механизме их формирования.

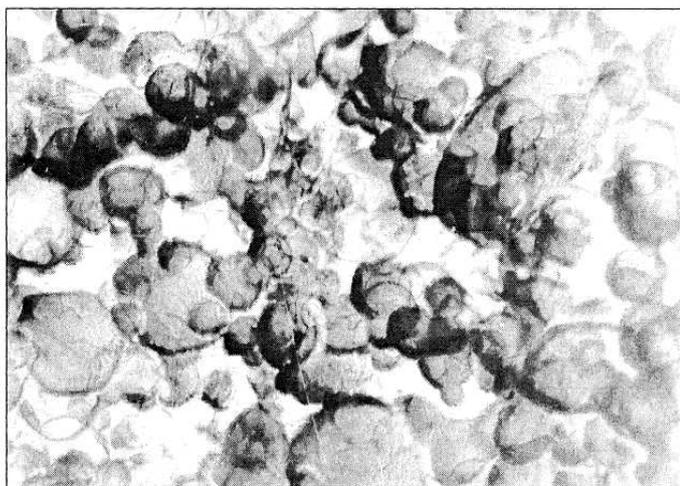


Рисунок 2 - Электронно-микроскопические снимки дисперсных порошков Mo_x100 000

Для промышленного использования дисперсных порошков Mo содержание кислорода в них не должно превышать 0,2% масс. Поэтому представляет практический интерес исследование процесса отжига порошков в водороде («довосстановление»).

При восстановлении триоксида молибдена до диоксида молибдена в производственных условиях «НПО» по производству редких металлов и твердых сплавов при АО «Алмалыкский ГМК» в многозонных трубчатых печах с противоточным пропусканием водорода сопровождается значительной потерей термодинамического потенциала, и реакция проходит при низких температурах и высокой влажности водорода.

Выводы

Анализ полученных результатов показывает, что при повышенной температуре наблюдается некоторое уменьшение удельной поверхности дисперсного порошка, хотя конечное его значение более чем на порядок выше, чем у традиционных порошков.

Определено, что после выгрузки порошка содержание кислорода в нем в течение 10–20 суток достигает уровня 2–2,65 %, после чего не меняется.

Наиболее оптимальным вариантом получения качественного порошка молибдена является его получение восстановлением водорода.

Список использованных источников

1. Каламазов Р.У. Нанокристаллические структуры в материаловедении.–Ташкент:ТашГТУ, 2004.–98 с.
2. Gleiter H. Nanostructured materials: basic concepts and microstructure. //Actamater., 2000. V.48. P.1–29.
3. Патент №IAP 04732. 25.05.2013. Расулов А.Х., Нурмуродов С.Д. и др. Плазмохимический реактор.
4. Асадов И.С. Применение нанопорошков молибдена для изготовления твердых сплавов и лигатур.//Техника и технология. – М, 2008. № 5. С.50–54.

Студент группы 10405517 Адотик А.А.

Научный руководитель Астрейко Л.А.

Белорусский национальный технический университет
Республика Беларусь г. Минск

В настоящее время идет активная разработка транспорта на магнитной подушке. Такой транспорт позволяет не только уменьшать временной интервал движения транспорта, но и увеличить рабочий ресурс самой дороги, снизить уровень шума. Данное явление основано на сверхпроводимости, что в свою очередь достижимо только с использованием специальных материалов отличных от классических проводников.

Классические проводники - это чаще всего чистые металлы т.к. при увеличении примесных элементов их проводимость резко падает. Основными элементами можно считать такие элементы как Cu, Al, Ag, Au, а также сплавы на их основе. Из них изготавливают провода, электросхемы и др. Сверхпроводники в отличие от обычных проводников не пропускают магнитный поток через себя и обладают нулевым сопротивлением (оно очень мало) для электрического тока. Из-за этого возникает магнитной левитации (рисунок 1). Сверхпроводимость – способность материалов не оказывать сопротивления электрическому току при температурах ниже характерной для них критической температуры.

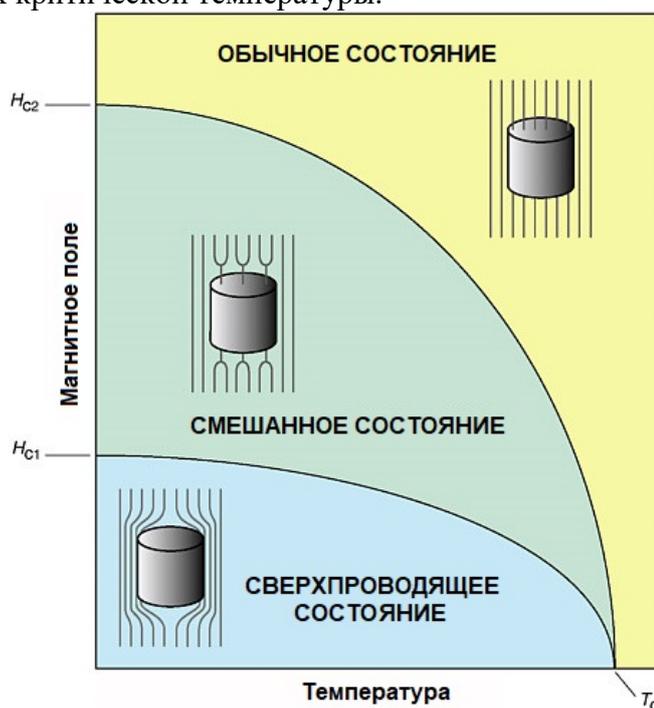


Рисунок 1 - Схема поведения магнитного поля при различных типах магнитной проводимости [1]

Различают низкотемпературные сверхпроводники (НТСП) и высокотемпературные сверхпроводники (ВТСП).

НТСП проявляют сверхпроводящие свойства при температурах < 23 К. Такие материалы обладают высокой пластичностью и их используют в ускорителях частиц. Чаще всего это интерметаллиды таких элементов, как: Nb и Ga. Например: Nb₃Ga данный сплав проявляет сверхпроводящие свойства при $T=20,2$ К. [2]

ВТСП сверхпроводимость возникает при температурах > 77 К. Используются в строительстве поездов на магнитной подушке, т.к. поддерживать их температуру легче чем для НТСП. Минусом данных материалов является хрупкость. В основе ВТСП обычно лежат: Sn,

Sb, Te, Ba. В пример можно привести $\text{Sn}_{12}\text{SbTe}_{11}\text{Ba}_2\text{V}_2\text{Mg}_{24}\text{O}_{50}$. Данный материал проявляет сверхпроводящие свойства при $T=216\text{K}$. [1]

Несмотря на дороговизну используемых материалов, которые на 29,7% дороже, чем материалы, которые используют при строительстве путей обычного типа, они позволяют сэкономить на обслуживании, ремонте, топливе.[3]

На данный момент поезда на магнитной подушке уже работают в Японии, Китае, Германии. Планируется постройка в таких странах как США, Германия, Англия, Россия. Это линии большой протяженности, по путям которых поезд движется на скорости более 600км/ч. В Японии поезд позволяет преодолеть путь от Токио до Осаки за 1 час, это порядка 450км и в планах продление путей. В Китае, активно идёт разработка поездов, где скорость будет превышать 1000км/ч.

Выводы. Сверхпроводниковые материалы представляют собой перспективное направление для развития современного транспорта. Их использование предоставляет ряд преимуществ:

1. Отсутствует пара “рельс-колесо”, что увеличивает срок службы машин.
2. Высокая экологичность и экономическая эффективность: не требуется постоянная замена (ремонт), для обслуживания требуется меньше персонала; оборудование потребляет меньшее количество энергии [4]
3. Бесшумность: отсутствие вибраций исключает наличие высокого уровня шума, появляется возможность вести транспортные линии в густонаселенных районах и природных заповедниках.
4. Скорость. Скорость у поезда обычного типа примерно 90км/ч, что в несколько раз меньше, чем у поезда на МП (поезд на МП развивает скорость до 600 км/ч).

Список использованных источников

1. Сверхпроводящие материалы и их применение [электронный ресурс]: <https://v-nauke.ru/?p=16270> – 09.11.2021
 2. Применение явления сверхпроводимости [электронный ресурс]: https://ido.tsu.ru/schools/physmat/data/res/SPF/uchpos/text/5_6.html – 09.11.2021
 3. Босерман М.А. Наука и техника [электронный ресурс]: <https://naukatehnika.com/levitiruyushij-12-tonnyj-lokomotiv.html> – 09.11.2021
 4. Стоимость эксплуатации линии маглев по маршруту «Восток – Запад» [электронный ресурс]: https://finance.rambler.ru/realty/40729207-stoimost-ekspluatatsii-linii-maglev-po-marshrutu-vostok-zapad-budet-deshevle-traditsionnoy-zh-d-magistrali-pochti-na-87/?utm_content=finance_media&utm_medium=read_more&utm_source=copylink 17.11.2021
1. Е.С. Кухаркин. Инженерная электрофизика. Техническая электродинамика. – М.: Высшая школа, 1982. – 520 с.

Ионно-плазменное азотирование поверхности. Преимущества и недостатки метода

Студент гр.10405529 Кулагин М.Ю.
Научный руководитель Иваницкий Н.И.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Целью данной работы является рассмотрение преимуществ использования ИПА по сравнению с другими видами ХТО.

Основная задача заключается в увеличении срока эксплуатации детали за счёт повышения их качества. Одним из методов реализации данной задачи является использование современных методов упрочнения поверхности.

Стали после азотирования поверхности характеризуются повышенными износо- и коррозионной стойкостью, усталостными характеристиками. Ионное азотирование (ИА) является наиболее технологичным процессом химико-термической обработки.

Ионно-плазменное азотирование (ИПА) – это разновидность химико-термической обработки деталей машин, инструмента, штамповой и литейной оснастки, обеспечивающая диффузионное насыщение поверхностного слоя стали азотом. Суть ионно-плазменного азотирования заключается в том, что деталь обрабатывается в вакуумной камере концентрированным потоком ионов азота. Это обеспечивает формирование на поверхности изделия азотированного слоя, улучшающего поверхностные характеристики изделия (твёрдость, износостойкость). Технологическими факторами, влияющими на эффективность ионного азотирования, являются температура процесса, продолжительность насыщения, давление, состав и расход рабочей газовой смеси.

Для протекания процесса ИА между анодом (корпусом камеры или защитными экранами) и деталями, размещёнными на катоде, поддерживается аномальный тлеющий разряд. Рабочими газами в оборудовании производства ФТИ НАН Беларуси являются азот и аргон (из баллонов) и вырабатываемый электролизером водород.

ИПА позволяет избавиться от таких недостатков газового азотирования, как большая длительность и трудоёмкость процесса, повышенная хрупкость слоя, недостаточная контактная выносливость упрочнённого материала, нестабильность получаемых результатов. Наряду с экологичностью и экономичностью процесса, ИА позволяет получать диффузионные слои заданного состава и структуры, как с нитридной зоной на поверхности, так и без нее. В первом случае обеспечиваются высокая коррозионная стойкость и прирабатываемость трущихся поверхностей (для деталей, работающих на износ), во втором – сопротивление знакопеременным нагрузкам в условиях изнашивания при высоких давлениях (для режущего и штампового инструмента) [1].

В сравнении с цементацией, нитроцементацией, цианированием и газовым азотированием в печах, метод ИПА имеет следующие преимущества:

- Более высокая твёрдость поверхности;
- Высокая чистота поверхности;
- Снижение затрат электроэнергии и газовых сред;
- Экологичность;
- Более низкая температура обработки (до 600°C) из-за чего не происходит структурных превращений;
- Возможность применения после ТО из-за чего будут минимальные коробления.

Имеющиеся проблемы азотирования. Поверхностное упрочнение отверстий и углублений в деталях является достаточно сложной задачей в том числе с использованием потоков энергии электронов, ионов, плазмы, лазерного излучения. Проблема заключается в сложности организации проникновения таких потоков на «затенённые» участки

изделия. Делаются попытки решить задачу поверхностного упрочнения созданием малогабаритных источников (ионных, электроннолучевых, магнетронных) либо использованием оптических и электромагнитных систем отклонения потоков фотонов или частиц с размещением их внутри отверстий [1].

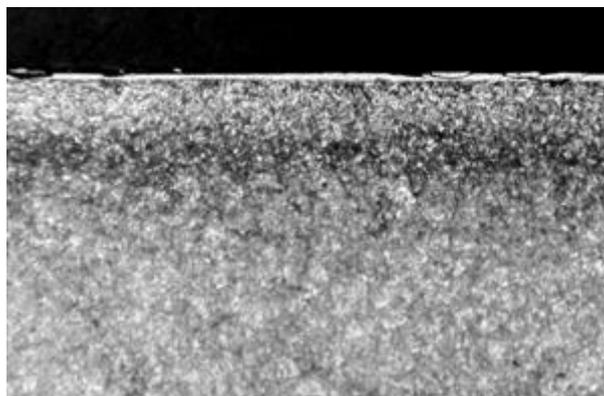


Рисунок 1 - Микроструктура азотированного слоя

При температурах азотирования, в стали могут образовываться следующие фазы: α -фаза – твердый раствор азота в $Fe\alpha$ (азотистый феррит), γ -фаза – твердый раствор азота в $Fe\gamma$ (азотистый аустенит), γ' -фаза – твердый раствор на основе нитрида железа Fe_4N и промежуточная ϵ -фаза – твердый раствор на основе нитрида железа $Fe_{2-3}N$. В общем случае формирование структуры диффузионного слоя азотируемой стали зависит от состава стали, температуры и длительности нагрева, а также скорости охлаждения после азотирования. При азотировании стали при $590^\circ C$ диффузионный слой состоит из трех фаз: ϵ , γ' и α . Микроструктура азотированного слоя стали выглядит примерно так, как показано на рисунке. Благодаря наличию в слое этих фаз твердость углеродистых сталей не превышает $350-500HV$, а легированных составляет $850-1200HV$.

Для определения строения диффузионного строения слоя используется диаграмма Fe-N.

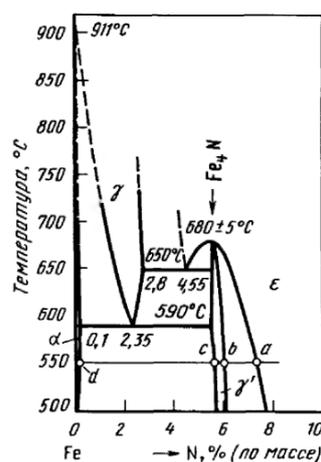


Рис 2 – диаграмма Fe-N

Исходя из всей перечисленной информации можно сделать вывод, что использование метода ИПА позволяет обеспечить высокую сопротивляемость коррозии и высокое сопротивление износу. Позволяет снизить коробления и деформацию детали, что позволяет использовать её как окончательный вид обработки. Процесс обработки изделия сокращается в 3-5 раз (для титановых сплавов в 5-10 раз). Поэтому с уверенностью можно заявить, что из-за всех

достоинств метода ИПА (экологичность, высокая чистота обработки поверхности, экономичность и т.д.) делают его весьма перспективным, но остаётся не решённым вопрос азотирования изделий сложной формы из-за чего сложно применять в массовом производстве.

Список использованных источников

1. Ионное азотирование поверхности отверстий в длинномерных изделиях из сталей / Поболь И.Л. // Вестник Брестского государственного технического университета. №4. 2019 – С. 25-30.
2. Арзамасов Б.Н. Химико-термическая обработка металлов в активизированных газовых средах / Москва: Машиностроение 1979.
3. М.И. Гольдштейн, С.В. Грачев, Ю.Г. Векслер Специальные стали – 2-е издание переработанное и дополненное – Москва 1999г.

Композиционные материалы: история появления и особое влияние на нашу жизнь

Студент гр. 10602121 Подмазова А.А.
Научный руководитель - к.т.н., доцент Гольцова М.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

*Наука-дело очень нелегкое. Наука пригодна лишь для сильных умов.
М. де Монтель*

Композиционный материал – это неоднородный сплошной материал из двух или более компонентов, причем каждый из компонентов сохраняет свои свойства. Макроструктура композиционного материала однородна при неоднородной микроструктуре. Такие материалы имеют новые свойства, определяющиеся каждым из компонентов. Самый простой пример – обычная клееная фанера. Но есть гораздо более интересные технологии и материалы, используемые в авиастроении, автомобилестроении, медицине и других областях.

Человек использует композиционные материалы (КМ) много веков, а представление о них позаимствовано у природы. Появление данных материалов относится к 1500 годам до н.э., когда в Египте и Месопотамии начали использовать смесь глины и соломы для строения укрепленных зданий. При этом солому они использовали также для повышения прочности в керамических изделиях и лодках. Название первому композиционному материалу дали «саман». Также особое применение композиционные материалы получили в создании луков. В 1200 году до н.э. монголы создавали стрелковое оружие из древесины, кости и животного клея. Особый скачок в развитии данных материалов дало открытие пластмасс. В начале XX века разработали винил, полистирол, фенол и полиэстер. Они были в разы лучше тех, что использовались ранее. Однако пластмассы не обладали необходимыми прочными свойствами, поэтому в 1935 году было разработано стекловолокно. Из-за сочетания с пластиковыми полимерами данный материал имел крайне высокую прочность и легкую структуру. Особое внимание композиционным материалом было уделено во время войн. Во Второй мировой войне материалы начали использовать в военном авиастроении, поскольку характеристики композитов выигрывали в весе и прочности. При этом ученые узнали о радиопрозрачности. В обиход вошли «обтекатели», что могли защищать радиомодули от внешних факторов и ветра.

Стоит отметить, что к концу войны небольшая ниша композиционной промышленности была заполнена, и перед учеными встал вопрос о том, как же сделать так чтобы изученные некогда материалы сыграли людям хорошую роль, взяв на себя уровень мирного назначения. Среди множества рассматриваемых вариантов были выделены особым вниманием лодки и их строение. В 1946 году была представлена лодка с композиционным корпусом. И примерно в это же время сделали доску для серфинга из стекловолокна. После было решено, что стоит обратить внимание на машины, что также играли важную роль для людей. И в 1954 году в США в продаже появился первый спорткар, чей корпус был сделан из стекловолокна. Такая машина могла похвастаться движком в 90 лошадиных сил во многом благодаря своему весу, что составлял 997 кг.

В 1970-х материалы стали в разы лучше и сложнее. И, под командованием Стефани Кволек, в лабораториях всемирно известного концерна Дюпон были разработаны арамидные волокна, более известные сегодня как *кевлар*. Сейчас данный материал активно используют в бронежилетах. Он в пять раз прочнее стали. Изначально он был создан для армирования автомобильных шин, также им армируют медные и волокно-оптические кабели. Также кевлар применяется в беспилотном авиастроении. Он служит дополнительной защитой беспилотного летательного аппарата.

Также композиты играют важную роль в авиации и космосе. Замена алюминия и других авиационных материалов композитами значительно уменьшает вес самолета, а это способствует значительной экономии топлива. Поэтому стоит отметить, что композиты активно используются в гражданской авиации. Не стоит забывать, что даже в мирное время особое внимание уделяется оружейному делу. Одна только баллистическая ракета «Тополь-М» состоит на 90% из композитов, включая головную часть и конструкции двигателей. При этом композиты также используются в медицине (рисунок 1). Даже самые обычные пломбы представляют собой композиты. При этом существуют пломбы химического отверждения. Например, стеклоиономерный цемент из порошка и жидкости, в котором порошок — алюмофторсиликатное стекло с фтором, а жидкость — водный раствор полиакриловой кислоты. Композитные волокна используются при производстве ортезов. Ортез — это специальное приспособление, предназначенное для разгрузки, фиксации, активации или коррекции функций сустава или конечности. Здесь имеются кортесы, бандажи, обувь и другие продукты. При этом из композиционных материалов делают и протезы. В случае с образцами для бегунов это просто необходимо, так как подобную гибкость и прочность другие материалы дать неспособны.



Рисунок 1 – Примеры применения медицинских материалов в медицине

Однако, какой бы большой вклад не внесли бы эти материалы в историю и упрощение нашей жизни, стоит отметить некоторые особенности данных композитов. Компонент, непрерывный во всем объеме КМ, называется матрицей, а прерывистый, разъединенный в объеме композиции элемент называется армирующим элементом. Их классифицируют по типу матрицы, виду армирующего элемента, особенностям макростроения и методам получения. Матрица придает изделию из композитов заданную форму и монолитность, обеспечивая передачу и перераспределение нагрузки по объему материала, защищает армирующие элементы от внешних воздействий. Тип матрицы определяет технологические параметры процесса получения композита и его эксплуатационные характеристики. Классификация КМ по виду матрицы и по виду наполнителя дана на рисунках 1 и 2.

КМ бывают полимерные (термопласты, реактопласты, смеси). Такие материалы состоят из полимерной матрицы (связующего материала) и упрочняющего наполнителя в виде волокон, дисперсных частиц или порошков. Армированные стеклянными волокнами полиэфирные материалы впервые были использованы в конструкции самолета, после чего было начато промышленное производство стеклопластиков. Связующими веществами полимерных композиционных материалов являются природные (смолы различного состава, каучук) и искусственные (получаемые переработкой природных материалов или синтезированные) вещества. Композиты с полимерной матрицей по фазовому состоянию компонентов подразделяются на материалы, содержащие компоненты в твердом, жидком и газообразном состояниях.

Металлические (в том числе материалы, получаемые методами порошковой металлургии, и сплавы, состоящие из макронеоднородных фаз). Такие КМ состоят из металлической матрицы (обычно из Al, Mg, Ni, Ti и их сплавов), упрочненной высокопрочными волокнами (волокнистые материалы) или тонкодисперсными тугоплавкими частицами, не растворяющимися в основном металле (дисперсноупрочненные материалы).

Керамические композиты. Перспективным классом КМ являются композиты с матрицей на основе неорганических полимеров (асбест, графит) и керамики, широко распространенных в природе, или которые можно получить с применением достаточно простых технологий. Данные материалы позволяют использовать в качестве наполнителей высокопрочные волокна, сетки, дисперсии, а значит, можно получить композиционные материалы с новым комплексом свойств.



Рисунок 1 - Классификация композиционных материалов по виду матрицы



Рисунок 2 - Классификация композиционных материалов по виду армирующего компонента

В качестве вывода хотелось бы сказать, по какой же причине я выбрала именно данную тему. Удивительно, но мало кто из нас задумывался о том, насколько же часто мы встречаем композиционные материалы в реальной жизни, даже не замечая этого. Они определённо улучшили нашу жизнь, ведь композиты задействованы даже в медицине. Они открыли нам большие возможности не только для упрощения жизни, но и для развития науки. Ведь благодаря композиционным материалам ученые смогли реализовать запросы в более прочных и химически стойких свойствах для различной техники, в том числе для той, которую эксплуатируют люди в повседневном быту. Несомненно, что материаловедение XXI века продолжит разработку новых композиционных материалов.

Список использованных источников

- <https://habr.com/ru/post/362189/>
- <https://extxe.com/14772/kompozicionnye-materialy/>

Студент гр. 10402118 Куканова О.В.
Научный руководитель – Томило В.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Современная физика металлов изучает причины пластичности, прочности и увеличения прочности металлов. Осуществляется интенсивная разработка новых материалов, что в будущем приведет к созданию более прочных материалов, которые во многом превышают значения современных сплавов. Особое внимание уделяется таким механизмам, как закалка стали, старение алюминиевых сплавов и различных возможностей создания комбинированных материалов.

В настоящее время существует два наиболее перспективных пути создания новых комбинированных материалов: комбинированные материалы, усиленные волокнами или диспергированными твердыми частицами. У комбинированных материалов в неорганическую металлическую и органическую полимерную матрицу введены тончайшие высокопрочные волокна из стекла, бериллия, углерода, бора, нитевидных монокристаллов и стали. Такое комбинирование позволяет максимальной прочности сочетаться с высоким модулем упругости и небольшой плотностью. Именно такие материалы будущего являются композиционные материалы.

Композиционный материал – конструкционный материал, содержащий усиливающие его элементы в виде нитей, волокон и хлопьев более прочного материала.

Целью работы является определение эффективности применения композиционных материалов.

Рассмотрены следующие типы композиционных материалов:

- композиционные материалы с металлической матрицей
 - композиционные материалы с неметаллической матрицей
1. Композиционные материалы с металлической матрицей.

Композиционные материалы состоят из металлической матрицы, которая упрочнена волокнами или тонкодисперсными тугоплавкими частицами, которые не растворяются в основном металле. Металлическая матрица связывает волокна в единое целое.

2. Композиционные материалы с неметаллической матрицей.

Полимерные, углеродные и керамические материалы используют в качестве неметаллических матриц. Матрица связывает композицию, придавая ей форму. В качестве упрочнителей используют углеродные, борные, стеклянные органические и металлические волокна, обладающие высокой жесткостью и прочностью.

Изучены свойства композитных материалов.

Свойства композиционных материалов зависят от состава компонентов, их сочетания, количественного соотношения и прочности связи между ними. Армирующие материалы могут быть в виде волокон, жгутов, нитей, лент, многослойных тканей.

Содержание упрочнителя в ориентированных материалах составляет 60-80 об. %, в неориентированных (с дискретными волокнами и нитевидными кристаллами) – 20-30 об. %. Чем выше прочность и модуль упругости волокон, тем выше прочность и жесткость композиционного материала.

Исходя из вышеперечисленного, сделан вывод об эффективности использования композитных материалов.

Области применения композиционных материалов не ограничены. Они применяются в современной технике, в том числе в авиастроении для высоконагруженных деталей самолетов и двигателей, в космической технике, в горной промышленности, в гражданском строительстве и многих других областях народного хозяйства.

Применение композиционных материалов обеспечивает новый качественный скачок в увеличении мощности двигателей, энергетических и транспортных установок, уменьшении массы машин и приборов.

Список использованных источников

1. Vecchio, K.S. Synthetic multifunctional metallic-intermetallic laminate composites / K.S. Vecchio // JOM. – 2005. – Vol. 57 (3). – P. 25-31.
2. Синтез металло-интерметаллидного слоистого композиционного материала системы различными методами / С.А. Залепугин [и др.] // Труды ВИАМ – 2014. – № 11 (47). – С.23-31.

Структура и свойства мартенситно-стареющих сталей

Студент гр.50424021 Шаршнева Д.В
 Научный руководитель Рудницкий Ф.И
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Мартенситно–стареющие стали – это высокопрочные стали с незначительным содержанием углерода. Упрочнение их достигается использованием элементов, заменяющих углерод: никеля, кобальта и молибдена. Эти элементы обуславливают дисперсионное твердение мартенситной железо–никелевой матрицы при старении, отсюда и название сталей.

Это особый класс высокопрочных материалов, превосходящий по конструкционной прочности и технологичности среднеуглеродистые стали.

Их основа – безуглеродистые ($\sigma_B \leq 0,03\% C$) сплавы железа с 8–25% Ni, легированные Co, Mo, Ti, Al, Cr и другими элементами.

Высокая прочность этих сталей достигается совмещением двух механизмов упрочнения: мартенситного $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения и старения мартенсита. Небольшой вклад вносит также легирование твердого раствора.

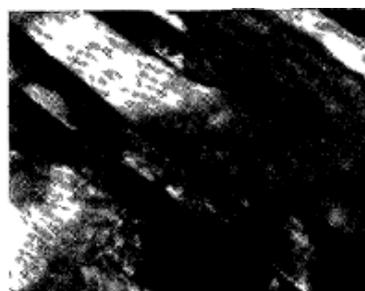
Никель стабилизирует γ – твердый раствор, сильно снижая температуру $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения, которое даже при невысоких скоростях охлаждения протекает по мартенситному механизму.

Мартенситно–стареющие стали закалывают от 800– 860 °С на воздухе. При нагреве легирующие элементы Ti, V, Al, Cu, Mo, обладающие ограниченной и переменной растворимостью в Fe, переходят в раствор и при охлаждении не выделяются. Закалка фиксирует перенасыщенный раствор железоникелевый мартенсит. Благодаря высокому содержанию никеля, кобальта и малой концентрации углерода дислокации в нем обладают высокой подвижностью. Поэтому железоникелевый мартенсит при плотности $\sigma_B = 900 \dots 1000$ МПа имеет высокую пластичность ($\delta = 18 \dots 20\%$, $\psi = 75 \dots 85\%$), вязкость ($K_{СГ} = 2..3$ МДж/м) и малую способность к упрочнению при холодной деформации. Последнее позволяет деформировать закаленные стали с большой степенью обжатия.

Структура мартенситно–стареющих сталей после закалки представляет собой так называемый массивный или речный мартенсит, имеющий высокую плотность дефектов кристаллической решетки, имеет неправильную форму. Наиболее крупные кристаллы имеют среднюю полосу – мидриб, представляет собой сгущение двойников. Основная часть кристалла имеет дислокационную структуру.[1]



а- световой микроскоп x240



б-электронный микроскоп
x16000

Рисунок 1. Структура мартенситно-стареющей стали после закалки

Основное упрочнение достигается при старении (480 – 520°C), когда из мартенсита выделяются мелкодисперсные частицы вторичных фаз (Ni_3Ti , $NiAl$, Fe_2Mo и др), когерентно связанные с матрицей. Наибольшее упрочнение при старении вызывают Ti и Al меньше Cu и

Мо. Для мартенситно–старееющих сталей характерен высокий предел текучести и более высокий. Чем у лучших пружинных сплавов, предел упругости ($\sigma_{0,002} = 1300$ МПа), низкий порог хладноломкости.

Многочисленными исследованиями доказана эффективность применения для мартенситно–старееющих сталей комбинированных схем старения. В том случае, когда при старении выделяется одна упрочняющая фаза или несколько, но имеющих близкий Интервал температур образования, целесообразнее использовать ступенчатое старение по схеме (В + Н), когда последовательно выполняют сначала высокотемпературное старение, а затем при более низкой температуре. В результате увеличения объемной доли выделяющейся фазы, более высокой дисперсности части частиц уровень упрочнения сталей может быть повышен при общем сокращении длительности старения. Для гетерофазных коррозионно-стойких мартенситно-старееющих сталей рекомендуется иная схема ступенчатого старения (Н+В), при которой вначале выполняют низкотемпературное, а затем высокотемпературное старение: на первом этапе старения (480°C) формируются области α -фазы, обогащенные хромом; на втором (500–550 °С) происходит выделение R-фазы. В результате – такой обработки достигается более высокий комплекс свойств, в том числе и более высокая теплостойкость.

Применительно к мартенситно–старееющим сталям опробованы различные варианты динамического старения. В частности, достаривание под напряжением (температура 300°C, напряжение, равное $0,7 \sigma_{0,2}$) после основного старения при пониженной температуре (при 400°C) приводит к релаксации микронапряжений и тем самым устраняет опасность задержанного разрушения, проявляющегося в снижении пластичности сталей при малых скоростях нагружения. Важным следствием динамического достаривания является значительное (в 1,5–2 раза) увеличение предела упругости ($\sigma_{0,002}$) мартенситно-старееющей стали (сталь 04X14K13H4M3TB) и релаксационной стойкости при практически неизменных значениях временного сопротивления и относительного удлинения. Эффективность динамического достаривания существенно возрастает в том случае, если сталь перед основным старением подвергается НТМО. Динамическое достаривание может быть реализовано различными способами, например путем заневоливания винтовых пружин, и использоваться для улучшения эксплуатационных характеристик различных видов упругих элементов.

Для отдельных видов изделий разрабатываются специальные варианты старения. Применяющуюся при изготовлении волокнистых композиционных материалов армирующую проволоку, которая подвергается холодной пластической деформации с предельными обжатиями (96–99%), нагревают при высокотемпературном старении 800 °С в течение 1–1,5 с. Такое скоростное старение позволяет реализовать очень высокий предел прочности (4200 МПа при диаметре проволоки 40 мкм) и избежать охрупчивания ($\delta = 4\%$), которое имеет место при обычном старении такой проволоки. Совмещение старения мартенситно–старееющих сталей с процессом азотирования наряду с объемным упрочнением обеспечивает формирование износостойкого поверхностного слоя. [2]

При прочности $\sigma_b = 2000$ МПа и более стали разрушаются вязко, хотя сопротивлению распространению трещин у них невелико ($K_{СТ} = 0,2$ МДж/м²). Малая чувствительность к надрезаниям, высокое сопротивление хрупкому разрушению обеспечивают высокую конструкционную прочность изделий в широком диапазоне температур от криогенных до 450–500 °С. При содержании Cr около 12% стали являются коррозионностойкими.

Другое важное достоинство этого класса сталей является высокая технологичность.[3]

Они обладают неограниченной прокаливаемостью, хорошо свариваются, до старения легко деформируются и обрабатываются резанием. При термической обработке практически не происходит коробления и исключено обезуглероживание.

Исследованиями установлено, что оптимальное сочетание прочности, пластичности, вязкости имеют сложнелегированные стали, содержащие: 9–18 % Ni, 7-9 % Co, 4–6 % Mo, 0,5–1,0 % Ti. После закалки с 800–850 °С в сталях формируется следующий комплекс механических свойств: $\sigma_b = 1100-1200$ Н/мм², $\sigma_{0,2} = 950-1100$ Н/мм², $\delta_5 = 18-20$ %, $\psi = 70-80$ %. Старение при 480-500 °С повышает прочность до $\sigma_{0,2} = 1800-2000$ Н/мм², $\sigma_{0,2} = 1900-2100$ Н/мм²

при сохранении пластичности ($\delta_5 = 8-12\%$, $\psi = 40-60\%$). Кроме того, мартенситно-старяющие стали с повышенным содержанием никеля (21–23%) обладают эливарными свойствами (ТКЧ = $\pm 10 \times 10^{-6}$ К⁻¹. [4]

Относительно высокая стоимость мартенситно–старяющих сталей ограничивает применение конструкциями, где на первый план выдвигается необходимость обеспечения повышенной удельной прочности, в том числе и при сварке закаленных элементов, при низкой чувствительности к наличию надрезов и трещиноподобных дефектов. Типичные области применения: оболочки летательных аппаратов, корпуса двигателей, сосуды высокого давления, изделия криогенного назначения и др.[5]

Таблица 1. Химический состав и механические свойства мартенситно-старяющих сталей

Марка стали	Содержание элементов, %								Механические свойства		
	Ni	Co	Mo	Cr	Ti	Al	C	прочие	σ_b , МПа	Ψ , %	KCU, МДж/м ^{3/2}
H18K9M5T	18	9	5	-	0,7	0,15	0,02	-	2100	50	0,3
03X11H9M2T	9,7	-	2	10,8	0,7	-	0,03	-	1600	60	0,7
H12X5M3	11,7	-	2,5	4	0,15	0,10	0,03	-	1200	68	0,9
08X15H5Д2Т	5	-	-	14,5	0,10	-	0,08	2Cu	1300	58	1,4
30H8KХМФ	8	5	1	1	-	-	0,32	0,IV	1600	55	0,8

Список использованных источников

1. [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <http://surl.li/akmal>.
2. [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <http://surl.li/akmap>.
3. [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <http://surl.li/akmba>.
4. [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <http://surl.li/akmat>.
5. [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <http://surl.li/akmeq>.

Студент группы 10401119 Шматова А.А.

Научный руководитель – Пацеко Е.К.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Получение новых методов упрочняющей обработки металлообрабатывающих инструментов приобретает все большую актуальность. Согласно данным различных классификаций и обзоров в области упрочняющей обработки инструментов и изделий, существуют многочисленные методы повышения их работоспособности, что достигается либо путем нанесения защитных покрытий, либо путем изменения химического состава, дислокационной и фазовой структуры, напряженного и энергетического состояния поверхностного слоя, микрогеометрии (шероховатости) поверхности, либо путем изменения структурно-фазового состояния во всем объеме изделий. В настоящей работе проведена систематизация методов упрочняющей обработки стальных, твердосплавных и алмазных инструментов, условно разделенных на группы в зависимости от видов внешних воздействий на инструментальный материал. Рассмотрим эти методы.

Механические методы, предназначенные для формирования полезных напряжений сжатия в поверхностной зоне изделия, включают следующие методы: «холодной» поверхностной пластической деформации. Механические методы применяют для уменьшения адгезионного взаимодействия изделия в зоне трения путем улучшения качества поверхности виброполированием, алмазным выглаживанием и механическим нанесением на поверхность изделия пластичных цветных сплавов и твердых слоистых материалов методом финишной антифрикционной безабразивной обработки (ФАБО); нанесением на поверхность твердых смазок на основе сульфидов, графита и других антифрикционных соединений с микро- и нанокристаллической структурой. Основным недостатком механических методов является ограниченное применение такой обработки для металлообрабатывающих инструментов.

Физические методы включают: способы акустического, ультразвукового и магнитного воздействия с участием химически активной среды (ПАВ) и без нее, способ упрочнения энергией взрыва и импульсным током, электроэрозионное упрочнение и радиоактивное облучение. С их помощью можно увеличить плотность дефектов структуры и повысить уровень напряжений сжатия в поверхностной зоне, а в некоторых случаях и в объеме изделия. Для повышения антифрикционных и антикоррозионных свойств изделий используют «холодный» метод электромагнитного плакирования покрытия из нержавеющей и цветных сплавов за счет ударного электромагнитного соударения плакирующего слоя с подложкой. Физические методы пока носят опытно-исследовательский характер применения для инструментов.

Химические методы обработки отличаются разнообразием, к ним относят: химическое (в водных средах) оксидирование, фосфатирование, никелирование, кобальтирование и др., а также осаждение композиционных химических покрытий (КХП) на базе никеля с дисперсными износостойкими и антифрикционными частицами графита, дисульфида молибдена, оксида циркония, алмаза и тугоплавких соединений; химическую обработку в жидких органических составах из полимерсодержащих поверхностно-активных веществ. Химические методы отличаются простотой и высокой производительностью. Однако их эффективность в повышении работоспособности большинства инструментов невысокая.

Физико(электро)-химические методы объединяют такие способы поверхностной обработки, как электрохимическое тонирование и электролитическое осаждение из водных растворов или суспензий металлических покрытий (Cr, Ni, др.), а также композиционных электрохимических покрытий (КЭП) с микро- и ультрадисперсными частицами оксидов. Физико-химические методы эффективны для ограниченного числа инструментов, а при длительной

обработке этими методами проявляется «краевой» эффект ускоренного нарастания покрытий на углах.

Термо(электро)физические методы, предназначенные для поверхностной обработки изделий, включают следующие способы: электрофоретическое осаждение порошковых композиционных покрытий с металлической или полимерной матрицей, армированной дисперсными частицами карбидов хрома, вольфрама и др. с последующим припеканием покрытия к подложке при температурах 1160–1300 °С. Термофизические методы эффективно повышают эксплуатационную стойкость различных инструментов, однако эти методы малопроизводительны и требуют применения дорогостоящего, в том числе вакуумного оборудования.

Термохимические методы условно можно разделить на две группы способов поверхностного упрочнения инструментов, которые отличаются порядком проведения термического и химического воздействия. *Первая группа методов*, проводимых при совместном термическом и химическом воздействии на изделие включает: химико-термическую обработку (ХТО) для диффузионного оксидирования, фосфатирования, сульфидирования, азотирования, хромирования, и т.д. Нанесение покрытий путем пиролитического разложения летучих металлоорганических веществ (карбонилы, др.) или восстановления галогенидов металлов водородом; нанесение износостойких покрытий наплавкой низкотемпературного припоя, а также высокотемпературной наплавкой специального наплавочного материала на основе легирующих сплавов с высокотвердыми включениями карбидов при нагреве ТВЧ, упрочнение инструмента, когда в процессе резания рабочая кромка смачивается специальными жидкими составами на основе углерода, азота, серы и других элементов или смазочно-охлаждающей технологической средой (СОТС), в результате чего во время ужесточения режимов резания происходит диффузионное насыщение поверхности резца указанными элементами эмульсии.

Вторая группа методов, проводимых при раздельном химическом и термическом воздействии на изделие включает: осаждение большинства химических покрытий (Fe-P, Ni, Ni-P, Co-P, Ni-B, Co-B, др.), а также композиционных химических покрытий с добавкой сверхтвердых дисперсных частиц и последующую термообработку при 200–500 °С, предназначенную для достижения различных задач: снятия внутренних напряжений и усиления прочности сцепления покрытий, повышения их твердости и других свойств. Получение покрытий горячим окунанием изделия в расплавы эвтектических сплавов на базе Zr-Ni, Zr-Ni-Y, Co-Cr-Y с добавкой ZrO₂ и последующим отжигом при 1030–1100 °С.

В целом термохимические методы обработки технологически наиболее привлекательны. Они являются самыми распространенными среди методов поверхностного упрочнения благодаря простоте, большой производительности и использованию стандартного оборудования. Из высокотемпературных термохимических методов обработки следует выделить способ ХТО для получения сверхтвердых комплексных карбидных покрытий, чтобы повысить сопротивление абразивному, окислительному и диффузионному изнашиванию инструментов из сталей и твердых сплавов. А среди низкотемпературных термохимических методов обработки лучше всего показал себя способ ТГХО для создания твердосмазочных покрытий, которые увеличивают сопротивление адгезионному и адгезионно-усталостному изнашиванию стальных, твердосплавных и алмазных инструментов.

Термомеханические методы обработки оказывают упрочняющее воздействие на поверхностную зону или весь объем изделий. *Первая группа* поверхностных методов упрочнения включает: механическое (прокаткой, экструзией) и взрывное высокотемпературное плакирование хромоникелевых, алюминиевых и других сплавов; нанесение металлических и металлокерамических покрытий горячим изостатическим прессованием при высоких давлениях от 10 до 830 МПа и температурах до 1100–1800 °С, а также электромагнитной обработкой высоконагретых изделий; многослойное механическое нанесение на инструмент твердой смазки в виде раствора, содержащего ПАВ. *Вторая группа* объемных методов упрочнения включает: патентирование, высокотемпературную термомеханическую обработку (ВТМО) и низкотемпературную термомеханическую обработку (НТМО) заготовок из сталей и сплавов, получение

инструментов или их заготовок методом порошковой металлургии путем высокотемпературного изостатического прессования порошков инструментальных сталей, твердых сплавов и сверхтвердых материалов. Недостатком термомеханических методов обработки является применение дорогостоящего оборудования. Причем процессы поверхностного термомеханического упрочнения инструментов в основном малопроизводительны, а сами покрытия не всегда имеют качественную поверхность и требуют доводки. Процессы объемного термомеханического упрочнения получили распространение в порошковой металлургии для изготовления высокопрочных инструментов, поверхность которых пока еще имеет недостаточную твердость и износостойкость.

Термические методы, предназначенные для объемного упрочнения стальных инструментов, включают: упрочняющие способы термической обработки путем проведения струйной, ступенчатой, изотермической, прерывистой закалки или при непрерывном охлаждении в одной среде с последующим отпуском, а также закалки с самоотпуском. Все термические методы объемного упрочнения высокопроизводительны, просты и осуществляют на традиционном оборудовании. Причем наиболее эффективной является технология упрочняющей термоциклической обработки, формирующей мелкоизмельченную структуру во всем объеме упрочненной инструментальной стали, что обеспечивает инструментам целый комплекс высоких эксплуатационных (износостойких, прочностных, пластичных) свойств.

Таким образом, на основании проведенных исследований методов упрочняющей обработки, можно прийти к заключению, что среди большого числа известных технологий упрочняющей обработки наиболее простыми, производительными и эффективными являются термомеханические методы поверхностного упрочнения и термоциклические методы объемного упрочнения металлообрабатывающих инструментов. Из них технологически более привлекательны следующие методы:

1) высокотемпературная термомеханическая обработка для получения сверхтвердых карбидных покрытий, чтобы повысить сопротивление абразивному и диффузионному изнашиванию инструментов из сталей и твердых сплавов;

2) низкотемпературная термогидрохимическая обработка для получения твердосмазочных покрытий, чтобы повысить сопротивление адгезионному и адгезионно-усталостному изнашиванию стальных, твердосплавных и алмазных инструментов;

3) упрочняющая термоциклическая обработка, чтобы улучшить износостойкие, прочностные и пластичные свойства во всем объеме стальных инструментов.

Использование на практике указанных технологий упрочняющей обработки позволит решить важнейшую проблему повышения работоспособности металлообрабатывающих инструментов, износостойкости, и их более долгого срока службы.

Моделирование процессов удара в лабораторных условиях

Студенты группы 10405517 Белов А.Р, Мышкевич П.С, Чернявская Е.С.

Научный руководитель – Пацеко Е.К.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Лабораторные испытания материалов могут включать как разрушающие испытания, так и неразрушающие. При разрушающем испытании компоненты или образец либо ломаются, либо остаются непригодными для дальнейшего использования. В данной работе мы более подробно рассмотрим испытание на удар и энергию, затрачиваемую на удар.

Энергия удара – это величина работы, проделанной для разрушения испытуемого образца. Когда ударник копра ударяет по образцу, образец будет поглощать энергию до тех пор, пока не уступит. В этот момент образец начнет подвергаться пластической деформации в выемке. Когда образец больше не может поглощать энергию, происходит разрушение. Энергию, затраченную на разрушение образца, определяют как разность запасов энергии маятника до и после удара, то есть:

$$A = mg (H - H_1) = P \cdot \ell \cdot (\cos \beta - \cos \alpha),$$

где A – энергия, затраченная на разрушение образца, Дж; m – масса маятника, кг; g – ускорение свободного падения, m/s^2 ; H – высота центра тяжести маятника относительно точки встречи бойка с образцом до удара, м; H_1 – высота центра тяжести маятника относительно точки встречи ножа с образцом после удара, м; ℓ – расстояние от оси качания маятника до центра тяжести, м; α – угол зарядки маятника, °; β – угол подъема маятника после разрушения образца, °.

В лабораторных условиях Белорусского национального технического университета предварительные испытания были проведены на маятниковом копре модели МК-30А. Нашей целью было при различных показателях затраченной работы оставить в экспериментальных образцах несколько вмятин в виде канавок не разрушив их. Схема испытаний показана на рисунке 1.

В качестве модельных объектов ударных испытаний были взяты: деревянный брусок с прямоугольным сечением $54,5 \times 34,5$ мм и длиной 250 мм (для испытаний от 6 до 14 кгм), 220 мм (для испытаний от 16,6 до 21,6 кгм); композитный брусок прямоугольным сечением $59,6 \times 35,0$ мм и длиной 240 мм. Образцы укладывались на стойки маятникового копра, после чего нож маятника, наносил удар с различными показателями энергии разрушения. Значения, полученные при ударе маятника по бруску из композита, представлены в таблице 1.

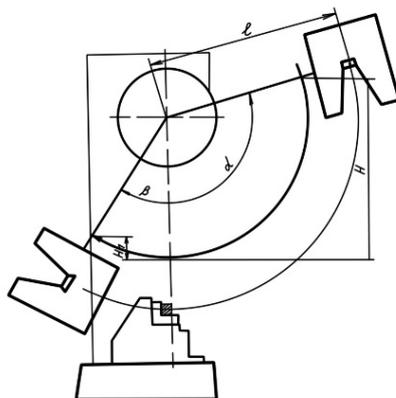


Рисунок 1 – Схема испытаний на маятниковом копре

После проведения серии ударов по композитному бруску, мы получили показатели, представленные в таблице 1. На рисунке 2 представлены канавки, оставленные ножом маятника на композитном бруске.

Таблица 1 – Результаты испытания ударного воздействия маятника на композитный образец

Работа (кгм)	14	12	9,8	7
Глубина канавки после удара (мм)	4,8	4	3,4	2

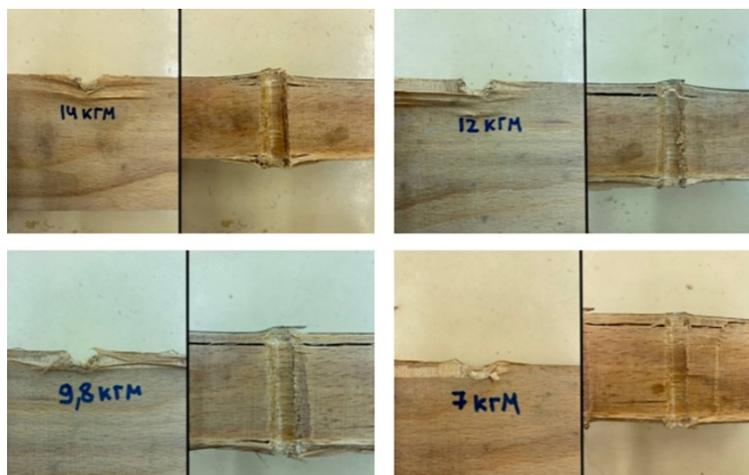


Рисунок 2 – Канавки, оставленные ножом на композитном бруске (вид сверху и сбоку)

Результаты испытаний, полученные на обыкновенных деревянных брусках, представлены в виде таблицы 2, и на рисунке 3 показаны следы, оставленные ножом.

Таблица 2 – Результаты испытания ударного воздействия маятника на образец

Работа (кгм)	6	8,2	9,2	11,6	14	16,6	19	21,6
Глубина канавки после удара (мм)	2,8	4,1	5,4	6,7	6,6	6,6	10,6	10,9



Рисунок 3 – Следы ударов ножа маятника по обычному деревянному бруску

Поскольку в наших опытах разрушения образцов не предусматривалось, ограничимся определением действующих напряжений в момент испытания по формуле:

$$\sigma = \frac{A}{bl},$$

где A – работа, затраченная на деформацию образца, Дж;

b, l – размеры поперечного сечения образца, см.

При необходимости действующее напряжение пересчитывают на влажность образца 12 %. Результаты расчетов представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты расчетов действующих напряжений при ударе

Глубина канавки после удара, мм	Работа, кгм	Работа, Дж	Действующее напряжение, Дж/см ²
Композитный брусек			
2	7	68,67	3,29
3,4	9,8	96,14	4,61
4	12	117,72	5,64
4,8	14	137,34	6,58
Обыкновенный брусек			
2,8	6	58,86	3,13
4,1	8,2	80,44	4,28
5,4	9,2	90,25	4,80
6,7	11,6	113,80	6,05
6,6	14	137,34	7,30
6,6	16,6	162,85	8,66
10,6	19	186,39	9,91
10,9	21,9	214,84	11,43

На рисунке 4 представлен график зависимости глубины канавки на бруске после удара от действующего на него напряжения.

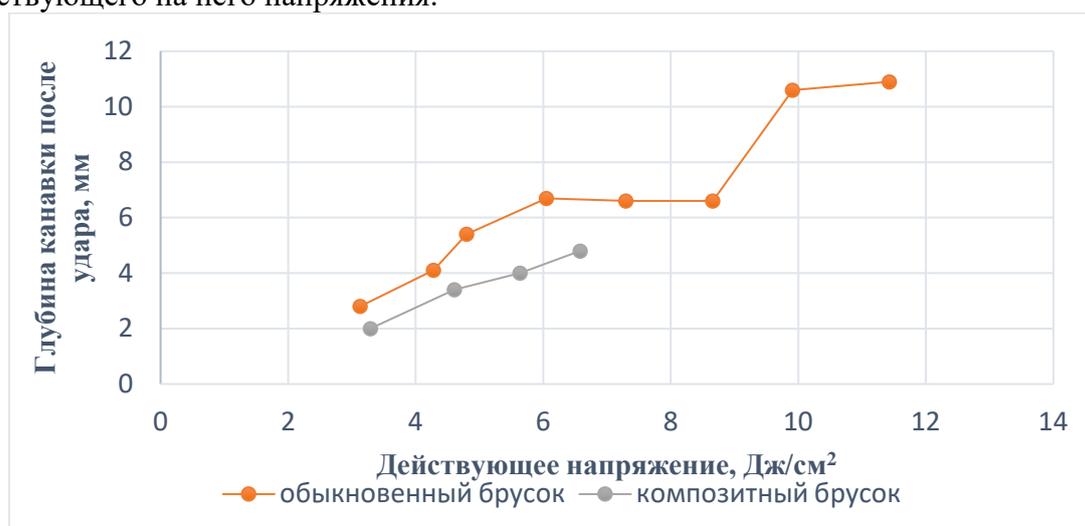


Рисунок 4 – График зависимости глубины канавки после удара в зависимости от действующего напряжения при ударе

Так при одинаковом действующем напряжении, глубина канавки после удара на обыкновенных брусках больше, чем на композитных. Сопротивление брусков ударным нагрузкам зависит и от момента сопротивления, и от жесткости бруска. Чем больше податливость, деформируемость бруска, тем большую живую силу удара она может принять при одних и тех же допускаемых напряжениях.

Список использованных источников

1. Копер маятниковый МК-30А. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. г. Армавир, 1956. – 24с.
2. Золоторевский, В.С. Механические свойства металлов: Учебник для вузов / В.С. Золоторевский - М.: Металлургия, 1983. - 352 с.

Исследование сверхпластичности сплавов титана в зависимости от состава, структуры и режимов обработки

Студент группы 10405517 Чернявская Е.Г.
Научный руководитель – к.т.н. Астрейко Л.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Титан — уникальный по своим свойствам металл. Основным потребителем титановой продукции является авиационная промышленность. Например, титановый корпус самолета при полете достигает скорости, которая намного больше, чем скорость звука. При этом нагревается до температуры свыше 300 °С и не плавится. Титан практически незаменим в ракетостроении и космической технике. [1-3].

Многие титановые сплавы «природно сверхпластичны», т.е. после серийной обработки в обычном состоянии листы из этих сплавов пригодны для сверхпластической деформации (СПДВ).

Сверхпластичность - это способность материалов при растяжении в определенных температурно-скоростных условиях воспринимать весьма значительные деформации, превышающие их значения при обычных условиях испытания в несколько раз. Одна из первых отраслей применения сверхпластичности-объемная штамповка: технология обработки материала в состоянии сверхпластичности применяется при изготовлении штампованных силовых узлов, облицовок автомобилей. Технология пневмотермической штамповки удешевляет производство деталей из сплавов титана. [4]

Сплавы титана имеют более низкий модуль упругости по сравнению со сталями. Кристаллическая структура α -фазы имеет анизотропность свойств. Двухфазные сплавы характеризуются микрозернистой сверхпластичностью. Оптимальное значение сверхпластичности обеспечивается при содержании β -фазы до 50 %. Для сохранения эффекта сверхпластичности необходимо контролировать получение ультра мелкозернистой (УМЗ) микроструктуры. Этого можно достичь введением легирующих элементов с высоким коэффициентом диффузии в титане, это обеспечит снижение температурного интервала сверхпластичности. К перспективным добавкам относят кроме основных еще железо и бор, вводимые для снижения температуры проявления сверхпластичности основного исследуемого сплава.

Основными легирующими элементами в титановых сплавах в настоящее время являются алюминий, олово, марганец, хром, молибден, ванадий и некоторые другие. Все они образуют с титаном твердые растворы замещения, вызывая упрочнение сплава. Кроме того, способствуют получению метастабильных структур при термической обработке, и такие структуры сохраняются в условиях длительной выдержки при высоких температурах.[3]

Алюминий, являющийся α -стабилизатором, входит в состав почти всех основных титановых сплавов. Алюминий обеспечивает высокую длительную прочность титановых сплавов. Сплавы титана с алюминием упрочняющей термической обработке не поддаются.

Молибден и ванадий неограниченно растворимы в титане и являются стабилизаторами твердого раствора. Они улучшают комплекс механических свойств титановых сплавов, особенно жаропрочных, повышая их термическую стабильность. Титановые сплавы, содержащие хром, марганец и железо, подвержены эвтектоидному охрупчиванию, состоящему в выделении интерметаллидов при повышенной температуре эксплуатации, особенно под действием напряжений. Молибден и ванадий подавляют развитие подобных процессов и обеспечивают стабильность свойств во времени.

Хром является элементом, образующим с титаном сплавы, содержащие эвтектоид. Хром образует с титаном непрерывный ряд твердых растворов. Фаза, которая содержит 15%

хрома, при 670°C распадается и образует эвтектоид—смесь твердого раствора и интерметаллида $TiCr_2$. Растворимость хрома в титане очень низка и составляет при температуре эвтектоида 0,5%. [6]

Своеобразным сплавом является соединение титана с железом, так называемый ферротитан, представляющий собой твердый раствор $TiFe_2$ в α -железе. Ферротитан облагораживающе действует на сталь, так как он, активно поглощая кислород, является одним из лучших раскислителей стали. Ферротитан так же активно поглощает из расплавленной стали азот, образуя нитрид титана, другие примеси, способствует равномерному распределению прочих примесей и образованию мелкозернистых структур стали. [8]

Известно, что малые добавки бора к обычным титановым сплавам изменяют их микроструктуру и свойства. Бор полностью растворяется в жидком титане, однако практически нерастворим в твердом ($\leq 0,05$ мас. % при 750 °C). При легировании титана бором (>14 мас. %) выделяется тугоплавкая TiB-фаза, упрочняющая металлическую матрицу. Бор применяется в качестве самостоятельной легирующей добавки (0,1-1,5 %) для повышения упругих свойств многокомпонентных титановых сплавов системы Ti-Al-Sn-V-Cr-Mo. В применяют в качестве рафинирующей добавки для повышения электропроводности алюминия. Бор в количестве до 0,1% используют как рафинирующую добавку при кристаллизации, но его действие эффективнее при совместном введении с титаном, которого должно быть в 5 раз больше бора. Таким образом, бор достаточно широко и успешно применяется для улучшения свойств титановых сплавов. [8]

Микроструктура титановых сплавов при СПД изменяется при нагреве до температуры деформации. Двухфазные сплавы в исходном состоянии имеют мелкозернистую микроструктуру с вытянутыми в направлении прокатки зернами α - и β -фаз и признаки рекристаллизации отмечаются уже при нагреве выше 800 °C. При повышении температуры нагрева (850 -1000°C) и при увеличении времени выдержки наблюдают укрупнение зерен α - и β -фаз, одновременно уменьшается их вытянутость. Наиболее интенсивный рост зерен происходит на начальных стадиях выдержки (30-60мин) и сменяется более медленным ростом размера зерен, зерна становятся более равноосным. Одновременно с рекристаллизацией происходят фазовые превращения направленные на увеличение количества β -фазы. Наиболее сильные изменения фазового состава отмечаются на начальных стадиях выдержки, поэтому температура СПД должна поддерживаться постоянной в объеме деформируемого металла в течение всего процесса штамповки.[5]

В процессе СПД титановых сплавов изменение фазового состава зависит также от скорости деформации. Наиболее значительные изменения фазового состава наблюдаются при малых и оптимальных для СПД скоростях деформации. Оптимальной является та скорость деформации, при которой успевает пройти рекристаллизация обработки, но так, чтобы в условиях повышенной температуры не происходил активный рост зерен вследствие собирательной рекристаллизации. Поэтому скоростной интервал СПД находится между скоростями высокотемпературной ползучести и традиционных процессов ОМД. [5]

Таким образом, микроструктура и фазовый состав двухфазных титановых сплавов претерпевает существенные изменения при нагреве в верхней части ($\alpha+\beta$)-области в результате развития рекристаллизации и фазовых превращений. Достижению наибольшей пластичности этих сплавов способствует формирование (в процессе нагрева) двухфазной ультрамелкозернистой (УМЗ) микроструктуры (рисунок 1).

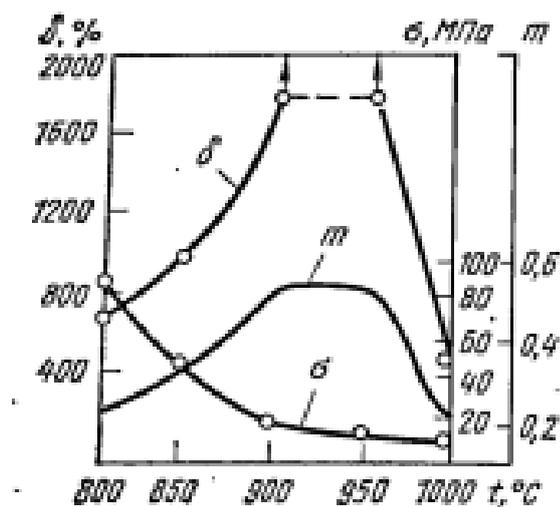


Рисунок 1-Зависимость напряжения течения σ , относительного удлинения δ и коэффициента m от температуры деформации сплава ВТ6 [7]

При оптимальной температуре СП сплава ВТ6 (900°C) и $\epsilon=3.1 \cdot 10^{-3} \text{ c}^{-1}$ относительное удлинение =1000%, а $m=0,54$. Максимальные значения удлинения получают при температурах, отвечающих $\alpha+\beta$ области.

Выводы:

1. Оптимальным составом сплавов титана для обеспечения сверхпластичности являются составы, легированные Fe и В в количестве 15%.
2. Оптимальная микроструктура должна содержать 50% β -фазы.
3. Температура СПД 900°C и скорость, при которой успевает пройти рекристаллизация, обеспечивают получение УМЗ микроструктуры.

Список использованных источников

1. Титановые сплавы: нюансы термической обработки. — URL: <https://1nerudnyi.ru/titanovye-splavy-01/>
2. Титан — металл. Свойства титана. Применение титана. Марки и химический состав титана. — URL: <https://ometalledo.ru/gde-ispolzuetsya-titan.html>
3. Титановые сплавы. / Глухова А. — URL: <https://stankiexpert.ru/spravochnik/materialovedenie/titanovye-splavy.html>
4. Сверхпластичность сплавов и его применение в промышленности. / Казачёк А.А. — «Белорусский национальный технический университет, Минск. — URL: https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/39781/Sverhplastichnost_splavov_i_ego_primenenie_v_promyshlennosti.pdf?sequence=1&isAllowed=y
5. Моделирование технологических процессов сверхпластической формовки оболочек из двухфазных титановых сплавов. / Зунг Н. — Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Москва, 2014 г. — URL: https://misis.ru/files/2666/Disser_Zung.pdf
6. Влияние на титан важнейших примесей и легирующих добавок. — URL: <http://pereosnastka.ru/articles/vliyanie-na-titan-vazhneishikh-primesei-i-legiruyushchikh-dobavok>
7. Кайбышев О.А. Сверхпластичность промышленных сплавов — М.: Металлургия, 1984г.—264с.
8. Сплавы титана. / Зубков Л.Б. — URL: <http://metallurgu.ru/books/item/f00/s00/z0000004/st010.shtml>

Перспективные материалы для создания теплонагруженных деталей двигателей

Студенты Бердникович П.А., Бельский А. А.
Научный руководитель – Пацеко Е. К.
Белорусский национальный технический университет
г.Минск

Создатели техники всегда стремились, чтобы новые изделия по эффективности и качеству превосходили известные.

Развитие многих областей современной техники связано с применением высокопрочных материалов. Перед наукой стоит проблема сделать высокопрочные материалы столь же надежными и недорогими, как рядовые металлы.

Производство и потребление сверхтвердых материалов, к которым относят многие твердые сплавы, карбиды, бориды, технические алмазы и другие, в значительной мере характеризуют промышленный потенциал этой отрасли. Однако эти материалы настолько хрупки и тверды, что не поддаются обработке традиционными методами.

Из-за перехода авиации на реактивные двигатели появилась дополнительная мотивация создания материалов, выдерживающих механические нагрузки при высоких температурах. Резервы высокотемпературной прочности сплавов на основе никеля, железа, алюминия и других металлов ограничены и фактически исчерпаны. Это связано с тем, что температура эксплуатации многих деталей двигателей достигла 1200 °С и приблизилась к температурам плавления сплавов. Так, верхний предел рабочих температур рядовых сталей не превышает 770 °С, сплавов никеля и кобальта – 1100 °С и т. д. До недавнего времени низкие значения высокотемпературной прочности сталей были барьером для дальнейшего развития двигателестроения, поскольку эксплуатационные характеристики двигателей прямо зависят от температуры газов в турбине.

Космонавтика, ракетная техника, авиастроение, ядерная энергетика, химическое машиностроение, автотранспорт, судостроение, электроника и многие другие отрасли промышленности ползали развитие в основном благодаря использованию различных углеродных материалов. Эти материалы обладают высокой прочностью, жаростойкостью, жаропрочностью, термостойкостью (хорошим сопротивлением распространению трещин), регулируемые в широких пределах показателями плотности, тепло- и электропроводностью, специальными оптическими и магнитными характеристиками и так далее. Однако эпоха научно-технической революции предъявляет не только исключительно высокие, но и быстро растущие требования к материалам для новой техники, характеризуется невиданными ранее темпами создания всё новых и новых прогрессивных материалов с самыми разнообразными свойствами.

Новые углеродные материалы с комплексом необходимых характеристик можно получить в большинстве случаев лишь на основе композиций (композиционные материалы – КМ), в которых собраны воедино лучшие качества различных его составляющих (наполнителя и связующего).

В широком смысле «композиционный материал» включает в себя любой материал с гетерогенной структурой. Наука о композиционных материалах зародилась совсем недавно. Первым примером научного подхода к созданию искусственных КМ можно считать появление железобетона и стеклопластиков.

За счет выбора композитов, их количественного соотношения, размеров, формы ориентации и прочности соединения друг с другом физико-механические свойства КМ можно регулировать в самых широких пределах. К наиболее перспективным современным материалам, используемым в качестве наполнителя в КМ относятся углеродные волокнистые материалы, которые в научной литературе уже на ранних этапах их разработки называли материалами будущего. [1]

Применение современных углеродсодержащих КМ в различных отраслях техники позволило резко снизить массу самолётов, ракет, автомобилей, судов, повысить их дальность действия, увеличить мощность двигателей, создать новые конструкции, работоспособность которых значительно возросла.

В настоящее время проблема дальнейшего развития двигателей решена путем переработки металлов в гранулы методом высокоскоростной кристаллизации и последующего прессования гранул в изделия. Высокоскоростная кристаллизация происходит в результате быстрого охлаждения расплава, приводящего к образованию микрокристаллов исключительно малых размеров или даже аморфных материалов. При высоких температурах прочность мелкокристаллических и аморфных сплавов в 1,5 раза выше, чем сплавов, полученных по традиционной технологии.

Стремление повышения комплекса механических свойств и рабочих температур сплавов привело к созданию новой технологии изготовления полуфабрикатов из жаропрочных сплавов на никелевой основе – металлургии гранул, сочетающей затвердевание расплава с высокой скоростью охлаждения 10^3 – 10^5 К/с в виде быстрозакаленных микрослитков-гранул и их последующую консолидацию (горячим изостатическим прессованием) с достижением плотной, беспористой структуры изделий.

Металлургия гранул (ПМ ГИП-технология) не только позволяет решить проблему получения жаропрочных сплавов с высоким содержанием легирующих элементов, но и обладает благодаря методам формирования точных заготовок, близких по конфигурации к готовому изделию, большими возможностями по снижению их стоимости и расходов исходных шихтовых материалов.

Металлургия гранул, или металлургия быстрозакаленных порошков, полученных из расплава методами высокоскоростной кристаллизации, имеет значительные преимущества по сравнению с другими методами:

- При кристаллизации металла с высокими скоростями в виде мельчайших частиц может быть предотвращено образование некоторых литейных дефектов, к которым относятся: поры, раковины, грубая дендритная, а также местная и зональная ликвация, выделение крупных частиц интерметаллических соединений. На этой основе разработаны сплавы, которые не могут быть получены методами литья и деформации слитков.

- Дисперсная, совершенная структура гранул обеспечивает возможность получения изделий методом горячего изостатического прессования без традиционной деформации с комплексом свойств не хуже деформированного металла.

- Подвижная, легко уплотняемая масса сферических гранул позволяет получать полуфабрикаты и изделия, которые нельзя изготовить обычными методами литья и деформации; изделия сложной формы, с внутренними полостями, каналами; изделия переменного химического состава с заданным градиентом изменения содержания компонентов, комбинированные изделия, сочетающие литые, деформированные и порошковые элементы.

- Наряду с получением изделий практически с 100 %-ной плотностью возможно изготовление разнообразных пористых изделий.

- Схема получения мельчайших гранул предотвращает образование достаточно крупных включений высокой и низкой плотности, представляющих острейшую проблему технологии получения макрослитка.

- При реализации наиболее оптимальной технологии распыления – непосредственного распыления больших масс расплава – для многих видов изделий и сплавов метод металлургии гранул может оказаться наиболее экономичным.

Применение этой технологии обеспечивает уникальную возможность конструирования материала с учетом геометрии изделия, условий его использования. [2]

Список использованных источников

1. Комарова Т. В. Получение углеродных материалов: учеб. пособие / РХТУ им. Д. И. Менделеева. – М., 2001. – 95 с.

Все о металлургии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://metal-archive.ru/>. Дата доступа: 14.10.2021.

Повышение износостойкости высокохромистого чугуна ИЧХ28Н2 при термической обработке

Студентка группы ИММ-18 Савула Е.А.
Научный руководитель Крымов В.Н.
Донецкий национальный технический университет
Донецкая Народная Республика, г. Донецк

Литые изделия из чугуна ИЧХ28Н2 в большинстве случаев применяются без термической обработки или обработка ограничивается релаксационным отжигом. Вместе с тем, опубликованные в литературе результаты исследования показывают, что закалка чугуна ИЧХ28Н2 может приводить к повышению износостойкости на 20 % и более.

Целью данной работы являлось изучение влияния температуры нагрева под закалку на структуру, твердость и износостойкость чугуна ИЧХ28Н2. Образцы чугуна вырезали из отлитых рабочих колес шламовых насосов типа ШМ-250¹ с толщиной стенки 25 мм. Образцы закаливали на воздухе с температур 800-1100 °С. После закалки во всех случаях следовал низкий отпуск. Часть образцов подвергали низкотемпературному отжигу при 550 °С. Испытания на абразивный износ выполняли по схеме трения о незакрепленный абразив по ГОСТ 23.208-79.

Структура литого чугуна ИЧХ28Н2 представлена первичным аустенитом и аустенито-карбидной эвтектикой (рис.1). Таким образом, при содержании углерода 2,5 % (табл. 1) данный чугун является доэвтектическим, что соответствует диаграмме Fe-C-Cr.

Таблица 1 – Химический состав чугуна, %

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu
2,50	0,80	0,62	0,031	0,036	24,8	2,4	0,20

Матрица имеет аустенито-мартенситную структуру с микротвердостью 5225 Н/мм². Использованными травителями мартенсит не выявляется.

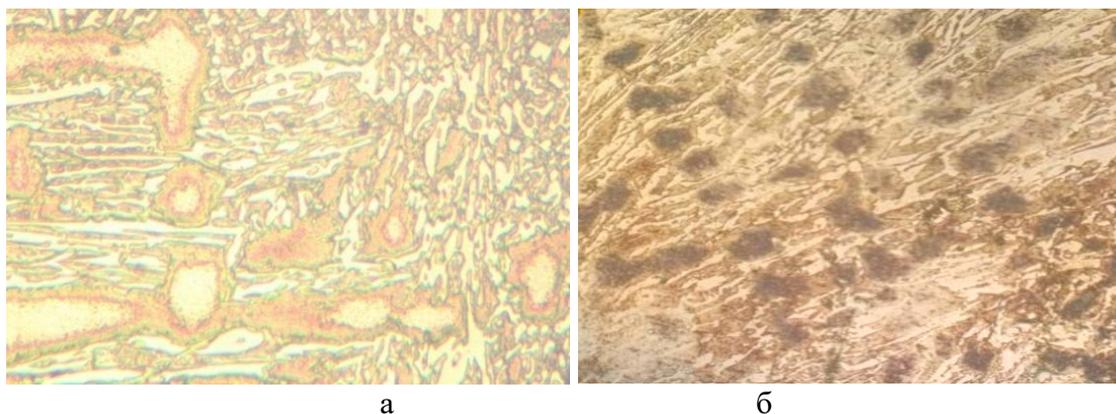


Рисунок 1 – Структура чугуна ИЧХ28Н2 в литом состоянии (а) и после отжига 550 °С (б), х600

Отжиг при 550 °С с охлаждением на воздухе приводит к повышению травимости металлической матрицы (рис. 1 б). Это особенно заметно в участках бывшего первичного аустенита. Вероятно, это связано с явлением вторичной твердости. Аустенит в литом чугуне обладает высокой устойчивостью. При охлаждении после отжига происходит распад аустенита на мартенсит, что приводит к повышению твердости (см. табл. 2).

¹ Работы выполняли совместно с заводом универсального машиностроения ООО «Техносоюз», г. Донецк.

Таблица 2 – Влияние отжига на твердость и микротвердость чугуна ИЧХ28Н2

Режим термообработки	Твердость, HRC	Микротвердость металлической матрицы, Н/мм ²
Литое состояние	48	5225
Отжиг 550 °С	53	6135
Двукратный отжиг 550 °С	54	7990

Это подтверждается повышением микротвердости матрицы после двукратного отжига до 8000 Н/мм².

В структуре образцов, подвергнутых закалке, наблюдаются схожие изменения (рис. 2). Закалку образцов чугуна производили начиная с температуры 800 °С. Эта температура была выбрана как минимальная, при которой в структуре чугуна появляется аустенит в результате превращения $\alpha + K1 \rightarrow \gamma$.

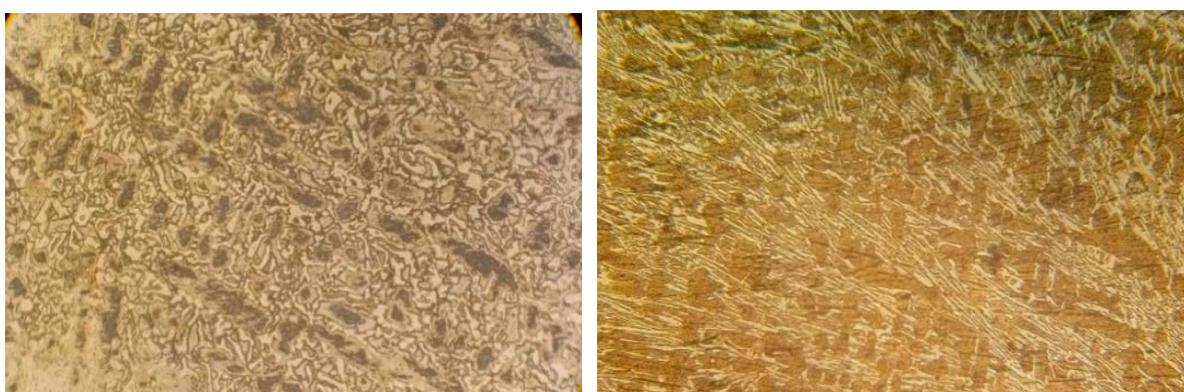


Рисунок 2 – Структура чугуна ИЧХ28Н2 после закалки с 850 (а) и 1050 °С (б), х300

Однако твердость повышается всего на 5 единиц, что даже ниже, чем при двукратном отжиге при 550 °С (см. табл. 2).

Нагрев до 850-900 °С переводит чугун в двухфазную аустенито-карбидную область. То есть, исчезает альфа-фаза. При этом происходит более полное растворение специальных карбидов. Повышение температуры закалки до 850-1080 °С приводит к увеличению твердости на 6-7 единиц (рис. 3). По-видимому, это объясняется снижением устойчивости переохлажденного аустенита после нагрева под закалку, на что указывалось в работах Цыпина И.И.

Твердость возрастает с максимумом при 950 °С. Однозначно указать причину снижения твердости нельзя. Микротвердость матрицы непрерывно возрастает, асимптотически приближаясь к 10000 Н/мм². Очевидно, что повышение микротвердости происходит за счет увеличения доли мартенсита. При этом, повышение температуры нагрева под закалку приводит к растворению карбидов.

Интересно, что при температуре нагрева под закалку 1050 °С наблюдается заметное снижение и твердости чугуна и микротвердости матрицы (рис. 3). По-видимому, это связано с повышением доли остаточного аустенита в матрице.

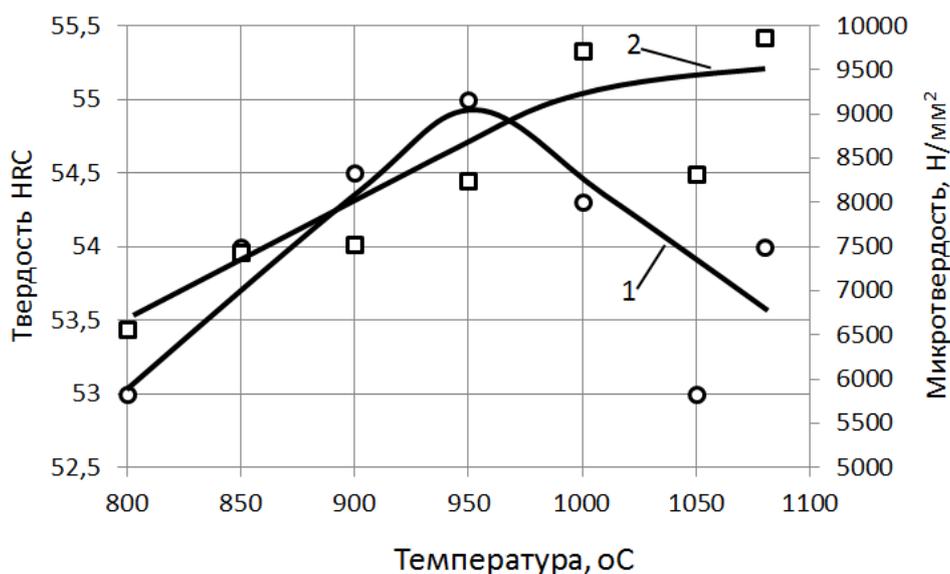


Рисунок 3 – Влияние температуры закалки на твердость (1) и микротвердость матрицы (2) чугуна ИЧХ28Н2

Износостойкость чугуна оценивали по потере массы образца при трении об абразив, который подавали на плоский, вращающийся диск. В качестве абразива использовали гранатовый песок крупностью 80 меш. (примерно, 0,15-0,17 мм). Данный абразивный материал прочнее и тверже, чем кварцевый песок (7,5 и 7 ед. по шкале Мооса соответственно). Кроме того, гранатовый песок характеризуется более высокой абразивностью за счет того, что частицы имеют неправильную форму и острые края. Основным механизмом износа является срезание стружки. Износостойкость оценивали по удельной потере массы, то есть, изменению массы, отнесенному к площади трения образца и пути износа.

Увеличение твердости чугуна при термической обработке приводит к повышению износостойкости на 5-6 % (табл. 3). Этот результат может быть объяснен повышением твердости металлической матрицы.

Таблица 3 – Изменение массы при износе чугуна

Вид обработки	Удельный износ, г/(м²*м)	Относительная потеря массы, %
Литое состояние	1,88	-
Закалка 950 оС	1,78	5
Закалка 1080°С.	1,77	6

Очевидно, что основной вклад в износостойкость высокохромистого чугуна вносит карбидная фаза.

Таким образом, термическая обработка приводит к росту твердости чугуна. После низкотемпературного отжига это происходит в результате проявления вторичной твердости. При проведении закалки твердость возрастает вследствие увеличения количества мартенсита.

**Повышение механических свойств алюминия и его сплавов
методами термической и химико-термической обработки**

Студент гр.10401118 Гладинов А.Д.
mr.gladinov@mail.ru

Научный руководитель Пацеко Е.К.
Белорусский национальный технический университет
г.Минск

С каждым годом производство алюминия и его сплавов возрастает. Увеличение объемов производства связано с расширением сфер применения, ввиду обладания хорошими технологическими и эксплуатационными свойствами, но на данный момент алюминий все же уступает сталям. Нахождение алюминия на втором месте связано с энергозатратностью процесса его получения и уступающими сталям механическими свойствами. Основным недостатком алюминия и его сплавов является низкая твердость. Повышение механических свойств возможно путем термической и химико-термической обработки.

Для упрочнения сплавов алюминия методами термической обработки применяют закалку и старение.

Закалка заключается в нагреве сплавов до температуры, при которой избыточные интерметаллидные фазы полностью или большей частью растворяются в алюминии, выдержке при данной температуре и быстром охлаждении до нормальной температуры для получения пересыщенного твердого раствора. Скорость охлаждения должна быть выше критической для предотвращения распада пересыщенного твердого раствора.

После закалки производится старение. Старение – это операция выдержки, в течение которой происходит распад пересыщенного твердого раствора. Старение бывает естественное и искусственное. Естественное старение протекает при нормальной температуре в течение нескольких суток. Искусственное протекает при повышенной температуре (150-200 °С) в течение 10-24 часов [1].

Для упрочнения поверхностных слоев алюминия и его сплавов методами химико-термической обработки применяют различного рода диффузионное насыщение металлами.

Диффузионное насыщение алюминия связано с необходимостью решения ряда проблем, основными из которых являются низкая температура насыщения и наличие оксидной пленки Al_2O_3 . Температура проведения химико-термической обработки ограничена температурой плавления алюминия (660 °С), из-за чего процесс насыщения осуществляют в интервале температур (450...550 °С). При этих температурах легирующие элементы очень медленно диффундируют из среды к насыщаемому металлу, ввиду низкой их подвижности. Наличие оксидной пленки на поверхности деталей также замедляет диффузию, а для ряда элементов является непреодолимым диффузионным барьером, поэтому возникает необходимость ее разрушения.

Разрушение оксидной пленки проводят химическими или электрохимическими методами. К химическим можно отнести введение в насыщающую среду активирующих веществ, например, галогенидов. Введение в смесь веществ, имеющих большее или равное с алюминием сродство к кислороду (Al, Mg, Ca и их сплавов) также ускоряет депассивацию, а как следствие и диффузионное насыщение. Так, в работе [2] указывается на увеличение скорости формирования диффузионного слоя на 20-50 % вследствие введения алюминия, а также до 2-2,5 раз при введении цинка в насыщающую смесь в количестве до 10 %. К электрохимическим методам можно отнести гальваническое осаждение. Так, при осаждении данным способом меди из водного раствора медного купороса ($CuSO_4$) и серной кислоты (H_2SO_4) слой меди формируется на депассивированной поверхности чистого алюминия.

Одним из перспективных методов повышения механических свойств алюминия является ионная химико-термическая обработка.

Ионная химико-термическая обработка отвечает современным требованиям высокотехнологичных процессов. Причиной ускорения процесса диффузионного насыщения при ионной ХТО является высокое содержание насыщающего элемента по всей поверхности металла и формирование высокого градиента его концентрации.

Процесс ионного азотирования проходит в две стадии:

- очистка поверхности катодным распылением;
- насыщение поверхностного слоя азотом.

На первой стадии происходит распыление оксидных пленок и активация (депассивация) поверхности металла. На второй стадии происходит нагрев металла до температуры насыщения, активация газовой среды и поддержание высокой концентрации азота на поверхности металла. Катодное распыление проводят при напряжении 1000–1400 В и давлении 1–3 Па, температура очищаемой поверхности составляет 200–250 °С.

Насыщение азотом проводят при напряжении 400–1000 В при давлении 100 – 1300 Па. Присутствие кислорода в плазме и в поверхностном слое должно быть на уровне его содержания в исходном металле. Катодное распыление, идущее на протяжении всего процесса насыщения, но с меньшей скоростью, чем на стадии очистки, снижает тормозящий эффект образующихся химических соединений (нитридов). При этом образуются более глубокие диффузионные зоны азота [3].

Присутствующие в плазме атомы аргона снижают скорость образования барьерных оксидных и нитридных слоев на поверхности металла. Кроме того они препятствуют рекомбинации ионов азота в атомы и способствуют их активации. Скорость насыщения металла азотом возрастает при этом в 2–4 раза, соответственно сокращается длительность процесса азотирования.

Так, получение нитридов алюминия (AlN) позволит существенно повысить твердость и износостойкость поверхностных слоев. По данным работы [4] при азотировании технически чистого алюминия установлено увеличение твердости в 4,3 раза, а также увеличение износостойкости в 40 раз по сравнению с исходным образцом. Протекание диффузионного насыщения также связано с проблемой разрушения оксидной пленки на поверхности. Обычно при ионном азотировании сталей вакуум составляет порядка 150-200 Па, что неприемлемо для обработки алюминия, ввиду его пассивации. Для ионной обработки при данных давлениях необходимо проведение предварительной депассивации, с нанесением защитного промежуточного слоя. Защитный слой должен препятствовать дальнейшему образованию пленки Al₂O₃ на поверхности, но не должен препятствовать диффузии упрочняющих элементов при проведении последующей химико-термической обработки.

Заключение

Ввиду роста сфер применения алюминия и его сплавов возрастает и актуальность повышения их физико-механических свойств путем термической и химико-термической обработки. На данный момент перспективным направлением является ионная химико-термическая обработка, как высокотехнологичный и экологически чистый метод.

Список использованных источников

1. Лахтин, Ю. М., Леонтьева В. П. *Материаловедение: Учебник для высших технических учебных заведений.* — М.: Машиностроение, 1990. — 528 с.
2. Ворошнин, Л.Г. Диффузионные покрытия на алюминии и его сплавах / Л.Г. Ворошнин [и др.] // *Металлургия.* – 1981. – № 15. – С. 81-83.
3. Ионная химико-термическая обработка сплавов / Б.Н. Арзамасов и др. М.: Изд. МГТУ им. Баумана. – 1999. – 400 с.
4. Крысина, О.В. Азотирование поверхности технически чистого алюминия в плазме несамостоятельного тлеющего разряда с полым катодом / О.В. Крысина [и др.] / *Материалы 12-й Междунар. конф., Минск, 19—22 сент. 2017 г. / редкол.: В.В. Углов (отв.ред.) [и др.].* — Минск: Изд. центр БГУ, 2017. — С. 250-252.

Радиационная стойкость боридных слоёв

Студенты группы 10405517 Чернявская Е.С., Мышкевич П.С., Белов А.Р.
 Научный руководитель – к.т.н. Дашкевич В.Г.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Актуальным направлением развития современного материаловедения и физики конденсированного состояния является разработка защитных покрытий для различных деталей, узлов и корпусов машин и электроники.

Реальную потребность в наше время представляет создание новых радиационно-стойких материалов для атомной энергетики и космической техники. Химико–термическая обработка поможет синтезировать новые материалы на поверхности изделия, в частности, такую роль может выполнить борирование, как разновидность обработки.

Борирование – это процесс насыщения металлов и сплавов бором. Такую химико–термическую обработку применяют для повышения износостойкости, твердости, а так же повышения коррозионной стойкости железоуглеродистых сталей.

Борированный слой в сталях состоит из двух зон: зоны боридов – химические соединения бора и железа и переходной зоны – твёрдого раствора бора (и других элементов) в железе[1]. Легирующие элементы стали (углерод, хром, молибден, вольфрам, ниобий, титан, ванадий и цирконий) снижают толщину зоны боридов.

Как известно, структурное состояние бора в кристаллических соединениях характеризуются двумя координационными числами (3 и 4) и относительно кислорода. Варьирование концентрации бора в составе оксидов и изменение его координации позволяет в широких пределах управлять их свойствами, что представляет интерес с точки зрения использования бора в качестве перспективного материала в радиационном материаловедении[2].

Благодаря способности изотопа ^{10}B поглощать тепловые нейтроны, бор применяют для изготовления регулирующих стержней ядерных реакторов, служащих для прекращения или замедления реакции деления. Бор в виде газообразного BF_3 используют в счётчиках нейтронов. При взаимодействии ядер ^{10}B с нейтронами образуются заряженные α -частицы, которые легко регистрировать. Число же α -частиц равно числу нейтронов, поступивших в счётчик $^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n} = {}^7_3\text{Li} + {}^4_2\alpha$ [3].

По величине сечения захвата тепловых нейтронов легкий изотоп бора занимает одно из первых мест среди всех элементов и изотопов, а тяжелый – одно из самых последних [3]. Это значит, что материалы на их основе весьма интересны для различных областей ядерной энергетики, в частности, для реакторостроения. Это отмечается необходимыми физико-механическими свойствами бора и многих его соединений: твердостью и термической стойкостью. По твердости, например, кристаллический бор занимает второе место среди всех элементов, уступая лишь углероду в виде алмаза.

Близкими по радиационной стойкости к борированным слоям являются хорошо изученные наноструктурированные покрытия TiCrN , которые описаны в работе [4]. Было установлено, что облучение покрытий $\text{Ti}_x\text{Cr}_{1-x}\text{N}$ в диапазоне составов $0,58 \leq x \leq 0,8$ ионами гелия с энергией 500 кэВ не приводит к структурнофазовым изменениям и разупрочнению до флюенса $2 \cdot 10^{17}$ ион/см², также формирование этих покрытий при $x = 0,68$ является оптимальным и позволяет достигнуть значения микротвердости 27800 МПа. Обнаружено, что облучение в диапазоне флюенсов $5 \cdot 10^{16} - 3 \cdot 10^{17}$ ион/см² не приводит к фазовой сегрегации твёрдого раствора $(\text{Ti}, \text{Cr})\text{N}$. Таким образом, наноструктурированное покрытие $\text{Ti}_x\text{Cr}_{1-x}\text{N}$ при $0,58 \leq x \leq 0,8$ демонстрирует высокую радиационную стойкость, что делает возможным его применение на оболочках ТВЭЛов ядерных реакторов.

Список использованных источников

1. Ворошнин, Л.Г. Теория и технология химико–термической обработки / Л.Г. Ворошнин, О.Л. Менделеева, В.А. Смёткин. – Москва: Новое знание, 2010. – 304 с.
2. Меликова, С.З. Особенности радиотермолюминесценции гамма–облученных боросиликатов / С.З. Меликова, А.А. Гарибов, Н.Н. Гаджиева, А.И. Наджафов // Институт радиационных проблем НАН Азербайджана. – 2013. – Т. 49, № 4. С. 62–67.
3. Палеха, В.А., Гетьман, А.А. Бор. Свойства и применение в ядерной энергетике = Boron. Properties and application in nuclear energy / В.А. Палеха, А.А. Гетьман // Литье и металлургия. – 2017. – №3 (88). – С. 91–94.
4. Комаров, Ф. Ф. Радиационная стойкость наноструктурированных покрытий TiN, TiAlN, TiAlYN / Ф. Ф. Комаров, С. В. Константинов, В. Е. Стрельницкий // Доклады НАН Беларуси. – 2014. – Т. 58, № 6. – С. 22–27.
5. Akkurt I., Adnan C., Akyildirim H., Mavi B. (2008) The effect of boronizing on the radiation shielding properties of steel. Z. Naturforsch A 63: 445–447.

Студент группы 10401119 Шматова А.А.

Научный руководитель – Пацеко Е.К.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Анализ состояния и тенденций развития объектов наноиндустрии в настоящее время позволяет сделать вывод о том, что одной из наиболее перспективных областей нанотехнологий является синтез углеродных наноматериалов (УНМ) – фуллереноподобных структур, представляющих собой новую аллотропную форму углерода в виде замкнутых, каркасных, макромолекулярных систем.

Можно заметить, что с ухудшением экологической ситуации во всем мире особенно остро стоит разработка новых технологий с использованием экологичных природных и искусственных материалов. В настоящей работе рассматривается возможность осаждения на инструменты износостойких покрытий с применением природного угля. Углеродные материалы имеют множество применений в разных областях. Наибольший интерес представляют природные углеродные материалы, благодаря их невысокой стоимости, экологичности, фракционной однородности, коррозионной и антифрикционной стойкости, хорошей тепло- и электропроводности. Хотя синтезированные углеродные материалы оцениваются в высокую стоимость, они обладают следующим рядом свойств: сверхтвердостью, сверхпрочностью и др. Использование углеродных наноматериалов на основе графита, угля, алмаза и др. позволит получать покрытия и материалы многофункционального назначения с более высоким сроком службы. Углеродсодержащие материалы имеют большие перспективы развития и практического применения, благодаря природным особенностям углерода, который способен образовывать химические связи разного типа и полимерные цепочки неограниченной длины, иметь высокую температуру плавления, достигающую 3450-3550 °С, взаимодействовать с большинством металлов Периодической системы элементов (ПСЭ) при температурах выше 1000 °С и другие уникальные свойства.

Поскольку в наноматериалах улучшаются многие важные физико-химические, механические и технологические свойства, интенсивно ведутся исследования в области нанодиспергирования углеродных материалов. В настоящей статье выполнен обзор методов получения наноматериалов на основе природного угля.

Способ механохимической активации

Для получения наноразмерного порошка угля используют измельченный активированный и коксованный уголь чистотой 99,5 %. Уголь измельчают в планетарных шаровых мельницах АГО-2 и РМ-100 в процессе длительного (12-48 часов) механохимической активации. Процесс диспергирования происходит в атмосфере аргона при ускорении 400 м/с² с использованием алундовых шаров диаметром 5 мм. Соотношение массы шаров и массы порошков составляет 100:1. Этот процесс сопровождается необратимым изменением химического состава, физических и технологических свойств активированных и коксованных углей. В результате повышается относительное содержание углерода, снижается содержание кислорода, повышаются такие физические свойства, как удельная теплота сгорания, твердость, плотность, электропроводность. На выходе размеры частиц порошка достигают 10-70 нм. В ходе данного исследования было обнаружено, что в условиях механохимической активации наноразмерных порошков угля может образовываться метастабильная структура наноматериала.

Способ диспергирования угля в термовакуумной сушильной установке

Методика диспергирования природного бурого угля заключается в том, что во время сушки бурого угля в указанной установке из него удаляется влага под действием центробеж-

ной силы во время контакта частичек бурого угля со стенкой нагревательного элемента спиралевидного типа. Во время такого контакта частичка угля получает мощный приток тепловой энергии при пониженном давлении, в результате чего в месте соприкосновения происходит паровой взрыв, приводящий к уменьшению размеров исходного материала. Диспергирование частиц идет также за счёт их трения о стенки нагревательного элемента и соударения друг с другом. Параметры процесса: температура нагревательного элемента – 250 °С, размер исходного материала угля – 6 мкм, влажность – 40 %. После обработки угля его влажность составляет 0,8 %, а минимальный размер частиц – 40 нм.

Большое значение имеет возможность получения на базе природного угля сорбентов и углеродных наноматериалов (саж), состоящих из «луковичных» (глобулярных) и «нитевидных» (трубчатых) структур углерода, потребность в которых все более возрастает, что связано с использованием их в области материаловедения для разработок новых материалов и технологий, а также в связи с проблемой охраны окружающей среды.

MODERN POWDER (SINTERED) HARD ALLOYS

S.B. Xakimov,
Student gr. 81A-18, Materials Science department, Tashkent State Technical University
Z.L. Alimbabaeva,
Senior teacher, Branch of the Russian State University of Oil and Gas named after I.M. Gubkin in
Tashkent
A.Kh. Alikulov,
Doctoral student, Materials Science department, Tashkent State Technical University
G.M. Kamilova,
Assistant, Materials Science department, Tashkent State Technical University

Modern powder (sintered) hard alloys are compositions consisting of hard, refractory compounds (carbides and carbonitrides of titanium, tungsten, tantalum, etc.) in combination with a cementing (binding) component (cobalt, nickel, molybdenum, etc.). Hard alloys used to equip cutting tools can be divided into four groups by composition and application areas: tungsten-cobalt VK (WC-Co), titanium-tungsten TK (WC-Co TiC-Co), titanium tantalum tungsten TTK (WC-TiC-TaC-Co), tungsten-free BVTK (based on TiC, TiCN with various binders).

The application of powder metallurgy methods in the early 1920s in Germany led to the creation of new materials with a unique combination of properties - hard alloys. The attention of researchers was attracted by compounds of some metals with carbon: tungsten, titanium, tantalum, niobium carbides, which have high hardness and melting point.

Tungsten carbide WC has a hexagonal lattice and is much closer in properties to metals than to ceramics: it has good electrical and thermal conductivity, and has a metallic appearance. Other carbides have a cubic crystal lattice.

Tungsten carbide was mixed with a finely divided metal powder from the iron subgroup (iron, nickel or cobalt). The mixture of powders was pressed into a compact mass, which was sintered in hydrogen at a temperature of 1300 °C. As a result, a material was obtained consisting of highly dispersed WC grains bonded or "cemented" by a more viscous metal.

Hard alloys have high hardness at room temperature. With an increase in temperature, the hardness of hard alloys decreases, but still remains significantly higher than that of high-speed steel. Hard alloys are characterized by high values of elastic modulus ($E = 500-700$ GPa) and compressive strength ($\sigma_c = 6$ GPa). At the same time, they have a relatively low bending strength ($\sigma_b = 1-2.5$ GPa) and a lower impact strength than that of high-speed steels.

These physical and mechanical properties provide the carbide tool with a high limit of plastic strength, increased resistance to adhesive fatigue, chemical oxidation, diffusion and abrasive wear. Such properties made it possible to significantly increase the processing performance of steels, cast iron, non-ferrous alloys and hard-to-process materials compared to processing with a high-speed tool. Tungsten-cobalt alloys are most effective mainly in the processing of cast iron, non-ferrous metals, fiberglass, porcelain, hard-to-process materials (corrosion-resistant, high-strength steels, heat-resistant alloys based on nickel and titanium, etc.), i.e. materials that, as a rule, give discrete types of chips (elemental, fracture chips).

With the same cobalt content, the physico-mechanical and cutting properties are largely determined by the grain size of the carbide phase, mainly by the average grain size of tungsten carbide. The developed technological techniques make it possible to obtain hard alloys in which the average grain size of the carbide component can vary from fractions of a micron to 10-15 microns.

Later it was found that the most effective metal for the binding is cobalt. The obtained materials have a unique combination of properties, which led to their separation into the second main group of tool materials - the group of hard alloys.

References

1. Arzamasov, B. N. Materialovedenie: ucheb. dlya studentov vuzov [Materials Science: studies. for university students]/B. N. Arzamasov i dr.– 3-e izd. pererab. i dop. – M. : Izd-vo MVTU im. N. E. Baumana, 2001. – 734 s.
2. Fetisov, G. P. Materialovedenie i tehnologiya metallov: ucheb.[Materials Science and technology of metals: studies] / G.P. Fetisov – M. : Vyssh. shk., 2001. – 638 s.
3. Poroshkovaya metallurgiya: sprav. [Powder metallurgy: reference]; pod red. I. M. Fedorchenko i dr. – Kiev: Naukova Dumka, 1985. – 624 s.

**PHYSICAL AND TECHNOLOGICAL BASIS FOR FORMATION OF COATINGS BY
ELECTRIC CONTACT SINTERING**

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
G.M. Kamilova,
Materials Science department, Tashkent State Technical University
Z.F. Chulliyev,
Materials Science department, Tashkent State Technical University

Sintering following GOST 17359-82 is a technological process for obtaining coatings, which consists in applying a powder-formed part or a layer of powder to the surface of a part and heating them to a temperature that ensures sintering of the powder material and the formation of a strong diffusion bond with the part.

Electrocontact sintering provides for the heating of the metal powder, which is poured between the part and the electrode, due to the thermal energy released by the electric current at the active resistance. The firing process is ensured by the combined action on the powder layer of high temperature (0.9-0.95 of the powder melting temperature) and pressure (up to 100 MPa). In this case, both diffusionless setting phenomena and diffusion processes of sintering and welding in the solid phase take part in the kinetics of the formation of a metal coating.

The heating of a metal powder is determined by the simultaneous processes of heat release (according to Joule Lenz's law) and its propagation (heat transfer). In electrocontact firing, the role of the former is especially important due to the use of short (0.02-0.04 s) current pulses.

The coatings applied by the electrocontact method have a sufficiently high adhesion strength to the base and low porosity, and the presence of powder or oxide films on the surface of the part practically does not affect the adhesion strength, since the films have the highest electrical resistance and are intensely heated by current pulses with subsequent removal from the connection zone.

In comparison with other methods of applying powder coatings, the processes of electric contact hardening have some advantages: high productivity and low energy consumption, minimal heat-affected zone, the ability to obtain the required geometric shape of the part without subsequent mechanical treatment. They provide better sanitary and hygienic working conditions due to the absence of light emission and gas emission and are preferable from an economic point of view.

Electrocontact sintering of metal is one of the processes in which the power and temperature factors of activation play the main role. Intense force action and a high rate of heating of the powder layer during electrocontact sintering make it possible to abandon the use of chemical activators and reduce the time required for the process by approximately two orders of magnitude compared, for example, with the induction method of coating.

Hardware support for the technology of applying hard-alloy composite coatings by the method of electrocontact sintering of powder mixtures.

A significant increase in the performance of many types of products is achieved by applying coatings on their surfaces based on tungsten and titanium compounds. The use of such coatings allows not only to increase the wear resistance of tool products by 1.5 ... 3 times but also to design fundamentally new types of tools and friction units.

In industry, coatings of high wear resistance are obtained mainly by flame and plasma spraying. Induction melting and sintering by electrocontact or electric pulse methods. All of these coating processes are at high temperatures.

Unlike other types and methods of coating, electrocontact sintering directly in the process of work allows you to form a working layer with a thickness of 0.5 ... 1.5 mm. Thus, the resulting coatings are no longer an integral part of the surface of the product, improving its properties, but work as an independent body, perceiving the entire load.

When applying hard coatings, the requirement of their good adhesion to the substrate surface is very important. The dominant factor in this process is the temperature, which in local areas of values of 1500 ° 2000 ° C and to increase in a leap, impulsively with a steep front should reach.

The technology of applying carbide coatings is provided by an installation operating on the principle of electric contact heating by a pulsed alternating current with a variable duty cycle.

References

1. Juravlev B.M. Matusov I.A. Sceptenie pokrytii s metallami // Zashitnye vysokotemperaturnye pokrytiya [Adhesion of coatings to metals // Protective high-temperature coatings]. L.; Nauka. 1972. s.32-36.
2. Meshkov V.V., Myshkin I.K., Sveredenok A.I. O metodike rascheta tehnologicheskikh parametrov processa elektrospekaniya provodyaschih poroshkov // Poroshkovaya metallurgiya [About the method of calculation of technological parameters of the process of electrospsection of conductive powders // Powder metallurgy], 1976. -№11 –s.8-11.
3. Royh I.V. Adgezionnye pokrytiya [Adhesive coatings]. M.: Metallurgiya, 1975.

Порошковые и композиционные материалы, покрытия и сварка

**Влияние добавок оксидов K_2O и Na_2O на свойства
шлака системы $CaO-SiO_2-Al_2O_3$ наплавочных электродов**

Магистрант гр. 82М-20 ММЖр М.М. Абдурахмонов
Научный руководитель проф., д.т.н. Н.С. Дуняшин
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].

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. Шлаковую систему разработанных электродов для износостойкой наплавки составляют 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 $CaO-SiO_2-Al_2O_3$ температура плавления $1300^\circ C$ имеет место при составах $\sim 50\% SiO_2$, $\sim 30\% CaO$ и $\sim 20\% Al_2O_3$. В данной системе образуется несколько химических соединений, в том числе два тройных: $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2$, содержащее 20% CaO , 37% Al_2O_3 и 43% SiO_2 и плавящееся при $1550^\circ C$, а также $2CaO \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2$, содержащее 41% CaO , 37% Al_2O_3 и 22% SiO_2 и плавящееся при $1590^\circ C$. В рассматриваемой системе имеется большая область расплавов с температурой плавления, не превышающей $1600^\circ C$, 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.

Нами исследовалось влияние добавок оксидов K_2O и Na_2O на свойства шлака системы $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$. 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. Оксиды калия и натрия снижают вязкость расплавленного шлака, причем с увеличением количества K_2O вязкость шлака уменьшается больше, чем при таком же количестве Na_2O . Все это объясняется свойствами анионов и катионов, которые образуются при диссоциации этих оксидов.

Кроющая способность шлака $K_{к.с.}$ при наплавке покрытыми электродами определялась величиной произведения частных от деления толщины шлаковой корки на вершине наплавленного валика Δ_1 к толщине шлаковой корки у основания наплавленного валика Δ_2 и площади поверхности наплавленного валика, покрытого шлаком, S_1 к общей площади поверхности валика S_2 , т.е.:

$$K_{к.с.} = \frac{\Delta_1}{\Delta_2} \cdot \frac{S_1}{S_2}$$

С увеличением содержания Na_2O и K_2O кроющая способность шлака возрастает.

Определение отделимости шлаковой корки основано на определении силы удара, приложенной к образцу. Сущность данного способа заключается в том, что на поверхность пластины производится наплавка первого валика. После наплавки его освобождают от шлака и производят наплавку второго валика с перекрытием первого на половину его ширины. Пластина с наплавкой помещается в быстросействующие зажимы маятникового копра, при температуре наплавленного металла была выше 450°C , и по обратной стороне наплавленного слоя пластины выполнялся удар бойком. Угол подъема маятника сохраняется во всех опытах постоянным и равным 60° . Величина ударной нагрузки выбирается такой, при которой не происходит пластическое деформирование образца. Оценку отделимости шлакового покрытия производят по площади отделившейся шлаковой корки. 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.

Список использованных источников

1. Дуняшин Н.С. Разработка многокомпонентного покрытия электродов для ручной дуговой сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей. – Т.: Fan va tehnologiya, 2019 – 160 с.
2. Верхотуров А.Д. Методология создания сварочных материалов: монография – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2009. – 128 с.
3. Закс И.А. Электроды для дуговой сварки сталей и никелевых сплавов: Справочное пособие. – СПб.: «WELCOME», 1996. – 384 с

Исследование процесса раскисления при автоматической дуговой сварке под слоем флюса

Магистрант гр. 82М-20 ММЖр А.Аминов
 Научный руководитель проф., д.т.н. Н.С. Дуняшин
 Ташкентский государственный технический университет,
 Узбекистан, г. Ташкент

С увеличением содержания кислорода свойства металла ухудшаются. Так как при сварке обычно создается благоприятная обстановка для повышения концентрации кислорода в расплавленном металле, одним из весьма важных процессов является раскисление металла. Раскисление это процесс удаления из жидкого металла диспергированного в виде химических соединений с другими элементами и растворенного в основе сплава кислорода [1,2].

Понизить содержание кислорода в металле можно воздействием шлаков или раскислителей. Раскисляющие элементы - элементы, которые при температуре процесса и соответствующей их концентрации, обладают большим сродством к кислороду, чем основа сплава и его легирующие составляющие. В результате взаимодействия с окисленным металлом раскислители способны образовывать газообразные, а также жидкие и твердые конденсированные продукты реакции [3].

Раскисление сталей при сварке ведут путем легирования сварочной ванны элементами с большим сродством к кислороду: марганцем, кремнием, титаном, алюминием. Эти элементы вводят и из электродной проволоки, сварочного флюса или из покрытия электродов в результате обменных реакций [1].

Металлы обычно очень ограниченно растворяют свои оксиды, а оксиды других металлов практически не растворяют [2].

Для насыщенного раствора:

$$a_{нас} = \gamma_{нас} N_{нас} \quad (1)$$

В насыщенном растворе, концентрация которого определяется только температурой, активность растворенного вещества условно можно принять за единицу, так как оно находится в равновесии со свободной фазой растворенного вещества, и, принимая также $\gamma_i = \gamma_{нас}$

$$a_i = N_i / N_{нас} \quad (2)$$

Тогда при условии ненасыщенности раствора оксида металла в металле константа равновесия:

$$K_p = p_{O_2} = p'_{O_2} (a_{Me}^2 / a_{MeO}^2), \quad (3)$$

где $a_{Me} = N_{Me} / N_{Me_{нас}}$; $a_{MeO} = N_{MeO} / N_{MeO_{нас}}$.

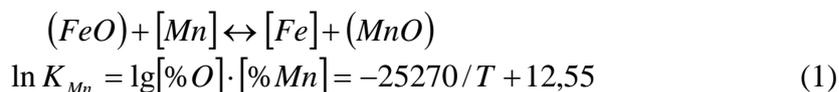
Отсюда видно, что давление диссоциации p'_{O_2} представляет функцию концентрации раствора при условии постоянной температуры:

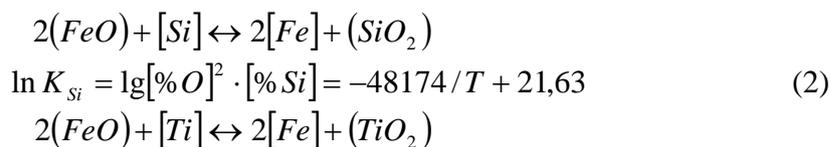
$$p'_{O_2} = p_{O_2} (a_{MeO}^2 / a_{Me}^2) \quad (4)$$

$$\Delta G = \Delta G^0 + 2RT \ln a_{Me} - 2RT \ln a_{MeO} \quad (5)$$

Если $a_{MeO} \rightarrow 1$ и $a_{Me} \rightarrow 1$, то $p'_{O_2} \rightarrow p_{O_2}$ а $\Delta G \rightarrow \Delta G^0$, но если $a_{MeO} \rightarrow 0$, что соответствует чистому металлу, не содержащему в себе оксида, то $p'_{O_2} = 0$ а $\Delta G \rightarrow \infty$. Таким образом, можно сделать вывод, что нельзя получить металл чистым по кислороду в условиях равновесных металлургических процессов.

Раскисление сталей определяется уравнениями констант равновесия, полученными экспериментально:

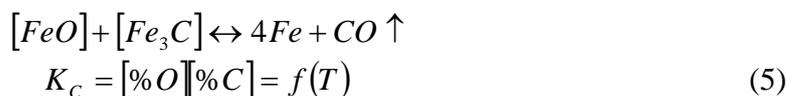




Решения приведенных выше уравнений для постоянной температуры дают гиперболические зависимости между равновесными или остаточными массовыми концентрациями кислорода и раскислителя в металле — для уравнения (1) простая, а для уравнения — степенная гипербола.

Малая активность марганца как раскислителя создает большие остаточные концентрации марганца в металле, но они не влияют на механические свойства стали (до 1 %). Несмотря на малую раскислительную активность, марганец широко применяется в сварочной металлургии, так как кроме кислорода он извлекает из жидкого металла серу, переводя ее в MnS , плавящийся при 1883 К, поэтому при кристаллизации металла шва влияние легкоплавкой сульфидной эвтектики понижается и повышается сопротивление металла образованию горячих трещин.

Углерод, всегда присутствующий в стали, также можно рассматривать как раскислитель:



Реакция между углеродом и оксидом железа эндотермичная поэтому углерод будет выступать как раскислитель только при высоких температурах - в каплях электродного металла или в сварочной ванне в основании дугового разряда, что приводит к выгоранию углерода при сварке сталей плавлением. Кремний — более активный раскислитель стали и для него характерны малые остаточные концентрации кислорода в металле. При высоких температурах активность как раскислителя уменьшается и он сам может восстанавливаться марганцем и даже железом.

Большой недостаток процесса раскисления осаждением — образование эндогенных неметаллических (шлаковых) включений, так как оксиды других элементов обычно не растворяются в основном металле. Чтобы избежать этого, вводят не один раскислитель, а два или более (например, Mn и Si одновременно), с тем, чтобы их оксиды взаимно понижали температуры плавления и включения имели глобулярную форму. В качестве раскислителя в разработанном флюсе использовался ферро-силико-марганец марки MnC17 по ГОСТ 4756-91 (производства АО «Узметкомбинат»). Исследования содержания кислорода методом вакуумной экстракции в наплавленном металле показали, что основная масса кислорода заключена в таких шлаковых включениях.

Список использованных источников

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. 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.
3. Верхотуров А.Д. Методология создания сварочных материалов: монография – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2009. – 128 с.

Магистрант гр. 82м-20 ММЖр А.Ахматалиев
Научный руководитель проф., д.т.н. Н.С. Дуняшин
Ташкентский государственный технический университет,
Узбекистан, г. Ташкент

В мире особое значение имеет уровень развития промышленности передовых стран. 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.). 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. Наплавка — это процесс нанесения слоя металла заданного состава на поверхность деталей. Возможны следующие схемы формирования химических связей между металлом детали и наплавляемым металлом [1].

Наиболее распространенной является схема наплавки с образованием ванны жидкого металла, которая состоит из расплавленного присадочного металла и частично оплавленного основного металла изделия.

Также возможна схема, когда расплавляется только присадочный металл, а поверхность детали нагревается до температур смачивания. Данная схема характеризуется тем, что наплавляемый металл практически не разбавляется металлом изделия. Однако данная схема имеет некоторые недостатки, связанные с более низкой надежностью формирования химических связей и трудностью контроля.

Третья схема образования химических связей заключается в том, что соединение образуется в твердой фазе принудительным формованием нагретых до пластического состояния присадочного металла и поверхностного слоя металла детали [2].

Как правило, наплавку используют для восстановления исходных размеров детали или придания особых свойств поверхностному слою изделия. При восстановлении исходных размеров деталей в качестве присадочного обычно используют тот же металл или близкий по химическому составу к основному металлу изделия.

Для придания особых свойств используются присадочные материалы химического состава которых может сильно отличаться от химического состава основного металла.

В промышленности используются разнообразные наплавочные материалы: углеродистые, легированные, высоколегированные стали, сплавы на основе цветных, тугоплавких металлов. Выбор материала осуществляется в зависимости от требований, предъявляемых к данным деталям. При использовании способов наплавки плавлением присадочный металл неизбежно разбавляется металлом детали, что приводит к изменению его химического состава, а следовательно, и физико-механических свойств, что в некоторых случаях является нежелательным явлением. В этих случаях ищут режимы и технологические приемы, или применяют другие методы получения поверхностного слоя обеспечивающие малую долю участия основного металла в образовании соединения. Доля участия основного металла m может определяться глубиной проплавления, которая зависит от характера передачи теплоты от источника нагрева и силового воздействия источника на металл [3-6].

Способ восстановления наплавкой выбирают в зависимости от конфигурации наплавляемой поверхности, серийности производства, наличия оборудования, требований к качеству наплавленного слоя.

Автоматическая наплавка под слоем флюса является производительным процессом. Наиболее широко используется наплавка под флюсом одной проволокой или лентой (холоднокатаной, порошковой, спеченной). Для увеличения производительности применяют многодуговую или многоэлектродную наплавку. Легирование наплавленного металла осуществляется, как правило, через электродный материал, легирующие флюсы применяются редко. Большое распространение получила дуговая наплавка самозащитными порошковыми проволоками и лентами. Стабилизация дуги, легирование и защита расплавленного металла от азота и кислорода воздуха обеспечивается за счет компонентов флюса [2].

Этим способом можно наплавлять плоские поверхности и тела вращения. Отличительной особенностью процесса является получение качественного наплавленного слоя, отличающегося хорошим внешним видом. Наплавку ведут при использовании как плавленных, так и керамических флюсов в сочетании с низкоуглеродистой, легированной или порошковой проволокой. Состав флюса и электродной проволоки выбирают в зависимости от требований к наплавленному слою. Вследствие большого проплавления основного металла при дуговой наплавке необходимый состав наплавленного металла удастся получить только в 3—5-мм слое.

Основные достоинства метода:

- высокая производительность;
- возможность получения наплавленного металла практически любой системы легирования.

Основной недостаток:

- большое проплавление основного металла, особенно при наплавке проволоками.

Материал дробящего конуса - среднеуглеродистая легированная сталь 50X. Для восстановления рабочей поверхности дробящего конуса выбираем автоматическую дуговую наплавку под слоем флюса. В качестве наплавочной проволоки с учетом механических свойств, назначения и твердости материала восстанавливаемого изделия выбираем Нп-30ХГСА по ГОСТ 10543-82 и флюс АН-348А по ГОСТ 4087-81.

Список использованных источников

1. Шехтер С.Я., Шварцер А.Я., Наплавка деталей металлургического оборудования – М.: Металлургия, 2011 – 196 с.
2. Абралов М.А., Дуняшин Н.С., Эрматов З.Д., Абралов М.М. Технология и оборудование сварки плавлением – Т: Comron press, 2014 – 420 с.
3. Верхотуров А.Д. Методология создания сварочных материалов: монография – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2009. – 128 с.
4. 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
5. Подгаецкий В.В., Кузьменко В.Г. Сварочные шлаки. Справочное пособие. –Киев, 1988. –253 с
6. Походня И.К. Металлургия дуговой сварки конструкционных сталей и сварочные материалы // Сварочное производство. – 2009. – № 4. – С. 3–15.

К вопросу разработки технологии восстановления крышки шаровой мельницы

Магистрант гр. 81м-20 ММЖу Х.Б. Арслонов
Научный руководитель доц., PhD З.Д. Эрматов
Ташкентский государственный технический университет,
Узбекистан, г. Ташкент

В АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» восстанавливается большое количество деталей металлургического оборудования из высокоуглеродистой стали. Барабанная шаровая мельница сухого помола непрерывного действия используется в горнорудной, горнохимической и других отраслях промышленности. Мельница работает непрерывно в различных технологических схемах (в открытом или закрытом цикле) с центральной загрузкой и выгрузкой материала и позволяет получать однородный по тонкости продукт измельчения с помощью мелющих тел. В комплект мельницы входит футерованный двухкамерный барабан с литыми футерованными крышками, загрузочная крышка, разгрузочная часть, две ролик-опоры, центральный привод, загрузочная воронка. Материал крышки шаровой мельницы – сталь 30Х.

Наплавка – это процесс нанесения слоя металла заданного состава на поверхность деталей. Способ восстановления наплавкой выбирают в зависимости от конфигурации наплавляемой поверхности, серийности производства, наличия оборудования, требований к качеству наплавленного слоя. [1].

Ручная дуговая наплавка штучными электродами является наиболее распространенным способом благодаря простоте и возможности наплавления любой формы детали. При этом способе используют электроды требуемого состава диаметром от 3 до 6 мм. Наплавку ведут короткой дугой на минимальном токе. Для повышения производительности можно применять наплавку пучком электродов и трехфазной дугой [2].

Автоматическая наплавка под слоем флюса является производительным процессом. Этим способом можно наплавлять плоские поверхности и тела вращения. Отличительной особенностью процесса является получение качественного наплавленного слоя, отличающегося хорошим внешним видом. Наплавку ведут при использовании как плавленных, так и керамических флюсов в сочетании с низкоуглеродистой, легированной или порошковой проволокой. Состав флюса и электродной проволоки выбирают в зависимости от требований к наплавленному слою. Автоматической дуговой наплавкой под флюсом при использовании обычных режимов обеспечивают $m=0,45-0,65$. Введение в зону дуги дополнительной изолированной присадочной проволоки позволяет снизить m до 0,17 [3-5].

Дуговую наплавку в газовой среде выполняют с использованием как инертных, так и активных газов. Наплавку в защитных газах применяют в тех случаях, когда затруднена или невозможна подача флюса и удаление шлаковой корки. Наплавку легированных и высоколегированных сталей в инертных газах производят как плавящимся, так и неплавящимся электродом. В качестве инертного газа в этом случае используют аргон или его смесь с гелием. При использовании обычных режимов, характерных для сварки в защитных газах, доля участия основного металла $m=0,45-0,65$. Преимуществом данного вида наплавки является возможность наплавки деталей в различном пространственном положении, а также деталей сложной формы [1].

Электрошлаковую наплавку металла применяют, например, для наплавки больших поверхностей различными износостойкими сплавами, а также сплавами с особыми свойствами. В качестве присадочного металла, наряду с проволочными и пластинчатыми электродами, могут применяться электроды сложной формы [2].

Наплавка – это процесс нанесения слоя металла заданного состава на поверхность деталей. Возможны следующие схемы формирования химических связей между металлом детали и наплавляемым металлом.

Наиболее распространенной является схема наплавки с образованием ванны жидкого металла, которая состоит из расплавленного присадочного металла и частично оплавленного основного металла изделия.

Также возможна схема, когда расплавляется только присадочный металл, а поверхность детали нагревается до температур смачивания. Данная схема характеризуется тем, что наплавляемый металл практически не разбавляется металлом изделия. Однако данная схема имеет некоторые недостатки, связанные с более низкой надежностью формирования химических связей и трудностью контроля.

Третья схема образования химических связей заключается в том, что соединение образуется в твердой фазе принудительным формованием нагретых до пластического состояния присадочного металла и поверхностного слоя металла детали.

Как правило наплавку используют для восстановления исходных размеров детали или придания особых свойств поверхностному слою изделия. При восстановлении исходных размеров деталей в качестве присадочного обычно используют тот же металл или близкий по химическому составу к основному металлу изделия.

Для придания особых свойств используются присадочные материалы химического состава которых может сильно отличаться от химического состава основного металла.

В промышленности используются разнообразные наплавочные материалы: углеродистые, легированные, высоколегированные стали, сплавы на основе цветных, тугоплавких металлов. Выбор материала осуществляется в зависимости от требований, предъявляемых к данным деталям. При использовании способов наплавки плавлением присадочный металл неизбежно разбавляется металлом детали, что приводит к изменению его химического состава, а следовательно, физико-механических свойств, что в некоторых случаях является нежелательным явлением. В этих случаях ищут режимы и технологические приемы, или применяют другие методы получения поверхностного слоя обеспечивающие малую долю участия основного металла в образовании соединения. Доля участия основного металла m может определяться глубиной проплавления, которая зависит от характера передачи теплоты от источника нагрева и силового воздействия источника на металл.

Для наплавки изношенной части крышки шаровой мельницы выбираем автоматическую дуговую сварку под слоем флюса. В качестве наплавочной проволоки с учетом механических свойств, назначения и твердости материала восстанавливаемого изделия выбираем Нп-30ХГСА по ГОСТ 10543-82 и плавленный кремне-марганцовистый флюс, разработанный на кафедре «Технологические машины и оборудование».

Список использованных источников

1. Шехтер С.Я., Шварцер А.Я., Наплавка деталей металлургического оборудования – М.: Металлургия, 2011 – 196 с.
2. Абралов М.А., Эрматов З.Д., Дуняшин Н.С. Технология и оборудование сварки плавлением. - Ташкент: ТашГТУ, 2008 – 130с
3. Абралов М.А., Дуняшин Н.С., Эрматов З.Д., Абралов М.М. Технология и оборудование сварки плавлением – Т: Comron press, 2014 – 420 с.
4. 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
5. Походня И.К. Металлургия дуговой сварки конструкционных сталей и сварочные материалы // Сварочное производство. – 2009. – № 4. – С. 3–15.

Минерально-сырьевые ресурсы Республики Узбекистан для производства керамических флюсов для автоматической дуговой сварки

Магистрант гр. 81-20 ММЖу Ф. Андаев
Научный руководитель доц., PhD З.Д. Эрматов
Ташкентский государственный технический университет,
Узбекистан, г. Ташкент

Сварочными флюсами называют спец. приготовленные металлические гранулированные порошки с размером отдельных зерен 0,25 – 4,0 мм. при механизированных дуговых способах сварки под флюсом защита сварочной ванны и ее металлургическая обработка осуществляется сварочными флюсами. Флюсы, расплавляясь, создают газовый и шлаковый купол над зоной сварочной дуги, а после химико-металлургического воздействия в дуговом пространстве и сварочной ванне образуют на поверхности шва шлаковую корку, в которую выводятся окислы, сера, фосфор и газы [1].

К флюсам для автоматической и полуавтоматической сварки предъявляются ряд общих требований [2,3]:

- получение заданного химического состава металла сварочных швов и их свойств;
- обеспечение хорошего формирования металла шва;
- получение швов без дефектов (шлаковых включений, пор и трещин);
- обеспечение стабильности горения дуги и процесса сварки;
- легкая отделяемость шлаковой корки от поверхности швов;
- стабильность горения дуги обеспечивается за счет ионизируемых компонентов, которые введены в состав флюса.

Заданный химический состав металла шва обеспечивается за счет основного и электродного металла, учитывая их изменения вследствие взаимодействия с флюсом.

Хорошее формирование металла шва и легкая отделяемость шлаковой корки обеспечивается путем регулирования физико-химических свойств флюса (температур плавления, жидкотекучесть шлака и др). Трещины, шлаковые включения и пористость металла швов подавляется за счет рафинирующих, раскисляющих, легирующих компонентов, которые введены в состав флюса.

Шлаки при автоматической дуговой сварке вводятся искусственно для предохранения металла от воздействия газов. Шлаками называют расплавы неметаллических соединений – оксидов, галогенидов, сульфидов и др. Они могут быть свободными или образовывать комплексные соединения.

По способу их изготовления сварочные флюсы разделяют на плавленные и керамические [2-4].

Плавленные флюсы получают сплавлением его составляющих компонентов.

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 влагостойкость.

Использование инеральных 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 плавяного 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 плавяного 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 $SiO_2 = 87,2 - 98,7 \%$.

Месторождения доломита в Республике Узбекистан имеются в Ферганской, Наманганской и Кашкадарьинской областях. Химический состав доломитов с месторождений Шурсув (Ферганская область), Чуста (Наманганская область) и Дехканабада (Кашкадарьинская область) приведен в таблице 1.

Таблица 1 - Химический состав доломитового сырья

Наименование месторождения	Местонахождение	Содержание, %					
		MgO	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O 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

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 плавяных флюсов.

Список использованных источников

1. Верхотуров А.Д. Методология создания сварочных материалов: монография – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2009. – 128 с.
2. 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
3. Подгаецкий В.В., Кузьменко В.Г. Сварочные шлаки. Справочное пособие. –Киев, 1988. –253 с
4. Походня И.К. Металлургия дуговой сварки конструкционных сталей и сварочные материалы // Сварочное производство. – 2009. – № 4. – С. 3–15.

УДК 621.74.

Анализ технологий диффузионного цинкования и перспективность применения отхода горячего цинкования-цинковой пыли в составе насыщающих смесей

Студенты гр. 10405119 Федорович Д.С., гр. 10403121 Маршалковский Р.С.,
Пузынин Я.С.

Научные руководители: Урбанович Н.И., Барановский К.Э.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Коррозия металлических изделий представляет серьезную проблему, поскольку наносит значительный экономический и экологический ущерб национальным экономикам. Цинковые покрытия – один из самых распространенных методов защиты стали от коррозии.

Исходя из механизма образования цинковых покрытий, можно выделить следующие основные способы их получения – электрохимический (гальванический и химический), металлизационный и диффузионный [1,2,3].

Гальваническое и химическое цинкование осуществляется в растворах, содержащих ионы осаждаемого металла [1]. Такие покрытия не образуют с основным металлом промежуточных сплавов. Сцепление электрохимического покрытия с подложкой определяется качеством подготовки обрабатываемой поверхности и условиями его осаждения. Преимущества этого способа заключается в отсутствие необходимости нагрева до высоких температур и возможности нанесения покрытия на прецизионные изделия. К недостаткам этого способа можно отнести: неравномерность и пористость покрытия; строгие требования к составу ванны, ограничения по габаритам и конфигурации обрабатываемых изделий; большая энергоемкость процесса.

Металлизационное цинкование (цинкование напылением) осуществляется распылением расплавленного металла струей воздуха или горячего газа [2,4]. В качестве источника тепла при газотермическом цинковании чаще всего используется энергия пламени, электрической дуги, плазменного потока. Структура напыленного слоя формируется из целого ряда тонких слоев, разделенных между собой оксидами и порами.

Металлизация распылением дает возможность обрабатывать собранные конструкции любых размеров, а также производить ремонтные работы. Недостатком этого способа является пористое строение полученного покрытия, большие потери наносимого цинка от угара и разбрызгивания.

Диффузионный способ цинкования в отличие от вышерассмотренных представляет собой процесс, происходящий при температурах 375 – 850 °С [3,5]. Он имеет ряд преимуществ по сравнению с вышерассмотренными способами, прежде всего, повышенной прочностью связи покрытия с основным материалом. При этом толщина покрытия тем больше, чем выше температура и продолжительность процесса цинкования.

Исходя из физико-химических характеристик активной среды, различают несколько методов диффузионного цинкования [6].

Жидкостный метод диффузионного цинкования основан на взаимодействии поверхности цинкуемых изделий с расплавом цинка при температуре 440 – 480 °С. В зависимости от массы изделия и требуемой толщины слоя продолжительность процесса составляет 1 – 10 мин. Жидкостный метод – наиболее распространенный метод цинкования. Его преимущества – высокая скорость формирования цинкидного покрытия, относительная простота применяемого оборудования, возможность широкой механизации и автоматизации процесса. Этим методом цинкуют лист, ленту, трубы, проволоку, различные металлоконструкции. К числу недостатков этого метода следует отнести: отсутствие возможности получения равномерных по толщине покрытий при обработке маломерных, а также сложных по конфигурации изделий; склонность деталей к деформации из-за быстрого нагрева и охлаждения; относительно низкая стойкость

ванн цинкования; снижение насыщающей способности цинкового расплава по мере его загрязнения продуктами реакции и выделения паров цинка.

Парофазный метод. Этот метод реализуется контактным и неконтактным способом. Обработку осуществляют в порошковых смесях на основе чистого цинка или отходов производства цинка с добавками оксида алюминия или кварцевого песка [6,7]. Иногда применяют цинковый порошок, в который вводят либо хлористый аммоний в количестве до 2 %, либо соляную кислоту в количестве 1 % от общей массы порошка [5,6]. На практике процесс осуществляют при относительно невысоких температурах (450 – 500 °С) в течение нескольких часов, в зависимости от требуемой толщины покрытия. Этот метод применим при цинковании мелких (фитинги, фланцы, втулки и др.) и крупных изделий (оконные рамы, трубы и др.). Большим преимуществом этого способа является простота осуществления технологического процесса в производственных условиях, а также отсутствие коробления и поводки изделий вследствие их медленного нагревания и охлаждения. Так же к достоинствам следует отнести то, что этот метод позволяет получать покрытия, представляющие собой железоцинковый сплав богатый цинком, но по своим свойствам резко отличающийся от металлического цинка. На диффузионных цинковых покрытиях, полностью состоящих из железоцинкового сплава, в эксплуатационных условиях при воздействии агрессивной среды образуются плотные слои из продуктов коррозии, которые обладают защитными свойствами и предохраняют нижележащие слои покрытия от разрушения. К недостаткам метода следует отнести его длительность (при цинковании крупных изделий до 15–24 ч.), цикличность. Повысить производительность процесса термодиффузионного цинкования можно с помощью увеличения температуры процесса. Но ее повышение весьма ограничено из-за низкой температуры плавления цинка (419,4 °С).

Известно [8], что указанные недостатки порошкового метода цинкования можно устранить, а области его применения расширить путем гидротермальной обработки порошка цинка. Гидротермальная обработка (ГТО) порошка заключается в формировании на поверхности частиц цинка тугоплавкой и химически инертной оболочки, например, оксида для предотвращения спекания частиц порошка и их припекания к обрабатываемой поверхности изделия. Обязательным условием ГТО является диффузионная проницаемость защитной пленки. Получить тугоплавкую оболочку на частицах цинка можно следующими способами: окисление порошка в струе перегретого воздуха или в «кипящем» слое, обработка порошка перегретым паром под давлением; кипячением в воде. Следует отметить, что приблизительно таким условиям соответствует образование порошкообразного отхода при обдувке оцинкованных труб методом горячего цинкования. В связи с этим представляет интерес использовать отход в составе порошковой композиции в качестве цинкодержащего компонента. Это позволит снизить стоимость оцинкованных изделий и обеспечить рециклинг цинка в промышленный оборот.

Список использованных источников

1. Молин А.Н. Термокинетические явления при высокоскоростных электродных процессах. Кишинев: Штиинца, 1989.
2. Лыков М.В. Защита от коррозии резервуаров, цистерн, тары и трубопроводов для нефтепродуктов бензостойкими покрытиями. – М: Химия, 1978. – 240с.
3. Проскуркини Е.В., Горбунов Н.С. Диффузионные цинковые покрытия. – М.: Металлургия, 1972. - 248 с.
4. Саакян Л.С., Ефремов А.П. Защита нефтегазопромыслового оборудования от коррозии. М., Недра. 1982, 227 с.
5. Ворошнин, Л.Г. Теория и технология химико – термической обработки: учеб. пособие / Л.Г. Ворошнин, О.Л. Менделеева, В.А. Сметкин. – М.: Новое знание; Минск: Новое знание, 2010. – 304 с.
6. Лахтин Ю.М. Химико – термическая обработка металлов / Ю.М. Лахтин Б.Н. Арзмасов. М.: Металлургия, 1985. 255 с.

7. Патент № 15501 Республика Беларусь. Состав для диффузионного цинкования стальных изделий., МПК В23К 35/30, С23С 10/28/ Урбанович Н.И., Комаров О.С., Галушко А.М., Станишевский В.Ф., Куликов В.С., Лецко А.И.//Афіійны бюл. Нац. Цэнтр. Інтэлектуал. Уласнасці. – 2010. №1

8. Галин Р.Г. Новая технология изготовления порошковых насыщающих смесей для диффузионного цинкования / Р.Г. Галин, Л.Г. Ворошнин // МиТОМ. 1996. № 1. с. 21-25.

Генерации энергии при соударениях в режиме сверхглубокого проникания сгустков микropорошков со стальными преградами

Студент гр. 10403117 Филиппов М.Н.

Научный руководитель - профессор Ушеренко С.М.
Белорусский национальный технический университет.
г. Минск

В режиме сверхглубокого проникания (СГП) сгустки порошковых микрочастиц проходят в преграду как горячий нож в масло. Прошивка металлической преграды в условиях реализации СГП сопровождается не только затратами энергии на формирование кратеров и каналов, но и генерацией энергии [1]. Исследования позволили решить задачу увеличения относительной глубины проникания пули в преграду до 12 калибров. Увеличение глубины проникновения достигалось за счет уменьшения затрат энергии при пробоях преград.

Целью данной работы является рассмотрение возможностей генерации дополнительной энергии.

1. Исследования эффекта сверхглубокого проникания (СГП).

Все необычные результаты были получены при взаимодействии с микрообъектами. Наблюдалось проплавление стенок и дна кратера (каверны). Исследования показали, что предельные величины энергии при макроударе не превышают 109 Дж/м³. Эффекты СГП наблюдаются в стратосфере и в открытом космосе. Эти проблемы представляют дополнительную опасность при перемещениях модулей с аппаратурой и людьми через области космоса с высокой концентрацией пылевых объектов. Известен комплекс условий, при которых проникновение на относительные глубины в 100 – 10 000 калибров происходит стабильно.

Доказано существование явления «сверхглубокого проникания» (эффект Ушеренко). В металлической преграде кратер преобразуется в канальный элемент. При этом диаметр канала стремился к нулю (захлопывается).

Пробой каналов при макроударах наблюдается при выстреле в упругий материал, например в резину. Зона пробоя (канал) под действием сил упругости захлопывается. Следы удара (медь, свинец или железо) в резине регистрируются по оси их движения. Свинец, занесенный в канальные зоны стальной оболочки при СГП, вступает в химическую реакцию с тривителем, но продукты химического взаимодействия не растворяются.

Сверхглубокое проникание ударников в преграды происходит только при соударении со сгустком (поток) микроударников. Единичные ударники не позволяют реализовать СГП.

2. Эффекты взаимодействия при сверхглубоком проникновении

Сверхглубокое проникание ($102dp \leq h \leq 104dp$) реализуется при выполнении ряда условий:

- а) объемная полость (емкость) не имеет открытую поверхность;
- б) третий этап кратерообразования приводит к захлопыванию, к образованию прямой и обратной кумулятивных струй;
- в) роль четвертого этапа кратерообразования ограничена;
- г) в преграде существует фоновое давление P_f , а прочность материала в кратерной области σ_m мала ($\sigma_m < P_f$).
- д) время существования фонового давления Δt_f равно или больше времени образования кратера (канала) Δt_k ,

3. Источник дополнительной энергии

Результаты оценки параметров СГП приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Изменение плотности энергии в канальной зоне после прохождения ударника

d, км	$\tau, 10^{-8} \text{ с}$	$\rho, \text{ Н/м}^2$
2	4,92	$0,776 \cdot 10^{14}$
0,42	5,05	$8,246 \cdot 10^{15}$

За период времени 10-8с возможен уровень давления в объеме канала свыше 1015Н/м2. Такое давление достаточно для слипания атомов. Пустота захлопывается и происходит микровзрыв. Генерация энергии из точки взрыва возможна при термоядерном синтезе α 2 α . Источник (в «горячей» точке), должен генерировать энергию не менее 106 электрон вольт. Регистрация высокоэнергетического излучения при СГП в металлической преграде является доказательством гипотезы о образовании дополнительного источника энергии при коллапсе микрополостей в «горячую» точку.

Заключение

На основе рассмотрения эффектов сверхглубокого проникания, предложено современное представление этого процесса:

1. Процесс сверхглубокого проникания в преграду протекает в зонах незавершенного фазового перехода (плотная плазма), а динамические потери компенсируются за счет дополнительной генерации энергии.
2. Энергия генерируется при коллапсе микрополостей. Захлопывание микрополостей сопровождается генерацией энергии, синтезом в преграде новых элементов, в том числе радио- активных.
3. С высокой долей уверенности можно утверждать, что реализуется термоядерный синтез в высокоплотной плазме.

Список использованных источников

1. Usherenko S.M., Koval O.I, Usherenko Yu.S. Estimation of the energy expended for super-deep penetration. Journal of engineering physics and thermophysics, Vol.77 ,№3, 2004.-P.641-646.
2. Sobolev V.V., Usherenko S.M. Shock-wave initiation of nuclear transmutation of chemical elements. J.Phys, IY France,134, 2006. P.977-982.

Недостатки и преимущества использования точечной сварки в технике

Студенты гр.10403119 Кончак А.А., Сташкевич В.Г.
Научный руководитель - Гольцова М.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Независимо от того, какое устройство для точечной сварки используется, при точечной сварке металлические детали всегда соединяются путем их сжатия между двумя электродами и подачи электричества. Местный поток электроэнергии генерирует тепло. Две заготовки нагреваются в месте сварки под действием электрического тока до тех пор, пока материал не расплавится, и под контактным давлением электродов из медных сплавов не образуется так называемый сварной шов. Требуемое время сварки также зависит от конкретной сварочной задачи, например сварочного тока и силы электрода. В основном, однако, справедливо следующее: точечная сварка выполняется быстро - в течение нескольких секунд, а фактическое время сварки обычно намного меньше секунды. Никаких дополнительных материалов не требуется. Процесс создает постоянно стабильные соединения, прост в использовании и является одним из самых экономичных типов соединения. Это еще одна причина, почему точечный сварочный аппарат используется во многих автоматизированных производственных процессах.

Сварка алюминия вообще представляет собой особо трудную задачу, а точечная сварка алюминия, в частности, предъявляет особые требования к сварочному оборудованию любого типа.

Точечная контактная сварка работает, как следует из названия, с сопротивлением между свариваемым металлическим и проводящим материалами, лежащими друг на друге (рисунок 1). Сварочный ток выделяет большую часть тепла в точке перехода между компонентами, где сопротивление наибольшее. А это необходимо для того, чтобы соответствующим образом расплавить соединяемый материал и соединить его между собой. Это делает сварочный ток - наряду со сварочным усилием - наиболее важным параметром при контактной сварке. В зависимости от используемой технологии продолжительность сварочного тока варьируется от нескольких миллисекунд до нескольких секунд.

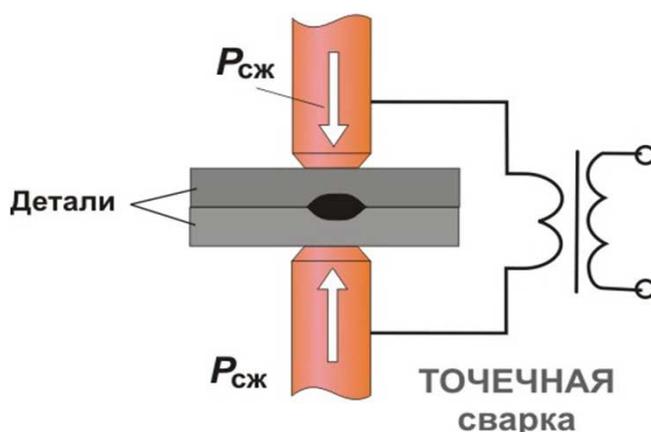


Рисунок 1 – схема точечной сварки [1]

Четыре наиболее распространенных способа создания сварочного тока:

- 1-фазная сварка на переменном токе (AC)
- 3-фазная сварка постоянным током (DC)
- Среднечастотная сварка (MF-DC)

Сварка конденсаторным разрядом (КЕ).

Однофазная сварка на переменном токе долгое время была наиболее распространенным вариантом, так как это был также самый дешевый и простой способ изготовления системы контактной сварки или сварочного пистолета. Но это не лучший технологический вариант. Поскольку соответствующая энергия вводится в металл сварного шва только с каждой положительной полуволной классического переменного тока, подвод тепла занимает больше времени, пока материал не расплавится, а тепло не успеет расшириться в окрестности будущей точки сварки. Это приводит к нежелательному обесцвечиванию (потускнению) и выгоранию любых покрытий, которые могут присутствовать. Есть и другие недостатки, такие как высокое энергопотребление, асимметричная нагрузка на сеть, потеря мощности с большими вторичными окнами.

При 3-фазной сварке переменный ток преобразуется в постоянный ток с помощью блока диодного выпрямителя. Это означает, что доступен значительно более высокий и более мощный сварочный ток, даже большие вторичные окна могут быть перекрыты без больших потерь мощности, а подключение к сети является симметричным, что приводит к меньшим размерам линий питания и предохранителей. Недостатками системы являются относительно высокие капиталовложения. затрат, места, необходимого для 3 трансформаторов и выпрямителей, а также относительно длительных скачков тока.

Среднечастотная сварка представляет собой комбинацию двух вышеупомянутых систем. Здесь также есть трансформатор, который управляется с частотой 1000 Гц вместо 50 Гц и имеет выпрямитель на вторичной стороне. Таким образом, можно использовать преимущества сварки постоянным током (сварочный ток большой мощности, слабое подключение к сети и защита плавкими предохранителями, перекрытие больших вторичных цепей без больших потерь мощности и т. Д.). Кроме того, есть такие преимущества, как очень быстрое увеличение тока, которое в сочетании с высокоэнергетическим сварочным током обеспечивает очень короткое время сварки и, таким образом, значительно снижает потускнение цвета и выгорание покрытий, параметр настройки и управления, который составляет 20 раз точнее, так как система работает с 1000 Гц вместо работы 50 Гц и уменьшение габаритов и веса трансформатора.

С другой стороны, все еще применяется сварка конденсаторным разрядом. Конденсаторная батарея заряжается от сети, когда аппарат находится в режиме ожидания, например, когда он оборудован компонентами. Это можно сделать менее чем за 1 секунду, но также можно растянуть на несколько секунд. Чем больше времени доступно для зарядки, тем меньше требуется подключение к электросети и, в зависимости от размера, такая машина может заряжаться от обычной «розетки». Когда машина готова к запуску, ранее заряженная конденсаторная батарея разряжается через сварочный трансформатор. Это происходит менее чем за 10 миллисекунд, требуемая энергия сварки вводится только в зону плавления, а окружающий материал не нагревается. Это также одна из причин, почему такие машины иногда могут обходиться даже без собственного водяного охлаждения. Благодаря количеству конденсаторов можно достичь сварочного тока до 800 000 ампер. Недостатком системы является пространство, необходимое для конденсаторных шкафов и относительно больших и тяжелых трансформаторов, которые можно использовать. Чем больше требуется сварочного тока, тем дешевле система с технологией конденсаторного заряда.

Таким образом, оборудование точечной сварки обладает определенным разнообразием конструкций и позволяет выбрать наилучшее, с точки зрения сочетания цены, качества и получаемого результата.

Список использованных источников

[1] <https://wikimetall.ru/oborudovanie>

Студенты гр. 10403119

Сташкевич В.Г., Труханович Д.В.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Гольцова М.В.

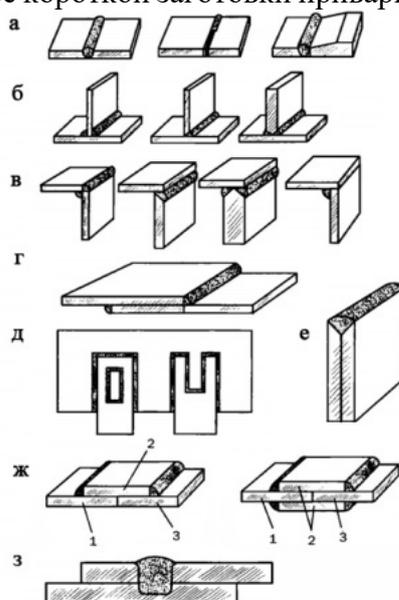
Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Сварные соединения в основном делятся на две формы: стыковые и угловые. Для обоих типов сварных швов существует множество подкатегорий. Некоторые формы шва также могут быть назначены стыковому шву и угловому шву из-за разного положения деталей.

Существуют следующие типы сварных швов:

- Стыковой шов. Для стыкового шва две детали соединяются вместе. Сварной шов проходит по всей толщине материала. Как правило, необходимо предварительно отшлифовать заготовки до V-образной формы.
- Угловой шов. Этот вид шва, напротив, используется, когда детали соединяются под углом, как в стальных конструкциях. Угловой шов также обычно используется для прямоугольных соединений.
- V-образный шов. Им соединяют детали, расположенные под углом друг к другу. Это происходит, например, при соединении двух заготовок на шлифованных углах и обычно выполняется стыковой сваркой. Двойной V-образный шов или DV-шов используется для деталей, поверхность которых отшлифована до образования буквы V с обеих сторон.
- Шов высокого напряжения. В этом случае, шлифуется только одна заготовка, а другая сохраняет свою форму. При двойном высоковольтном шве это делается с обеих сторон. Швы ВН и Д-ВН могут выполняться как угловые, так и стыковые.
- Шов шеи. Горловой шов соединяет заготовки по горизонтали с внутренней стороны уголка. Если шов идет вертикально, это называется швом полотна. Оба являются угловыми сварными швами.
- Боковой шов. Две плоско лежащие друг на друге заготовки соединяются этим видом шва, причем более длинная сторона более короткой заготовки приваривается, образуя угловой шов.



а - стыковое, б - тавровое, в - угловое, г - нахлесточное, д - прорезное, ж - с накладками, з - с электрозаклепками, 1...3 - основной металл, 2 - накладка, 3 - электрозаклепки

Рисунок 1 – Виды сварных соединений согласно ГОСТ 2601-84.

Чтобы гарантировать несущую способность, при расчете сварного шва необходимо учитывать множество факторов. В частности, необходимо использовать определенные стандарты, применимые к конкретной области применения. Например, для стальных конструкций существует стандарт EN 1993, а для кранов - DIN 15 018.

На первом этапе определяются силы и моменты, которые позже повлияют на сварной шов. Это отправная точка для всех дальнейших расчетов. При этом сам материал должен иметь запас прочности для действующих/планируемых нагрузок.

На несущую способность существенно влияет толщина сварного шва. Для стыковых швов она обычно совпадает с толщиной заготовки. С другой стороны, в случае угловых швов толщина сварного шва обычно соответствует высоте получившегося треугольника.

Длина шва также сильно влияет на несущую способность. Для большинства сварных швов длина шва равна длине заготовки. Для экономии времени при угловых сварных швах можно использовать прерывистые сварные швы, но они всегда имеют более низкий предел нагрузки, чем непрерывные сварные швы.

Очевидно, каждый опытный сварщик проверяет свои швы на наличие дефектов. Однако сложность проверки сварного шва состоит в том, что глаз может осматривать только поверхность, а внутри шва возникает множество дефектов сварки в виде шлаков или газовых включений. Они значительно снижают несущую способность сварного шва.

Наиболее широко используемый метод тестирования – это рентгенологический метод. Здесь известные из медицины рентгеновские лучи в основном используются для освещения сварного шва. В некоторых случаях также используются изотопные источники, работающие с радиоактивным гамма-излучением. Оба типа излучения опасны для человека и могут использоваться только с использованием средств защиты.

Принцип радиографического контроля основан на различном ослаблении излучения. Это означает, что фактический сварной шов ослабляет лучи иначе, чем пузырьки воздуха или газа. Таким образом, это включение будет четко выделяться на фоне остальной поверхности на рентгеновском изображении.

Методы разрушающего контроля также используются в массовом производстве. Заготовка подвергается возрастающим нагрузкам, пока не сломается. Если усилие, используемое для разрушения, больше, чем та, которую обрабатываемая деталь должна нести в своем применении, испытание считается пройденным. Недостатком, конечно же, является то, что для этого нужно периодически разрушать заготовки.

Также применяют использование калибра сварного шва. Калибр сварного шва позволяет проверить и найти отклонение в размерах шва. Существуют разные калибры для разных форм сварных швов. Датчик простого шва имеет почти полукруглую форму с прямой стороной и плечо на одном конце. Радиус полукруглой арки увеличивается от одной стороны к другой. Этот простой калибр сварного шва позволяет контролировать высоту сварного шва для обычных угловых и стыковых швов.

Необходимо применять также шлифовку сварного шва, которая имеет разное назначение. С одной стороны, шлифовка делает шов более красивым для использования на видимой поверхности. Кроме того, на поверхности шва часто образуются оксидные отложения, которые приходится удалять для дальнейшей обработки. А также, например, перед покраской сварного шва его следует отшлифовать.

Специалисты различают абразивное шлифование и чистовую обработку.

Для шлифования обычно используется обычная угловая шлифовальная машина. В зависимости от области применения можно использовать шлифовальный круг или стопорную шайбу с зубцами. Ленточно-шлифовальные машины также используются в некоторых областях. На качество шва шлифовка не влияет ни в лучшую, ни в худшую сторону, но позволяет достигнуть товарного вида изделия.

Таким образом, наибольшее влияние на качество сварных соединений оказывают выбор материала и типа соединения, а также ширина сварного шва.

Студенты гр.10403119 Шкробов П.О., Королев Д.А.
Научный руководитель - доцент, к.т.н. Гольцова М.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Сегодня сварка способствует успеху многих ключевых отраслей промышленности, включая судостроение, авиастроение, строительство и оборону. Также она играет важную роль в ремонте и продлении срока службы выпускаемой продукции. Мы вступаем в десятилетие, которому предшествовала беспрецедентная автоматизация и использование искусственного интеллекта. Благодаря этому, в мире стали развиваться новые тенденции в областях сварки. Одними из главных являются: расширенная дуговая сварка, дополненная реальность (AR) и виртуальная реальность (VR), роботизированная сварка, лазерная сварка.

Расширенная дуговая сварка

Профессиональные сварщики знают, что дуговая сварка плавлением - это процесс слияния двух металлов с помощью электрического тока. Тепло вырабатывается для плавления присадочного металла, который создает дугу и прочное металлургическое соединение. В процессе используются два или три разных металла, что придает ему большую прочность, поэтому он важен для аэрокосмической и автомобильной техники. Кроме того, современная дуговая сварка хорошо известна своей устойчивостью к коррозии, что делает ее идеальной для химической, ядерной и токсичной сварки.

Дополненная реальность (AR) и виртуальная реальность (VR)

Несмотря на то, что моделирующие процесс сварки обучающие комплексы были известны к настоящему времени (одним из таких комплексов оборудована, кстати, кафедра «Порошковая металлургия, сварка и технология материалов» БНТУ), начинающие сварщики теперь могут использовать и дополненную реальность в учебных целях. Процесс обучения становится в этом случае более наглядным, привлекательным и обучающим. AR-сварка также снижает стоимость расходных материалов, снижает риск и позволяет преподавателям одновременно обучать больше новых сварщиков.

Хотя распространено заблуждение, что AR и VR - это одно и то же, между VR Welding и AR Welding есть несколько важных различий. Виртуальная реальность переносит пользователя в мир, на 100% созданный компьютером, и предоставляет среду, в которой можно притвориться, что он сваривает. Опыт похож на видеоигру. Дополненная реальность позволяет пользователю войти в реальную среду, коснуться и почувствовать реальный предмет и «дополнить» этот предмет новой формой, реалистично изменив его внешний вид.

В случае сварки AR позволяет сварщику взять деталь на пластиковой основе и взаимодействовать с ней, пока она ведет себя как деталь из углеродистой стали, нержавеющей стали или алюминия при сварке. Кроме того, сварка с дополненной реальностью является наиболее близкой к реальности, позволяя стажёрам-сварщикам видеть и чувствовать реальную сварочную среду с использованием настоящего сварочного оборудования, такого как настоящая сварочная маска и настоящие сварочные горелки, расширяя опыт и процесс обучения.

Роботизированная сварка

Когда используется термин «роботизированная сварка», речь идет не о паяльной лампе, используемой одним из недавно анонсированных роботов Tesla, а скорее о необходимости развития технологии Индустрии 4.0. Индустрия 4.0, или четвертая промышленная революция, заключается в изменении способа автоматизации производства за счет использования интеллектуальных технологий для создания более устойчивой цепочки поставок и экономики замкнутого цикла.

Благодаря использованию машинного обучения, компьютерного зрения, датчиков, робототехники, облачных вычислений и сети 5G, планка возможностей запрограммированной

сварки была полностью поднята. Для сварочной отрасли это означает более точные данные, гибкость производства, почти идеальное качество и более точную отчетность, и документацию.

Так, например, сварочный тренажер 3D виртуальной реальности WELDPLUS позволяет работать со всеми основными процессами сварки: полуавтоматической MIG/MAG, аргодуговой TIG и ручной дуговой MMA во всех пространственных положениях. Сварочный тренажер, разработанный канадской фирмой 123Certification визуализирует результаты работы на LCD мониторе и одновременно оценивает.



Рисунок 1 - сварочный тренажер 3D виртуальной реальности WELDPLUS

Лазерная сварка

Лазерная сварка (LBW) - это стиль сварки, в котором используется концентрированный источник тепла, создающий узкий и глубокий сварной шов; LBW - это инновационный метод, который устраняет необходимость в присадочных материалах и позволяет свариваемым материалам иметь превосходное сцепление. Процесс позволяет выполнять токопроводящие, сквозные и сквозные сварные швы. Лазерная сварка также является бесконтактным процессом, при котором концентрированная энергия лазера позволяет металлу нагреваться быстрее по заранее запрограммированному маршруту.

Лазерная сварка позволяет компаниям более гибко работать с более тонкими и высоколегированными металлами благодаря своей точности и качеству отделки, что делает ее идеальной для электроники и даже ювелирных изделий. Однако у лазерной сварки есть некоторые проблемы и ограничения, например, сварка толстых металлов. Предполагается, что количество энергии, требуемой в лабораторных условиях, достигает 100 кВт, что позволяет сваривать 50 мм за один проход. Однако обычно вырабатываемая мощность намного ниже. Этот процесс требует опытных, обученных сварщиков, а также постоянных исследований, разработок и обучения.

Заключение

Многие впечатляющие достижения в технологии сварки теперь доступны и широко используются. Сегодня сварочная промышленность делает рывок вперед. Теперь с помощью цифровых технологий, создающих прорыв, как теоретически, так и практически, благодаря прогрессу в обучении сварке AR и VR, сварочная промышленность, несомненно, будет развиваться дальше и быстрее.

Это означает, что можно представить себе будущее, в котором проекты будут выполняться быстрее, дешевле и с меньшим риском. Технологии могут и будут использоваться для решения проблемы нехватки навыков, ускоряя подготовку обученных сварщиков к работе, что приносит пользу не только промышленности и сварщикам, но и всему миру.

Проблемы развития гипербарической сварки

Студенты гр. 10403119 Шиманович Д.А., Литвинов Н.С., Миношин В.В.,
Научный руководитель – к.т.н., доцент Гольцова М.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В 21-ом веке сильно возросла потребность в монтаже и ремонте различных конструкций под водой. Соответственно возросла и потребность в сварочных работах на таких объектах. Гипербарическая сварка – процесс сварки при повышенном давлении. Данный вид сварки был изобретён нашим соотечественником Константином Хреновым. С того времени процесс сварки под водой улучшился, появились более современные технологии, оборудование и расходные сварочные материалы, так же за счёт современных кислородных баллонов время на работу сварщика сильно увеличилось. Гипербарическая сварка нашла своё применение в различных областях. Она используется для возведения причалов и портовых сооружений, ремонтных работ судов, построения буровых вышек, прокладки трубопроводов платформ, дамб и других наводных сооружений. Чаще всего материалом для сварки выбирают разные виды стали. Гипербарическая сварка может происходить как в воде, так и в специально построенной камере в сухой среде.

Сухая сварка – вид гипербарической сварки, при которой работы происходят в сухой герметичной камере или в закрытом перемещающемся боксе. После монтажа подобного сооружения, из него выкачивается вся вода, создаётся избыточное давление и помещение заполняется специальной газовой смесью. Состав этой смеси зависит от специфики работы и метода сварки. Избыточное давление требуется для нормализации горения дуги. А также в таких условиях работы химический состав металла меняется, поэтому уменьшается диаметр катодных и анодных пятен. Это даёт положительный эффект при подводной сварке. За счёт того, что в камере сухо, можно варить разными способами. Например, можно применять данные виды сварки: классическая ручная дуговая сварка (РДС), аргонодуговая сварка с применением неплавящегося электрода, дуговая сварка порошковой проволокой, дуговая сварка в среде защитных газов (MIG/МИГ). При сухом виде сварки применяют привычные для нас виды электродов. Такие как АНО-1 или ОЗС-3. Главным достоинством сухой сварки под водой является возможность использования различных видов сварки. В тоже время сухая сварка имеет несколько подвидов: в глубоководной камере, в мобильном сухом боксе.

Для глубоководных подразумевается погружение камеры под воду, где герметично закрепляется вокруг рабочей зоны кессон, затем производится соединение конструкции внутри путём наполнения её газом и вытеснения воды. Достоинством этого подвида является: гарантированный качественный шов из-за сухой среды, а обеспечение хороших показателей вязкости благодаря остыванию металла.

Соединения в мобильном сухом боксе производятся при помощи гидробокса, который полностью или частично изготовлен из прозрачного материала, а в тоже время должен плотно прилегать к рабочей зоне и обеспечивать герметичность. Вода в боксе вытесняется при помощи газовой среды. Основания бокса открыто для ввода сварочной головки, а прозрачные стенки позволяют контролировать процесс.

Метод мокрой сварки более популярен по сравнению с сухой сваркой из-за экономии временных и финансовых ресурсов. Мокрая сварка – вид гипербарической сварки, где работу производят прямо в воде водонепроницаемыми электродами. Суть этого вида сварки заключается в том, что возбужденная дуга нагревает и плавит электрод. Капли расплавленного электрода попадают на поверхность металла с помощью газового пузыря, который образуется во время плавления электрода, что и позволяет вести сварку прямо в воде. Чаще всего используют именно постоянный ток. Данный вид имеет разделение ещё на два подвида: полуавтоматическая и ручная сварка.

При полуавтоматической сварке вручную корректируется направление подачи электродной проволоки. Достоинствами этого подвида сварки является: длительность, лучшая видимость, отсутствие у проволоки обмазки, что позволяет контролировать формирование сварного шва, и в дальнейшем приведёт к более аккуратному и ровному соединению, а в следствии исключить поры и вкрапления.

При ручной сварке применяются специальные и адаптированные под тяжёлые условия материалы. Электрод же в своё время имеет водонепроницаемое покрытие представляющее собой плёнку. Состав покрытия электрода состоит из следующих элементов: парафин, смолы и целлулоидный лак. Благодаря таким элементам, покрытие не раскисает от воздействия воды, а также создаётся защитный слой.

При этом рекомендованные параметры силы тока варьируются от 189 до 220 ампер, а напряжение сварочной дуги не должно превышать 35 вольт. Во время данного вида сварки образуется очень много шлака, что часто довольно сильно ухудшает качество сварного соединения. Поэтому мокрая сварка считается одной из самых сложных и применяется только в тех случаях, где сухая сварка невозможна.

В основном под водой свариваются трубы. Это сложный процесс, который подразумевает, что данные конструкции будут работать продолжительное время. Для этого соединения должны быть выполнены качественно, с соблюдением всех правил и требований: выдерживание уклонов, следует оставлять достаточное расстояние между стенами и трубами. Несмотря на все перечисленные требования и правила может возникнуть необходимость в сварочных работах на уже функционирующем трубопроводе. Затруднения возникают из-за присутствия в трубах жидкости, которые в своё время находятся под давлением. Особенности сварки трубопроводов, находящихся под давлением, то что напор в жидкости остужает сварочную ванну, что предотвращает сцеплению наплавленного и основного металла. При работе с потолочными стыками, вода стекает на сварщика. Рукавицы и маска намокают, при этом исполнитель прикасается к свариваемому изделию, а все это может привести к небольшим ударам тока. Работать в таких условиях крайне неудобно.

Вода создает множество проблем не только для сварки, но и для здоровья самого сварщика. Прямо контакт с электрическим током крайне опасен для жизни. Поэтому для данного вида сварки должно использоваться только то оборудование, что защищено от воды по международным стандартам. Так же крайне важна квалификация сварщика и физические показатели его здоровья. Поэтому работу по свариванию подводных конструкций получают только сварщики высшей категории с большим опытом, а также с навыками аквалангиста при мокрой сварке.



Рисунок 1 – подводная сварка [1]

Список использованных источников

[1] Сварка под водой: технология, обучение, электроды. // <https://weldelec.com/info/podvodnaya-svarka> – Дата обращения: 14.11.2021.

Развитие сварки в Республике Беларусь через призму 17-го конкурса сварщиков с международным участием

Студенты гр. 10403119

Миношин В. В., Труханович Д. В., Алексиевич Е. В.,
Научный руководитель – к.т.н., доцент Гольцова М.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

17-й конкурс сварщиков Беларуси с международным участием – это программное мероприятие Белорусского промышленно-инновационного форума-2021, главной целью которого являлось:

- пропаганда новых достижений в области сварочных технологий, сварочного оборудования, сварочных материалов, оснастки и инструмента сварщика,
- совершенствование школы высшего сварочного мастерства сварщиков,
- выявление лучших специалистов сварочного дела.

Профессиональные сварщики со всей Беларуси собрались для выполнения задания по сварке конкурсных образцов в нескольких номинациях:

- *Ручная дуговая сварка (ММА),
- *Механизированная сварка в смесях защитных газов MIG/MAG (CO₂, Ar+CO₂),
- *Аргонодуговая сварка (TIG)

и получения высшей конкурсной оценки жюри оргкомитета конкурса.

Рассмотрим сварочные технологии, реализовавшиеся участниками конкурса.

Ручная дуговая сварка (ММА) - это процесс дуговой сварки, при котором используется дуга, горящая между покрытым электродом и сварочной ванной. Покрытый электрод для ручной сварки представляет собой стержень с нанесенным на него покрытием. Стержень изготавливают из сварочной проволоки повышенного качества. Сварочную проволоку всех марок в зависимости от состава разделяют на три группы: низкоуглеродистая, легированная и высоколегированная.

Ручную дуговую сварку выполняют сварочными электродами, которые вручную подают в дугу и перемещают вдоль заготовки. Дуга при этом способе сварки зажигается быстрым касанием торцом электрода поверхности основного металла. В процессе сварки металлическим покрытым электродом — дуга горит между стержнем электрода и основным металлом. Стержень электрода плавится, и расплавленный металл каплями стекает в металлическую ванну. Вместе со стержнем плавится покрытие электрода, образуя газовую защитную атмосферу вокруг дуги и жидкую шлаковую ванну на поверхности расплавленного металла. Металлическая и шлаковые ванны вместе образуют сварочную ванну. По мере движения дуги сварочная ванна затвердевает и образуется сварочный шов. Жидкий шлак после остывания образует твердую шлаковую корку. После каждого прохода шлак необходимо удалять. Некоторые марки электродов обеспечивают самоотделение шлаковой корки.

Производительность процесса в основном определяется сварочным током. Однако ток при ручной сварке покрытыми электродами ограничен, так как повышение тока сверх рекомендованного значения приводит к разогреву стержня электрода, отслаиванию покрытия, сильному разбрызгиванию и угару расплавленного металла.

Ручная сварка удобна при выполнении коротких и криволинейных швов в любых пространственных положениях — нижнем, вертикальном, горизонтальном, потолочном, при наложении швов в труднодоступных местах, а также при монтажных работах и сборке конструкций сложной формы.

Механизированная сварка в смесях защитных газов (MIG/MAG) – это дуговая сварка плавящимся металлическим электродом (проволокой) в среде инертного/актив-

ного газа с автоматической подачей присадочной проволоки. Это полуавтоматическая сварка в среде защитного газа - наиболее универсальный и распространенный в промышленности метод сварки.

Основное назначение защитного газа – предотвращение прямого контакта окружающего воздуха с металлом сварочной ванны, вылетом электрода и дугой. Защитный газ влияет на стабильность горения дуги, форму сварного шва, глубину проплавления и прочностные характеристики металла шва.

Технологические свойства дуги существенно зависят от физических и химических свойств защитных газов, электродного и свариваемого металлов, параметров и других условий сварки. Это обуславливает многообразие способов сварки в защитных газах. Рассмотрим классификацию процесса сварки в защитных газах плавящимся электродом по наиболее существенным признакам.

Полуавтоматическая сварка плавящимся электродом производится в инертных газах Ar и He (MIG) и их смесях Ar + He, в активном газе CO₂ (MAG), а также в смесях инертных и активных Ar + O₂, Ar + CO₂, Ar + CO + O₂ и активных газов CO₂ + O₂. В качестве электродных проволок применяют сплошные из нелегированных и легированных сталей и цветных металлов (Ni, Si, Mg, Al, Ti, Mo), а также несплошные порошковые и активированные. Сварка плавящимся электродом выполняется в основном на постоянном токе, применяется также и сварка импульсным током. Находят применение и другие способы сварки: на нормальном и увеличенном вылете, со свободным и принудительным формированием шва, без колебаний и с колебаниями электродной проволоки, в атмосфере и под водой, в стандартную и нестандартную узкую щелевую разделку кромок.

Главными компонентами процесса сварки являются источник питания, который обеспечивает дугу электрической энергией. Подающий механизм, который подает в дугу с постоянной скоростью электродную проволоку. Защитный газ.

В момент сварки дуга горит между изделием и плавящейся электродной проволокой, которая непрерывно поступает в дугу, и которая служит присадочным металлом. Дуга расплавляет кромки деталей и проволоку. Металл переходит на изделие в образующуюся сварочную ванну, где металл электродной проволоки перемешивается с металлом изделия (то есть основным металлом). По мере перемещения дуги расплавленный (жидкий) металл сварочной ванны затвердевает (кристаллизуется), образуя сварной шов, соединяющий кромки деталей. Сварка выполняется постоянным током обратной полярности, когда плюсовая клемма источника питания подключается к горелке, а минусовая – к изделию. Иногда применяется и прямая полярность тока сварки.

В качестве источника питания используются сварочные выпрямители, которые должны иметь жесткую или пологопадающую внешнюю ВАХ. Такая характеристика обеспечивает автоматическое восстановление заданной длины дуги при ее нарушениях, например, из-за колебаний руки сварщика.

Аббревиатура TIG означает Tungsten Inert Gas – сварка в среде инертного газа. Данный метод соединения металлических деталей находит свое применение на производстве и в мастерских. Он предусматривает создание 2-5-миллиметровой электрической дуги между электродом и заготовкой, а также одновременную защиту сварочной зоны с помощью инертного газа (чтобы на нее не влиял атмосферный воздух). При этом используются неплавящиеся вольфрамовые расходники.

Принцип работы TIG сварки заключается в горении электрической дуги в аргоне. Этот инертный газ тяжелее воздуха. Он защищает свариваемые материалы от воздействия кислорода. Аргон предотвращает окисление металлов. Благодаря этому швы отличаются прочностью и герметичностью.

Электроды для аргонодуговой сварки изготавливаются из вольфрама. Температура плавления этого химического элемента составляет 4000 °С. Он может работать со всеми разновидностями стали. Чтобы сварить прочный шов, нужно периодически производить заточку

вольфрамового электрода. Эта процедура позволит увеличить срок эксплуатации электрического проводника и снижает риск сокращения его ресурсных показателей.

Учитывая то, какой металл или сплав соединяется, применяется постоянный или переменный сварочный ток. Защитный газ подается аппаратом для TIG-сварки через закрепляемую на держателе горелку. Практически всегда это аргон, поэтому TIG - сварку нередко называют аргонодуговой. Для сварки тонких заготовок нет необходимости в поперечных колебаниях. Горелку необходимо просто аккуратно вести вдоль линии стыковки заготовок, тогда шов получится предельно гладким. Небольшие колебания следует совершать только тогда, когда нужно расширить границы соединения или закрыть зазор. Сварочная ванна будет растянута, а на поверхности образуется мелкая чешуя.

Благодаря температуре дуги от двух до пяти тысяч градусов Цельсия, сварочным аппаратом с режимом TIG эффективно расплавляются кромки металлических заготовок, что позволяет соединять их, формируя тонкий шов. Для усиления конструкции применяются присадочные прутки. Присадка подается в зону сваривания свободной рукой. С помощью присадки сварщики увеличивают высоту валика, придают месту соединения дополнительной прочности. Если в процессе TIG сварки между свариваемыми металлами образуется зазор, то нужно использовать присадочную проволоку. Это приспособление позволит создать прочный шов, не подвергающийся разрывам или изломам. Диаметр проволоки зависит от ширины свариваемых заготовок и формы шва. Защитный газ, подаваемый в горелку от баллона, препятствует образованию пор. Благодаря этому швы отличаются прочностью и герметичностью.

Необходимо отметить, что в конкурсных номинациях 17-го конкурса сварщиков победителями стали практикующие на предприятиях страны сварщики. Действительно, технологии сварки являются базовыми технологическими процессами на предприятиях технического и энергетического сектора Республики Беларусь. Традиционное участие в конкурсе сварщиков студентов сварочных специальностей помогает расширить кругозор студентов, систематизировать знания, приблизить теоретические представления, полученные в университете, к практическим задачам, наконец – познакомить студентов с географией сварки в Республике Беларусь. А это означает, что такое мероприятие помогает сфокусировать внимание на живых производственных проблемах, заинтересовывает и «раздвигает горизонты» студенческих представлений о будущей профессии. Выпускники вуза, получающие бесценный опыт на конкурсе сварщиков, придут затем работать на предприятия Республики, и в дальнейшем внесут свой вклад в развитие сварки в Республике Беларусь.

Студент группы МЦМск-19 Бондарь А.Ю.
 Научный руководитель - Корицкий Г.Г., к.т.н., доцент
 Донецкий национальный технический университет
 ДНР, г. Донецк

В 1956 году Курчатовым И.В. была выдвинута идея о возможности синтеза химических элементов в электрическом разряде, а в 1957 г. физиком Филимоненко И.С. было обнаружено явление холодного ядерного синтеза (ХЯС) в результате экспериментов.

Для начала процесса, на два поперечных электрода, вставленных с обеих сторон реактора, осуществляется подача импульсного электроразряда. В результате инициации импульса между двумя электродами зарождается плазмоид. Реакция холодного ядерного синтеза осуществляется внутри соленоида.

Материал корпуса реактора – диэлектрик (н/р ПВХ), толщина стенок $5 \div 8$ мм. Электроды изготовлены из меди благодаря устойчивости к разрушению при разряде. Для качественного пуска установки используются электроды с углом заточки $< 40^\circ$.

Параметры установки коррелируются $D_{\text{внутр}}$ полых электродов. Зазор между полыми электродами $-1 \div 1,5D$ (при $D < 50$ мм). При уменьшении $t_{\text{ст}}$ стенок полых электродов, плазмоид образуется быстрее и проще. В экспериментах использовались электроды с $t_{\text{ст}} = 1 \div 2$ мм. Ток на полых электродах $I_{\text{стаб}} = 0,1 \div 100$ А ($\sim 20 \div 40$ А). Пусковой $I_{\text{стаб}} - 18 \div 40$ А, во время работы ток меняется в пределах $- 20 \div 120$ А. Стержни для импульсной нагрузки от конденсаторов имеют $D_{\text{ст}} = 3 \div 8$ мм без наконечников и с наконечниками из W, $D = 0,6 \div 1$ мм и длиной $5 \div 10$ мм. Тупоголовые электроды без наконечников заостряются под угол в $30 \div 45^\circ$. При подаче тока плотность импульсного тока составляет 2 кА/мм^2 , время разряда 10 мс. В опытах применялись батареи из конденсаторов ёмкостью - 200, 500, 700, 2400 мФ, 5 Ф. Катушка - соленоид, со средним диаметром - $1,5D$. Сила тока определяется параметрами рабочей среды и величиной D . Во время проведения экспериментов $I_{\text{солен}}$ менялась в рамках $10 \div 150$ А, [1].

Во время опытов, на вход в первый реактор установки подавались такие рабочие среды как: вода (дистиллят, питьевая, речная воды), водно-минеральные смеси, стоки (промышленные и бытовые), водно-углеродные.

В таблице 1 приведён химический состав вод, использованные в опытах.

Таблица 1 - Химический состав использованных вод

Показатели	Питьевая	Дистиллированная	Речная
Хлориды, мг/л	70	0	25
Сульфаты, мг/л	330	0	18
Железо, мг/л	3,5	0,001	1,4
Марганец, мг/л	1,2	–	1,6
Аммоний, мг/л	1,5	–	0,7
Нитриты, мг/л	ОД	–	0,2
Нитраты, мг/л	1	–	3
Свободный CO_2 , мг/л	13,5	0,1	4
Растворенный O_2 , мг/л	7,5	4	9,5

Оптимальное соотношение - твердое/жидкое 1:10. На рисунке 1 приведена схема технологии получения полиметаллических порошков.

На графике рисунка 2 показана зависимость выхода твердых продуктов из реакционной зоны агрегата от скорости движения рабочей среды.

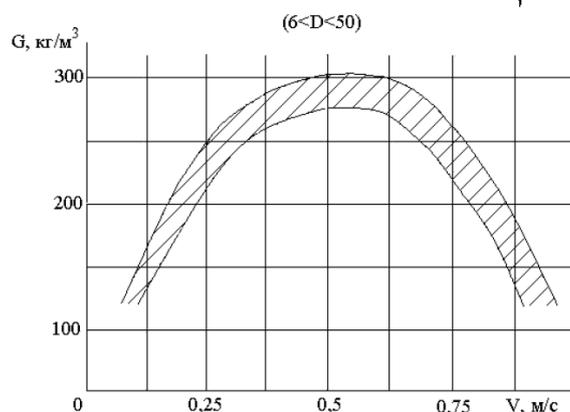
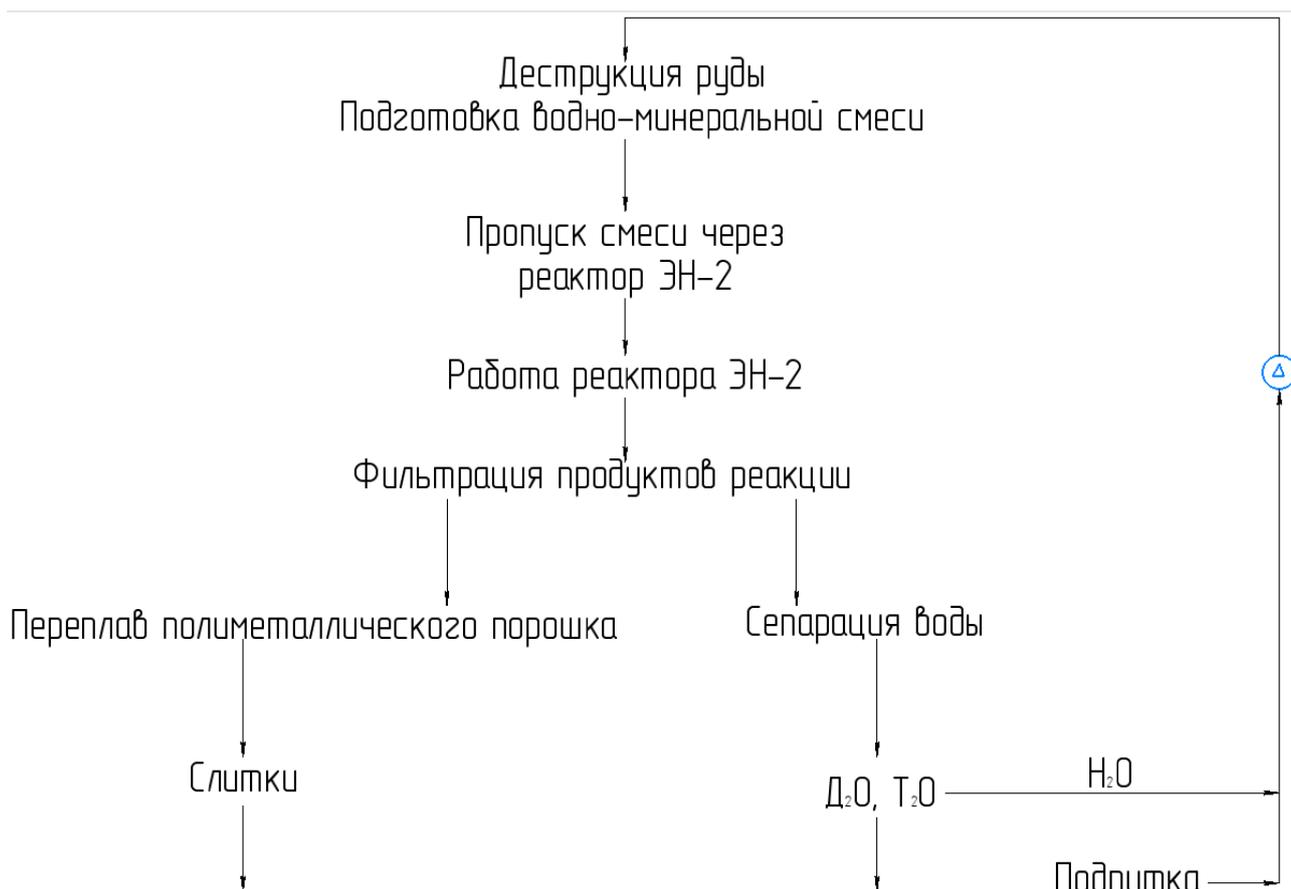


Рис.1 - Схема технологии получения полиметаллических порошков

Рис.2 - Зависимость выхода твердых продуктов из реакционной зоны агрегата от скорости движения рабочей среды

При использовании стабилизирующих электродов диаметром $6 \div 50$ мм, выход продуктов синтеза из зоны реакции агрегата зависит от скорости движения рабочей среды.

Опытно установлено, что при увеличении диаметра реактора увеличивается выход твердых материалов. В таблице 2 приведена зависимость, которая получена при выходе твердых продуктов при изменении диаметра реактора.

Таблица 2 – Выход твердых продуктов в установке «ЭнергоНИВА-2»

D, мм	10	15	20	25	32	40	52
G, г/мин	90	180	270	450	720	1080	1800

После проведения экспериментов было обнаружено наличие таких химических элементов: Li, Be, B, C, Mg, Si, P, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Sn, Se, Pb, Bi, которые выпадают из раствора в виде тонкодисперсных частиц.

При работе аппаратов могут быть использованы два характерных режима: с приоритетом получения новых элементов или получения электрической энергии. Режим получения новых элементов: СВЧ (30-60ГГц с длиной волны 1-0,5см) - производство и переработка новых химических элементов, дезактивация химически токсичных и жидких радиоактивных отходов.

Установлено, что максимум выхода твердых продуктов порядка 300кг/м^3 происходит при скорости воды $0,55\text{м/с}$ и зависит от диаметра реактора. Исследования показали, что для получения каждого целевого элемента существует оптимальный ток стабилизации: для $\text{Zn} = 30\text{А/мм}^2$, $\text{Al} = 18,5\text{А/мм}^2$, $\text{Fe} = 22,2\text{А/мм}^2$, $\text{Cu} = 25\text{А/мм}^2$.

Экспериментально доказано, что из $1\text{м}^3 \text{H}_2\text{O}$ при скорости течения в $0,55\text{м/с}$ можно получить $\rightarrow 214 \text{ кг Fe} + 20 \text{ кг Mn} + \dots + 3,2 \text{ МВт}\cdot\text{ч}$ энергии, [1], [2], [3].

Состав порошков, полученных при работе установки «ЭнергоНИВА» представлено на рисунке 3.

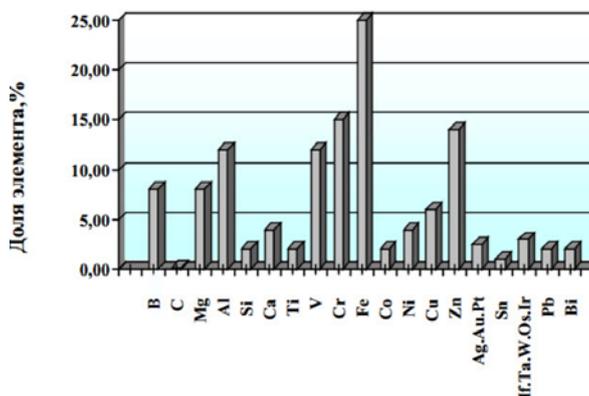


Рис.3 – Состав порошков, полученных при работе установки «ЭнергоНИВА»

Заключение

- данный процесс можно использовать для утилизации радиоактивных отходов атомной промышленности с целью получения стабильных изотопом металлов с дальнейшей их переработкой для нужд промышленности;
- дейтонная горно-металлургическая технология позволяет получать сырьё из естественных источников (вода, отходы промышленности), расширяя базу сырья металлургии, превращая её из энерго- и ресурсопотребляющей в энерго- и ресурсопроизводящую отрасль;
- отсутствие выбросов отходов в окружающую среду.

Список использованных источников

1. «Взаимопревращения химических элементов». В.Ф. Балакирев, В.В. Крымский, Б.В. Болотов и др. Под ред.В.Ф. Балакирева. Екатеринбург: УРО РАН, 2003, с.64;
2. <https://ss69100.livejournal.com/4810367.html>;
3. Шадрин А.А. «Переработка радиоактивных отходов с помощью реактора А.В. Вачаева на базе LENR», Экспертно-исследовательская лаборатория внедрения инновационных проектов АИСТ.

Точечная сварка – электронике

Студенты гр. 10403119 Литвинов Н.С., Сташкевич В.Г.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Гольцова М. В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Неизвестно, когда и при каких обстоятельствах был открыт Н.Н. Бенардосом принцип точечной сварки. Патент на этот способ был выдан на его имя в Германии 21.01.1888 г. В качестве электродов служили графитовые бруски, вставляемые в клещи, которые сжимали вручную. В заявке на изобретение, поданной в России, была подробно описана технология и предлагалось несколько устройств для точечной сварки.

Точечная сварка также известна как контактная точечная сварка и является одним из процессов сварки, в которых не используется защитный газ. Процесс основан на избирательном нагреве и разжижении двух деталей, сжатых вместе, под действием высокого напряжения.

По сравнению с другими сварочными процессами, точечная сварка отличается хорошей производительностью, высокой степенью автоматизации и низким уровнем деформации материала. По этой причине процесс соединения в основном используется в производстве кузовов и транспортных средств, при производстве листового металла и в электротехнической промышленности.

При точечной сварке может использоваться система Arduino Nano. Она представляет собой блок управления, благодаря которому можно эффективно управлять энергоснабжением установки. Каждая сварка является наилучшим для определённого случая и потребляется энергии столько, сколько требуется. Энергия при этом поступает от автомобильного аккумулятора.

Технический процесс точечной сварки относительно прост и в упрощенном виде может быть представлен четырьмя этапами процесса:

1. **Выравнивание деталей:** первый шаг - точно выровнять две соединяемые детали друг с другом. Очень важно добиться высокого уровня точности. Исправить ошибки после прочной сварки можно только с большими усилиями.
2. **Присоединение и прижатие электродов:** в процессе сварки электроды несут ответственность за проведение электрического тока через соединяемые детали. По этой причине они должны выдерживать высокие электрические и тепловые нагрузки и предпочтительно изготовлены из вольфрама или молибдена. Электроды с обеих сторон прижимаются к точкам сварки и удерживают детали вместе.
3. **Нагревание и разжижение:** после выравнивания заготовок и присоединения электродов электрический сварочный ток пропускается через заготовку от электрода к электроду. Электрическое сопротивление деталей гарантирует, что электрическая энергия преобразуется в тепловую и что происходит сильный локальный нагрев вплоть до разжижения. В зоне контакта две детали постоянно соединяются друг с другом посредством этого процесса.
4. **Удаление электродов:** после того, как две части прочно соединены друг с другом, электроды удаляются и снова прижимаются в следующей точке. Продолжительность источника питания или время сварки зависит от различных факторов и варьируется от случая к случаю.

Описанные здесь этапы процесса можно повторять сколь угодно часто, причем необходимое количество повторений зависит от размера заготовки.

Точечная сварка сегодня применяется как вручную, так и автоматически. В то время как автомобильные мастерские или ремесленные предприятия в основном работают с мобильным оборудованием для контактной сварки, сварочные роботы с высокой степенью автоматизации также используются в серийном производстве. Сварочные клещи обычно используются в мобильных устройствах для контактной сварки.

При точечной сварке сильный точечный нагрев вызывает различные химические взаимодействия между атомами двух деталей. Это приводит к различным типам соединений: помимо соединения в расплавленном состоянии, существует также диффузионное соединение и соединение в твердой фазе.

Поскольку указанные свойства соединения в значительной степени зависят от соединяемых материалов, не все материалы можно сваривать одинаково хорошо. Хотя материалы с высокой теплопроводностью и электропроводностью не подходят, например, из-за быстрого рассеивания тепла, хрупкие и твердые материалы имеют тенденцию ломаться во время процесса охлаждения.

Однако в принципе точечная сварка подходит для целого ряда материалов при условии учета параметров сварки. Это включает: алюминий, латунь, медь, золото, бронза, никель, титан, платина, хром, железо, молибден.

Из-за короткого времени цикла и высокой рентабельности точечная сварка очень популярна, особенно когда речь идет о неразъемном соединении листового металла. Листы и профили толщиной до 3 мм можно без ограничений соединять между собой точечной сваркой. Как сила тока, так и время сварки во многом зависят от толщины соединяемых листов.

Области применения точечной сварки варьируются от чистой обработки листового металла до соединения стальных листов в кузовостроении и автомобилестроении до ремонта и технического обслуживания в судостроении. Сегодня на долю точечной сварки приходится около 70% всех соединений, выполняемых контактной сваркой. Например, в конструкциях современных авиалайнеров насчитывается несколько миллионов сварных точек, автомобилей — до 5000–7000, пассажирских железнодорожных вагонов — порядка 30000 точек. Диапазон свариваемых толщин – от нескольких микрометров до 30 мм [1]. Но все-таки наиболее ярким является применение точечной сварки в электронной промышленности – например, для производства конденсаторов или комплектов контактов реле.

Преимущества точечной сварки:

1. Низкая деформация компонентов из-за нагрева при сварке;
2. Высокая энергоэффективность;
3. Высокая рентабельность;
4. Широкие возможности для автоматизации;
5. Никаких дополнительных материалов не требуется;
6. Подходит для самых разных комбинаций материалов;
7. Экономит затраты на проведения соединения металлов.

Недостатки точечной сварки:

1. Точечную сварку не образует достаточный проникающий сварочный шов для сварки более толстых металлов;
2. Требуется много места;
3. Редко применяется для сварки поверхности предмета;
4. Процесс является опасным для сварщика.

Список использованных источников

- Катаев, Р.Ф. Теория и технология контактной сварки: учебное пособие / Р. Ф. Катаев, В. С. Милютин, М. Г. Близник. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2015. — 144 с.

Охрана труда, про- мышленная безопас- ность и ЭКОЛОГИЯ

Анализ производственного травматизма на «Белорусской ГРЭС

Студент гр.10609119 Черевако М.
Научный руководитель - Мордик Е.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Охрана труда является важнейшим социально-экономическим вопросом, требующим к себе постоянного внимания со стороны государства, работодателей, объединений работников. На Белорусской ГРЭС постоянно проводится анализ причин производственного травматизма и профессиональной заболеваемости в организациях ГПО «Белэнерго», осуществляется разработка и реализация мер по их профилактике.

В целях обеспечения требований охраны труда, распространения правовых знаний, проведения профилактической работы по предупреждению производственного травматизма и профессиональных заболеваний на Белорусской ГРЭС создано 1 кабинет и 9 уголков по охране труда.

Несчастных случаев, отказов 1 и 2-ой степени, аварий основного и вспомогательного оборудования, технологических нарушений за 2020 и 2021 года не было.

Однако, 28 января 2019 года в 14 часов 45 минут с водителем погрузчика ЦПТ «Осинторф» произошел несчастный случай, приведший к тяжелой производственной травме, при замене аккумуляторной батареи, установленной на погрузчике «Амкодор» 342Р-01, в результате взрыва аккумуляторной батареи. Расследование несчастного случая проведено государственным инспектором труда с участием уполномоченных представителей, составлен Акт формы Н-1.

В ходе проведения расследования выявлен ряд отступлений от норм и правил по Охране труда персоналом филиала:

- отсутствует график с указанием периодичности проведения технического обслуживания автотракторной техники на ЦПТ «Осинторф»;
- отсутствуют записи в формуляре погрузчика «Амкодор» о проведении технического обслуживания;
- в журнале выдачи заданий при выдаче задания на проведение технического обслуживания автотракторной техники, не обеспечено указание регистрационного знака данной техники;
- не обеспечена работоспособность электрофакельного устройства облегчения запуска двигателей (согласно руководству по эксплуатации) на всей находящейся в эксплуатации автотракторной технике;
- в должностной инструкции механика по ремонту транспорта, не в полном объеме произведено указание нормативно-технической документации, знание которой требуется для исполнения его обязанностей; при проведении технического обслуживания и ремонта;
- не в полном объеме обеспечено наличие записей в журнале выдачи заданий (или ином документе) об изъятии и возврате ключей от замка зажигания.

За отступления от норм и правил по охране труда, выявленные в ходе проведения расследования, виновные привлечены к ответственности.

Коэффициент частоты производственного травматизма – численность работников, потерпевших при несчастных случаях на производстве, на 100 работающих (Кч) – 2,96.

Коэффициент тяжести производственного травматизма – количество дней нетрудоспособности в расчёте на одного потерпевшего (Кт) – 58.

Безопасность выполнения работ по контролю качества соединений на кабелях

Студент гр. 10603218 Конон М.А.
Научный руководитель - Филянович Л.П.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Для обеспечения надежной и безопасной работы кабельных линий необходимо выполнение контрольных работ по оценке качества всех контактных соединений в процессе монтажа различных кабельных муфт и др. конструкций. Такая работа проводится постоянно как на этапе планировании таких работ, а также непосредственно при выполнении всех видов контактных соединений, а также после их выполнения.

Например, качество всех сварных соединений выполняется методом визуального осмотра. А в том случае, когда выявляются трещины величиной более 2-3 мм либо пережег в местах соединений такие соединения непригодны. При выполнении контрольных исследований важным элементом является определение уровня заполнения применяемого припоя пазов между гильзой и токоведущим проводом.

В некоторых случаях применяют для изолирования токоведущих жил специальные изолирующие ленты. Такие ленты выполняются на предприятии и поставляются в специальных металлических ёмкостях, которые заполняются масляным составом.

Для выполнения контактных соединений при прокладке кабельных линий так же может применяться специальная пряжа, которая поставляется в герметичных ёмкостях и требует особого вида хранения.

Более распространённым видом соединений является применение кабельной муфты, которая заливается специальной кабельной массой. Перед выполнением заливки осуществляется разогрев кабельной массы, при этом работа выполняется с открытой крышкой в той ёмкости в которой находится кабельная масса, во избежание взрыва, который может произойти если, нагрев выполнять в закрытой ёмкости. При выполнении таких работ электротехнический персонал выполняет следующие требования:

- кабельную массу запрещено доводить до кипения;
- перед выполнением заливки кабельной массы удаляются все виды загрязнений на месте работы.

Заливка битумной массы выполняются в различные чугунные соединения и др. в несколько этапов:

- во-первых заливается 50% полости муфты;
- во-вторых объём доводится до 75 % после того, как первая доза затвердела;
- во время третьего этапа заполняется весь объём после затвердения предыдущих порций.

Для монтажа кабельных муфт применяются так же эпоксидные компаунды, в состав которых входят эпоксидные смолы, которые весьма эффективны особенно в сочетании с различными видами отвердителей. Применяемые компаунды на основе эпоксидных смол имеют высокий уровень диэлектрических свойств, а также высокую стойкость к колебанию температур, вибрациям, воздействию химических соединений и др.

Для обеспечения безопасности при выполнении работ на кабельных линиях, которые связаны прокладкой, ремонтом, обслуживанием, монтажом, а также с контролем качества соединений участков кабельных линий и др., необходимо выполнение некоторых организационных и технических мероприятий:

- работы выполняются по наряду или распоряжениям;
- назначаются лица, ответственные за безопасность проведения работ;

- работы выполняет электротехнический персонал с 2-5 группой по электробезопасности;
- персонал должен пройти инструктаж на рабочем месте с записью в специальном журнале;
- на месте выполнения работ выполняются необходимые ограждения;
- при необходимости выставляется дежурный, вывешиваются плакаты и знаки безопасности;
- работы выполняются под надзором наблюдающего;
- персонал обеспечивается необходимыми средствами защиты.

Безопасность при использовании роботов

Студент гр. 10309119 Севрюков А.В., Матиевский А.Е.
Научный руководитель Абметко О.В.
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Роботизированные промышленные системы, на практике, изолированы от людей. Необходимость этого, заключается в защите персонала от травм. Но, благодаря новым технологическим достижениям растет потенциал робототехнических решений с точки зрения точности работы, что позволяет повысить их безопасность при использовании рядом с людьми.

Любой робот, в особенности промышленный, представляет источник повышенной опасности. Огромные промышленные роботы-погрузчики либо же роботы-манипуляторы могут с лёгкостью травмировать и даже убить человека, который по собственной неосторожности оказался на пути у робота.

Основными видами опасности для здоровья и жизни обслуживающего персонала являются: механические повреждения, электрические травмы, ожоги, химические травмы. Меры безопасности следует учитывать уже на этапе проектирования. Необходимо предусматривать также специальные устройства торможения (демпфирования в условиях значительных изменений нагружения, специальные меры выравнивания перемещаемых масс при значительных динамических нагрузках). Важным элементом в системе программирования и управления является необходимостью встраивание специальных диагностирующих средств и алгоритмов. Для обеспечения безопасности требуется использовать такие средства механической защиты как средства ограждения рабочей зоны промышленных роботов, использование специальных датчиков, фиксирующих направление, наличие посторонних предметов в рабочей зоне, электрические кабели должны иметь покрытие, устойчивое к воздействию агрессивных сред, штепсельные разъемы должны быть герметичны. Необходимо так же проводить анализ работы промышленных роботов в составе автоматизированных линий с целью выявления скрытой опасности, которая может возникнуть при совместной работе роботов с элементами автоматической линии [1].

Основная проблема заключается в ограниченном интеллекте робота. Хотя робота можно запрограммировать выполнять любое действие, установить на него различные датчики, которые были бы способны предотвратить несчастные случаи, сами по себе роботы не обладают собственным интеллектом и в большинстве своем представляют собой бездумные машины, прямо следующие запрограммированным протоколам. Робот может выполнять свою программу, не осознавая, что произошел сбой и в данный момент робот устраивает погром, уничтожая продукцию и является источником опасности для жизни и здоровья работников. Итогом является, возможные человеческие жертвы. Побочным уроном является повреждение либо же уничтожение готовой продукции и сырья, что так же несет серьезные материальные убытки.

Особую опасность представляют в данной ситуации подвижные роботы, способные осуществлять перемещения во всех направлениях. Даже если такой робот имеет чётко запрограммированную траекторию движения, нельзя забывать, что в силу различных сбоев, либо же износа/повреждения подвижной части, может привести к резкой смене курса движения робота. Также проблема заключается в том, что по окончании рабочего цикла и возвращения робота на исходную позицию для начала повторного цикла, либо же при переходе робота в другую зону для выполнения иного цикла, траектория движения робота так же может быть неконтролируемой.

Ко всему прочему, возможны ситуации, когда робот находится в неподвижном состоянии, но не является отключенным. Система ждет, когда будет подан входной сигнал для начала работы. И нахождение вблизи такого робота может повлечь за собой травмоопасность

вследствие внезапно заработавшего робота. То же самое и возможно при экстренном отключении робота в силу. При включении робот продолжает выполнять свой рабочий цикл. Особую опасность представляют ситуации, когда в силу некоторых технических обстоятельств работник вынужден войти в опасную зону действия робота, для починки либо же калибровки робота. Причем в редких случаях возникают ситуации, когда робота невозможно отключить.

В целях повышения безопасности при эксплуатации роботов, проводится ряд мероприятий, направленных на устранение рисков травмоопасности.

Первым способом является установка ограждений в зоне действия робота. Данные ограждения представляют собой стенки или заборы, ограждающие роботов от работников. Вход в данную зону представляет собой закрываемую на ключ дверь, что предотвращает попадание людей в зону действия рабочего робота.

Вторым способом является установка блокираторов. Нажатие на кнопку, отвечающую за блокировку, принудительно прекращает работу робота. После повторного нажатия, блокировка снимается. Обязательным является установка кнопок аварийной остановки.

Третий способ заключается в ограничении зоны действия робота. Делается это двумя основными способами: программированием либо же установки каких-либо физических упоров, ограничивающих подвижность робота. Некоторую пользу приносит так же правильное размещение оборудования. Как правило, на заводах имеются какие-либо станки, непосредственно к которым в дальнейшем добавляются роботы. Суть правильного размещения заключается в минимизации рисков для оператора посредством создания максимального расстояния между роботом и оператором. В таком случае, робот размещается на максимальном расстоянии от ограждений.

Обязательным средством повышения безопасности является установка предупредительных знаков и звуковой либо же световой индикации, которые, как правило, сигнализируют человека о том, что робот не выключен и все еще представляет средство повышенной опасности.

Повышение надежности роботов способствует снижению сбоев. Резкий скачок напряжения либо же перегрев способен вывести робота из строя. Поэтому вопрос пыли и влагозащиты, являются первостепенными. При эксплуатации робота в условиях повышенной температуры следует установить охлаждающую установку.

Повышения безопасности можно добиться даже на стадии проектирования робота. Удаление всех острых граней и установка мягкой обшивки способна значительно снизить опасность робота.

Ко всему вышеперечисленному, инструктаж по охране труда для работников предприятия является важным пунктом повышения безопасности труда. Периодическое проведение лекций и семинаров по безопасности, на которых рабочему персоналу доступно объясняют правила техники безопасности и недопустимость их нарушения, способно уменьшить количество несчастных случаев, произошедших по причине халатности персонала [2].

Список использованных источников

1. Поезжаева, Е. В. Охрана труда при использовании промышленных роботов / Е. В. Поезжаева, А. Г. Федотов, П. В. Заглядов. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2015. — № 16 (96). — С. 225-228. — Режим доступа: URL: <https://moluch.ru/archive/96/21609>. — Дата доступа: 27.10.2021.

2. Т. Ретч, Г. Шмиттер, А. Марти. Принципы безопасности для промышленных роботов // Электронная версия на сайте. — Дата доступа: 27.10.2021.

Вредное воздействие смазочно-охлаждающих жидкостей

Студенты гр. 10305117 Данилович В.С., Шапорова Е.В.
 Научный руководитель - Кот Т.П.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

В машиностроительном производстве активно применяются СОЖ. Их использование способствует улучшению качества обработки, снижению адгезионного схватывания обрабатываемого и инструментального материала. Вместе с тем, многие из них токсичны и вредны для операторов металлорежущих станков, контактирующих с ними.

Проникать в организм СОЖ могут различными путями. Прежде всего, при непосредственном контакте в случае прямого попадания на кожные покровы, а также при вдыхании паров, аэрозолей СОЖ. Длительное неблагоприятное воздействие смазочно-охлаждающих жидкостей может привести к развитию различных заболеваний, в том числе профессиональных.

На рис. 1 представлены основные пути попадания смазочно-охлаждающих жидкостей в организм человека, и профессиональные заболевания, развивающиеся в результате их воздействия.



Рисунок 1 – Основные пути поступления СОЖ в организм и вызванные их воздействием заболевания

Негативное воздействие СОЖ проявляется как при эксплуатации, так и при утилизации и обезвреживании. Наибольшую опасность среди компонентов отходов СОЖ представляют углеводороды. Они оказывают угнетающее действие на центральную нервную, сердечно-сосудистую и эндокринную системы, способствуют развитию острых и хронических отравлений. Влияют на изменение структуры и состава крови, которое проявляется в снижении количества эритроцитов и низком уровне гемоглобина [1, 3].

Следует отметить также отрицательное воздействие отработавших смазочно-охлажда-

ющих жидкостей на окружающую среду. На рисунке 2 показаны пути основные пути их попадания и миграция в биосфере.

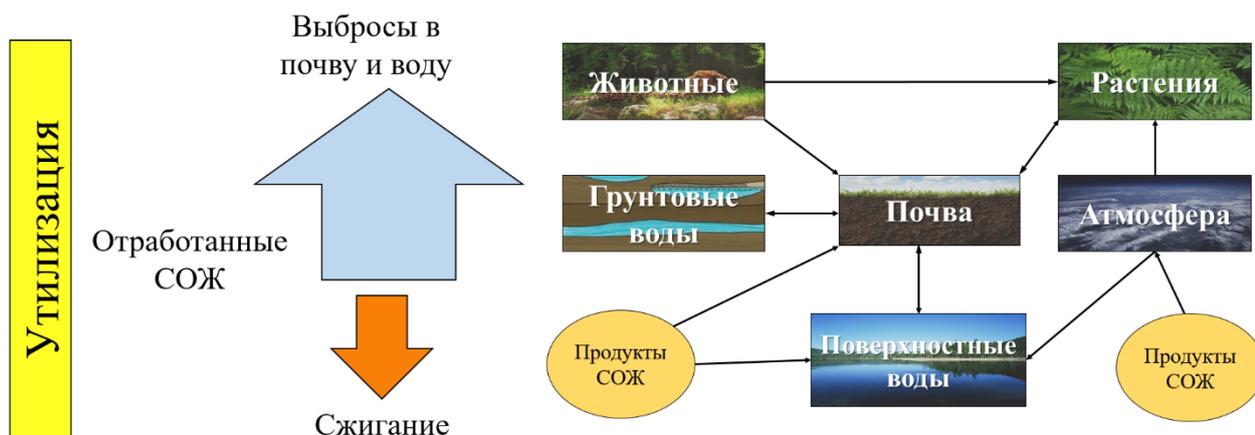


Рисунок 2 – Пути попадания и миграции СОЖ в биосфере

Загрязнение происходит при испарении отработавших смазочно-охлаждающих жидкостей. В воздух выделяются такие токсичные вещества как: органические соединения хлора, диоксид серы, соединения тяжелых металлов. Наибольшую опасность представляют полихлордибензодиоксины и полихлордibenзофураны, образующиеся при испарении синтетических масел [2].

Эти же вещества представляют опасность для персонала в зоне их выделения в производственных условиях.

Менее опасны по воздействию СОЖ на водной основе. Однако и они являются источником выделения различных вредных веществ: триэтанолamina, нитрита натрия и др.

Для снижения последствий воздействия смазочно-охлаждающих жидкостей необходимо:

- совершенствовать технологические процессы с использованием СОЖ;
- соблюдать меры безопасности при их хранении, транспортировании, эксплуатации и замене;
- соблюдать сроки замены;
- осуществлять контроль качества смазочно-охлаждающих жидкостей;
- совершенствовать процесс их утилизации.

Наиболее перспективным направлением снижения вредного воздействия СОЖ несомненно является внедрение методов, позволяющих сократить их использование в машиностроительной отрасли.

Список использованных источников

1. Хамидуллова Л. Р., Васильев А. В. Воздействие СОЖ предприятий машиностроения как проблема техносферной безопасности //Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов ЕЛРIT 2009. – 2009. – С. 290-295.
2. Тлехусеж М. А., Сороцкая Л. Н., Солоненко Л. А. Экологически чистые СОЖ для обработки металлов резанием //Фундаментальные исследования. – 2015. – Т. 4. – №. 7.- с. 727-730.
3. Мельникова Д. В., Волков Д. А. Анализ токсикологического воздействия смазочно-охлаждающих технологических средств промышленных предприятий на организм человека и окружающую среду //Фундаментальные исследования. – 2014. – Т. 7. – №. 11.- с. 1555-1559.

Инновационные технологии в области охраны труда на строительных площадках. BIM

Студенты гр. 11002217 Развенкова А. Юю, Горох Е. С.
 Научный руководитель - Вершеня Е. Г.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Охрана труда представляет собой совокупность определенных мероприятий, направленных на безопасность жизни и здоровья человека на рабочем месте. В сфере строительства риск получения производственного травматизма и случаев с летальным исходом, как правило, выше, чем в остальных. Это связано с тем, что множество операций производится вручную и с применением механизированных инструментов как на самой строительной площадке, где существует риск несчастного случая, так и на высоте. Кроме того, строительные работы производятся и в трудных климатических условиях (дождь, снег, высокая или отрицательная температура воздуха и пр.), высокий уровень шума и многое другое.

Пионер промышленной безопасности Герберт Уильям Генрих установил закономерность несчастных случаев и в 1931 году в своей книге «Научный подход к предотвращению несчастных случаев на производстве» на основании статистического материала описал методы их предотвращения. Данные проведенного анализа получили название Закон Генриха, а созданная им пирамида травматизма (пирамида Генриха) является одним из основных принципов для системы управления охраной труда (рисунок 1).

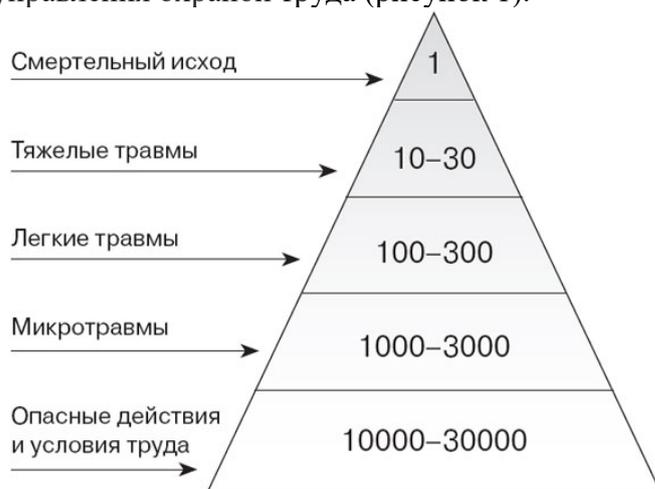


Рисунок 1 – Пирамида Генриха

Закон Генриха гласит, что на один летальный случай на производстве, приходится до 30 несчастных случаев с тяжелыми последствиями, повлекшими инвалидность, 300 случаев легких травм, в которых рабочие оказывают сами себе помощь, 3000 микротравм и более 30000 вызванных опасными действиями и условиями труда.

В настоящее время градостроительство развивается с большой скоростью и имеет огромные масштабы, сложные конструкции и сооружения, в связи с чем потребность во внедрении новых решений для упрощения строительных операций и увеличения скорости сдачи объектов в эксплуатацию возрастает в зависимости от развития городских систем.

Система управления охраной труда, которая необходима в строительной организации при строительстве современных комплексных объектов, требует наличия современных технологий и методов, позволяющих эффективно следить за исполнением требований по охране труда.

Среди наиболее применяемых инноваций в области охраны труда можно выделить BIM (Building Information Modeling) — технологию контроля уровня техники безопасности и охраны труда, основанную на риск-ориентированном подходе.

Building Information Modeling – на русский язык переводится как информационное моделирование здания. Сокращенное обозначение включает в себя комплекс мероприятий и работ по управлению жизненным циклом здания, начиная от проекта и до демонтажа.

Данный метод представляет собой технологию, которая позволяет выявить границы опасных производственных факторов в зависимости от видов строительно-монтажных и земляных работ, а также классифицировать условия труда, к которым эти опасные производственные факторы относятся. Данный метод позволяет создавать 3D-модель строительного объекта и осуществлять мониторинг соблюдения требований по охране труда на всех этапах возводимого строительного объекта одновременно.

У технологии BIM можно выделить ряд достоинств [4]:

- 1) автоматическое создание чертежей и анализ проекта;
- 2) возможность использования информации различными специалистами на протяжении всех этапов строительства, что исключает ошибки, потерю информации при передаче;
- 3) снижение затрат и проектных ошибок (коллизии);
- 4) минимизировать количество времени на разработку проекта, так как увеличивается возможность реализовывать некоторые операции одновременно;
- 5) возможность точного построения инженерных систем здания;
- 6) возможность более быстрого и простого процесса подбора требуемого оборудования;
- 7) автоматизация создания точных спецификаций и ведомостей;
- 8) возможность определения экономических и экологических характеристик здания уже на стадии эскизного проекта, что позволяет заранее внести изменения в проект, если требуется;
- 9) возможность прогнозирования сметы;
- 10) осуществляется оптимизация процесса строительства, управления, контроль за графиком выполнения работ, за расходом материалов и средств.

Применение BIM привело к появлению множества качественных выгод, которые влияют на рост конкурентоспособности предприятия [7]:

- 1) повышение автоматизации процессов;
- 2) снижение рисков проекта;
- 3) повышение безопасности на объекте;
- 4) повышение качества проекта;
- 5) повышение эффективности коммуникаций между участниками проекта.

Внедрение BIM технологии упрощает создание рабочей документации и является результатом уменьшения запросов, связанных с ее изменением со стороны строителей. Значительно повышается производительность благодаря оптимальному составлению смет, строительных планов.

Но также, следует учесть и недостатки системы. К ним относятся:

- 1) BIM- технологии не приспособлены к выпуску проектной документации в Беларуси, в результате чего необходимо настраивать все параметры вручную;
- 2) достаточно высокая стоимость программного обеспечения (ПО);
- 3) высокая стоимость обучения комплексу программ;
- 4) возникают сложности в освоении;
- 5) возникает необходимость менять организацию процесса проектирования в целом;
- 6) отсутствие возможности проведения расчетов (необходимо использование других программ);
- 7) потеря существующих рабочих практик при переходе на BIM.

Все недостатки BIM-моделирования, которые возникают по ходу работы (стоимость ПО, обучение, время на переобучение сотрудников и т. д.) являются косвенными. Но если учесть преимущества данной технологии и сделать вывод, то все эти показатели через какое-то время восполняются за счет достоинств данной системы. Все перечисленные выше, преимущества и недостатки указывают на рациональность перехода на BIM-моделирование.

Последнее время к BIM-технологиям отмечается огромный интерес. С одной стороны, это происходит благодаря правительственным поручениям, но в основном благодаря большим технологическим скачкам. Несмотря на то, что упор делается на соотношение цены и качества и повышение эффективности, BIM может сыграть жизненно важную роль в предоставлении более безопасных активов. Вопросы здоровья и безопасности в BIM не являются исключительной прерогативой «поколения технологий» и не выходят за рамки дизайнерских решений.

Поэтапное внедрение BIM в сфере охраны труда и техники безопасности на строительных площадках показало, что данная технология является идеальным инструментом в руках инспекторов. Это позволило прогнозировать и выявлять опасные ситуации на несколько месяцев вперед, корректировать ситуацию в зависимости от погодных условий, наличия новых подрядных организаций, этапа того или иного вида строительно-монтажных работ.

Список использованных источников

[1] В. Талапов, Технологии BIM: расходы на внедрение и доходы от пользования, [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=16748

[2] О. И. Пакидов, Что такое BIM и зачем он нужен строительному комплексу России, [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=15092 4 Autodesk. Building Information Modeling// Autodesk Building Industry Solution. 2002

[3] К. Новоковский, Так ли эффективны BIM- технологии Яковлева С. А. Преимущества и недостатки использования BIM при проектировании // StudArctic Forum. 2017 № 3(7) проектирования, как об этом говорят, [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader <https://maistro.ru/articles/stroitelnye-konstrukcii.-proektirovanie-i-raschet/obzor-bim-tehnologii>

[4] В. П. Куприяновский, П. А. Тищенко, С. А. Синягов, М. А. Раевский, С. И. Савельев, В. В. Кононов, А. И. Сачик, BIM- основы и преимущества применения технологий// ArcReview. 2015. 2(73)

[5] О.И. Пакидов, Основы BIM: Информационное моделирование для строителей. Набережные Челны.2014

[6] В. Талапов, Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий// ДМК Пресс. 2011.392 20 В.В. Ильин, История стандартизации BIM

[7] Куприяновский В. П., Синягов С.А., Добрынин А. П. BIM- цифровая экономика. Как достигли успеха? Практический подход к теоретической концепции. Часть1. Подходы и основные преимущества BIM// International Journal Of Open Information Technologies. 2016.

Исследование условий труда на рабочих местах формовщиков

Студенты гр. 10405319 Руленков А.Д., Бобров А.И.
Научный руководитель Лазаренков А.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Условия труда на рабочих местах формовщиков определяются комплексом факторов производственной среды, таких как шум, вибрация, содержание пыли в воздухе рабочей зоны, параметры микроклимата (температура и скорость движения воздуха) [1, 2]. Оценка данных параметров проводилась по результатам проведенных исследований на рабочих местах формовочных участков литейных цехов.

В классификаторе специальностей и профессий имеются формовщик ручной формовки и формовщик машинной формовки. При машинной формовке используется формовочное оборудование и различные способы уплотнения форм. В табл. 1 приведены признаки, которые определяют условий труда формовщиков [2].

Уровень шума на рабочих местах формовщиков в зависимости от применяемого оборудования и ручного инструмента находится в интервале от 81 до 98 дБ и превышает допустимый уровень шума 80 дБ. Наибольшие уровни шума отмечаются при изготовлении полуформ из песчано-глинистой смеси на машинах с уплотнением смеси встряхиванием (на 6-18 дБ), с вибрационным уплотнением (на 6-10 дБ), с использованием пескометов с ручным управлением (на 9-16 дБ). Не наблюдается превышения предельно допустимого уровня (ПДУ) при изготовлении форм из жидких самотвердеющих смесей, при вакуумно-пленочной формовке и уплотнением прессованием. Шум, создаваемый оборудованием, является широкополосным, звуковое поле неоднородно в связи с наличием источников шума различных по уровню акустической мощности и характеру спектра. Шум, создаваемый оборудованием, непостоянный, с максимальным уровнем звуковой мощности в области средних и высоких частот. Это говорит о значительном воздействии шума на формовщиков, что приводит к профессиональному заболеванию невритом слухового органа.

Превышения допустимых уровней общей технологической вибрации отмечены только у формовочных машин с уплотнением встряхиванием без амортизации ударов (на 2-6 дБ) и встряхиванием с подпрессовкой (на 1-4 дБ). Уровни локальной вибрации превышали допустимые значения при ручном управлении пескометом (на 2-6 дБ) и уплотнении смеси с помощью пневмотрамбовки (на 5-9 дБ). Следует отметить, что работы выполняются при высокой напряженности труда в неблагоприятных условиях (значительные уровни шума, запыленность, высокие температуры и скорость движения воздуха). А это увеличивает вероятность развития профессионального заболевания вибрационной болезнью в короткие периоды работы.

Концентрации пыли в рабочей зоне формовщиков (при наполнении опок песчано-глинистой смесью, очистке лишней смеси, очистке подмодельных плит) превышают допустимые в 1,3 – 3, 4 раза, что может привести к заболеванию пылевым бронхитом.

Превышение содержания вредных веществ в воздухе рабочих мест отмечалось только у установок холоднотвердеющих смесей (в 1,6-1,9 раза) и вакуумно-пленочной формовке (в 1,3-1,6 раза). На остальных рабочих местах регистрировались вредные вещества (оксид углерода, фенол, формальдегид и др.) с содержанием в пределах ПДК. Наличие указанных вредных веществ на рабочих местах формовщиков обусловлено миграцией с соседних изолированных друг от друга участков (стержневой, заливочный и др.) [6].

Результаты исследований параметров микроклимата на рабочих местах формовочных участков литейных цехов показывают, что в теплый период года температура воздуха на рабочих местах формовщиков превышает на 3 - 6°С нормативные величины в зависимости от характера производства, расположения формовочных участков в литейных цехах, что харак-

терно и для холодного периода года. Сравнение скоростей движения воздуха на рабочих местах формовщиков с нормативными величинами показало, что превышения допустимых значений скоростей движения воздуха на рабочих местах в теплый период года составляют 1,3 – 2,0 раза, а в холодный – 1,1 – 1,5 раза.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что в литейных цехах не приняты все необходимые меры по нормализации параметров микроклимата. Это приводит к увеличению скорости воздуха в помещениях цеха, появлению сквозняков, к снижению работоспособности и росту количества простудных заболеваний.

Тяжесть трудового процесса у формовщиков оцениваются классом 3.2 (вредные условия труда 2 степени), категория профессионального риска – средняя (существенная), напряженность трудового процесса – класс 3.1 (вредные условия труда 1 степени), категория профессионального риска – малая (умеренная).

Таким образом, при комплексной оценке условий труда формовщиков необходимо учитывать вышеуказанные факторы производственной среды, продолжительность нахождения у работающего оборудования, используемое оборудование и характер производства.

Таблица 1. Классификация признаков оценки условий труда формовщиков

Оборудование, технологический процесс (операция)	Параметры условий труда на рабочих местах				
	шум, дБА (ПДУ=80 дБА)	вибрация, дБ		пыль превыше- ние ПДК, раз	вредные вещества превышение ПДК, раз
		общая (ПДУ=50 дБ)	локальная (ПДУ=76 дБ)		
1	2	3	4	5	6
Уплотнение встряхиванием без амортизации ударов с амортизацией ударов	90-98 86-90	52-56 ПДУ		1,7-2,6 1,7-2,6	ПДК ПДК
Уплотнение вибрационное	86-90	ПДУ		1,7-2,4	ПДК
Уплотнение прессованием	81-85	ПДУ		1,7-2,6	ПДК
Пескометы: ручное управление дистанционное	89-96 81-85	ПДУ	78-82	2,6-3,4 1,3-2,1	ПДК ПДК
Скоростное прессование	83-86	ПДУ		1,6-2,5	ПДК
Установки ЖСС	ПДУ	ПДУ		1,3-2,1	ПДК
Установки ХТС	81-85	ПДУ		1,3-2,1	1,6-1,9
Вакуумно-пленочная формовка (V-процесс)	ПДУ	ПДУ		1,3-2,1	1,3-1,6
Уплотнение пескодувно-прес- совое	81-85	ПДУ		1,7-2,6	ПДК
Встряхивание с подпрессовкой	91-96	51-54		1,7-2,6	ПДК
Гравитационно-прессовое уп- лотнение	ПДУ	ПДУ		1,3-2,1	ПДК
Многостадийное прессование	ПДУ	ПДУ		1,3-2,1	ПДК
Комбинированные импульсные методы уплотнения	83-87	ПДУ		1,3-2,1	ПДК
Ручная формовка (пневмотрам- бовкой)	89-95		81-85	1,4-2,7	ПДК

Список использованных источников

1. Лазаренков А.М., Хорева С.А. Анализ производственных факторов литейных цехов // Труды 24-й Междунар. науч.-техн. конф. «Литейное производство и металлургия 2016, Беларусь». Минск, 19-21 октября 2016. С. 117-120.

2. Лазаренков А.М. Классификация производственных факторов литейного производства / А.М. Лазаренков // *Литье и металлургия*. – Минск, 2021, № 3 – С. 118-122.
3. Лазаренков А.М. Оценка влияния шума на работающих в литейном производстве / А.М. Лазаренков, С.А. Хорева, В.В. Мельниченко // *Литье и металлургия*. – Минск, 2011, № 3 (62) – С. 194-195.
4. Лазаренков А.М. Оценка влияния вибрации на работающих в литейном производстве / А.М. Лазаренков, С.А. Хорева, В.В. Мельниченко // *Литье и металлургия*. – Минск, 2011, № 3 (62) – С. 192-193.
5. Лазаренков А.М, Хорева С.А.. Влияние пыли в воздухе рабочих мест на профессиональную заболеваемость работающих в литейных цехах // Труды 24-й Междунар. науч.-техн. конф. «Литейное производство и металлургия 2016, Беларусь». Минск, 19-21 октября 2016. С. 115-116.
6. Лазаренков А.М. Исследование воздуха рабочих зон литейных цехов / А.М. Лазаренков // *Литье и металлургия*. – Минск, 2019, № 2 – С. 138-142.
7. Лазаренков А.М, Хорева С.А.. Оценка параметров микроклимата рабочих мест литейных цехов // Труды 25-й Междунар. науч.-техн. конф. «Литейное производство и металлургия 2017, Беларусь». Минск, 18-19 октября 2017. С. 216-218.

Исследование электромагнитных излучений, создаваемых интерактивной доской

Студенты гр. 10301119 Янский Р.А., 10305219 Кот Е.В.

Научный руководитель - Кот Т.П.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Современные технологии являются неотъемлемой составляющей жизни, в том числе образовательного процесса. Широко применяются мультимедийные средства (видеопроекторы, интерактивные доски, планшеты), позволяющие в интерактивном режиме эффективно организовать обучение, обеспечивая коммуникативное взаимодействие и способствуя быстрому и эффективному доведению информации.

Применение интерактивных досок позволяет существенно расширить возможности учебного процесса. Однако не утихают споры о вреде интерактивных досок. В первую очередь вредное влияние связывают с электромагнитным излучением.

Интерактивная доска представляет собой систему, в которую входят сенсорный экран, компьютер и проектор. Интерактивные доски подразделяются на доски прямой и обратной проекции. В досках прямой проекции проектор размещается непосредственно перед доской, в досках обратной проекции его располагают за доской [1].

Интерактивные доски подразделяются на: сенсорные, резистивные, оптические, инфракрасные, ультразвуковые, электромагнитные, лазерные. В электромагнитной и лазерной досках необходим специальный «маркер». В резистивной, ультразвуковой и инфракрасной досках управление осуществляется как специальным маркером, так и любым другим предметом [2]. Наиболее распространёнными на сегодняшний день являются электромагнитные интерактивные доски.

Для оценки электромагнитных излучений, создаваемых электромагнитной фронтальной интерактивной доской TECHNOBOARD 88 (4:3), были проведены исследования.

На разных расстояниях от рабочей поверхности доски в 5 точках (по углам и в центральной части доски) измерялась напряженность электрического поля (E) (табл. 1) в двух частотных диапазонах 5 Гц–2 кГц и 2 кГц–400 кГц и плотность магнитного потока.

При проведении измерений на экране было установлено типичное изображение (текст, графики, рисунки).

Исследование воздействия электромагнитного поля от интерактивной доски заключалось в измерении и сравнении полученных результатов установленными гигиеническими нормативами предельно допустимым уровням.

В качестве средств измерений использовался измеритель параметров электрического и магнитного полей ВЕ – МЕТР–АТ–002.

Среднеквадратическое значение напряженности электрического поля измерялось в двух полосах частот: от 5 Гц до 2000 Гц; от 2 кГц до 400 кГц.

Таблица 1 – Результаты измерений напряженности электрического поля от электромагнитной фронтальной интерактивной доски TECHNOBOARD 88 (4:3)

Напряженность электрического поля E , В/м										
Частота, Гц										
Расстояние от доски, м	Точка 1 (левый ниж- ний угол)		Точка 2 (левый верхний угол)		Точка 3 (правый верх- ний угол)		Точка 4 (правый нижний угол)		Точка 5 (центр доски)	
	5 Гц– 2 кГц	2 кГц– 400 кГц	5 Гц– 2 кГц	2 кГц– 400 кГц	5 Гц– 2 кГц	2 кГц– 400 кГц	5 Гц– 2 кГц	2 кГц– 400 кГц	5 Гц– 2 кГц	2 кГц– 400 кГц
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,05	362	1,26	352	1,22	354	1,23	369	1,93	380	1,28

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,25	93,7	0,29	72,6	0,25	74,9	0,29	110,9	0,34	112	0,35
0,5	55,6	0,22	34,8	0,18	37,2	0,2	63,4	0,23	69,5	0,26
1,0	25,3	0,18	13,9	0,17	16,1	0,17	39,8	0,19	45,1	0,25
1,25	12,4	0,09	6,4	0,06	7,2	0,05	16,5	0,1	25,2	0,12

Отклонений плотности магнитного потока от допустимых нормативных значений зафиксировано не было. Вместе с тем, наблюдалось превышение установленных нормативных значений (25 В/м) по напряженности электрического поля на частоте 5 Гц–2 кГц.

Наибольшие значения напряженности электрического поля отмечались в точках 1, 4 и 5, что обусловлено размещением вблизи них зон подключения USB-кабеля (точка 1), сетевого блока питания (точка 4).

Излучения от интерактивной доски усиливаются также влиянием электромагнитного поля, создаваемого мультимедийным проектором. Повышенная напряженность электрического поля в точке 5 фиксировалась на расстоянии до 1,25 м от рабочей поверхности доски. Следовательно, зону вблизи рабочей поверхности интерактивной доски нельзя считать безопасной.

Список использованных источников

1. Голова А.О. Влияние излучения от интерактивной доски на здоровье учащихся [Интернет-ресурс]. – Режим доступа: <https://school-science.ru/3/11/31679> – Дата доступа: 26.10.2021.

2. Интерактивные доски [Интернет-ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/118536/> – Дата доступа: 26.10.2021.

Культура охраны труда в современном мире

Студент гр.11006118 Коваленок Н.А.
Научный руководитель - Вершеня Е.Г.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Культура охраны труда – это совокупность отношения к охране труда на разных этапах производства с целью обеспечения наиболее безопасных условий труда. При высоком уровне культуры охраны труда работники ответственно подходят к выполнению своих обязанностей и обеспечению безопасности на рабочем месте, а наниматель в свою очередь ответственно подходит к безопасной организации работ, информирует работников о возможной опасности и поддерживает обратную связь с работниками в вопросах безопасности труда. Также при высоком уровне культуры охраны труда государственные и общественные организации ведут активный контроль соблюдения законодательства об охране труда и осуществляют профилактику несчастных случаев. Методы и мероприятия по повышению культуры охраны труда включают следующие элементы:

- агитация работников к соблюдению охраны труда
- доступное информирование рабочих о безопасности труда
- организация обратной связи работников и нанимателя по вопросам охраны труда
- организация диалога работников со специалистами в области охраны труда
- чёткая постановка задач и целей предприятия в области охраны труда

Среди перечисленных методов самыми эффективными принято считать доступное информирование рабочих, и агитация соблюдения правил охраны труда. В качестве примера можно привести своевременное информирование работников об опасности труда, ответственности за несоблюдение правил охраны труда, видах средств индивидуальной защиты (СИЗ) и методах их использования.

В современном мире для обеспечения безопасности труда на высоком уровне руководству каждой организации необходимо повышать культуру охраны труда на производстве, привлекая к сотрудничеству в этой сфере специалистов, научных сотрудников, работников организации, а также зарекомендовавший себя зарубежный опыт.

Так Японская модель повышения культуры труда обеспечивается законом «Об охране и гигиене труда» от 1972-го года. Закон указывает обязанности нанимателей в сфере охраны труда, которые включают:

- предотвращать опасность жизни и здоровью работников исходящую от техники, горючих и взрывоопасных веществ.
- предотвращать опасность жизни и здоровью обусловленную методом и местом ведения работ.
- прикладывать систематические усилия для повышения культуры охраны труда и укрепления здоровья работников

Для выполнения данного закона наниматели предоставляют работникам врачебные консультации, проводят обязательные собрания по охране труда и выплачивают денежные вознаграждения за добросовестное соблюдение правил охраны труда.

В основе Норвежской модели повышения культуры охраны труда лежит принцип сотрудничества трёх сторон: предпринимателей, работников и государства. Это сотрудничество регулируется законом о труде (Arbeidsmiljøloven). Норвежская модель подразумевает плотное взаимодействие работника и нанимателя в области повышения культуры охраны труда, согласно которому наниматель рассматривает все предложения работников по обеспечению безопасности на рабочем месте по средствам профсоюзов.

В Канаде пропаганду повышения культуры охраны труда осуществляет Канадский центр гигиены и безопасности на рабочем месте. В его обязанности входит:

- пропаганда соблюдения санитарно-гигиенических требований и безопасности на рабочем месте;
- обеспечение консультаций и сотрудничества между органами исполнительной власти федерации, провинций и местными учреждениями;
- посредничество в отношениях работников и работодателей;
 - помощь в разработке и внедрении программ, позволяющих снизить количество несчастных случаев на рабочих местах;
 - кроме того, Центр занимает место государственного статистического и справочного центра по безопасности и гигиене труда.

В Канаде нет единой организации, следящей за соблюдением правил охраны труда. Её роль выполняют общественные региональные организации в каждой отдельной сфере. Подобный способ организации используется для снижения коррупции и повышения эффективности работы. Также в разных регионах Канады действуют свои законы в области охраны труда. Инспекции, следящие за безопасностью охраны труда в различных отраслях, состоят из специалистов данной отрасли. В случае обнаружения нарушений охраны труда, инспектора имеют право:

- выдавать предписания об устранении нарушений;
- приостанавливать работу поднадзорных предприятий;
- налагать штрафы;
- инициировать возбуждение уголовного дела по факту нарушения;
- приостанавливать действие лицензий.

В США основы современной культуры охраны труда были заложены в законе «Об охране труда» от 29 декабря 1970-го года. Закон вступил в силу 28 апреля 1971 года и сейчас эта дата считается Всемирным днём охраны труда.

Данный закон учреждал Управление по охране труда и Национальный институт охраны труда. В обязанности Управление по охране труда входит разработка нормативов по охране труда и контроль их соблюдения. Для этого Управление по охране труда ежемесячно проводит проверки на рабочих местах с целью выявления нарушений и устанавливает штрафы с целью профилактики дальнейших нарушений. В обязанности Национального института охраны труда входит независимое исследование нарушений охраны труда и их последствий, с целью их дальнейшего предотвращения.

Список использованных источников

1. Андреев С. В. Охрана труда от "А" до "Я": [практическое пособие] / С. В. Андреев О. С. Ефремова. Москва: Альфа-Пресс, 2006. - 391 с.
2. Асаенок И. С. Профессиональные риски: методология анализа и правления / И. С. Асаенок Е. Е. Кученева. Минск: Бестпринт, 2009. - 180 с. : ил.
3. Вайнштейн, Л. А. Эргономика безопасности трудовой деятельности Л. А. Вайнштейн. - Минск: Белорусский Дом Печати, 2012. - 160 с.: ил. (Библиотека журнала "Ахова працы". Серия "В помощь руководителю").
4. Михнюк, Т.Ф. Расчет социально-экономической эффективности трудоохранных затрат: методическое пособие по дисциплине "Охрана труда" Т. Ф. Михнюк; БГУИР, БГУИР, 2011. - 16 с. : табл.

Меры безопасности при выполнении электромонтажных работ на высоте

Студент гр.10603118 Сехович Е.П.
Научный руководитель - Филянович Л.П.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Выполнение работ по монтажу электрооборудования на высоте более 5 м считаются верхолазными. К ним предъявляются следующие требования безопасности:

1. Допускается персонал не моложе 18 и не старше 60 лет;
2. Персонал должен пройти медицинское освидетельствование и иметь заключение врача;
3. Персонал должен иметь опыт работы не менее 1 года и категорию по электробезопасности не ниже, чем III;
4. Должны пройти специальную подготовку по мерам безопасности выполняемых работ;
5. Персонал должен иметь удостоверение о праве работы на таких объектах;
6. Перед началом работ персонал должен пройти специальный инструктаж по мерам безопасности при выполнении работ на высоте.

Инструктаж по технике безопасности проводится не реже, чем 1 раз в месяц, при этом особое внимание уделяется следующим вопросам:

1. Обеспечение безопасных условий верхолазных работ;
2. Меры безопасности при подъеме на высоту;
3. Знание необходимых средств защиты;
4. Умение оказывать помощь по страховке при выполнении работ, а также первую помощь пострадавшим.

Если к работам на высоте допускаются студенты, учащиеся технических заведений, то выполнять работы разрешается не более, чем 3 часа в день. При этом руководство осуществляет опытный работник, имеющий соответствующую подготовку. Возраст учащихся, студентов - 17-18 лет. Для допуска к работе у студентов должна быть медицинская справка о разрешении на выполнение работ на высоте.

Персонал, занятый работами на высоте, проходит специальный медосмотр, а также проверку по теоретическим и практическим приемам выполнения работ на высоте.

С целью снижения опасности травмирования при выполнении работ на высоте более 5 м, в проектной документации учитывается характеристика рабочей зоны и предусматриваются защитные средства для предупреждения травматизма:

1. Технические средства предотвращающие падение;
2. Защитные средства, которые позволяют улавливать работающих или оборудование инструмента при падении с высоты.

Для обеспечения безопасности работающих применяются приспособления, выполненные из лавсана. Например, лавсановое сетевое полотно должно иметь высоту около 1100 мм. Такое полотно размещается между столбами при помощи специальных креплений. Сетки, которые применяются для улавливания, гасят динамические перегрузки, которые могут возникать при падении персонала или оборудования. Переход между балками, колоннами устанавливаются безопасные переходы с ограждениями.

Для обеспечения безопасности персонала используют также специальные ремни, пояса, которые обеспечивают удобство и надежность работающему.

Не допускаются прохождение по страховочному канату более 2-х человек, а также продвижение персонала навстречу друг другу. Запрещено передвигать грузы под натянутым стра-

ховочным канатом. При необходимости подъема или опускания тяжестей, механизмов, инструментов, применяется трос, который крепится сверху монтажного блока. При необходимости переноски, хранения инструмента или мелкогабаритных деталей персонал использует рюкзаки, которые крепятся на предохраняющем поясе.

Для работ на высоте применяется специальная одежда, которая не мешает в работе, при подъеме и опускании. Обувь оснащается накладками на подошвах, предотвращающие скольжение. При необходимости подъема тяжестей более 60 кг используются только грузоподъемные машины, вручную поднимать такие грузы запрещено.

При выполнении монтажных работ на троллейных линиях, шинопроводах, системах освещения применяются специальные тележки, которые передвигаются по подкрановой балке. Для подачи напряжения к электрооборудованию, месту работы, используется специальный гибкий кабель. Если в зоне выполнения работ имеются полы, работы на высоте обеспечиваются подъемниками, при этом в проектной документации указываются условия работ в зоне монтажа, а также перечень необходимых приспособлений, которые позволят выполнять перестановку оборудования для создания благоприятных условий обслуживания.

При необходимости выполнения работ на высоте до 8,5 м, обязательно применение подъемника, а для высоты до 12 м - гидравлический подъемник или специальные самовыдвижные приспособления. С целью организации электромонтажных работ на высоте, с обеспечением необходимых мер безопасности, рекомендуется применять мостики обслуживания, на которых устанавливают инструменты, материалы и другие средства.

Выполнение работ в производственных помещениях, где имеются мостовые краны, предусматривается использование, также для обеспечения безопасности, специальных кранов. Применение таких машин должно обеспечиваться необходимыми средствами безопасности.

В соответствии с планом производства работ и другой технической документацией электромонтажные работы должны быть оснащены необходимыми приспособлениями, обеспечивающими безопасность.

Меры безопасности при прокладке проводов и кабелей в лотках и коробах

Студент гр. 10603218 Дягилев П.В.
Научный руководитель - Филянович Л.П.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

При выполнении работ по прокладке кабелей и проводов открытым способом требуется выполнение требований обеспечивающих безопасность их дальнейшей эксплуатации. Например, перед выполнением монтажных работ выполняется проверка состояния кабеля при помощи специальных измерительных приборов, которые контролируют качество изоляции кабеля.

Основными крепёжными элементами для монтажа кабеля на строительных конструкциях являются лотки, трубы, пластмассовые или металлические крюки, короба и др. При вертикальной прокладке необходимо учитывать тот факт, что кабели крепятся на каждой опоре. При проектировании запрещено крепить крюки на расстоянии большем 0,5 м от мест их присоединения. Для кабелей, которые не имеют брони, применяют специальные крепёжные элементы с мягкой подкладкой.

Для предотвращения повреждения кабеля с изоляцией из поливинилхлорида от грызунов, их прокладывают в недосягаемых местах или закрывают коробами.

При установке кабельных конструкций во влажной и особо влажной среде, а также в среде с химически активными элементами необходимо использовать конструкции с цинковым покрытием. При более благоприятных условиях среды используют покраску кабельных конструкций.

Для вертикальной прокладки полок обязательны сварочные соединения, несмотря на то, что их конструкция допускает применение болтовых соединений. При горизонтальной прокладке сварочные соединения не нужны.

Исходя из числа и габаритов прокладываемых кабелей, используют различные кабельные конструкции, закрепляемые на потолке, на стенах с одной или двух сторон от конструкций.

Опоры кабельных конструкций могут крепиться болтовым соединением или сваркой. Выбор способа крепления осуществляется на основе расчетов на механическую прочность этих конструкций, а также определяются вероятность появления опасных напряжений, которые могут возникнуть при эксплуатации. Для этого выполняются следующие условия:

- при проектировании закладывается запас по длине, для исключения натяжения кабеля.

- кабели монтируются с припуском для нивелирования расширения и сжатия металлических конструкций.

- при горизонтальной прокладке кабели жёстко закрепляют у концов, изгибов и муфт.

- при вертикальной прокладке кабели укладывают с учётом того, что кабель под собственным весом деформируется и может повредиться, крепления исключают этот факт.

- кабели не имеющие броню закрепляют с помощью мягких подкладок, которые предотвращают повреждения.

- кабели защищают от токов утечки и коррозии.

- при повышенной вибрации кабели устанавливаются на большей глубине и высоте при прокладке в земле и на воздухе соответственно.

- если работы выполняются на кабелях, безопасность эксплуатации которых зависит от перепада высот, на которых они располагаются, то, в соответствии с планом производства работ, такие кабели проверяются на уровень допустимой разницы высшей и низшей точек. Такой контроль выполняется, для того чтобы исключить опасность перетока жидкого изолятора в

один из концов кабеля, где может произойти механическое повреждение от наведенного давления.

При выполнении соединительных работ в качестве элементов для сочленения отдельных участков кабеля используют скобы, хомуты, прокладки, размер которых выбирается в зависимости от габаритов кабеля. Пластмассовые кабели не нуждаются в использовании прокладок, их жесткости достаточно, чтобы не повреждаться от соединительных элементов.

Для кабелей с пластмассовой и резиновой изоляцией разность уровней прокладки не имеет значения, аналогично для кабелей, пропитанных не стекающим составом. Кабели с бумажной изоляцией не допустимо прокладывать на больших перепадах высот, во избежание повреждений в нижней точке крепления и пробоя в самой высокой точке. Наиболее частое применение имеют кабели с изоляцией из полиэтилена, для которых разность уровней высот крепления кабеля не имеет значения.

Для предотвращения повреждений прокладка кабеля допускается только при положительной температуре окружающего воздуха. В противном случае может быть нарушена изоляция оболочки или разрушение бумажных лент.

При установке кабеля на место его эксплуатации может применяться способ механизированной прокладки под надзором лица, ответственного за безопасное выполнение этих работ, если прокладка выполняется вручную, требуется использование роликов, а также других устройств, которые облегчают процессы ручного передвижения тяжелых элементов.

Организация безопасных условий труда при монтаже проводов и кабелей в пластмассовых и стальных трубах

Студент гр.10603218 Слива Е.С.
Научный руководитель - Филянович Л.П.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

При эксплуатации проводов и кабелей возникают ситуации, когда на них воздействуют агрессивные грунты а также токи утечки, для их защиты прокладка выполняется в трубах, изготовленных из различных пластмасс, асбестоцемента, а также стальных сплавов. При этом вид труб определяется в процессе проектирования и закладывается в проектной документации. В этой документации указываются необходимые параметры применяемых труб в зависимости от типа кабелей и проводов.

Чаще всего для прокладки проводов и кабелей в проектной документации используются различные трубы: водопроводные или газопроводные. При этом монтаж труб с кабелями и проводами может выполняться в виде блоков

Если необходимо выполнять скрытую прокладку применяются требования, указанные в проектной документации. Если прокладка осуществляется в помещениях с влажными или пыльными условиями, либо с биологической, химической средой, то все виды соединений и уплотнений обрабатываются специальными соединениями и тканями

При необходимости выполнения прокладки в помещениях, которых могут быть особо сырые условия, необходимо учесть, что в трубопроводе может образоваться конденсат. С целью устранения таких явлений выполняются мероприятия по отводу образующегося конденсата, а также специальные соединительные элементы.

С целью устранения опасности попадания воды в трубу прокладка и протяжка проводов и кабелей должны выполняться в условиях сухой погоды. При этом, после окончания работ перекрываются все короба, в которых находится кабель.

В том случаи, если стальные трубы прокладываются открыто, то в проекте для этого предусматриваются специальные расстояния между горизонтальными и вертикальными участками прокладки. Если выполняется протяжка проводов и кабелей в трубу, то в начале выполняют продувку трубы сжатым воздухом, а далее может быть выполнена обработка внутренней части трубы тальком

Наибольший эффект при использовании труб получил опыт применения винипластовых труб, которые устойчивы к влаге, они обработаны специальными растворами и являются негорючими, так как имеют защиту от механических повреждений, легко поддаются обработке при резке, шлифовке, устойчивы к химическим и биологическим воздействиям. В связи с этим такой вид труб широко применяется для открытой прокладки в условиях повышенной влажности, сырости, воздействия химических и биологических веществ окружающей среды. Исходя из этих свойств, они могут применяться в условиях сгораемых стен, перекрытий, однако при этом должны соблюдаться определенные требования к их конструкции которые указываются в проекте по применению.

При выполнении монтажа электропроводок в винипластовых трубах требования их монтажа аналогичны таким, которые применяются при использовании стальных труб с небольшими отступлениями. Для этого учитывают необходимость выполнения компенсации температурных изменений, которые могут быть в трубах при их прокладке в специфических условиях. Для этого применяют различные виды креплений на вводе в трубу и др.

У винипластовых труб механическая прочность имеет свойство резко снижаться при повреждении. Для предотвращения механических повреждений в местах прокладки трубы ее

защищают съёмными щитками из перфолотка и уголка. При отсутствии пыли в сухом помещении соединение труб выполняют разъемными негерметичными, а в других случаях герметичными соединениями.

Подготовка виниловой трубы осуществляется за счет очистки внутренней поверхности до появления шероховатости. При склеивании соединяемые поверхности обрабатываются обезжиривающим составом, после чего наносится тонкий склеивающий состав, который вводят в раструб. Время склеивания занимает 2 ч, после чего излишки клея убирают.

Основные виды опасностей при эксплуатации фрезерных и сверлильно-фрезерных станков

Студент гр. 10301319 Кулик М.А.
Научный руководитель - Кот Т.П.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

При эксплуатации фрезерных и сверлильно-фрезерных станков рабочий персонал (операторы) подвергается воздействию механических, электрических опасностей, опасностей, вызванных излучением, шумом, вибрацией, опасности возгорания, биологическим и микробиологическим опасностям.

Рассмотрим наиболее типичные виды травм и опасные зоны, в которых наиболее вероятно травмирование.

Механические опасности возникают:

- при установке заготовки или инструмента в зоне между движущимися частями станка (вероятно сдавливание частей тела);
- при погрузке или выгрузке заготовок, удалении стружки и заправке смазочно-охлаждающей жидкости вручную вблизи шпинделя, инструмента, элементов привода (возможны порезы, захваты, затягивание и запутывание одежды и конечностей);
- при автоматической подаче заготовки, а также в зоне приема и выброса стружки, вращения элементов привода (возможны удары);
- при перемещении или вращении инструмента (особенно при эксцентрическом инструменте), при работе с ручным инструментом и при ручном обращении со стружкой (возможны порезы, проколы, уколы).

Электрические опасности возникают в результате контакта с токоведущими частями или соединениями при устранении неполадок и техническом обслуживании станков. Наиболее распространенными в этом случае видами травм являются электрические ожоги, электрические знаки, электрические удары.

Перемещение элементов, передающих усилие, сам процесс резания металлов, работа гидросистемы станка, использование воздушной струи для очистки инструмента или места крепления заготовки обуславливают наличие опасности, связанной с воздействием на персонал шума. Следствием данной опасности может явиться развитие глухоты, потери слуха, нарушения вестибулярного аппарата, вестибулопатия.

Опасности, вызванные излучением, связаны, прежде всего, с работой по обслуживанию лазерных измерительных систем при длительном нахождении напротив прямого или отраженного лазерного луча. В наибольшей степени оказывается воздействие на орган зрения, кожные покровы.

Выброс вблизи станка частиц обрабатываемого материала, капель жидкости или аэрозолей является причиной воздействия на персонал химических опасностей, связанных с вдыханием вредных жидкостей, газов, аэрозолей и пыли и их воздействием на слизистые оболочки и кожные покровы.

Опасность возгорания связана с нарушениями режимов работы станка и правил использования, хранения и утилизации обтирочного материала.

Биологические или микробиологические опасности возникают при контакте с гидравлической или смазочно-охлаждающей жидкостью (СОЖ), аэрозолями, содержащими бактерии или вирусы. Наибольшую опасность представляет СОЖ, так как ее флора состоит из бактерий и грибов, потребляющих ее органический материал как энергию. В качестве продуктов жизнедеятельности этих микроорганизмов могут образовываться такие вредные вещества, как сероводород, нитраты и нитриты, приводящие к раздражению дыхательных путей и раздражению кожи в виде дерматита.

Ответственность за нарушение Законодательства о Труде в Китайской Народной Республике

Студент гр. 10301419 Ян Хао
Научный руководитель - Калиниченко М.Л.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В Китайской Народной Республике создан ряд правовых положений, которые оговаривают защиту работников и работодателей. Например, «Трудовое право» [1] и «Уголовное право Китайской Народной Республики» [2]. Поскольку прогресс общества и развитие производства неотделимы от усилий рабочих, защита законных прав рабочих равносильна ускорению развития страны.

Рабочие, если они нарушат правила охраны труда, будут подвергнуты дисциплинарным взысканиям. Но за разную степень нарушения трудовых правил наказания разные:

- прибытие с опозданием или ранний уход с рабочего места в течение 10 минут, если это не повлияет на технологический процесс, то ответственный за отдел будет критиковать и обучать работника:

10 юаней (3,78 бел.руб.) вычет за 30 минут опоздания;

30 юаней (11,34 бел.руб.) вычет за 60 минут опоздания;

50 юаней (18,90 бел.руб.) вычет за опоздание от одного часа до двух часов;

- позднее прибытие и ранний отъезд на срок от 2 до 3,5 часов в этот день будут рассматриваться как прогул; если вы приедете поздно и рано уйдете в этот день более чем на 3,5 часа, считается как отсутствие на работе в течение одного дня.

- в случае продолжения таких проступков действия работника обсудят в офисе и примут меры наказания такие как увольнение (согласно плану служебной аттестации центра) или штраф в размере 100 юаней (37,80 бел.руб.) за каждый раз.

Прогулы:

- 200 юаней (75,60 бел.руб.) вычитаются с заинтересованной стороны за каждые полдня отсутствия на работе;

- 400 юаней (151,20 бел.руб.) будут вычитаться с соответствующей стороны за каждый день отсутствия на работе.

Если отсутствие на работе превышает один день, будет произведен вычет из всехощрений и заработной платы за месяц. При отсутствии на работе в течение 3 дней подряд или отсутствует на работе более 6 дней в месяц, не используется единовременный бонус на конец года. Если количество последовательных прогулов превышает 15 рабочих дней, или совокупное количество невыходов на работу превышает 30 рабочих дней в году, работодатель расторгает трудовой договор с работником.

В рабочее время, когда вы занимаетесь делами, не связанными с работой, такими как, торговля акциями, покупки и т. д., 100 юаней вычитаются единожды. Кроме того, если работник уличен в этих действиях, он должен быть отчислен, а невыплаченная заработная плата будет использована для компенсации убытков нанимателя или начальника подразделения.

В случае нарушения законов и нормативных актов, лицо должно быть привлечено к уголовной ответственности:

- за сбор толпы для создания неприятностей или личных нападков на менеджеров компании;

- использование сети и каналов компании для работы с продуктами других компаний или дачи указания другим использовать сеть и каналы компании для работы с продуктами других компаний;

- нарушение финансовой тайны компании, в результате которой компания может получить вред или большие убытки;

- другие нарушения секретов компании, приводящие к неблагоприятным последствиям или значительным убыткам для компании.

За нарушения правил охраны труда наниматель несет строгую ответственность. В Китае в соответствии со статьей 4 «Закона о трудовых договорах» работодатели должны устанавливать и улучшать правила и положения в соответствии с законом, чтобы гарантировать, что работники пользуются трудовыми правами и выполняют трудовые обязанности. Правила и положения, сформулированные работодателем, не должны противоречить нормам закона. В противном случае это является незаконным действием. Правила и положения будут являться недействительными, если в соответствии со статьей 3 «Меры административного наказания за нарушение Закона о Труде», сформулированные работодателем так, что нарушают закон. В соответствии с законодательством и нормативными актами, следует сделать предупреждение и внести исправления в установленные сроки. При отсутствии исправлений сверх установленного срока, наниматель подвергается критике с уведомлением компетентных органов.

Юридическая ответственность за нарушение трудового законодательства нанимателем наступает за:

- удержание или необоснованной выплаты заработной платы работникам;
- отказ в выплате заработной платы работникам за продленный рабочий день;
- наличие работников, заработная плата которых ниже установленного местного стандарта минимальной заработной платы;
- не получение экономической компенсации, в соответствии с положениями закона, после прекращения трудового договора рабочего.

Если нанимающая сторона имеет одно из вышеперечисленных нарушений, ущемляющих законные права и интересы работников, отдел трудового администрирования должен распорядиться о выплате заработной платы и экономической компенсации работникам, а также может распорядиться о выплате неустойки.

Наниматель может быть подвергнут жестокому наказанию за:

- принудительные работы с применением насилия, угроз или незаконных ограничений личной свободы;
- оскорбление, телесные наказания, избиение, незаконный обыск и задержание работников.

Если работодатель совершает одно из вышеуказанных действий, орган общественной безопасности налагает задержание, штраф или предупреждение на ответственное лицо на срок менее 15 дней; в случае признания преступления виновное лицо подлежит уголовной ответственности в соответствии с законом, которая наступает в случае:

- если подразделение-работодатель вынуждает работника идти на риск в нарушение правил, вызывая серьезные травмы и вызывая серьезные последствия, ответственное лицо должно быть привлечено к уголовной ответственности в соответствии с законом;
- если работодатель нарушает положения законов и продлевает рабочее время работника, отдел трудового администрирования выносит предупреждение, приказывает внести исправления и может наложить штраф;
- если работодатель нарушает предусмотренные законодательством условия для расторжения трудового договора или умышленно задерживает заключение трудового договора, отдел трудового администрирования дает ему указание внести исправления; если это причиняет вред работнику, он несет ответственность и обязан обеспечить работнику компенсацию.

Как результат, работники отделов управления трудовыми ресурсами или соответствующих отделов, которые злоупотребляют своими полномочиями, пренебрегают своими обязанностями или допускают злоупотребления служебным положением в личных целях, рассматриваются как лица совершившие преступление и преследуются в уголовном порядке.

Вышеупомянутая правовая защита, обеспечивает безопасность труда в Китае. Когда работники и работодатели совместно ограничиваются законами и постановлениями, интересы

обоих могут быть максимизированы, а общественные производительные силы могут развиваться все быстрее и быстрее. Я также верю, что в соответствии с развитием и прогрессом времени, а также потребностями времени, законы и постановления будут совершенствоваться!

Список использованных источников

1. «Трудовое право» - Совершено Постоянным комитетом Народного конгресса Китая 5 июля 1994 г.
2. «Уголовное право Китайской Народной Республики» - От Народного конгресса Китая 1 июля 1979 г., внесены изменения в 1999 г.

Студент гр. 10301419 Чжао Жуньци
Научный руководитель - Калиниченко М.Л.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Обеспечение безопасности - это управляемая деятельность по обеспечению безопасного производства и сохранению здоровья работников на объектах народного хозяйства. Управление безопасностью на объектах сосредоточено на осуществлении контроля над небезопасным поведением работников и используемого ими оборудования, приспособлений или материалов. В целях устранения несчастных случаев и минимизации потерь от несчастных случаев работодатели на заводах Китая проводят мероприятия по обеспечению безопасности работников. Они состоят из:

1. Создание идеи безопасности. (Создание идеи безопасности делится на обучение безопасности. Создание системы безопасности включает в себя системы ответственности за безопасность производства на всех уровнях и определение ответственности за безопасность персонала на всех уровнях. Обеспечение работников средствами индивидуальной защиты. Регулярные медицинские услуги для работников. Компании также должны проводить соответствующее наблюдение за температурой своих сотрудников в условиях нынешней эпидемии).

2. Создание системы безопасности. (Обучение и подготовка работников по вопросам безопасности, повышение осведомленности о безопасности в производстве, повышение уровня знаний о безопасных методах работы, предотвращение небезопасного поведения работников. С помощью обучения по обеспечению безопасности, мы выработали у рабочих надлежащие методы работы при производстве, сократили количество неправовых операций, а также случаи небезопасных ситуаций. Кроме этого необходимо повышение психологических качеств всех сотрудников, администраторов, а также способность к адаптации к возникающим ситуациям на производстве. Учет несчастных случаев и обучение работников навыкам безопасности, исходя из предыдущих ошибок).

3. Совершенствовать технологию производства. (Все предприятия обязаны проводить систематическую модернизацию используемого оборудования. Создаются инспекционные группы, которые проводят проверку материалов для анализа происшествий, для выяснения причин аварии, и определения ответственности за безопасность производства).

4. Расследование безопасности труда. (Проводятся регулярные инспекции, испытания и устранение факторов опасности. Целью инспекции по безопасности является обнаружение, обработка, устранение факторов риска, избежание несчастных случаев и обеспечение безопасного производства. Устранение фактора опасности, тщательная реорганизация, подлинное и точное устранение фактора опасности. При этом главной задачей является исправление существующих нарушений и неправомерных актов во время производственного процесса, своевременное предупреждение существующих угроз безопасности. Цель расследования правильно оценить происшедшее, и с научным и позитивным отношением справиться с уже имеющимися случаями и минимизировать потери. Принять эффективные меры для предотвращения повторения подобных инцидентов. На руководство возлагается ответственность за сокрытие несчастных случаев или изменения статистики, время происшествия по данным инцидентам.

При наличии несчастного случая в первую очередь производится эвакуация пострадавших и консервация рабочего места. Производится анализ условий охраны труда на рабочем месте, используемого оборудования и причин, которые могли вызвать несчастный случай. Проверяется наличие журналов, опрашиваются ответственные за обучение безопасности труда. Выявляются опасные элементы производства, и составляется заключение о несчастном случае.

В качестве вывода необходимо отметить, что в Китайской Народной Республике созданы все необходимые условия для соблюдения и контроля вопросов охраны труда соответствующие контролирующие органы для предотвращения нарушений, что улучшает культуру производства.

Студент гр.10609119 Романцев А.
Научный руководитель - Мордик Е.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Установку и замену опор при помощи бурильно-крановых машин разрешается выполнять специально обученным работникам. Перед подъемом опоры необходимо убедиться в целостности троса. Трос крепится к опоре с помощью строп. Подтягиваемую к яме опору необходимо направлять багром. Подходить к опоре, братья за неё можно только после того, как она будет поднята над землей на 10 см, тем самым проверяется надежность крепления. Не следует очищать бур от земли и находиться вблизи во время его вращения. Опора опускается в яму по сигналу ответственного за установку.

Работы бурильно-крановыми машинами на расстоянии до 30 метров от крайнего провода линий электропередачи должны производиться по наряду-допуску. Не допускается производить работы под линиями, находящимися под напряжением. Ответственный за установку опор должен следить за всеми операциями по подъему опор и останавливать работу при неполадках.

Количество людей, необходимых для ручной установки и переноски опор, определяется из расчета максимальной нагрузки 30 кг на одного человека; при подъеме опоры работники должны располагаться только по обеим ее сторонам; опоры, не рассчитанные на одностороннее натяжение проводов и тросов и временно подвергаемые такому воздействию, укрепляются во избежание их падения.

При работе на опорах, пропитанных антисептиками, необходимо пользоваться специальными брезентовыми костюмами. Поднявшись на опору воздушной линии, необходимо с помощью указателей (сначала указателем высокого напряжения, а затем указателем низкого напряжения) убедиться в отсутствии на проводах постороннего напряжения.

После опрессовки проводов необходимо счистить заусеницы. Не разрешается применять этиловый бензин для промывания концов проводов и соединительных зажимов. Термитное сваривание следует выполнять в рукавицах, кожаных ботинках, головном уборе, а также в защитных очках с темным стеклом.

Штаны должны быть навыпуск. Запасные термитные патроны должны находиться в рабочей сумке, в отдельности от термитных спичек и других предметов. Необходимо принять предупредительные меры, чтобы на них не попадали искры от горящего патрона. Пользоваться влажными патронами и работать под открытым небом во время дождя запрещается. Попадание влаги на горящий патрон может привести к взрыву или тяжелым ожогам.

При подвешивании проводов через автодороги, железную дорогу приступать к монтажу каждого следующего провода следует после согласования с эксплуатационным персоналом железных дорог и автодорог и лишь после того, как будет закончено натяжение и закрепление поднятого провода. На месте работы необходимо установить соответствующие дорожные знаки. Во время монтажа и демонтажа воздушных линий электропередачи необходимо их смонтированные участки заземлить. В этом случае расстояние между заземлениями должно быть не более 3 километров.

Не допускается размещать инструмент на траверсах и подвешивать его на проводах; оказывать физическое действие на опору или лестницу, на которой находится человек; подниматься на наклонную, неукрепленную или пришедшую в негодность опору; подниматься на опору вдвоем или с проводами, траверсами и другими тяжелыми предметами; использовать монтерские когти и приспособления, не соответствующие диаметру и материалу (дерево, железобетон) столба, или подгонять их под опору.

Перед сборкой изоляторы и арматуру необходимо осмотреть, очистить от грязи. Вытирать изоляторы следует мягкой тряпкой, смоченной водой или бензином. Твердые частицы, которые прилипли к изолятору (цемент, грязь), снимать деревянными устройствами (применять для этого металлический инструмент не разрешается).

Не разрешается выполнять сборку гирлянд из изоляторов под установленной, но не закрепленной опорой. При этом следует пользоваться только исправным инструментом (клещами для вставки замков, гаечными ключами).

Для предотвращения порезов рук фарфоровые осколки следует снимать в рукавицах. Спускаться по смонтированным гирляндам изоляторов и работать на них не разрешается, для этого следует использовать подъемники.

Оценка условий труда на рабочих местах заливщиков металла

Студенты гр. 10405319 Руленков А.Д., Ерошенко П.А.
 Научный руководитель - Лазаренков А.М.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Условия труда на рабочих местах заливщиков металла определяются комплексом производственных факторов, таких как шум, вибрация, содержание вредных веществ, параметры микроклимата (температура и скорость движения воздуха, интенсивность теплового излучения) [1, 2]. Оценка данных параметров проводилась по результатам проведенных исследований на работающих на заливочных участках литейных цехов.

Уровень шума на рабочих местах заливщиков металла в зависимости от применяемого плавильного оборудования (индукционные печи, вагранки, дуговые печи, пламенные печи) и способов заливки (на конвейере, на плацу, на машинах для литья под давлением, на машинах центробежного литья) находится в интервале от 82 до 94 дБ и превышает допустимый уровень 80 дБ. Аналогичные результаты приведены в работе [3].

Уровень общей технологической вибрации на рабочих местах заливщиков фиксируется при выполнении таких технологических операций как заливка форм на конвейере автоматических формовочных линий (возможно незначительное превышение допустимых значений), при заливке металла в центробежные машины. Уровень локальной вибрации находится в пределах допустимых величин, за исключением операции выбивки заливочных ковшей с помощью ручного вибрационного инструмента (табл. 1) [4].

Таблица 1. Классификация признаков оценки условий труда заливщика металла

Оборудование, технологический процесс (операция)	Параметры условий труда на рабочих местах				
	шум, дБА (ПДУ=80дБА)	вибрация, дБ		пыль ПДК, раз	вредные вещества ПДК, раз
		Общая (ПДУ=50 дБ)	локальная (ПДУ=76 дБ)		
1	2	3	4	5	6
Заливка форм: на конвейере на плацу стенды сушки заливочных ковшей	85-89	51-54	65-68	1,3-1,9	1,6-2,7
	82-86	ПДУ	63-65	1,2-1,8	1,8-3,2
	83-87	ПДУ	78-80	1,2-2,4	1,4-1,9
Литейщик на машинах для литья под давлением	83-87	ПДУ	-	1,1-1,4	ПДК
Литейщик на машинах центробежного литья	87-94	ПДУ (48-52)	-	1,2-1,6	ПДК

Содержание пыли в воздухе рабочей зоны заливщиков превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК) в 1,3 – 2,3 раза при загрузке шихтовых материалов в плавильные печи и миграции пыли с рядом расположенных участков цеха. Однако при выбивке футеровки из разливочных ковшей содержание пыли может превышать предельно допустимую концентрацию до 3,4 раза. Аналогичное положение с запыленностью воздушной среды рабочей зоны заливщика приведено в работе [5].

Вредные вещества, такие как оксид углерода, оксиды азота, фенол, формальдегид фиксировались на рабочих местах при заливке форм, в которых использованы стержни на органических связующих [6]. Самая неблагоприятная обстановка по оксиду углерода отмечается в цехах серийного и мелкосерийного производства на рабочих местах заливщиков средних и крупных форм, где концентрации превышали допустимые в 1,3 – 1,8 раза. В цехах массового производства, несмотря на большую интенсивность технологических процессов, не фиксируются повышенные концентрации оксида углерода за счет эффективной вытяжной системы вентиляции. Повышенные концентрации фенола и формальдегида зафиксированы при заливке

форм из песчано-глинистой смеси, в которых использованы стержни на органических связующих (превышение ПДК в 1,6 – 3, 2 раза).

Анализ результатов исследования параметров микроклимата на рабочих местах заливочных участков литейных цехов показывает, что в теплый период года температура воздуха на рабочих местах заливщиков превышает на 9 - 14 °С нормативные величины при наполнении разливочных ковшей, транспортировке ковшей с жидким металлом к местам заливки, очистке шлака с зеркала жидкого металла и заливке средних и крупных форм. В холодный период года фиксируются большие значения допустимых температур [7, 8]. На всех рабочих местах заливочного участка отмечены превышения допустимых скоростей движения воздуха, создаваемых установками воздушного душирования.

Интенсивность теплового излучения на рабочих местах заливщиков превышает допустимую величину при выполнении различных технологических операций. Так при наполнении разливочных ковшей жидким металлом - от 2800 до 4800 Вт/м², при очистке шлака с зеркала металла - от 3600 до 5900 Вт/м² (при плавке чугуна и стали), при заливке форм жидким металлом – от 3350 до 7400 Вт/м². При выплавке цветных металлов значения интенсивности тепловых излучений отмечаются меньшие (табл. 2).

Таблица 2. Интенсивность инфракрасного (теплового) облучения на рабочих местах заливщиков металла

Технологическая операция	Интенсивность облучения, Вт/м ²
Стальное литье:	
- наполнение разливочных ковшей	3200 – 4800
- очистка шлака с зеркала металла в ковше	3800 – 5900
- заливка форм жидким металлом	4550 – 7400
Чугунное литье:	
- наполнение разливочных ковшей	2800 – 4300
- очистка шлака с зеркала металла в ковше	3600 – 5200
- заливка форм жидким металлом	3350 – 6400
Литье алюминиевых сплавов:	
- наполнение разливочных ковшей	580 – 1260
- очистка шлака с зеркала металла в ковше	660 – 1320
- заливка металла в кокили	970 – 1700
Литье бронзы:	
- наполнение разливочных ковшей	1270 – 2040
- очистка шлака с зеркала металла в ковше	1460 – 2430
- заливка металла в кокили	1870 – 2680

В цехах кокильного литья алюминиевых сплавов мелкосерийного производства тепловому воздействию также в основном подвергаются плавильщики и особенно заливщики, которые составляют большую часть работающих. Интенсивность теплового потока изменяется в пределах 580 – 1700 Вт/м² [10, 11].

Снижение влияния инфракрасного излучения на заливщиков металла можно обеспечить внедрением технологических процессов с использованием механизации, автоматизации и дистанционного управления; экранированием источников; применением установок воздушного душирования; применением средств индивидуальной защиты; проведением регламентированных перерывов.

Тяжесть трудового процесса заливщика металла оцениваются классом 3.2 (вредные условия труда 2 степени), категория профессионального риска – средний (существенный), а по напряженности трудового процесса – класс 3.1 (вредные условия труда 1 степени), категория профессионального риска – малый (умеренный).

Таким образом, при оценке условий труда заливщиков металла следует учитывать рассмотренные факторы производственной среды, время нахождения у работающего оборудования, используемые плавильные агрегаты и выплавляемый сплав (черные и цветные металлы).

Список использованных источников

1. Лазаренков А.М., Хорева С.А. Анализ производственных факторов литейных цехов // Труды 24-й Междунар. науч.-техн. конф. «Литейное производство и металлургия 2016, Беларусь». Минск, 19-21 октября 2016. С. 117-120.
2. Лазаренков А.М. Классификация производственных факторов литейного производства / А.М. Лазаренков // Литье и металлургия. – Минск, 2021, № 3 – С. 118-122.
3. Лазаренков А.М. Оценка влияния шума на работающих в литейном производстве / А.М. Лазаренков, С.А. Хорева, В.В. Мельниченко // Литье и металлургия. – Минск, 2011, № 3 (62) – С. 194-195.
4. Лазаренков А.М. Оценка влияния вибрации на работающих в литейном производстве / А.М. Лазаренков, С.А. Хорева, В.В. Мельниченко // Литье и металлургия. – Минск, 2011, № 3 (62) – С. 192-193.
5. Лазаренков А.М., Хорева С.А.. Влияние пыли в воздухе рабочих мест на профессиональную заболеваемость работающих в литейных цехах // Труды 24-й Междунар. науч.-техн. конф. «Литейное производство и металлургия 2016, Беларусь». Минск, 19-21 октября 2016. С. 115-116.
6. Лазаренков А.М. Исследование воздуха рабочих зон литейных цехов / А.М. Лазаренков // Литье и металлургия. – Минск, 2019, № 2 – С. 138-142.
7. Лазаренков А.М., Хорева С.А.. Оценка параметров микроклимата рабочих мест литейных цехов // Труды 25-й Междунар. науч.-техн. конф. «Литейное производство и металлургия 2017, Беларусь». Минск, 18-19 октября 2017. С. 216-218.
8. Лазаренков А.М. Влияние параметров микроклимата на работающих в литейных цехах / А.М. Лазаренков, С.А. Хорева // Литейное производство и металлургия. – Минск, 2012, № 3 (67) – С. 82-84.
9. Лазаренков А.М. Оценка условий труда литейщиков по инфракрасному (тепловому) излучению / А.М. Лазаренков, С.А. Хорева // Литейное производство и металлургия. – Минск, 2010, № 3 (57) – С. 144-146.
10. Лазаренков А.М., Иванов И.А. Исследование условий труда работающих в цехах алюминиевого литья / А.М. Лазаренков, И.А. Иванов // Литье и металлургия. – Минск, 2021, № 1 – С. 149-154.
11. Лазаренков А.М. Исследование условий труда работающих в цехах цветного литья / А.М. Лазаренков // Литье и металлургия. – Минск, 2020, № 1 – С. 122-124.

Пожарная безопасность крупнопанельных жилых зданий

Студенты гр. 11203213 Ачеповская Е.А., Ильина Д.В.
Научный руководитель - Ушакова И.Н.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Сложности при тушении пожара крупнопанельных зданий могут возникать из-за:

- большой плотности заселенности крупнопанельных жилых домов и трудностей обеспечения безопасной эвакуации;
- высокой степени задымленности всех этажей здания;
- скорости распространения пожара по системам вентиляции;
- дымообразующей способностью и токсичностью продуктов горения;
- наличие опасного фактора пожара высокой температуры;
- потеря несущей способности конструкций, целостности и теплоизолирующей способности;
- нарушение обеспечения доступа к очагам пожара, т.е. загромождение и перекрытие дорог.

В старых жилых районах городов до сих пор заселяются многоэтажные здания, строительные конструкции которых содержат пустоты, а балки могут быть деревянные или металлические. Они имеют самые низкие пожарно-технические показатели. Применяемая штукатурка в домах сгорает за 15 – 20 минут.

Основные требования по пожарной безопасности крупнопанельных жилых зданий изложены:

1. СН 2.02.05-2020 Пожарная безопасность зданий и сооружений;
2. СН 3.02.01-2019 Жилые здания. Строительные нормы проектирования;
3. СН 2.02.01-2019 Здания и сооружения. Отсеки пожарные.

В настоящее время одним из направлений в строительстве является крупнопанельное домостроение. Здания имеют бескаркасную поперечную схему с несущими наружными стенами и несущими внутренними перегородками, перекрытия – из плоских железобетонных плит.

Новые жилые микрорайоны размещают так, что можно подъехать между магистральными улицами. Входы в дома обычно располагают со стороны двора. От прилегающих улиц к домам устраивают местные подъезды.

В зданиях I и II степени огнестойкости пожар развивается главным образом за счет горючих материалов и оборудования, находящихся внутри помещений. Из конструкций зданий могут гореть лишь деревянные полы, двери и оконные переплеты, а также некоторые чердачные конструкции. Огонь может распространяться через открытые проемы, отверстия в перекрытиях и стенах, по вентиляционным каналам, шахтам лифтов и лестничным клеткам.

Задымление лестничных клеток в ряде случаев происходит настолько быстро (в течение 1-2 мин.), что люди, находящиеся на втором и выше этажах, не успевают покинуть свои квартиры, рабочие места и эвакуироваться из здания. Часто дым и пламя проникают через швы между плитами, настилами перекрытия, зазорами в местах пропуска трубопроводов через перекрытия и другие отверстия. При длительном воздействии высокой температуры негорючие подвальные перекрытия могут деформироваться и обрушиться. В местах обрушения огонь беспрепятственно распространяется на первый этаж. В зданиях III и IV степени огнестойкости огонь может распространяться по пустотам трудногорючих подвальных перекрытий, создавать угрозу их обрушения и быстро проникать на первый этаж. При наличии в зданиях вентиляционных каналов, мусоропроводов и шахт, связанных и подвалом, огонь по ним может быстро распространяться в вышеизложенные этажи и даже чердаки, создавая угрозу всему зданию.

Для обеспечения пожарной безопасности еще на начале проектирования проводится расчет степеней огнеопасности зданий. Моделируют распространение пламени по горизонтальной и вертикальной поверхности. Предусматриваются противопожарные преграды, определяются пожарные отсеки, количество и площадь этажей. В расчете учитываются правила пожарной безопасности, действующие только в определенной местности. Противопожарные преграды, эвакуационные выходы, тщательно планируются на этапе проектирования. Предусматривается противодымная защита при пожаре (СН 2.02.07-2020).

Конструктивные способы пожарной безопасности будут малоэффективными, если не установить пожарные извещатели и автоматические установки пожаротушения.

Автоматические системы пожаротушения срабатывают мгновенно при пожаре. Установка автоматических систем требуется также, если предусмотрена автомобильная стоянка возле жилых зданий.

Регулярно проводятся мероприятия по обеспечению пожарной безопасности коридоров, аварийных и эвакуационных выходов, чердаков и подвалов. На техническом этаже не допускается хранение горючих материалов, ветоши и других предметов, которые могут стать причиной возгорания. Эти же требования предъявляются к подвалам.

Установка пожарных гидрантов предусмотрена для многоэтажных жилых зданий секционного типа, свыше 30 метров в высоту. Тушение пожара на этажах осуществляется с помощью пожарного трубопровода. Достаточный напор воды для тушения обеспечивается насосами. Системы противопожарной защиты жилых зданий повышенной этажности делятся на секции, в каждую из которых входит несколько этажей. Подача воды осуществляется механизировано в каждый из таких отделов насосом высокого давления. Поэтому интенсивности подачи воды на тушение более чем достаточно для устранения возгорания.

Системы утепления и облицовки зависит от степени огнестойкости зданий. Поскольку крупнопанельные жилые здания I и II степеней огнестойкости, то минимальный класс пожарной опасности систем утепления КНО и КНІ. Современные системы противопожарного водоснабжения (СН 2.02.02-2020) могут обеспечить как внутреннее, так и наружное пожаротушение для жилых зданий. В электрощитовых жилых зданиях должны находиться первичные средства пожаротушения.

Пожарные шкафы устанавливаются на каждом этаже. В шкафах находятся пожарные гидранты, а также предметы первичного пожаротушения: огнетушители, средства индивидуальной защиты и т.д. Во время проведения проверки инспектор Пожарнадзора проверяет наличие и исправность огнетушителей, пожарных щитов, пожарных гидрантов.

Крупнопанельные жилые здания обеспечиваются эвакуационными выходами согласно требований СН 2.02.05-2020.

Направление движения потока людей при эвакуации должно быть четко обозначено указателями согласно плану эвакуации.

Важность современных технологий и использование дронов в охране и безопасности труда

Студент гр. 10703118 Маркевич И.А.
Научный руководитель - Калиниченко М.Л.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В современности, в связи с напряженностью формирования промышленных процессов, возникновением и прогрессом новых вариантов деятельности, внедрении ISO-45000 охрана труда и СУОТ становятся обязательным стандартом Республики Беларусь. Воплощение её генеральных принципов выступает в сегодняшнем мире действенным инструментом, позволяющим разрешить полный спектр задач, таких как [1]:

1. защита работников на производстве от воздействия рискованных и вредоносных факторов, воздействующих на их собственное здоровье;
2. сокращение расходов на производственный процесс валютных средств;
3. исключение вероятности серьезных потерь из-за потери трудового времени;
4. повышение уровня производительности персонала;
5. повышение качества труда сотрудников.

Несчастные случаи могут надолго остановить работу производства, принести прямые и косвенные денежные потери как для организации в целом, так и для ее руководства. Как результат, анализируя опыт известных компаний, заметно, что охрана труда является одним из приоритетных течений их деятельности для снижения внутренних и внешних потерь [2].

В период стремительного и почти стихийного развития рыночных отношений произошедший с крушением СССР, рядом лиц был установлен упор на достижение наибольшей прибыли в особенно короткие сроки. Ни о какой охране труда речи и не шло. Грубо нарушались простейшие правила техники безопасности или же, в лучшем случае, они элементарно отодвигались на задний план [3].

В настоящее время передовых технологий видно, что еще 5-10 лет назад главы организаций довольно недоверчиво относились к их внедрению в сфере охраны труда, сильнее акцентировали внимание на традиционных, уже опробованных технологиях, дающих стабильный результат. Но сейчас мы видим по-настоящему прорывные технические и координационные разработки. По сути, они являются инновациями, что могут быть благополучно использованы в организациях [3].

К примеру, распространяется использование дронов для повышения безопасности, эффективности и точности производственных процессов. Обычно использование дронов предполагает наблюдение, проверку территории и сбор детализированных данных. Использование роботизированной техники не только повышает точность и безопасность процесса, устраняя необходимость участия людей в нем, но и делают процесс более гибким [2].

Известно [3], использование дронов для передачи информации с труднодоступных или небезопасных для жизни мест, оценки больших территорий, оцифровка местности в 3-д пространство и т. д.

В заключение необходимо отметить, что инновации в сфере охраны труда все больше будут входить в профессиональную деятельность работников организаций, привносить новые технологии в безопасность. Инновации и новые технологии, в свою очередь, создают профессиональные риски, связанные с их использованием, к ним готовы не все, возрастут нагрузки для работников, в том числе и стрессовые ситуации. К этому необходимо быть готовыми.

Список использованных источников

1. Избранная статистика по безопасности и гигиене труда 2004 : УК Новое Издание – С. 150.
2. Британский институт стандартов [электронный ресурс] bsigroup.com/ru-RU/blog/organizational (Дата обращения 20.09.2021).
3. Интернет архив молодой ученный: Роль охраны труда и ее состояние на современном производстве [электронный ресурс] <https://moluch.ru/archive/244/56297/> (Дата обращения 25.09.2021).

Влияние вредных веществ и запыленности воздуха рабочей зоны на условия труда в термическом производстве

Студенты гр. 10405118 Кулаковская Я.С., Салтыков Н.И.
Научный руководитель - Яганова А. А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Термическое производство относится к особо вредным и опасным видам деятельности. При термообработке металлов возникает ряд вредных и опасных производственных факторов.

В условиях широкого применения разнообразных процессов и оборудования термической обработки металлов, комплексной механизации и автоматизации производственных процессов, обеспечение безопасности труда термиста представляет собой самостоятельную проблему. Эта проблема решается применением комплекса следующих мероприятий:

- разработкой и внедрением в производство новой совершенной техники и технологий, которые обеспечивают сохранность здоровья человека и его безопасность в процессе труда;
- разработкой и широким использованием технических средств, предотвращающих попадание работающих в опасную зону — пространство, в котором возможно воздействие на работающего опасного или вредного производственного фактора;
- проведением организационных, технических и санитарных мер, обеспечивающих защиту от вредных воздействий производственной среды, порядок и чистоту помещений, наиболее рациональную организацию труда и рабочего места, строгое соблюдение работающими технологического процесса, правил пользования защитными средствами и т. д.;
- широким обучением работающих безопасным методам труда, использованием наиболее эффективных средств защиты.

Основными вредными и опасными производственными факторами при термической обработке могут быть:

- повышенные загазованность и запыленность воздуха рабочей зоны;
- повышенная температура материалов и поверхностей оборудования;
- повышенный уровень инфракрасного излучения;
- повышенное значение напряжения в электрических цепях;
- повышенная напряженность электромагнитных полей при эксплуатации высокочастотных установок;
- повышенный уровень шума и вибрации;
- недостаточная освещенность рабочей зоны;
- движущиеся машины и механизмы, заготовки, материалы;
- пониженная температура материала и рабочих поверхностей при термообработке холодом [1].

Остановимся подробнее на рассмотрении таких факторов как наличие вредных веществ и запыленность воздуха в рабочей зоне.

Технологические процессы изготовления деталей характеризуются большим числом операций, при выполнении которых выделяется пыль, аэрозоли, газы. В воздушной среде термического цеха кроме пыли в больших количествах содержатся оксиды углерода, оксиды азота и др. Источниками выделения вредных веществ являются печи термической и химико-термической обработки.

При проведении термообработки в зону дыхания рабочего могут попадать различные пары масел, выделяющиеся от закалочных масляных ванн и баков, а также при работе на печах, угарный и сернистый газы, выделяющиеся при неполном сгорании топлива, а также диоксид азота, выделяющийся от соляной ванны.

При работе с расплавами образуются вредные выделения (например, пары свинца) и может происходить их разбрызгивание в результате химических реакций, протекающих как на обрабатываемом материале, так и на поверхности раздела рабочих сред и атмосферы (реакции с кислородом, влагой). При этом пары щелочей, мелкие капли водяного пара в сочетании с карбонатами, нитратами и другими солями могут быть причиной раздражений слизистой оболочки глаз и верхних дыхательных путей.

При работе с соляной кислотой возникает опасность отравления хлористым водородом, мышьяком и другими примесями. Особенно резкое выделение паров происходит при нагреве кислоты свыше 30-35°C. При работе с азотной кислотой и ее растворами происходит выделение вредных оксидов азота. При работе с серной кислотой при температуре свыше 60-65°C возможно сильное загрязнение воздуха. Неконцентрированная кислота быстро разрушает стали с образованием железного купороса и выделением свободного водорода, соединение которого с воздухом создает гремучую смесь.

Возможно отравление мышьяковистым водородом (AsH_3) — бесцветным и чрезвычайно ядовитым газом с запахом чеснока, так как мышьяк может содержаться в малом количестве в кислотах. Проникая в организм, мышьяковистый водород вызывает симптомы отравления (общее недомогание, затрудненное дыхание, обмороки, желудочно-кишечные расстройства, синеватую окраску слизистых оболочек, боли в области селезенки и почек, потемнение мочи, неприятный запах изо рта, напоминающий запах чеснока) и последующее тяжелое отравление в острой форме и поражение почек.

Особую опасность представляют работы с цианистыми ваннами, ибо цианистые соли (KCN , $NaCN$) являются сильнодействующими ядами как в твердом, так и в жидком состоянии. Вредное воздействие усиливается при наличии в воздухе влаги, кислот, углекислоты, так как происходит выделение цианистого водорода (синильная кислота HCN), вызывающего быстрое удушье вследствие паралича тканей верхних дыхательных органов [1].

Одним из вредных факторов условий труда в термических цехах является запыленность.

В воздухе производственных помещений часто встречается пыль, содержащая как связанную, так и свободную кремневую кислоту. Двуокись кремния вызывает специфические заболевания тканей легких, такие как фиброз [2] — хроническое заболевание легких, характеризующееся прогрессирующим рубцеванием ткани, которая покрывает орган: паренхиму легкого [3].

В результате работы во вредных условиях труда здоровью человека наносится непоправимый ущерб: профессиональное заболевание, временное или стойкое снижение работоспособности, повышение частоты соматических и инфекционных заболеваний, возможность нарушения здоровья потомства.

Для уменьшения влияния вредных факторов на рабочем месте термистов проводятся следующие мероприятия:

1. Вентиляция производственных помещений (естественная и искусственная) для поддержания нормальных параметров воздушной среды, удовлетворяющих санитарно-гигиеническим и технологическим требованиям.

2. Для защиты органов дыхания от воздействия вредных веществ и пыли рабочим рекомендуется применять шлем [4] для защиты головы, глаз и органов дыхания работающего и турбоблок с принудительной подачей воздуха [5], который обеспечивает защиту от аэрозолей, паров и их смесей (в зависимости от установленного фильтра).

3. Для обеспечения необходимой гидратации в отделении цеха установлен фонтан с питьевой водой. Это позволяет минимизировать вредное воздействие повышенной температуры на рабочих.

4. В случае длительного пребывания работников у источников интенсивного облучения на рабочие места следует подавать сосредоточенный чистый приточный воздух.

5. Воздушное душирование применяется для создания на постоянных рабочих местах требуемых метеорологических условий при тепловом облучении.

б. Для защиты рабочего от вредного воздействия теплового излучения необходимо применять спецодежду.

Введение данных мероприятий будет способствовать улучшению условий труда и снижению производственного травматизма.

Заключение

В процессе выполнения работы было рассмотрено влияние вредных веществ на организм работников термических цехов. Предложены следующие мероприятия по минимизации воздействия факторов технологического процесса на рабочих: вентиляция производственных помещений, применение средств индивидуальной защиты (шлем, турбоблок, спецодежда), установка фонтанов с питьевой водой и воздушное душирование.

Список использованных источников

1. Гегия И. Г., Шумилин В. К. Безопасность труда термиста/Редколл.: С. В. Белов и др. М.: Машиностроение, 1989. - 80 с.: ил. - (Б-ка рабочего-машиностроителя по охране труда).
2. Алексеева М.В., Андронов Б.Е., Гурвиц С.С., Житкова А.С. и др. Определение вредных веществ в воздухе производственных помещений. М.: 1954. – 412 с.
3. Хабибулина Л.Р. Фиброз легких. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tvoajbolit.ru/pulmonologiya/fibroz-lyogkih/> - Дата обращения: 23.10.2021.
4. ГОСТ 12.4.023-84. Система стандартов безопасности труда. Щитки защитные лицевые. Общие технические требования и методы контроля.
5. ГОСТ 12.2.007.0-75 ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности.

Аспирант Хацько М.С.

Научный консультант - Онищенко С. А.

ГОУВПО «Академия гражданской защиты» МЧС ДНР г.Донецк

Теплотехника - наука, которая изучает методы получения, преобразования, передачи и использования теплоты, а также принципы действия и конструктивные особенности тепловых машин, аппаратов и устройств. Теплота используется во всех областях деятельности человека. Для установление наиболее рациональных способов его использования, анализа экономичности рабочих процессов тепловых установок и создание новых, наиболее совершенных типов тепловых агрегатов необходима разработка теоретических основ теплотехники. различают два принципиально разных направления использования теплоты - энергетическое и технологическое. При энергетическом использовании, теплота превращается в механическую работу, с помощью которой в генераторах создается электрическая энергия, удобная для передачи на расстояние. теплоту при этом получают сжиганием топлива в котельных установках или непосредственно в двигателях внутреннего сгорания. При технологическом - теплота используется для направленного изменения свойств различных тел .

При изучении различных физических явлений используют два метода исследований, позволяют получить количественные закономерности. В первом методе используется экспериментальное исследование конкретных свойств единичного явления, во втором - выходят из теоретического исследования данной проблемы. преимуществом экспериментального метода исследования является достоверность полученных результатов. Но результаты данного эксперимента не могут быть использованы в отношении второго явления, которое в деталях отличается от изученного.

Второй метод исследований для нахождения количественных характеристик использует

наиболее общие законы природы, которые в свою очередь являются результатом чрезвычайно широкого обобщение опытных данных.

Любое дифференциальное уравнение является математической моделью целого класса явлений. Таким образом, под классом понимают такую совокупность явлений, которые характеризуются основным механизмом процессов и одинаковой физической природой.

Явления, которые входят в класс, подчиняются одинаковым уравнением как по форме, так и по физическому смыслу величин, в него входят. Например, дифференциальное уравнение теплопроводности.

К каждому дифференциального уравнения необходимо поставить условия однозначности.

Во многих случаях найти решение дифференциального уравнения, которое бы соответствовало конкретным условиям однозначности невозможно..

Теплотехника затрагивает одну из главных тем техносферной безопасности. А именно – топливо и процессы горения топлива.

Горением называют процесс быстрого окисления горючего в высокотемпературной зоне.

Температура зажигания - это температура, до которой необходимо нагреть топливо и необходимый для его горения воздух, чтобы началось интенсивное соединения элементов топлива с кислородом воздуха.

Температура зажигания составляет для каменного угля 300- 350⁰С, метана 650-750⁰С, дров 225-280⁰С, антрацита 650-700⁰С.

Для газообразных топлив существует предел, за пределами которого горение топлива невозможно.

Основным источником тепла для подогрева горючей смеси до температуры зажигания является теплота продуктов сгорания.

При сжигании твердого топлива большое значение имеет время сгорания, которое влияет на размеры печной камеры.

Основные характеристики топлива и процессы горения топлива

Топливом называются вещества, которые используются для получения значительной количества теплоты.

В основном используют топливо органического происхождения.

Все виды топлива по агрегатному состоянию могут быть разделены на твердые, жидкие, газообразные.

По способу получения на естественные и искусственные.

По способу применения - на энергетическое, промышленное, бытовое.

Состав топлива. Топливо в том виде, в котором оно поступает к потребителю называется рабочим. Основными химическими элементами топлива являются: С-углерод, Н водород, О-кислород, N- азот, S- сера, А-пепел, W- вода.

Твердые негорючие примеси определяют зольность топлива А.

Топливо является сложным химическим соединением, распадающимся на простые элементы только в процессе горения. Условность такого представления обозначается символами элементов без учета валентности их молекул.

Топливо, из которого полностью отделена влага, называется абсолютно сухим.

Вид влаги и формы ее связи с органическим веществом топлива разнообразны. Средняя влажность в рабочем состоянии топлива составляет для торфа 35%, дров 30%, бурого угля 18-33%, каменного угля 3-5% .

Важной характеристикой топлива является теплота сгорания.

Теплота сгорания - это количество теплоты, которая выделяется при полном сгорании одного килограмма твердого топлива и при охлаждении продуктов горения в начальной температуры процесса.

Теплота сгорания топлива зависит от температуры, при которой происходит процесс сжигания, но как правило сообщают данные при температуре 20 С.

Экспериментально теплоту сгорания определяют путем сжигания в калориметрах. Для сравнения энергетической стоимости различных видов топлива вводят понятие условного топлива.

Балластом рабочего топлива является сера, зола и влага.

Сера хотя и горит входит в состав балласта поскольку образует вредные вещества.

Состав серы в торфе, дровах, малосернистой нефти - 0,3-0,4%, антраците, каменном и буром угле 2-6%.

Пепел, который образуется после горения имеет вид сыпучей массы или сплавленных кусков - шлака. При температурах горения пепел размягчается, а затем плавится.

Выход летучих веществ. При нагреве топлива без доступа воздуха проходит термический расписание топлива с выделением летучих веществ и твердого нелетучего остатка.

В состав летучих веществ входят газы: CO, CO₂, C H₄, H₂S

.В состав нелетучего остатка входят углерод С (кокс) и зола А.

Выход летучих веществ колеблется от 4% для антрацита, до 85% для нефти.

Процесс сухой перегонки при t=1050-1100 С называется коксованием.

Характеристики отдельных видов топлива.

Минимальное количество воздуха необходимо для полного сгорания топлива называется теоретической количеством воздуха.

Отношение действительного количества воздуха к теоретически необходимого, называется коэффициентом избытка воздуха.

Техносферная безопасность - это направление подготовки специалистов в области охраны труда, обеспечения промышленной безопасности технологических процессов и производств как в нормальных условиях, как и в условиях чрезвычайных ситуациях.

Защита человека и окружающей среды от самого человека и его техногенной деятельности — важнейшие профессиональные задачи, обеспечивающие всеобщую безопасность.

Неполадки в сложнейших производственных и промышленных комплексах могут стать причиной экологических или техногенных катастроф.

С одной стороны, специалист по техносферной безопасности защищает находящуюся вокруг среду от влияния человеческой деятельности:

- контролирует уровень выбросов вредных веществ в атмосферу и гидросферу;
- определяет допустимые нормы и пределы вмешательства человеческой деятельности в природу.

С другой стороны, он обеспечивает безопасность человека в техногенной среде:

- занимается охраной труда работников производств;
- предупреждением травматизма и профессиональных заболеваний;
- контролирует все виды безопасности: пожарную, радиационную и т.д.

Специалист по техносферной безопасности — обобщенное название профессии, к которой относятся такие специалисты, как: Инженер по техническому надзору, Аналитик безопасности и рисков, Инженер по охране труда и технике безопасности, Инженер по промышленной безопасности, Инженер по пожарной безопасности, Инженер по экологической безопасности, Инспектор государственного надзора и контроля, Менеджер по промышленной безопасности, Эксперт по экологической безопасности.

В XX веке всех подобных специалистов называли инженерами по охране труда. Но в современном мире высоких технологий недостаточно знаний только лишь инструкций по технике безопасности. Необходимы более обширные знания мировых стандартов охраны окружающей среды и экологического законодательства. Современные специалисты в этой области обязательно владеют навыками предотвращения последствий стихийных бедствий — землетрясений, наводнений и т. п.

Особенности профессии

Функциональные обязанности специалиста по техносферной безопасности зависят от отрасли, в которой он работает и занимаемой должности. Общие для всех сфер деятельности виды работ:

- выявление возможных источников опасностей и определение их уровня на производстве;
- определение зон, в которых техногенный риск повышен;
- разработка требований по технике безопасности, средств спасения и организационных мероприятий в инвестиционных проектах;
- составление внутренних инструкций по технике безопасности на конкретном предприятии;
- регулярное проведение инструктажа по технике безопасности среди сотрудников производства;
- проведение контроля за состоянием средств защиты и выполнением работниками требований техники безопасности;
- проведение экологической экспертизы и контроль за рациональным использованием природных ресурсов; изучение воздействия человека и его деятельности, а также природных стихий на промышленные объекты.

Модернизация средств индивидуальной защиты органов дыхания

Студентки гр.22-20, 24-21, Тургунов Ш., Рахимова Ш.
Научный руководитель Петросова Л.И.
Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова
Научный руководитель Гарибян И.И.
Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности
Республика Узбекистан, г.Ташкент

Основным направлением государственной политики Республики Узбекистан - обеспечение приоритета жизни и здоровья населения. Одной из составляющей здоровья и долголетия человека является безопасность труда на производстве. Обеспечение безопасности труда, сохранение нормального функционального состояния человека, его работоспособности – основное назначение средств индивидуальной защиты (СИЗ) независимо от специфики и условий труда тех профессиональных групп, для которых они предназначены.

СИЗОД защищает органы дыхания человека от вредных производственных факторов, которые могут присутствовать на рабочем месте в разной степени выраженности.

Не менее важной для потребителя является эксплуатационная группа критериев выбора средств защиты, таких как:

- а) уровень безопасности при работе в СИЗ;
- б) износостойкость и изменение защитных свойств во время эксплуатации;
- в) удобство ухода и хранения СИЗ;

На сегодняшний день на производственных предприятиях для защиты здоровья рабочих более удобным является применение защитной полумаски со сменными фильтрами. Средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) фильтрующего типа подразделяются на одно фильтровые открытого типа и двух фильтровые закрытого типа (рис. 1)

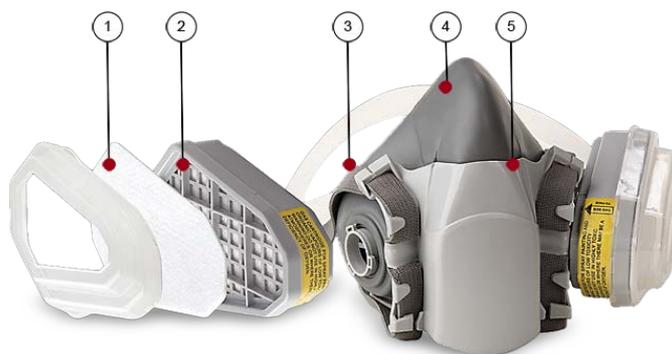


Рисунок 1 - Респиратор-полумаска PR-1

- 1- префильтр; 2 - сменный картридж; 3- регулируемая система крепления;
2- 4- основание респиратора; 5- клапан выдоха.

Полумаски со сменными фильтрами позволяют улучшить качество вдыхаемого человеком воздуха и уменьшить риск отравления ядовитыми химикатами. Обеспечивает защиту от

паров органики с температурой кипения выше 65°C, бензола, тетрахлорметана, ацетона, пестицидов, паров и аэрозолей лакокрасочных веществ. Такая полумаска может оснащаться фильтрами разного типа (противоаэрозольный, с активированным углем и другими сорбентами, противогазовые и др.) которые продаются отдельно, благодаря чему один и тот же респиратор можно применять в различных условиях [2].

Эффективность СИЗОД зависит от эффективности фильтрующего материала. (рис.2).



Рисунок 2 - Эффективность фильтрующего материала

Для обеспечения фильтрации используют такие нетканые **материалы**, как спанбонд и мельтблаун. Благодаря маленькому диаметру и равномерному распределению, нановолокна на фоне волокон спанбонда позволяют достичь нового уровня задержания бактерий, вирусов и других частиц.

Срок эксплуатации одного респиратора при ежедневном двухчасовом использовании составляет три рабочих месяца. Авторы установили, что смену фильтров на предприятиях необходимо производить четыре раза в год. Учитывая, что респираторы и фильтры закупаются из-за рубежа, это приводит к экономической нецелесообразности. В лаборатории кафедры БЖД ТашГТУ разработана технология замены фильтров отечественным сырьем. В городе Бекабад функционирует завод по производству спанбонда. Основным сырьем для производства спанбонда является полипропилен марки FR-170H. Данное сырье производится на заводе СП ООО Uz-Kor Gas Chemical в Узбекистане. Результаты исследований показали, что затраты на приобретение респиратора уменьшились в 3 раза. Экономический эффект составил 70,0% .

Список использованных источников

1. Айзенштейн Э.М., Клепиков Д.Н.//Вестник химической промышленности, июнь, 2017, № 3(96), с. 14.
2. Петросова Л.И., Сулейманов Р., Гарибян И.И. Обеспечение безопасности работников “LEADERFOAMRUBBER” №2 (3) 2019. С82-85. Ташкент. ISSN 2181-970X.
3. Janssen L., Bidwell J. et al. // Journal of Occupational and Environmental Hygiene 2008, Vol. 5, N 7, p. 438–443.

Студент гр. 1120 лечебного факультета Калиниченко А.В.
Научный руководитель - Семенова С.А.
Белорусский государственный медицинский университет
г. Минск

Аспекты пожарной безопасности весьма важны не только в бытовых условиях, производственных, но и в области здравоохранения. В учреждениях здравоохранения имеются помещения, в которых может храниться перевязочный материал, являющийся потенциальной пожарной опасностью, присутствовать дезинфицирующие горючие жидкости, находящиеся в помещениях с сухожаровыми шкафами и автоклавами для дезинфекции и т.д. Как результат, актуальным стоит вопрос знания медицинским персоналом классификации таких помещений по взрывопожарной безопасности и правильности их маркировки.

Для маркировки помещения дифференцируют на определённые категории в зависимости от степени взрывопожарной и пожарной опасности. Выделяют следующие категории [1]:

1. Помещения категории А (взрывопожароопасные, маркируются в круглом знаке с обозначением заглавной буквы А). В данных помещениях хранятся или же используются такие вещества как: горючие газы (далее ГГ), легковоспламеняющиеся жидкости (далее – ЛВЖ) с температурой вспышки не более 28 °С (в учреждениях здравоохранения представлены спиртами и эфирами) в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа. Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа;

2. Помещения категории Б (взрывопожароопасные маркируются в круглом знаке с обозначением заглавной буквой Б). В данных помещениях хранятся или же используются такие вещества как: перевязочные материалы способные при транспортировке выделять пыль или волокна, способные гореть, ЛВЖ с температурой вспышки более 28 °С, горючие жидкости (далее – ГЖ) в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пыле- или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа;

3. Помещения категории В1–В4 (пожароопасные маркируются в круглом знаке с обозначением заглавной букв от В1 до В4 в зависимости от пожарной опасности). В данных помещениях хранятся или же используются такие вещества как: ГГ, ЛВЖ, ГЖ и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом взрываться и гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категории А или Б;

4. Помещения категории Г1 (маркируются в круглом знаке с обозначением заглавной буквы Г-1). В данных помещениях хранятся или же используются такие вещества как: ГГ, ЛВЖ, ГЖ, твердые горючие вещества и материалы, которые сжигаются или утилизируются в процессе контролируемого горения в качестве топлива;

5. Помещения категории Г2 (маркируются в круглом знаке с обозначением заглавной буквы Г-2). В данных помещениях хранятся или же используются такие вещества как: негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени;

6. Помещения категории Д (маркируются в круглом знаке с обозначением заглавной буквой Д). В данных помещениях хранятся или же используются такие вещества как: негорючие вещества и материалы в холодном состоянии, горючие и трудногорючие вещества и материалы в таком количестве, что удельная пожарная нагрузка на участке их размещения в

помещении не превышает 100 МДж/м², а пожарная нагрузка в пределах помещения – 1000 МДж [1].

В дополнение к вышесказанному, медицинские работники должны быть ознакомлены с правилами, изложенными в ППБ Беларуси 01–2014 [2]. В которых указывается, что для обеспечения пожарной безопасности в спальнях корпусах и палатных отделениях не допускается: размещать койки, инвалидные кресла и другое оборудование и имущество в коридорах и на других путях эвакуации; пользоваться утюгами, электроплитками; размещать людей в период проведения ремонтов. В особенности данный вопрос рассмотрен для тяжелобольных и лиц, лишенных возможности самостоятельного свободного передвижения. Для них должны использоваться кровати, позволяющие перевозить (эвакуировать) их при пожаре. При отсутствии таких кроватей для эвакуации людей при пожаре необходимо иметь носилки из расчета одни носилки на каждые пять человек. Носилки должны храниться в специально отведенных местах, обозначенных соответствующими указателями.

В помещениях категорий В и Д расстояние от отопительных приборов и других источников тепла до барокамеры, баллонов с кислородом и закисью азота, стеллажей для хранения подушек для кислорода, рентгенопленки и медикаментов должно быть не менее 1 м. При этом в отделениях и кабинетах физиотерапии не допускается применять для покрытия пола и изготовления занавесей процедурных кабин синтетические материалы, способные образовывать и накапливать статическое электричество.

Особо важным моментом (как было указано выше) являются помещения медицинского обслуживания для хранения легковоспламеняющихся лекарственных препаратов. Там должен предусматриваться шкаф из негорючих материалов. Шкаф следует устанавливать на расстоянии не менее 1 м от приборов отопления и теплогенерирующих аппаратов. И при этом ЛВЖ и ГЖ должны храниться отдельно от других медикаментов, при этом количество ЛВЖ и ГЖ, одновременно хранящихся в каждом рабочем помещении, не должно превышать 3 л. Их хранение должно производиться в специальных закрывающихся негорючих шкафах.

Руководство, должно обеспечить контроль, что бы на рабочем месте были огне- и взрывоопасные вещества в количествах, необходимых для выполняемой в данный момент операции, а на термостатах, холодильниках, сейфах, где хранятся инфицированные объекты, наносятся надписи: «Во время пожара не вскрывать!» и «Выносить запрещается!».

Как результат, каждый медицинский работник должен быть ознакомлен с маркировкой помещений по пожарной опасности и знать порядок действий в чрезвычайных ситуациях.

Список использованных источников

1. Технический кодекс установившейся практики: категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности; Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, Минск 2013, - С. 57.
2. Правила пожарной безопасности Республики Беларусь (ППБ Беларуси 01–2014) - С. 208.

Студент гр. 10301419 Ван Синбо
Научный руководитель - Калиниченко М.Л.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Китайская Народная Республика занимает площадь 9,6 миллионов квадратных километров. Там проживает 1,4 миллиарда граждан, принадлежащих к 56 различным этническим группам. Большинство из них являются трудоспособными и вносят весомый вклад в развитие промышленности и сельского хозяйства КНР. С момента основания Нового Китая в 1949 году Китай стал настоящей промышленной, сельскохозяйственной и технологической державой. Как следствие для того, чтобы КНР, имеющей самое большое количество трудящихся в мире, достигнуть максимального благополучия необходимо уделять внимание вопросам охраны труда. Тогда огромное количество трудящихся останется на своих рабочих местах, будут выполнять свои трудовые обязанности, будут создавать богатство и достигнут социального прогресса. Общее процветание неотделимо от сдержанности и соблюдения важного закона. Название этого закона - «Закон о труде Китайской Народной Республики».

«Закон о труде Китайской Народной Республики» призван защищать законные права и интересы трудящихся, регулировать трудовые отношения, создавать и поддерживать систему труда, адаптированную к социалистической рыночной экономике, а также способствовать экономическому развитию и социальному прогрессу [1]. Этот закон сформулирован в соответствии с Конституцией Китайской Народной Республики.

В этом законе 13 частей, и в данной статье хотелось бы остановиться на трех из них:

1. Глава IV «Рабочее время, отдых и отпуск».
2. Глава V «Заработная плата».
3. Глава VI «Безопасность и охрана труда».

Правительство КНР на основании законодательства регулирует рабочее время, отдых и отпуск. Действует система учета рабочего времени, при которой рабочие работают не более восьми часов в день, а средняя рабочая неделя - не более 44 часов. Работодатель обеспечивает работнику не менее одного выходного дня в неделю. Относительно законодательства работодатели могут продлить рабочее время после консультации с профсоюзом и рабочими в связи с производственными и деловыми потребностями, как правило, не более одного часа в день. Если им необходимо продлить свое рабочее время по особым причинам, они могут каждый раз продлевать свое рабочее время. В условиях обеспечения здоровья рабочих: не более трех часов в день, но не более тридцати шести часов в месяц [1].

За добросовестный труд работающим полагается выплата денежных вознаграждений (заработной платы). Распределение заработной платы соответствует принципу распределения по труду и обеспечению равной оплаты за равный труд. Уровень заработной платы постепенно повышается по мере развития экономики. Государство осуществляет макро контроль над общей заработной платой. Заработная плата выплачивается работникам в денежной форме ежемесячно. Заработная плата, причитающаяся работникам, не может быть вычтена или задержана без причины [1].

Безопасность и охрана труда, как уже было сказано очень важная стратегия в жизни Нового Китая. Работодатели должны создавать и улучшать систему безопасности и гигиены труда, строго соблюдать национальные правила и стандарты в области безопасности и гигиены труда, обеспечивать безопасность труда и санитарное просвещение работников, предотвращать несчастные случаи в процессе труда и снижать профессиональные риски. Но и рабочие, занятые на специальных операциях, должны пройти специальную подготовку и получить квалификацию для выполнения специальных операций.

Работодатели должны обеспечить рабочих безопасными и гигиеническими условиями

и необходимыми средствами защиты труда, соответствующими национальным нормам. Рабочие, которые участвуют в операциях, связанные с производственными опасностями, должны проводить регулярные проверки здоровья [1].

В настоящее время быстрое развитие Китая неотделимо от политической партии, правильного руководства лидеров, правильного и твердого соблюдения законов, а также активного сотрудничества и упорного труда каждого китайского гражданина. С развитием прогрессивной эпохи общества появляются новые методики труда и технологии. Это требует постоянного совершенствования и обогащения юридического содержания, взгляда на мир, понимания сути и устранения недостатков.

Список использованных источников

1. «Закон о труде Китайской Народной Республики». – Время первой публикации: 1 января 1995 г. Последняя редакция: 29 декабря 2018 г.

Студентка гр. 10809117 Горбачева Ю. Л.
Научный руководитель - Батяновская И. А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Роботы – автоматические механизмы, выполняющие работу вместо человека. Применение роботов в современном мире облегчает труд человека, позволяет освободить его от монотонной повторяющейся работы, от работы в неблагоприятных производственных условиях. Роботы созданы и спроектированы для того, чтобы повысить качество работы, сделать труд человека более рациональным и комфортным, освободить его от тяжелых физических нагрузок, влияния вредных производственных факторов и предоставить ему возможность заниматься интеллектуальным трудом.

В нашей жизни роботы прочно заняли свое место в виде разнообразных приспособлений, бытовых приборов и умных систем. Сфера их применения сегодня обширна, от медицины, сферы обслуживания, сельского хозяйства, крупных промышленных предприятий, мелких производств, до использования в бытовых условиях. Рынок робототехники постоянно растет, но вместе с тем растет и потребность в разработке различных мер по обеспечению безопасности труда при работе с роботами.

Одним из новых и перспективных направлений в робототехнике на сегодняшний день, считается появление коллаборативных роботов или сокращенно коботов.

КоБот (от англ. Collaborative robot – совместный робот) – мобильный, многофункциональный аппарат, созданный для совместной работы с человеком. Сам робот является платформой, которую пользователь, используя дополнительный набор сенсоров и рабочих рук-инструментов, может приспособить для решения разнообразных задач. Кобот обычно оснащен одним или двумя манипуляторами, при помощи которых, его можно легко запрограммировать на выполнение каких-либо повторяющихся действий.

Обычные промышленные роботы спроектированы и запрограммированы на выполнения определенных операций без учета человека, работающего вместе с ними. Поэтому для того, чтобы обезопасить рабочего, таких роботов устанавливают в специально отведенных для этого местах, окрашивают в яркие цвета и оснащают защитными барьерами, чтобы не подвергать опасности людей. Для каждого физического взаимодействия человека с промышленным роботом механизм должен быть сначала отключен.

Наиболее распространёнными причинами несчастных случаев или аварийных ситуаций при работе с промышленными роботами, являются:

1. незапланированная остановка промышленного робота или технологического оборудования, в комплексе которого работает этот робот;
2. непредвиденные движения рабочего органа робота при его ремонте, наладке, настройке, и эксплуатации;
3. неверные (непредумышленные) действия оператора или наладчика во время ремонта и наладки промышленного робота, работающего в автоматическом режиме;
4. нахождение человека в рабочей зоне робота, функционирующего в режиме исполнения программы;
5. несоблюдение условий эксплуатации роботизированного промышленного комплекса оборудования или робота;
6. несоответствие требованиям эргономики и безопасности труда планировки роботизированного технологического комплекса и участка (неверное размещение технологического оборудования, промышленных роботов, загрузочных и разгрузочных устройств, пультов управления, накопителей, транспортных средств и других средств технологического оснащения).

Основными видами повреждений рабочего, возникающих в результате неправильной эксплуатации промышленных роботов, являются: электротравмы, ожоги, химические травмы, механические повреждения.

Важнейшим отличием коботов от обычных промышленных роботов, является то, что данный тип роботов может безопасно взаимодействовать с человеком, не имея дополнительных ограждений в режиме исполнения рабочей программы. Безопасность работы с коллаборативным роботом достигается за счет того, что он оснащен сложной системой датчиков, которые контролируют положение человека. Коллаборативный робот будет действовать в рамках функций зон безопасности, которые были предварительно разработаны для него. Если человек находится в определенной зоне безопасности, робот будет реагировать назначенными скоростями (как правило, медленными) и останавливаться, когда рабочий приближается. И так, когда рабочие приближаются к роботу, он замедляется, поскольку рабочие приближаются еще ближе, робот замедляется еще больше или останавливается. Помимо этого, у него имеются датчики с ограничением силы. Когда робот чувствует сопротивление на своем пути он останавливается, если сопротивление сильное. Эта система не позволяет человеку травмироваться и обеспечивает безопасность совместной работы, открывая множество возможностей для дальнейшего применения кобота в различных сферах деятельности.

Может сложиться мнение, что если коллаборативный робот обеспечен собственной сложной системой безопасности, то и его функционирование будет абсолютно безопасным. Но в зависимости от характера работы и объектов, с которыми взаимодействует кобот, может возникать риск нанесения травм. Поэтому необходимо проводить оценку рисков использования робота в конкретном применении. Для оценки риска при совместной работе с коллаборативным роботом выпущен стандарт ISO/TS 15066:2016, (американский аналог ANSI/RIA TR R15.606:2016).

Данный стандарт разработан для дополнения требований и рекомендаций по совместному использованию промышленного робота, которые были описаны ранее в стандартах ISO 10218-1 и ISO 10218-2 («Требования безопасности для промышленных роботов»). ISO/TS 15066:2016 определяет требования безопасности для совместной работы промышленных робототехнических систем и рабочей среды. В соответствии с приведенными выше стандартами существуют четыре подхода к обеспечению безопасной совместной работы робота с человеком:

- контролируемая остановка работы;
- ручное управление;
- контроль скорости и разделение зон;
- ограничение мощности и усилия.

При выборе методов обеспечения безопасности, можно использовать любое сочетание из перечисленных выше методов при совместной работе в общей зоне, представленных в одной роботизированной системе, или всех четырех одновременно. Стандарт ISO/TS 15066:2016 содержит формулы для расчета защитного предельно допустимого расстояния при мониторинге скорости перемещения робота или его манипулятора и его сближения с человеком. В приложении данного стандарта находятся указания по установке предельно допустимых значений болевых порогов для различных частей тела. Эти данные важно учитывать при разработке и использовании роботов с ограничениями по мощности и усилия.

Затем эти данные могут быть экстраполированы для определения ограничений по скорости перемещения. Здесь важно учитывать, что, если вам необходимо превысить приложение усилия или момент силы, указанный в ограничительном документе, это не значит, что это небезопасно.

Данные, приведенные в этой технической спецификации, относятся к показателю болевого порога. В то же время стандарт ISO 10218 не допускает возможности нанесения каких-либо повреждений, т. е. травм принципе. Если пользователь проведет ряд испытаний, на основании которых, он сможет доказать, что использование робота безопасно, то нормы, указан-

ные в стандартах, могут быть превышены. Кроме этого, безопасность совместной работы обеспечивается конструкцией робота. Эти типы роботов как правило изготавливаются из легких материалов и имеют меньший крутящий момент в суставах. Коллаборативным роботам присущи округлые формы (для увеличения площади соприкосновения), часто на корпусе робота с целью предотвращения травм и более комфортного взаимодействия размещают мягкие накладки или покрытия.

Разработанная сложная система обеспечения безопасности и конструкция коллаборативного робота, способствует облегчению и улучшению условий труда рабочих.

Список использованных источников

1. Юревич, Е.И. Основы робототехники / Е.И. Юревич. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 416 с.
2. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]. – URL <http://docs.cntd.ru>- Дата доступа 24.10.2021
3. American National Standards Institute [Электронный ресурс]. – URL <https://www.ansi.org> Дата доступа 24.10.2021

Студент Столяров Б.Д.

Научный руководитель - Онищенко С.А.

ГОУВПО Академия гражданской защиты МЧС ДНР г.Донецк

Средства индивидуальной защиты в случае пожара иногда являются единственным способом выжить. Потому что главные причины гибели людей - это не огонь, а дым и продукты горения материалов, из которых возводятся здания, отделка, предметы домашнего обихода и т.д. Они дезориентируют человека в пространстве, влияют на дыхательную систему, которая просто перестает работать. Человек, попавший в такие условия, не может выжить без индивидуальных средств.

Защитные свойства СИЗОД – это, прежде всего, эксплуатационные показатели используемых материалов и тканей, а также конструкция изделий.

Защитные свойства противогазов различаются по типу защиты:

- *фильтрующие* — от конкретных типов отравляющих веществ, фильтрование окружающего воздуха, обычно возможна замена фильтрующего элемента.
- *изолирующие* — генерация дыхательной смеси, то есть органы дыхания дышат не окружающим воздухом, а воздухом, генерируемым регенеративным патроном и системой кислородного обогащения.
- *шланговые* — поставка воздушной смеси с некоторого отдаления (10-40 метров), применяется, обычно, при работе в ёмкостях.



Рисунок 1 - Противогазы разных видов

Респиратор

Респиратор— средство индивидуальной защиты органов дыхания от попадания аэрозолей (пыль, дым, туман) и/или вредных газов — СИЗОД

Классификация

Для защиты органов дыхания при разных загрязнениях воздуха изготавливаются респираторы разной конструкции и назначения: промышленные (индустриальные), военные, медицинские (например, для аллергиков или против гриппа) и др.

- Респираторы «Лепесток»
- Р-2 защищает органы дыхания от радиоактивной пыли. От паров и газов респиратор не защищает! Маска состоит из поролона и марли, а также имеет два клапана для вдоха и один клапан для выдоха.
- РПГ-67 служит для защиты органов дыхания от паров и газов вредных веществ при концентрациях не превышающих предельно допустимые нормы более чем в 15 раз.

- РПА-1 предназначен для защиты органов дыхания от пыли и аэрозолей в тяжёлых рабочих условиях.
- РУ-60 м защищает от паров вредных веществ, а также от пыли и аэрозолей (не защищает от высокотоксичных примесей (синильная кислота и прочее)).

Для защиты органов дыхания от паров и газов на респираторы РПГ-67 и РУ-60 м устанавливаются различные фильтры, срок службы которых зависит от концентрации вредных веществ, условий работы и других обстоятельств (см. Противогозные фильтры ниже). Масса этих респираторов около 300 гр.

Защитное действие противогоза основано на том, вдыхаемый атмосферный воздух проходит через противогозную коробку, тем самым он подвергается фильтрации от инородных веществ присутствующих в воздухе (отравляющих, радиоактивных и бактериальных веществ).

Для этого противогозная коробка снаряжена специальным поглотителем и противодымным (аэрозольным) фильтром.

В последние годы был разработан ряд материалов и тканей из синтетических химических соединений. Наиболее частыми в производстве СИЗОД являются полипропилен, силикон, спанбонд, мельтблаун, для фильтров глубокой очистки используют поролон или пеноуретан. Также для их создания могут использовать материалы и ткани на основе арамидных волокон (Кевлар, Номекс, Терлон, Тварон и др.) благодаря своей огнестойкости и жаропрочности, стойкости к агрессивным средам, хорошим физико-механическим свойствам. Их использование в смесях с натуральными и искусственными волокнами улучшает защитные, гигиенические и механические свойства СИЗ (СИЗОД). Именно такие ткани в последние десятилетия все чаще используются при производстве пожарных СИЗОД.

СИЗОД от пыли и аэрозолей изготавливаются преимущественно из **полипропилена**, мягкого нетканого материала, в порах которого оседает вредная пыль при вдыхании.

Полипропилен плавится при высоких температурах и, соответственно, имеет более высокую температуру разложения. Чистый изотактический полипропилен плавится при температуре в 176 °С. Максимальная рабочая температура полипропилена составляет 120-140 °С. Все полипропиленовые изделия выдерживают кипячение и могут стерилизоваться паром без изменения их формы или механических свойств. Но, полипропилен плох в морозостойкости, его температура хрупкости составляет от -5 до -15 °С. Повышение морозостойкости возможно за счет введения в макромолекулу изотактического полипропилена звеньев этилена (например, при сополимеризации пропилена с этиленом).

Так же для создания СИЗОД используют качественный и удобный **силикон**, который имеет небольшой вес и очень эластичную форму. Он прочный, не пропускает воду и другие жидкие вещества. Кроме того, он выдерживает любые термические нагрузки или пожар, возникший в результате аварии на любом предприятии. Специальные исследования показали, что уникальные материалы для изготовления современных противогозов способны выдерживать температуру до 600 °С

Мельтблаун и спанбонд используют для изготовления многослойных фильтров, которые применяются в масках, респираторах и т.д.

Спанбонд - название технологии производства нетканого полотна из расплава полимера методом спанбонда. Часто в профессиональной среде термин «спанбонд» также обозначает материал, произведенный с использованием технологии «спанбонд». Полипропиленовые полимеры с широким молекулярно-массовым распределением используются в качестве сырья для производства материала фильерного производства, такого как полиэтилентерефталат (полиэстер), полиамид и др. Применяется полипропилен, который чаще всего используется для производства оптического волокна, поскольку он позволяет получить наиболее распространенное использование волоконно-оптического волокна.

Важной характеристикой, определяющей возможность использования разного спанбонда для разных изделий, является его устойчивость к высоким и низким температурам. Под

воздействием повышенных температур физические и механические свойства волокна в спанбонде изменяются: прочность волокна уменьшается, оно сжимается, размягчается, плавится или даже разлагается. Термостойкость определяется изменением физико-механических свойств после воздействия температуры. Нетканый материал спанбонд устойчив к воздействию воды, кислот и щелочей, имеет низкое водопоглощение, не гниет и не плесневеет, что способствует его длительному использованию. Он морозоустойчив и выдерживает низкие температуры (-55°C), не изменяя своей прочности; при введении специальных добавок может приобретать термостойкость до 130°C .

Мельтблаун - имеет большие преимущества перед обычными неткаными материалами из-за толщины волокон. К ним относятся очень высокая однородность, как физическая, так и визуальная, лучшее покрытие на единицу поверхности, полная или повышенная водопроницаемость с одновременной воздухопроницаемостью и высокие фильтрующие качества. Мельтблаун обладает значительным эффектом абсорбции, изоляции и фильтрации. Области применения включают такие материалы, как воздухонепроницаемые материалы, такие как текстиль, нетканые материалы и т.д.

Такой материал обладает повышенными барьерными и гидрофильными свойствами против проникновения грибков и микроорганизмов, что делает его пригодным для использования в качестве фильтрующего слоя в хирургических респираторах, масках. Мельтблаун успешно применяется в фильтрах для респираторов, промышленных масок, пылесосах, фильтрах для жидкостей, а также газов.

Мельтблаун используют для производства:

- Средств индивидуальной защиты органов дыхания;
- Средств личной гигиены;
- Продуктов для фильтрации воды, газа, воздуха, в специальных установках;
- Салфетки и абсорбирующие изделия для впитывания нефти, нефтепродуктов и других опасных химических веществ (АХОВ).

Структура материала, состоящая из хаотично расположенных полипропиленовых волокон, обеспечивает высокую сорбционную способность и быструю сорбцию. Например, материал может поглотить около 240 литров жидких углеводородов на площади поверхности 35 м^2

Номекс – это высокотехнологичный материал, разработанный известной компанией DuPont. Его предназначение - защита от высоких температур и открытого огня. Однако особым отличием этой ткани от других материалов той же группы является особый состав волокна. Специальные типы полимеров обеспечивают уникальное сочетание высокой механической прочности с высокой термической стабильностью. Традиционные термостойкие ткани создаются на основе хлопка и смесовых волокон с различными видами огнезащитной пропитки. При воздействии такой высокой температуры и открытого пламени пропитка активизирует процесс выделения газа, который перестает гореть. В отличие от материалов этого типа, номекс, при воздействии высоких температур, химический состав его соединений сохраняется в течение длительного периода. Особенностью метаарамиды является его прочность, гибкость и устойчивость к истиранию, которые сохраняются в широком диапазоне температур - до 250 градусов. Карбонизация мета-арамиды происходит при температуре более 400 градусов, при этом вне открытого огня сразу прекращается.

Данная ткань не плавится и не горит, а кроме того имеет такие достоинства, как:

- устойчивость к открытому огню, высоким температурам и брызгам металла;
- самозатухает вне пламени, при этом обугленный слой сохраняет свои защитные свойства;
- устойчивость к агрессивным химическим компонентам;
- низкая теплопроводность;
- высокая прочность на разрыв;
- долговечность и простота ухода.

Организации образовательного процесса по обучению персонала при выполнении работ под напряжением 0,4-10 кВ

Студент гр.10609119 Можейко Д.
Научный руководитель - Мордик Е.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Повышение уровня квалификации персонала является обязательным условием надежной, безопасной и безаварийной работы на предприятиях.

В настоящее время практически любой вид работ в распределительных сетях 0,4 кВ проходит с отключением потребителя. Это вызывает нарекания и жалобы со стороны потребителей электрической энергии, особенно в зимнее время, когда отключение может привести к остановке систем отопления со всеми вытекающими последствиями. Кроме того, прекращается сбыт электроэнергии с остановкой приборов учета, что не выгодно для энергоснабжающей организации. Выполнение работ под напряжением обеспечивает не только бесперебойность электроснабжения потребителей, но и повышает безопасность обслуживающего персонала, о чем говорит статистика по несчастным случаям от поражения электрическим током.

Согласно мировой практике, больше всего людей – причем очень квалифицированных специалистов, проработавших в энергетике не один год, гибнет именно при выполнении работ на электроустановках при снятом напряжении.

Причина кроется в ошибках, допускаемых при подготовке объектов к работе, а также в психологической перестройке в сознании: все же отключено, чего опасаться? Ведь даже на отключённую электроустановку напряжение может быть подано без всякого предупреждения.

Специалисты же, работающие под напряжением, вынуждены сами заботиться о своей безопасности и потому действуют четко, обдуманно и осторожно. Безопасность технологии основывается на сознательном сосредоточении электромонтера на порученном задании, в котором естественным образом объединены правила безопасной работы с ее технологией. Поэтому для работы под напряжением должен допускаться только квалифицированный персонал, прошедший обучение и специальную подготовку.

Поэтому для повышения квалификации работников необходимо ввести учебные процессы по подготовке к работе на сетях 0,4-10 кВ, на которых они смогут обменяться опытом и отработать нужные практики

На сегодняшний день в Беларуси действует учебный центр «Молодечненских электросетях», который функционирует как составляющая часть общепромышленной системы обучения персонала в условиях производства (на производстве). Сегодня на полигоне учебного центра «Молодечненских ЭС» создана техническая база для обучения персонала работам под напряжением, оборудованы специальные классы и объекты. В ходе обучения работники знакомятся с порядком организации и выполнения работ без снятия напряжения на ВЛ 6-10 кВ, осваивают технологию работ без снятия напряжения в электроустановках выше 1000 В, изучают средства защиты, применяемые при работах без снятия напряжения в электроустановках выше 1000 В, знакомятся с оформлением документации по выполненным работам, отрабатывают порядок действий для безопасного выполнения работ без снятия напряжения на ВЛ 6-10 кВ и при работах на высоте. Также при подготовке персонала важно не только получить теоретические знания, но и отработать их на практике, чтобы по окончании обучения быть готовым к работе на объектах.

Одна из основных целей работы распределительных сетей — обеспечить качественное и надежное энергоснабжение потребителей. Выполнение работ на энергооборудовании без снятия напряжения существенно повышает качество электроснабжения и способствует снижению количества жалоб на качество электроэнергии со стороны потребителей. Поэтому в

связи с увеличением требований к качеству и бесперебойности электроснабжения потребителей потребность в производстве работ без отключения напряжения, а следовательно, и в необходимости обученных специалистов будет возрастать.

Студентка Чеботарёва В.А.

Научный руководитель - Онищенко С. А.

ГОУВПО «Академия гражданской защиты» МЧС ДНР

В современных условиях деятельность по гражданской обороне и защите населения от различных угроз и вызовов становится все более необходимой для нашего общества. Основные направления политики гражданской защиты и защиты населения от чрезвычайных ситуаций природного и технологического характера были разработаны и реализованы с учетом геополитических, стратегических, социально-экономических и других факторов, которые значительно изменились за последние несколько лет. Качественное изменение рисков в случае, даже ограничиваясь применением оружия массового уничтожения, точности обычных вооружений, оружия на новых физических принципах, растущей угрозы терроризма, техногенных аварий и катастроф, экологических проблем, угроз эпидемий - все это приводит к необходимости улучшения развития и гражданской обороны, готовности к эффективному переводу в военное время и проведению его в случае опасностей во время войны, а также в случае чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Требования в области гражданской защиты - особые условия (правила) эксплуатации технических систем управления гражданской защитой и объектов гражданской защиты, использования и обслуживания систем оповещения, средств индивидуальной защиты, другого специального оборудования и имущества гражданской защиты, установленные федеральными законами и иными нормативными правовыми актами реальный путь реформирования гражданской обороны — это создание на базе системы чрезвычайных ситуаций и системы гражданской обороны действительно единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций — системы гражданской защиты. Во-первых, создать единое правовое, организационное и методическое поле по вопросам гражданской защиты на мирное и военное время на всей территории страны. Во-вторых, создать одни и те же органы управления, системы связи, силы и средства на мирное и военное время, что обеспечит плавный переход созданной системы с мирного на военное время, более качественную заблаговременную подготовку к гражданской защите в военное время. Организация и поддержание гражданской обороны - одна из важнейших функций государства, составляющих оборонного строительства и государственной безопасности. Подготовка государства по гражданской обороне осуществляется заблаговременно в мирное время с учетом развития вооружения, военной техники и средств защиты населения от опасностей, возникающих в военных конфликтах, или как результат этих конфликтов, а также в чрезвычайных ситуациях, природных и искусственных.

В последние годы произошли значительные изменения в военно-политической и социально-экономической ситуации в мире. В результате развала СССР и социалистического лагеря, а вместе с ними и военного блока стран Варшавского договора идеологическое противостояние России с зарубежными странами исчезло, военное противостояние уменьшилось. Решения, принятые в отношении сокращения ядерного потенциала, запрещения и уничтожения химического оружия, снизили вероятность возникновения; массовое использование оружия массового уничтожения в современных войнах и вооруженных конфликтах. В результате ослабления международной обстановки непосредственная угроза прямой агрессии, безусловно, уменьшилась, но военная угроза продолжает сохраняться и при определенных условиях может перерасти в непосредственную военную угрозу и военный конфликт различной интенсивности. В современных войнах и вооруженных конфликтах вопрос о защите населения и территорий от опасностей, возникающих в современной жизни и возникающих в результате военных действий, будет очень актуальным. Следовательно, Гражданская оборона в современных условиях, призванная обеспечить жизнедеятельность населения и государства в экстремальных условиях военного времени, была, есть и будет важной государственной службой

в обозримом будущем. В целом роль и место гражданской защиты в современных условиях определяются решаемыми ею задачами, содержанием и методами, реализация которых может меняться в зависимости от конкретных условий ситуации. Основные цели гражданской защиты с сегодняшней точки зрения включают в себя: оповещение и информирование населения об угрозе и действиях в текущей ситуации; эвакуация населения, материальных и культурных ценностей; защита инженерных, радиационных, химических, медицинских и биологических наук, а также от пожаров; защита источников воды (управление водными ресурсами), продуктов питания, пищевого сырья, кормов, животных и растений; повышение устойчивости эксплуатации объектов; проведение комплексных маскировочных мероприятий; проведение спасательных работ и других неотложных работ; приоритет средств к существованию пострадавшего населения; восстановление и поддержание порядка в пострадавших районах; обеспечение готовности к мобилизации гражданской обороны; организация проведения мероприятий гражданской обороны; участие сил гражданской обороны в ликвидации чрезвычайных ситуаций;

Система оповещения населения достигается следующим образом: наличием обновленных нормативных актов в области создания, поддержания в состоянии постоянной готовности и использования систем оповещения населения, наличием, исправностью и соответствием проектной документации для системы оповещения населения технических средств оповещения, наличием дежурного (дежурного диспетчера) персонала, ответственного за включение (запуск) системы оповещения населения, и уровнем его профессиональной подготовки, готовностью сетей связи операторов связи, вещательные студии и редакции средств массовой информации для обеспечения передачи предупреждающих сигналов и (или) экстренной информации, регулярных проверок готовности систем оповещения населения, своевременного оперативного и технического обслуживания, ремонта неисправных и замены установленного эксплуатационного ресурса технических средств оповещения, своевременного осуществления мер по созданию, в том числе совершенствованию, систем оповещения населения.

Другие мероприятия, необходимые для достижения целей гражданской обороны, включая планирование и организацию их деятельности. Анализ этих задач позволяет констатировать, что гражданская оборона в современных условиях является одним из элементов системы национальной безопасности, неотъемлемой частью оборонной функции государства. Гражданская оборона в современных условиях решает проблемы сохранения людских ресурсов и экономического потенциала страны. Обеспечивая защиту и жизнь населения во время войны, спасая и помогая жертвам и пострадавшим, Гражданская оборона в современных условиях монополистически решает важнейшую часть социальных функций государства. Повышение устойчивости работы объектов экономики, защиты материальных ценностей и культурных, уменьшить риск формирования очагов вторичного поражения в ходе войны и, в конечном счете, ущерб, нанесенный врагом, Гражданской обороны в современных условиях выполняет значительное количество функций, экономического состояния. Сегодня, в начале нового тысячелетия, мы видим, что проблемы безопасности как для отдельных лиц, так и для человечества в целом становятся все более серьезными. Новая эра пронизана растущими угрозами человеческой природе, повышенным риском экологических, климатических, социальных, экономических и многих других стихийных бедствий и катастроф. Необходимость защиты населения и территорий от стихийных и технических чрезвычайных ситуаций, а также от опасностей, связанных с военными операциями или такими операциями, не уменьшается. За последнее десятилетие военные теоретики и историки решительно перешли к разработке новой концепции войны, новых форм и средств вооруженной борьбы. Они исходят из того, что при качественно новых средствах вооруженной борьбы, созданных на основе новейших технологий, в том числе прецизионного оружия и оружия, основанного на новых физических принципах, характер войны неизбежно изменится[2]. К возможному оружию на новых физических принципах, прежде всего, нелетального воздействия, можно отнести лазерное и инфразвуковое оружие; средства информационной борьбы; точность оружия следующего поколения (ин-

теллектуальные боеприпасы); метеорологические, геофизические службы оружия; биологическое оружие следующего поколения; инструменты биотехнологии; химическое оружие нового поколения. Есть основания полагать, что через 10-15 лет, а в некоторых странах, возможно, и раньше, это оружие значительно обесценит роль ядерного оружия и разрушит обычный барьер, который долгое время разделял ядерное оружие и обычные вооружения. Сегодня общепризнанно, что эпоха противостояния многомиллионных армий во время войны закончилась. Есть все основания полагать, что в ближайшем будущем ведущая роль в войнах будет отведена политическим, экономическим, информационным и другим средствам борьбы. Для того чтобы лишить противника современного сопротивления, войны и вооруженные конфликты наносят удары, как было отмечено выше, наиболее важным субъектам экономики и инфраструктуры, к которым, по мнению военных стратегов, относятся: узлы связи, радиоканалы, телецентры; узлы железных дорог; жд мосты; автомобильные мосты федеральных автомагистралей; морские (речные) базовые порты, аэропорты; трубопроводная насосная станция; склады трубопроводы; гидроэлектростанции; склады АЭС; тепловые электростанции; подстанции линий электропередачи; нефтебазы; нефтеперерабатывающие заводы; производство черных металлов. Из оценки прогнозов, что в случае войны, даже только с обычным оружием, она приобретет характеристики повышенного риска из-за угрозы уничтожения потенциально опасных объектов и, по сути, является подобием войны с оружием массового уничтожения. Необходимо подчеркнуть, что роль гражданской обороны страны в современных войнах и в современных условиях значительно возрастает. Он приобретает большое значение для государства, становится военно-стратегическим фактором. Подводя итог вышесказанному, мы можем констатировать, что гражданская оборона не может оставаться в той же форме, необходима ее реформа.

Подводя итоги вышесказанному, можно констатировать, что гражданская оборона не может оставаться в прежнем виде, необходима ее реформа. Во-первых, возможность отнести вопросы гражданской защиты к предмету совместного ведения, субъектов и органов местного самоуправления, что позволит повысить ответственность субъектов и органов местного самоуправления, прежде всего, за защиту населения и территорий в военное время. Во-вторых, создать единое правовое, организационное и методическое поле по вопросам гражданской защиты на мирное и военное время на всей территории страны. В-третьих, создать одни и те же органы управления, системы связи, силы и средства на мирное и военное время, что обеспечит плавный переход созданной системы с мирного на военное время, более качественную заблаговременную подготовку к гражданской защите в военное время.

Охрана труда в условиях пандемии COVID-19

Студент гр. 10809117 Сенокосова К.В.
Научный руководитель - Батяновская И.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Каждая эпидемия уникальна. Возбудители отличаются друг от друга по тяжести воздействия, по способности вызывать летальный исход, по способам передачи, по диагностике лечения и средствам предотвращения заражения. По локализации своего распространения эпидемия может быть сфокусирована или зафиксирована на местном, национальном или трансконтинентальном уровне.

В случае наличия комплексного плана готовности к чрезвычайным ситуациям и пандемии, предприятия могут быстрее и эффективнее принимать согласованные меры противодействия, приспособивая их к специфике ситуации. Для принятия необходимых мер все учреждения, организации, предприятия следят за информацией, поступающей от учреждений здравоохранения, санитарно-гигиенических учреждений и других уполномоченных органов и в дальнейшем принимают соответствующие меры на основе полученной информации и рекомендаций.

Для того, чтобы профилактические меры отражали актуальные знания, по предотвращению распространения инфекции и защите от заражения, необходим постоянный контроль охраны труда и оценка рисков. Предприятиям нужно быть в курсе постоянно обновляемой информации о заражении, о способах его передачи, о рекомендуемых мерах защиты, об изменениях требований местных и центральных органов. Такой контроль также поможет сделать так, чтобы меры охраны труда, по минимизации риска заражения, не привлекли за собой новых, непредвиденных рисков здоровью и безопасности работников (физической и психологической). Все опасные факторы производства, возникающие по причине новой организации труда и производственных процессов, должны быть выявлены, а соответствующие риски – оценены и минимизированы.

Причина инфекционных заболеваний человека – деятельность возбудителей, таких как бактерии, вирусы, паразиты и грибки. Они передаются при прямом контакте или воздушно-капельным путем, а также с помощью носителей (например, пищевых продуктов, через дверные ручки) и переносчиков инфекции. О способах передачи инфекции также необходимо помнить тем, кто при работе имеет контакт с животными, что подвергает их опасности заражения зоонозными инфекциями [1].

Профессии, предусматривающие работу с населением, а именно, контакт с больными, еще больше увеличивают риск заболевания, особенно инфекционными болезнями, передаваемыми воздушно-капельным путем. Работники, заразившиеся на рабочем месте, могут стать носителями инфекции и передать заболевание другим людям, например, своим коллегам, клиентам или поставщикам, а также своим близким и людям, не связанным с их местом работы [1].

Для того, чтобы принять целесообразные и практически осуществимые меры по защите работников от профессиональных рисков заражения инфекцией, работодателям нужно выполнить оценку таких рисков.

На практике профессиональный риск – это сочетание вероятности наступления опасного события и степени тяжести травмы или ущерба здоровью людей в результате его наступления [2].

Поэтому при оценке риска возможности заражения на рабочем месте учитываются такие факторы, как:

- вероятность подвергнуться заражению с учетом характера инфекционного заболевания (то есть, способов его передачи) и возможности контакта работника с инфицированным

человеком, зараженными материалами или средой (например, лабораторными образцами, отходами) при выполнении своих обязанностей;

- тяжесть вредного воздействия на здоровье с учетом индивидуальных факторов, влияющих на это (таких как: возраст, наличие хронических заболеваний и физическое состояние), а также меры, которые возможно осуществить для противодействия инфекции.

По данным ВОЗ, первые сообщения о вспышках COVID-19 появились в Китае 31 декабря 2019 года, а первые клинические проявления у заболевших возникли ранее — 8 декабря 2019 года [3].

В условиях пандемии COVID-19 на переднем крае борьбы с ней оказываются различные группы работников, в следствие чего они подвергаются опасности заражения при выполнении своих непосредственных обязанностей: медицинские работники (члены бригад скорой помощи, персонал реанимационных и инфекционных отделений, работники спасательных транспортных средств), лабораторный персонал, работники ритуальных услуг, уборщики и персонал по утилизации отходов медицинских и других специальных учреждений. Основными причинами заражения этих категорий работников являются: контакт с инфицированными пациентами, своими коллегами; контакт с умершими инфицированными; биологическими жидкостями, выделяемыми инфицированными пациентами; контакт с зараженными материалами, медицинским оборудованием, средствами индивидуальной защиты (СИЗ) при их неправильном использовании, очистке или дезинфекции; окружающей средой, не подвергнувшейся должной очистке или дезинфекции; при контакте с оборудованием, посудой, приборами и отходами, не прошедшими соответствующую очистку или утилизацию [5].

С целью предотвращения и минимизации риска заражения COVID-19 вышеуказанных категорий работников разработаны и применяются такие меры, как:

- Физические и технические меры, направленные на минимизацию распространения патогенов и заражения поверхностей и предметов. Они предполагают: достаточные объемы помещений для увеличения расстояний между работниками и пациентами, а также устройство изоляторов с хорошей системой вентиляции для пациентов с COVID-19 или с подозрениями на COVID-19 [4].

- Административные меры. Они включают: выделение средств на реализацию мер профилактики и противодействия распространению COVID-19, таких как обеспечение соответствующей инфраструктуры, упрощение порядка проведения лабораторных тестов, фильтрация и размещение пациентов, обучение персонала [4]. Также необходимой административной мерой является контроль и надзор за состоянием здоровья заболевших и тех, кто подвергается угрозе заражения. Должен быть разработан протокол действий, при помощи которого любой заболевший работник может сообщить об имеющихся симптомах своему непосредственному начальнику, который обязан поставить в известность руководителя медицинского учреждения [5].

- Соответствующие средства индивидуальной защиты (СИЗ). Выбор необходимых СИЗ и инструктаж по их использованию и утилизации [4].

В Руководстве ВОЗ Об охране труда в условиях пандемии приводятся практические рекомендации о том, какие методы и меры защиты следует применять при выполнении работ тем категориям работников, которые подвергаются повышенному риску опасности заражения: лабораторному персоналу, работникам ритуальных услуг, работникам спасательных транспортных средств и т.д. [4].

В случае резкого повышения уровня заболеваемости, на помощь медицинским работникам привлекаются работники правоохранительных органов, военнослужащие, пожарные. В зависимости от порученной им задачи они могут быть в контакте с заболевшими людьми, пациентами с подозрениями на заражение, а также с зараженной средой. Они в обязательном порядке проходят должный инструктаж и получают информацию о том, как безопасно выполнять свои задачи в нынешних непростых эпидемиологических условиях.

Для предотвращения и ограничения распространения заболевания COVID-19, правительства во многих странах мира пошли на крайние меры: ввели обязательный карантин для

населения, приостановили работу заводов, организаций сферы услуг и других предприятий. При этом, оставив функционировать предприятия, организации, учреждения, оказывающие жизненно важные услуги. Здоровье и безопасность работников организаций, оказывающих жизненно важные услуги, защищаются путем принятия особых предохранительных мер. Например, к таким услугам относится доставка еды, которую осуществляет курьерская служба, бесконтактным путем. С целью минимизации контакта работника с покупателем, оплата производится через интернет, а курьер оставляет заказ под дверью покупателя.

В целях разработки практических мер по минимизации распространения вируса COVID-19 на производстве предусматривают различные меры, направленные на следующие моменты противодействия пандемии COVID-19:

- Физическая дистанция.
- Гигиена
- Уборка
- Обучение и оповещение
- Средства индивидуальной защиты (СИЗ).
- Меры противодействия.

Список использованных источников

1. Охрана труда в условиях COVID-19 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.mintrud.gov.by/system/extensions/spaw/uploads/files/ILO-SafeDay-COVID-Booklet-April14Clean-RUS-1.pdf> – Дата доступа: 12.10.2021.
2. МОТ 2001 [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.ilo.org/global/topics/safety-and-health-at-work/normative-instruments/WCMS_125017/lang--en/index.htm – Дата доступа: 15.10.2021.
3. Пандемия COVID-19 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki> – Дата доступа: 19.10.2021
4. ВОЗ 2020 [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://apps.who.int/gb/bd/pdf_files/BD_49th-ru.pdf – Дата доступа: 21.10.2021.
5. МОТ 2018 [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_dialogue/-actrav/documents/publication/wcms_672564.pdf – Дата доступа: 26.10.2021.

Студент гр. 10703118 Дигаленя И. К.
Научный руководитель - Калиниченко М. Л.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

На базе четвертого рудоуправления ОАО «Беларуськалий» с 2015 года внедрен в производство цех мембранного электролиза. В данном цехе осуществляется комплексная переработка хлорсодержащего вещества путем электролиза раствора хлорида калия, в результате образуется водный раствор гидроксида калия, а также водород и хлор в форме газа. Далее они перерабатываются в гипохлорит натрия и соляную кислоту. В качестве сырья выступает галургический гранулированный хлористый калий (количество полезного вещества в нем должен быть не менее 98%). Продукт используется на предприятиях в качестве средства для обеззараживания воды [1].

Проект цеха, а также поставки основного технологического оборудования реализованы и осуществлены немецкой фирмой Chemieanlagenbau Chemnitz GmbH (С.А.С).

Основы технологического процесса [2] состоят из следующих этапов: сначала растворяется технический хлористый калий в оборотном растворе. В результате образуется водный раствор хлорида калия, далее очищается водный раствор и в мембранном электролизере происходит электролиз раствора хлорида калия. Образуется водород, хлор, укрепленный водный раствор гидроксида калия с концентрацией 32 %. Далее оборотный раствор очищается от хлора и газообразный хлор и водород синтезируют соляную кислоту. Затем водный раствор гидроксида натрия абсорбируется хлором с образованием гипохлорита натрия который выпаривается до тех пор, пока водный раствор не будет иметь массовую долю КОН от 46 до 54 %, с последующим получением расплава с массовой долей КОН от 90 до 95% с последующим чешуированием [3].

Как результат при таком производстве существуют следующие факторы [2], такие как риск получения различного рода травм при неправильной эксплуатации оборудования; наличие повышенной запыленности и загазованности воздуха рабочей зоны, несоответствие температуры воздуха рабочей зоны установленным нормам, наличие высоковольтных установок и т.д. Как результат для повышения безопасности по производству хлора используются исключительно мембранные электролизеры. Весь технологический процесс соответствует технологическим картам предприятия. Производство обеспечено бесперебойным поступлением электроэнергии, пара, воды, азота [4].

Все оборудование должно использоваться только в соответствии с правилами пожарной безопасности, а также требованиями по охране труда. Все электрооборудование должно быть электроизолировано от земли. Раз в 3 месяца электрооборудование проверяется на сопротивление изоляции. Шунтирование электролизеров осуществляется короткозамыкателями исключительно в открытом исполнении. Шланги для воды изготавливаются из гибких и неподверженных электропроводности материалов [4].

В целях обеспечения безопасной работы применяются инженерные мероприятия по обеспечению безопасности технологического процесса [4]:

- исключается прямой контакт рабочих с производимой продукцией;
- технологический процесс механизирован и автоматизирован, применяется удаленное управление;
- технологическое оборудование герметизируется, в том числе специальными кожухами из стальных листов, устанавливаемые на агрегатах.

С целью недопущения поражения рабочих электрическим током применяется ряд защитных мер [4] такие как защитная изоляция, закрытие токоведущих частей запираемыми дверцами, вывешиванием аварийных знаков и предупреждающих табличек.

В случае поломки оборудования ремонт осуществляется при снятом напряжении и только электромонтерами, имеющими достаточный уровень допуска к работе с таким электрооборудованием. При починке оборудования для освещения должны использоваться исключительно источники освещения, имеющие взрывозащитное исполнение [4].

Для обеспечения состояния воздушной среды в пределах допустимых нормативным документам в рабочих зонах производственных помещений предусматривается [5]:

– очистка от пыли наружного и рециркуляционного воздуха в системах кондиционирования воздуха;

– устройство сосредоточенных факельных выбросов воздуха в атмосферу выше зоны аэродинамической тени от системы аспирации и систем удаления воздуха, содержащего оксиды серы;

Для защиты работающих от вредных производственных факторов предприятием выдаются средства индивидуальной защиты [5].

Для обеспечения пожарной безопасности производства используемое электрооборудование обладает взрывобезопасным исполнением. Крыша цеха оборудована молниезащитными установками. Любые огневые работы на производстве хлора должны осуществляться с полным соблюдением требований Правил пожарной безопасности и Инструкции по организации безопасного ведения огневых работ на взрывопожароопасных и взрывоопасных объектах. Все помещения цеха должны быть оснащены первичными средствами пожаротушения и противопожарным инвентарем в соответствии с правилами Пожарной безопасности [4].

Регулярное обследование контрольно-измерительных приборов, систем автоматизации, сигнализации и блокировок и, в случае поломок, их ремонт. В случае поломки, работа с неисправным оборудованием запрещается. Срабатывание систем сигнализации, пожаротушения, аварийной остановки оборудования должны периодически проверяться [4].

К работе в ОАО «Беларуськалий» допускаются работники, достигшие 18-ти лет, имеющие соответствующую квалификацию, прошедшие обучение по своему рабочему месту и сдавшие экзамен на право самостоятельной работы и по охране труда [4].

В результате проделанной работы было осуществлено знакомство с цехом мембранного электролиза в ОАО «Беларуськалий». Изучен технологический регламент, нормы законодательства по охране труда. Была разработана инструкция по охране труда для данного цеха.

Список использованных источников

1. Продукция цеха мембранного электролиза "Беларуськалия" будет востребована на мировых рынках – Мясникович [Электронный ресурс]. URL: <https://www.belta.by/economics/view/produktsija-tseha-membrannogo-elektroliza-belaruskalija-budet-vostrebovana-na-mirovyh-rynkah-mjasnikovich-4839-2015/> (Дата доступа 20.10.2021).
2. ЦЕХ МЕМБРАННОГО ЭЛЕКТРОЛИЗА [Электронный ресурс]. URL: https://kali.by/production/main_production/himzavod/ (Дата доступа 20.10.2021).
3. Переработка природных солей и рассолов: справочник / И.Д. Соколов [и др.]; под общ. ред. И.Д. Соколова – Санкт-Петербург: Химия, 2007. – 208 с.
4. Цех электролиза в производстве хлора [Электронный ресурс]. URL: <https://www.chem21.info/info/743126/> (Дата доступа 20.10.2021).
5. Промышленный технологический регламент № 4-16 ОАО «Беларуськалий» в двух книгах.

Аспирант Хацько М.С.
Научный консультант - Онищенко С.А.)
Академия гражданской защиты МЧС ДНР г.Донецк

Существующая в нашей республике обязательная сертификация полимерных материалов и изделий на их основе, по основным показателям пожарной опасности не охватывает широкого ассортимента теплоизоляционных материалов, поэтому на некоторые виды такой продукции вообще нет обязательной сертификации. Это обстоятельство способствует случаям подделок полимерных теплоизоляционных материалов известных фирм-производителей мелкими нелегальными цехами, представляет серьезную угрозу в случае возникновения и распространения пожара. Широко применяемый в строительной отрасли пенополистирол имеет значительные недостатки, касающиеся показателей пожарной опасности, которые значительно ограничивают область его применения.

В настоящее время в практике строительства для уменьшения теплотерь используют различные теплоизоляционные материалы, такие как пенополистирол, минеральная вата, пенополиуретан, стекловата, перлит и тому подобное. Современные теплоизоляционные материалы имеют широкий диапазон применения, с помощью их выполняют утепление кровель, наружных и внутренних и подвальных стен, а также перекрытия. Чаще всего теплоизоляционные материалы применяются для утепление фасадов домов, а следовательно проблемы связанные с их пожарной опасностью требуют должного внимания и изучения для уменьшения риска возникновения пожара и его негативных последствий.

Промышленное строительство использует в своей деятельности большой строительный ассортимент полимерных теплоизоляционных материалов. Применение их эффективно там, где существуют агрессивные условия среды эксплуатации и требуется малая теплопроводность. Полимерные теплоизоляционные материалы в значительной степени способствуют снижению материалоемкости строительства, сокращению расхода топлива на отопление промышленных зданий и транспортировку тепловой энергии. Использование полимерных теплоизоляционных материалов с низкой теплопроводностью в промышленном строительстве позволяет в 1,5...2 раза снизить расход стали и в 3.. 4 раза расход цемента. Наиболее эффективными из теплоизоляционных полимерных материалов являются материалы на основе полимеров. Однако, подбор составов этих материалов чаще всего производится опытным путем, что не позволяет полностью раскрыть все их потенциальные возможности и получать составы с разными физико-механическими характеристиками.

Горение полимеров является сложным физико-химическим явлением, которое охватывает процессы тепло- и массообмена, химическую кинетику реакций в конденсированной фазе, а также другие факторы. Большой ассортимент полимерных материалов по химическому строению и составу, сочетание его с другими строительными материалами и широкое применение в области строительства обуславливают специфические условия возникновения, развития и последствия от пожаров при их горении.

Нормативно-обоснованное, комплексное определение основных характеристик пожарной опасности полимерных материалов, нормирование их применения для конкретных целей, прогнозирование поведения в реальных условиях пожара – научные и прикладные аспекты актуальной проблемы обеспечения пожарной безопасности объектов различного назначения [1].

Изложение основного материала. Большие объемы строительства, широкое применение новых современных технологий и материалов выдвигают новые требования к обеспечению пожарной безопасности объектов, совершенствование методов испытания характеристик

их пожарной опасности. Рыночные отношения между странами требуют согласованного подхода к сертификации и классификации полимерной продукции по показателям их пожарной опасности, отвечает маркировки товаров на стандарт качества безопасности.

В перечне продукции, подлежащей обязательной сертификации указаны вещества и материалы (отделочные, облицовочные материалы, тепло- и звукоизоляционные, напольные подлоги, кровельные материалы, гидроизоляционные покрытия и др.), а также некоторые строительные конструкции и изделия. Существующая в нашей республике обязательная сертификация полимерных материалов и изделий на их основные по основным показателям пожарной опасности, однако эти показатели не включены в качестве обязательных параметров в технические условия на большинство видов полимерной продукции. Кроме этого, на многие полимерных материалов вообще нет обязательной сертификации по основным показателям пожарной опасности (горючесть, воспламеняемость, группа распространения пламени по поверхности, дымообразующая способность и токсичность продуктов горения, а также, что особенно важно, – скорость тепловыделения при горении). Как правило, в техническую документацию на полимерную продукцию включены только показатели горючести и дымообразующей способности материалов [2].

Принимая во внимание обязательную в перспективе сертификацию любой полимерной продукции (отечественной и импортной) по всем основным характеристикам пожарной опасности, а также включение этих характеристик в технические условия на выпускаемую продукцию, становится очевидной необходимость в уточнении, корректировке или существенном просмотре существующей нормативно-технической документации в этой области. Подобная проблема естественно связана с изучением специфики воспламенения и горения конкретных видов полимерной продукции.

Кроме того, при постоянном повышении требований к экологической и пожарной безопасности возникает необходимость в разработке новых материалов или усовершенствовании уже известных, выпускаются в больших промышленных объемах. Экономический и рациональный подход к решению этих задач тесно связан с развитием методологии экспресс-анализа показателей горения, разработкой соответствующих экспериментальных установок для огневых испытаний, определением ключевых параметров материалов, необходимых для моделирования развития пожара в различных условиях эксплуатации материалов и прогнозирования их поведения в тех или иных условиях пожара.

В развитых странах Европы для обеспечения общего рынка полимерной продукции была проведена огромная работа по переводу методов испытания и классификации строительных материалов и изделий по пожарной опасности. Почти до конца 80-х годов основными параметрами для классификации строительных материалов по их реакции на огонь служили характеристики горючести [3].

При этом в каждой стране используют собственные национальные стандартные методы. Испытания одних и тех же строительных облицовочно-отделочных материалов для определения горючести в разных странах показали, что существует большая разница в их классификации.

Наблюдались случаи, когда одни и те же материалы получали оценку наивысшего класса в одной стране и низкого - в другой.

Теплоизоляция на сегодня является удачным способом предотвращения потерь тепла. Общеизвестно, что теплоизоляционные материалы в несколько раз легче обычных материалы и имеют низкую теплопроводность. Благодаря таким свойствам толщина теплоизоляции гораздо меньше в сравнении с толщиной стены. При этом значительно меньше ее вес, поэтому и нагрузка на каркас и фундамент дома будут существенно меньше. Эти строительные материалы относятся к классу негорючих (НГ). Негорючие строительные материалы по другим показателям пожарной опасности не классифицируют. Они также имеют низкий коэффициент поглощения влаги. Ключевым фактором, что определяет пожарную опасность материалов, является сырье, из которого они изготовлены, поскольку говорится о свойствах химических составляющих.

На основе анализа теплофизических характеристик теплоизоляционных материалов и конструкций, в которые они входят, можно утверждать, что не все они соответствуют требованиям пожарной безопасности. В частности, востребованный сегодня в строительной отрасли пенополистирол, имеет значительные недостатки, касающиеся его показателей пожарной опасности и значительно ограничивает область его применения. Пенополистирол, как и многие другие строительные материалы и изделия, может возгораться. При анализе его показателей пожарной опасности следует учитывать специфические свойства пенополистирола и условия применения и использования. Он существенно влияет на огнестойкость конструкций при его сочетании с другими строительными материалами, которые часто встречается сегодня.

Использование пенополистирола в качестве внешнего утепления не является противоправным действием, однако при определенных условиях при наружной теплоизоляции зданий пенополистиролом наблюдается массовое нарушение нормативных требований, что может привести к неудовлетворительному температурному и влажностному режиму помещений зимой [4].

Допускается утепления наружных стен с использованием систем, в которых используется горючий утеплитель, до высоты не более 26,5 м. Учитывая это, в строительных нормах и правилах установлены требования к группе горючести материала теплоизоляции и облицовочного материала в зависимости от конструктивного решения фасадной системы (класса). Также в них указано, что можно использовать конструкции с облицовкой штукатуркой с горючей тепловой изоляцией для зданий с условной высотой до 15 м, если фасадная система не распространяет огонь. Эту способность оценивают по результатам натуральных огневых испытаний, которые проводят по «Методике натуральных огневых испытаний теплоизоляционно-отделочных систем наружных стен, зданий и сооружений на распространение огня».

Выводы и перспективы дальнейших исследований. На основании анализа использования полимерных утепления для отделки зданий и сооружений установлено, что большой объем их применения является предпосылкой для замены сертифицированных полимерных теплоизоляционных материалов некачественными пожароопасными аналогами. Проведен анализ научной и нормативно-правовой литературы по пожарной опасности пенополистирольных изделий и норм и стандартов их использования в строительной отрасли.

Приведены основные нарушения и недостатки при внешнем утеплении пенополистиролом, повышающих пожарную опасность зданий и сооружений и создают условия, при которых возможно возникновения пожара, травмирования и отравления людей, а также материальный ущерб.

Список использованных источников

1. Богословский, В. Н. Строительная теплофизика / В. Н. Богословский; Омега-Л. – Москва; Омега-Л. – 1982 – 415 с.
2. Приказ Государственного комитета по вопросам технического регулирования и потребительской политики от 01.02.2005 года № 28 «Об утверждении Перечня продукции, подлежащей обязательной сертификации».
3. Фокин, К. Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / К. Ф. Фокин, Ю. А. Табунщиков, В. Г. Гагарин; АВОК-ПРЕСС. – Москва; АВОК-ПРЕСС. – 2006 – 256 с. Воробьев, В. А. Огнестойкость полимерных строительных материалов / В. А. Воробьев; ВНИИЭС. – Москва; ВНИИЭС. – 1973 – 78 с.

Проблемы обеспечения экологической безопасности объектов окружающей среды

Студентка Макарова А.Э.

Научный руководитель - Онищенко С. А.

ГОУВПО «Академия гражданской защиты» МЧС ДНР

Экологическая безопасность (ЭБ) определяется как среда, в которой экологический баланс нормализовался. Экологическая безопасность также понимается как обеспечение качества жизни, деятельности и защиты людей, проживающих на той или иной территории. В современных условиях проблема экологической безопасности объектов окружающей среды усложнилась в связи с возросшей угрозой негативного воздействия глобального изменения климата на национальные территории. Актуальность данной работы обусловлена большим интересом современной науки к этой теме, отсутствием прогресса в связи с меняющейся ситуацией и озабоченностью современного мира охраной окружающей среды.

Вся история развития человечества и цивилизации на Земле была вопросом выживания. Постоянная, вечная борьба с различными угрозами, постоянный поиск новых средств и систем безопасности. От пещер и раскопок до современных домов с компьютеризированными системами управления; от охранников и сторожей до электронных систем наблюдения и сигнализации; от кожаных доспехов и медных щитов до ядерных щитов - такова эволюция систем безопасности. С начала промышленной революции человечеству угрожает и другая опасность: загрязнение окружающей среды и его негативное влияние на человека.

За короткий исторический период экономической деятельности человек дестабилизировал всю экосистему, вызвав глобальный экологический кризис. Из-за внутренней взаимосвязанности системы эта дестабилизация затрагивает и самого человека (эффект бумеранга). Настало время, когда на человека влияет природа, которую он изменил. Эта угроза тем более реальна, что человечество обладает огромным численным, техническим и экономическим потенциалом. Чтобы предотвратить эту экологическую угрозу, необходимо разработать новые формы взаимодействия общества и природы. Возникает сложная экологическая, экономическая, научно-техническая и правовая проблема: обеспечение экологической безопасности.

Экология - это наука, изучающая жизнь различных организмов в их естественной среде обитания. Это изучение естественной среды обитания или окружающей среды. Окружающая среда - это все живые и неживые существа вокруг нас. Окружающая среда - это многое из того, что мы не видим вокруг себя. Понятие экологии было впервые введено в науку немецким биологом Э. Геккелем в 1886 году.

Изначально это была чисто биологическая концепция. В буквальном переводе "экология" означает "наука о доме" и включает в себя изучение взаимоотношений между различными организмами в естественных условиях. После исследований Э. Геккеля термины "экология" и "экологическая наука" стали широко использоваться в научных исследованиях. Во второй половине 20-го века экология разделилась на две ветви: чисто биологическую (общая экология и системная экология) и геолого-географическую (геоэкология и экология). Сегодня это понятие стало очень сложным, и разные ученые придают ему разное значение. На современном этапе развития цивилизации экология является сложной и комплексной дисциплиной, которая опирается на различные области человеческого знания: биологию, химию, физику, социологию, охрану природы, различные виды технологий и т.д.

Таким образом, в рамках биологических наук возникла общая экология, которая со временем оформилась в самостоятельную науку, основанную на изучение свойств целого, которое не может быть сведено к простой сумме свойств частей. Поэтому экология, в биологическом смысле включает науку о взаимоотношениях растительных и животных организмов и сообществ, которые они образуют между собой и с окружающей средой.

Окружающая среда - это место обитания и производственной деятельности человека. Воздействие человека на окружающую среду становится все более опасным и особенно усугубляется современной научно-технической революцией. Все природные компоненты окружающей среды в той или иной степени подвержены изменениям. Многие дикие животные вымерли, а целые биоценозы были уничтожены. Со времен неолита лесной покров Земли сократился вдвое, возделываемые земли заменили естественную растительность, появились вторичные леса и саванны, кустарники, пустоши и луга. Поверхность земли также была значительно изменена в результате инженерных работ по преобразованию речных систем, таких как каналы и водохранилища.

Речные системы, каналы, водохранилища и т.д. Инженерные работы и строительство каналов, водохранилищ и т.д. также изменяют внешний вид поверхности земли. При добыче полезных ископаемых и строительных работах ежегодно перемещается огромное количество горной породы.

Ежегодно в результате строительных и горнодобывающих работ перемещается большое количество горной породы.

Особую угрозу для окружающей среды представляют изменения, если они происходят с нарушением условий ее сохранения - интенсивное развитие ряда крупных энергетических и обрабатывающих отраслей промышленности, химизация сельского хозяйства и развитие всех видов транспорта. Следствием этого является загрязнение земной поверхности, гидросферы и водной атмосферы.

Важным побочным эффектом воздействия производства на окружающую среду является воздействие на энергию. Более 12,5-1016 кДж (3-1016 ккал) тепла выделяется при ежегодном сжигании 7 миллиардов тонн условного топлива. Кроме того, в результате сжигания топлива ежегодно выбрасывается более 20 миллиардов тонн углекислого газа, а повышение концентрации углекислого газа увеличивает риск перегрева воздуха и поверхности земли в результате парникового эффекта.

Ежегодно 3 миллиона человек умирают преждевременно от инфекций, передающихся через воду; только в Индии более 700 000 детей в возрасте до 5 лет умирают от диареи; два миллиона человек умирают от вдыхания дыма от кухонных плит в помещениях. Около половины этих смертей приходится на Индию и Китай. В основном это женщины и дети из бедных сельских семей, которые не имеют доступа к чистой воде, санитарии и современным видам бытового топлива; 1 миллион человек умирает от малярии, в основном в странах Африки к югу от Сахары; 1 миллион человек умирает от загрязненного воздуха в городах.

Наряду с усилением антропогенного воздействия на окружающую среду обостряется проблема защиты здоровья и благополучия человека от возможных негативных последствий хозяйственной деятельности на производственных площадках вблизи потенциально опасных источников техногенных, природных и биосоциальных воздействий. Люди ежедневно подвергаются воздействию сложного комплекса многочисленных факторов окружающей среды, некоторые из которых оказывают постоянное влияние, другие носят периодический характер и почти никогда не действуют изолированно.

За последние четыре десятилетия специалисты отмечают положительную динамику годовых осадков на большей части территории России, уменьшение постоянных осадков на большей части территории России, уменьшение площади снежного покрова в переходные периоды года, общую интенсификацию конвективных процессов над северными районами умеренных широт и уменьшение стратиформной облачности. Влияние изменения климата на водные системы суши приводит к значительному увеличению (особенно в зимний период) обеспеченности водой в маловодные периоды, увеличению межгодовой изменчивости сезонного стока, что позволяет формировать аномально многоводные и аномально маловодные сезоны и возникновению ранее не наблюдавшихся паводковых катастроф. По сравнению с серединой 20-го века в субарктических и южных горах России произошло сокращение оледенения. На всей территории вечной мерзлоты наблюдалось постепенное оттаивание в южном направлении. Распространение отрицательного тренда годовых осадков на большей части территории России.

вой влажности почвы в зерновом поясе в конце первого десятилетия 21 века может вызвать расширение зоны засухи и увеличение интенсивности, частоты и продолжительности засухи, особенно в европейской части России. Для всех регионов арктических морей характерна тенденция к более позднему образованию снежного покрова и меньшей продолжительности снежного покрова в районах севернее 70° с.ш. Значительные изменения ледовых условий в Северном Ледовитом океане привели к сокращению площади быстрых льдов в западных морях, которые более подвержены влиянию теплых атлантических циклонов, и площади арктических морских льдов (почти в два раза меньше, чем в 1965-1975 годах). Пространственное перераспределение льда создает новые проблемы, связанные с развитием высоких волн на свободной ото льда морской поверхности, что усиливает береговую эрозию. В районе Балтийского моря участились стихийные бедствия (штормовые нагоны и катастрофические наводнения), повысилась температура поверхности моря и опреснение воды, а продолжительность ледового сезона и ледяной покров уменьшились. Негативное воздействие ожидается на уровне экосистемы, поскольку нарушаются трофические связи. В Черном и Азовском морях из-за ограниченного водообмена с морскими акваториями ожидается снижение солености, зависимость водного баланса от стока впадающих рек, повышенная чувствительность к антропогенным воздействиям от регулируемого стока, отходов курортов, промышленных центров, транспортировки нефти и т.д.

Экологическая устойчивость - одна из важнейших глобальных проблем и одна из Целей развития тысячелетия ООН. Многие страны и организации ищут способы сохранения природных ресурсов, чтобы ими могли пользоваться не только мы, но и будущие поколения.

Методы дистанционного зондирования с использованием компьютеров широко применяются во всем мире для изучения биосферы, что можно назвать дистанционным экологическим мониторингом (ДЭМ). Она позволяет осуществлять горизонтальную, вертикальную и динамическую интеграцию, т.е. большие участки земной поверхности, различные элементы ландшафта литосферы, гидросферы, биосферы, антропосферы и атмосферы или один и тот же участок могут быть запечатлены на одном снимке в определенные промежутки времени. Благодаря пространственной интеграции изображения могут быть глобальными (вся или большая часть освещенной части Земли), региональными (большие географические области и страны) и локальными (отдельные регионы или ландшафты). Это значительно увеличивает преимущества удаленного EMR.

Каждый должен понять, что сохранить и разнообразить богатство, которое предлагает нам природа, возможно, если человеческое общество, каждый человек в своей практической деятельности возьмет за отправную точку общую задачу сохранения биосферы. Забота о здоровой глобальной окружающей среде является одним из важнейших ориентиров для всех стран мирового сообщества. В рамках этой деятельности особое значение имеет задача улучшения состояния окружающей среды, чтобы миллионы людей могли жить в более здоровых условиях.

Студент Мазлов А.И.

Научный руководитель - Онищенко С. А.

ГОУВПО «Академия гражданской защиты» МЧС ДНР г.Донецк

Средства индивидуальной защиты имеют довольно большое значение в настоящее время. СИЗ помогают человеку во всевозможных жизненных ситуациях и отраслях производства человека. Они используются для предотвращения или уменьшения воздействия на человека опасных и вредных производственных и естественных источников. Помимо этого, СИЗ применяется для защиты от воздействия на организм человека тепловых потоков и аэрозолей дыма в условиях пожара.

Средства защиты органов дыхания – это средства, которые защищают дыхательную систему от внешнего критического воздействия профессионального или чрезвычайного характера.

Основная их функция – это защищать дыхательную систему. Эти материалы сдерживают попадание в организм человека опасных газов, вирусов и бактерий. Защитить носоглотку от вредных веществ можно и подручными средствами, но намного лучше использовать СИЗ, которые произведены в заводских условиях с применением последних технологий и высококлассных материалов.

Защитные свойства СИЗОД – это, прежде всего, эксплуатационные показатели используемых материалов и тканей, а также конструкция изделий.

Сейчас выделяют два направления разработки и изготовления БОП: из огнетермостойкой ткани с водоупорной пропиткой с отдельно сделанным водостойким слоем или из огнетермостойких материалов с полимерным пленочным покрытием. На практике видно, что у обоих этих направлений имеют свои достоинства и недостатки, что будет только развиваться конструктивное исполнение боевой одежды с учетом различных условий эксплуатации.

В данный момент в состав материалов, которые выпускает отечественный производитель БОП, получило применение полупроницаемых мембран из специальных полимерных материалов, которые обладают воздухом и паропроницаемостью, но при этом являются водонепроницаемыми.

В последние годы был разработан ряд материалов и тканей из синтетических химических соединений. Наиболее частыми в производстве СИЗОД являются *полипропилен, силикон, спанбонд, мельтблаун*, для фильтров глубокой очистки используют *поролон или пеноуретан*. Также для их создания могут использовать материалы и ткани на основе арамидных волокон (Кевлар, Номекс, Терлон, Тварон и др.) Благодаря своей огнестойкости и жаропрочности, стойкости к агрессивным средам, хорошим физико-механическим свойствам. Их использование в смесях с натуральными и искусственными волокнами улучшает защитные, гигиенические и механические свойства СИЗ (СИЗОД). Именно такие ткани в последние десятилетия все чаще используются при производстве пожарных СИЗОД.

СИЗОД от пыли и аэрозолей изготавливаются преимущественно из полипропилена, мягкого нетканого материала, в порах которого оседает вредная пыль при вдыхании.

Полипропилен – это синтетический термопластичный неполярный полимер, который принадлежит к классу полиолефинов. Продукт полимеризации пропилена. Это твердое вещество белого цвета.

Он имеет высокую стойкость к кислотам, щелочам, растворам солей и другим неорганическим агрессивным средам. При комнатной температуре не растворяется в органических жидкостях, а при повышенных температурах набухает и растворяется в некоторых растворителях.

Полипропилен обладает низким влагопоглощением. Это характеризуется неплохими электроизоляционными свойствами в широком диапазоне температур.

Для производства СИЗОД также используют качественный и удобный *силикон*, который имеет небольшой вес и очень эластичную форму. Он прочный, не пропускает воду и другие жидкие вещества. Более того, силикон может выдерживать любые термические нагрузки или пожар, возникший в результате аварии на любом предприятии. Специальные исследования показали, что уникальные материалы для изготовления современных противогазов способны выдерживать температуру до 600 °С [1].

Спанбонд – нетканый материал, который изготовленный из тонких полимерных нитей. Его производят фильерным способом из гранул или порошка термопластического синтетического вещества. Сначала жидкий полипропилен пропускают через фильерный станок, для того, чтобы получить полимерные нити. После этого из них формируют полотно методом термоскрепления, химической пропитки или иглопрокалывания. Полипропилен чаще всего для производства оптического волокна, так как он позволяет получить наиболее распространенное использование волоконно-оптического волокна.

Часто в профессиональной среде термин «спанбонд» также обозначает материал, произведенный с использованием технологии «спанбонд».

Мельтблаун – это нетканый гидрофобный материал с тонкими волокнами и их равномерным расположением. Мельтблаун представляет собой высокоэффективный фильтрующий материал, который имеет электростатический заряд и задерживает за счет этого мельчайшие вредные частицы.

Область использования материала существенно расширяется за счет способности его наложения на воздухопроницаемые субстраты, таких, как текстильные изделия, нетканые материалы и т. д. Такой материал обладает повышенными барьерными и гидрофильными качествами по отношению к проникновению грибков, микроорганизмов, что позволяет его применять в роли фильтрующего слоя в хирургических респираторах, масках.

Поролон – это одна из ранних разновидностей эластичного пенополиуретана, мягкая полиуретановая пена, состоящая на 90 % из воздуха, широко использовалась как демпфирующий материал для придания упругости изделиям, и изредка - в электроизоляции. Благодаря мелкоячеистой структуре поролон обладает хорошими показателями эластичности и воздухопроницаемости, но низкой долговечностью.

Недостаток поролона - это его относительно небольшая долговечность: очень старый поролон легко крошится, теряет упругость и слипается. Однако главный недостаток материала — его горючесть. При горении поролон обильно выделяет ядовитые газы и в случае пожара становится дополнительным источником опасности[2].

Кевлар – это пара-арамидное волокно (полипарафенилен-терефталамид), выпускаемое фирмой DuPont. Кевлар обладает высокой прочностью. Впервые кевлар был получен группой Стефани Кволек - американского химика и сотрудницы фирмы DuPont в 1964 году, технология производства разработана в 1965 году, с начала 1970-х годов начато промышленное производство.

Волокна синтезируются при низкой температуре методом поликонденсации в растворе. К последнему добавляют реагенты и активно перемешивают. Из этого раствора выделяется полимер в виде крошки либо геля, который промывают и высушивают. Потом полимер растворяют в сильных кислотах (к примеру, в серной). Из получившегося раствора способом экструзии (формируются через фильеры) формируются нити и волокна. Затем нити и волокна подаются в осадительную ванну, промываются и снова сушатся.

Производятся несколько марок кевлара:

- Kevlar K-29 — применяется в промышленности для изготовления кабелей, тормозных колодок, индивидуальной брони и брони боевых машин.
- Kevlar K49 — марка высокомодульного волокна используется в кабельной промышленности, для изготовления оплётки оптоволокон, для изготовления канатов, армирования пластмасс.
- Kevlar K100 — пряжа, окрашенная производителем.

- Kevlar K119 — с повышенным удлинением, гибкая и обладающая повышенной усталостной прочностью.
- Kevlar K129 — марка волокна повышенной прочности для брони.
- Kevlar AP — по прочности превосходит K-29 на 15 процентов.
- Kevlar XP — композиция на основе смолы с повышенной вязкостью и нового волокна KM2plus.
- Kevlar KM2) — марка волокна для получения ткани, отвечающей требованиям, предъявляемым к бронешлемам и бронежилетам [3].

Изначально материал разрабатывался для армирования автомобильных шин, для чего он используется и по сей день. Кроме того, кевлар используют как армирующее волокно в композитных материалах, которые получают прочными и лёгкими.

Кевлар используется для армирования медных и волоконно-оптических кабелей (нитка по всей длине кабеля, предотвращающая растяжение и разрыв кабеля), в диффузорах акустических динамиков и в протезно-ортопедической промышленности для увеличения износостойкости частей углепластиковых стоп.

Кевларовое волокно также используется в качестве армирующего компонента в смешанных тканях, придающего изделиям из них стойкость по отношению к абразивным и режущим воздействиям, из таких тканей изготавливаются, в частности, защитные перчатки и защитные вставки в спортивную одежду (для мотоспорта, сноубординга и т. п.). Также он используется в обувной промышленности для изготовления антипрокольных стелек [4].

Для пара-арамидного волокна характерна высокая механическая прочность. В зависимости от марки, разрывная прочность волокна может колебаться от 280 до 550 кг/мм² (у стали, для сравнения, этот параметр находится в пределах 50-150 кг/мм², лишь самые высокопрочные сорта стали со специальной обработкой приближаются по прочности к наименее прочным сортам арамида). Наибольшую прочность имеет российское волокно, выпускаемое под маркой Армос, его прочность 500—550 кг/мм². Такая высокая прочность сочетается с относительно малой плотностью — 1400—1500 кг/м³ (плотность чистой воды 1000 кг/м³, плотность стали порядка 7800 кг/м³).

Мета-арамидное волокно (наиболее известна марка - "Номекс") отличается высокой термической стойкостью. Оно способно длительное время работать при температуре 250 °С, на короткое время (несколько секунд) температура может повышаться до 400-500 °С, а при достаточном запасе прочности — ещё выше. *Арамид*, как и подавляющее большинство других органических соединений, горит в атмосфере кислорода, но концентрации кислорода в воздухе недостаточно для устойчивого горения — волокно быстро самостоятельно гаснет, если находится вне пламени.

Изначально арамидное волокно было создано для армирования автомобильных шин, оно и сейчас с успехом применяется для этого, но за счёт своих высоких характеристик оно нашло самое широкое применение в самых различных отраслях.

Чистое арамидное волокно применяется для изготовления сверхпрочных тросов и тканей, оплётки оптических и иных кабелей.

Композиты на основе арамида имеют высокую прочность при малой массе, что делает их незаменимыми в производстве костюмов для пожарных, авиационной и космической техники, спортивных снарядов и т. д.

Однако, применяя различные способы обработки, можно добиться практически полного устранения двух последних недостатков. Так, например, производители волокна Twaron утверждают, что добились надёжной защиты от воды и гарантируют не менее 10-ти лет стабильной эксплуатации.

Так же к недостаткам арамидных волокон следует отнести их плохую окрашиваемость. Волокно бывает практически исключительно жёлтого цвета. Это не имеет значения при техническом применении, однако может помешать при изготовлении из него повседневной одежды.

Средства индивидуальной защиты органов дыхания

Студент Соляной И. Д.

Научный консультант - Онищенко С. А.

ГОУВПО Академия гражданской защиты МЧС ДНР г.Донецк

Среди мероприятий по защите населения в ЧС техногенного характера или при воздействии оружия массового поражения, возможного противника, использование средств индивидуальной защиты (СИЗ) занимает одно из ведущих мест. СИЗ необходимы для защиты органов дыхания при пребывании людей в атмосфере зараженного воздуха отравляющими, радиоактивными аварийно химически опасными веществами, биологическими средствами. СИЗ используются также для защиты от воздействия на организм человека тепловых потоков и дыма в условиях пожаров, от негативно влияющих на здоровье людей производственных факторов.

СИЗ подразделяются :

по принципу защитного действия:

- средства индивидуальной защиты фильтрующего типа;
- средства индивидуальной защиты изолирующего типа.

Основным средством защиты является противогаз, предназначенный для защиты органов дыхания, лица и глаз человека от воздействия отравляющих веществ в виде пара, радиоактивных веществ, болезнетворных микробов и токсинов.

По принципу действия противогазы подразделяются на фильтрующие и изолирующие.

Фильтрующие подают в зону дыхания очищенный от примесей воздух рабочей зоны. Также обеспечивают защиту органов дыхания за счет поглощения вредных примесей, содержащихся в атмосфере окружающего воздуха или за счет осаждения крупных аэрозолей и твердых вредных примесей в атмосфере на мелкопористых тканевых материалах.

Изолирующие – обеспечивают защиту органов дыхания за счет подачи в организм человека чистого воздуха, получаемого с помощью автономных систем без использования наружного воздуха.

Изолирующие средства защиты должны применяться в следующих случаях:

- в условиях возникновения недостатка кислорода во вдыхаемом воздухе;
- в условиях загрязнения воздуха в больших концентрациях или в случае, когда концентрация загрязнения неизвестна;
- в условиях, когда нет фильтра, который может предохранить от загрязнения;
- в случае если выполняется тяжелая работа, когда дыхание через фильтрующие СИЗОД затруднено из-за сопротивления фильтра.

В случае если нет необходимости в изолирующих средствах защиты, нужно использовать фильтрующие средства. Преимущества фильтрующих средств заключаются в легкости, свободе движений для работника; простоте решения при смене рабочего места.

Средство индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) — носимое на человеке техническое устройство, обеспечивающее защиту организма от ингаляционного воздействия опасных и вредных факторов. Используется при работе в загрязнённой атмосфере или в атмосфере с недостатком кислорода.

СИЗОД бывают:

- фильтрующие противогазы;
- гражданские противогазы;
- изолирующие противогазы;

Фильтрующие противогазы предназначены для защиты от попадания в органы дыхания, глаза и на лицо человека химически опасных веществ, биологических средств. Фильтрующие противогазы производятся промышленностью для рабочих (промышленные противогазы) и

для населения (гражданские противогазы). В зависимости от типа используемых в производстве опасных химических веществ промышленные противогазы выпускаются с различными фильтрующими коробками, каждая из которых обладает разной способностью по поглощению ядовитых веществ, находящихся в атмосфере окружающего воздуха. Промышленными противогазами обеспечивается только производственный персонал химически опасных производств (цехов, производственных участков, лабораторий и т.п.).

При сравнительно невысоких концентрациях ПДК для защиты органов дыхания от паров, газов, АХОВ могут использоваться газозащитные респираторы: РПГ-67 с патроном КД. Во всех случаях газозащитные респираторы имеют ограниченное использование. Их нельзя применять, если АХОВ оказывают воздействие на глаза и кожу.

Гражданские противогазы являются более доступными населению, они накоплены в таком количестве, которого достаточно, чтобы обеспечить все население, проживающее на территориях, подвергаемых риску возникновения ЧС в результате крупномасштабных выбросов АХОВ в окружающую среду. Главное их предназначение - защита органов дыхания от отравляющих веществ вероятного противника

К средствам защиты относятся общевоинские противогазы такие как ГП-5 или более современный ГП-7.

Противогаз состоит из лицевой шлем-маски и противогазовой коробки.



Рисунок 1 - Шлем маски разного вида

Изолирующие противогазы предназначены для выполнения аварийно-спасательных работ в условиях больших концентраций паров вредных примесей в воздухе, при недостатке или отсутствии кислорода в воздухе, а также при работе под водой. К ним относятся противогазы ИП-4, ИП-4М, ИП-4МК для работы на суше и противогаз ИП-5 для работы под водой. Данные средства защиты работают на основе химически связанного кислорода.

Все изолирующие противогазы на основе химически связанного кислорода состоят из:

- регенеративного патрона с пусковым приспособлением,
- дыхательного мешка с клапаном избыточного давления,
- лицевой части с соединительной трубкой,
- каркаса и сумки с принадлежностями.

Регенеративный патрон служит для поглощения углекислого газа и паров воды из выдыхаемого человеком воздуха и подачи во вдыхаемый воздух кислорода, необходимого для ды-

хания. Дыхательный мешок служит резервуаром для воздуха. Он снабжен клапаном избыточного давления, обеспечивающим поддержание в дыхательном мешке давления воздушной смеси. Лицевая часть служит для изоляции органов дыхания, глаз и лица от окружающей среды и подвода воздуха к органам дыхания из дыхательного мешка через регенеративный патрон к органам дыхания. Каркас предотвращает дыхательный мешок от сдавливания в процессе работы, а также обеспечивает крепление регенеративного патрона.

В настоящее время разработкой СИЗОД занимаются как отечественные, так и зарубежные производители, кроме этого производится поиск перспективных конструкций СИЗОД. Во время выбора СИЗОД учитываются шесть критериев:

- 1) качественный состав, агрегатное состояние и количественное содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны;
- 2) специфика выполняемых производственных операций (категория тяжести работ);
- 3) показатели микроклимата рабочей зоны;
- 4) назначение и принцип действия СИЗОД;
- 5) их конструктивные особенности;
- 6) показатели защитных и эксплуатационных свойств.

Конструкция СИЗОД постоянно совершенствуется. В неё в последнее время активно внедряются электронные приборы, повышающие безопасность. Спектр внедряемых электронных приборов и устройств можно разделить на следующие категории:

- сигнализирующие непосредственно о параметрах работы его СИЗОД (давление воздуха, время до срабатывания сигнального устройства);
- контролирующие состояние (отсутствие подвижности в определённый период времени);
- устройства, обеспечивающие радиосвязь между звеном и постом;
- принимающие сведения о работе дыхательных аппаратов и состоянии.

Так, иностранные фирмы Drager, MSA уже используют в своих СИЗОД многофункциональные электронные устройства, позволяющие контролировать не только давление воздуха в баллоне аппарата, но и получать пожарному в цифровом формате информацию о температуре окружающего воздуха, времени работы аппарата до срабатывания звукового сигнала. К одному из наиболее оснащенных электронных устройств можно отнести современные комплексы, обеспечивающие контроль за различными параметрами работы аппарата, например, контрольно-сигнализирующее устройство Bodyguard II. Для улучшения процесса работы в СИЗОД, происходит постоянное внедрение новых технологий, позволяющих заменить старые приборы измерения, такие как ручной манометр, вместо него устанавливают электронные манометры, которые передают постоянную информацию об оставшемся объёме воздуха в баллоне на считывающее устройство командира звена.

Таким образом, полученная в настоящей статье информация показывает, что наличие противогаза по месту среднесуточного пребывания людей еще не означает, что его владельцу обеспечена безопасность от поражения АХОВ или ОВ в условиях чрезвычайной ситуации. Противогаз должен быть заблаговременно подогнан и храниться в соответствии с предъявляемыми на это требованиями. На ближайшее будущее в задачах по усовершенствованию СИЗОД должны присутствовать повышение надёжности и безопасности, времени защитного действия, улучшение микроклиматических условий дыхания. Достижение данных задач усовершенствует работу и позволит более эффективно проводить работы по тушению пожаров и спасению людей, а также повысить безопасность сотрудников пожарной охраны.

Экологические проблемы при производстве и эксплуатации электротранспорта

Аспирант Хацько М.С.
Научный консультант - Онищенко С.А.
Академия гражданской защиты МЧС ДНР г.Донецк

При производстве электрических транспортных средств в атмосферу выходит в два раза больше парниковых газов, что связано с повышенным энергопотреблением ввиду технологических причин. Подсчитано, что, например, на изготовление одного электромобиля расходуется энергия, эквивалентная сжиганию 10 тысяч литров бензина, а такой объем достаточен обычной автомашины среднего класса на весь период ее эксплуатации.

Основная же часть энергозатрат и токсических выбросов приходится на выпуск аккумуляторных модулей. Именно аккумуляторы накапливают в себе электричество. За циклы зарядки/разрядки отвечает химическая реакция, возникающая в результате взаимодействия нескольких химических элементов [1].

Большая часть состава мощных аккумуляторных батарей – высокотоксичные компоненты: литий, никель, медь и алюминий, ртуть, кобальт. Такие яды гораздо опаснее, чем выхлопные газы. Использование подобных токсичных веществ оказывает значительное негативное воздействие на центральную нервную систему работников заводов по производству литий-ионных аккумуляторов, делая их работу вдвое вреднее, чем при изготовлении других типов батарей. Даже на этапе их производства риски экологических последствий в районах размещения заводов, таких, как кислотные дожди и сокращение биоресурсов, гораздо выше, чем для обычных предприятий. При производстве одного килограмма литий-ионных аккумуляторов выбросы могут достигать 12,5 кг в эквиваленте CO₂, а при изготовлении никелево-металлогидридных гибридных батарей – 5,3 кг [2].

Китайские исследователи выяснили, что объем выбросов, связанный с энергообеспечением, например, легкового электромобиля, сопоставим с количеством выхлопов автобуса с дизельным двигателем.

Для перевода всего транспорта мира на электротягу требуется 4 миллиона тонн лития, в то время как разведанных запасов лития в мире насчитывают всего миллион тонн и на их добычу уйдет не менее 30-40 лет.

Спрос на литий и, соответственно, на литий-ионные аккумуляторы будет наблюдаться в течение ближайших 10-12 лет. Однако все еще нет уверенности в том, что литий-ионные аккумуляторы будут доминировать на рынке электротранспорта более чем на протяжении нескольких десятилетий. Вероятно, что они начнут конкурировать с какими-то иными видами аккумуляторных батарей, например, графеновые.

Графен, созданный в 2004 году, представляет собой слой атомов углерода толщиной в один атом, соединенных между собой структурой химических связей, напоминающих по своей геометрии структуру пчелиных сот, и является самым тонким материалом в мире.

Графеновый аккумулятор по строению напоминает литий-ионный, но вместо графитового слоя – графеновый. Удельная емкость литий-ионного аккумулятора составляет 200 Вт/ч на 1 кг веса. Графеновый аккумулятор такого же веса имеет удельную емкость 1000 Вт/ч. Графеновая батарея установленная, например, в электромобиль «Tesla Model S» способна увеличить пробег электромобиля с 334 км до 1013 км на одной подзарядке. Такие батареи можно будет зарядить примерно за 10 минут; они не пожароопасны, и в два раза легче, чем их литий-ионные аналоги.

По прогнозам ученых графеновые аккумуляторы в будущем окажут огромное влияние на все сферы повседневной жизни.

Графен имеет следующие свойства:

1. Проводник тепла и электричества;

2. Способен поглощать свет;
3. Характеризуется как материал с наивысшей подвижностью электронов среди всех известных материалов
4. Легкий материал (он весит всего 0,77 миллиграмма на квадратный метр);
5. Растяжимый материал (можно растянуть его до 20% от его первоначального размера, не разбивая его);
6. Прочный материал (примерно в 200 раз прочнее стали);
7. Экологически чистый кристалл.

Но потенциальным покупателям такая батарея будет представлена еще не скоро – производители будут тестировать ее годами, прежде чем примут решение о массовом производстве [3].

Элементы батарей электротранспорта, портативной техники и средств индивидуальной мобильности (электросамокаты, сегвеи, гироскутеры) трудно поддаются переработке. Кроме этого, также используется большое количество воды, которая пусть и после фильтрации, но сливается в канализацию, и энергии на поддержание работы предприятия. Необходимо будет строить заводы для сотни тысяч литий-ионных батарей, в том числе весом 300-400 килограмм [2].

Переработка аккумуляторов – это также энергозатратный процесс. Для извлечения металлов из батарей требуется почти в десять раз больше энергии, чем при их производстве, что закономерно вызовет наращивание объемов выбросов на ТЭС. Угроза нарушений технологии на фоне масштабного производства электротранспорта неизбежна. Даже при соблюдении всех норм и правил, большие объемы работ при утилизации чреваты рисками загрязнения окружающей среды.

Однако технологии по переработке аккумуляторных батарей не стоят на месте. Проводятся исследовательские работы, направленные на разработку эффективных и экологически безопасных способов утилизации литий-ионных аккумуляторов в больших масштабах. Компания «Chemetall» (США/ Чили) утверждает, что сбалансированный механизм переработки позволил бы возвращать в технологический процесс около 50% лития из отработанных аккумуляторов – это говорит о том, что примерно через 15 лет эксплуатации электротранспорта и выхода из строя его аккумуляторных батарей, из них можно будет изъять половину лития.

Компания «Umicore», имеющая промышленный завод в Антверпене (Бельгия), перерабатывает литий-ионные батареи. Также она заключила сделки с «Tesla» и «Toyota», и использует плавку для извлечения кобальта и никеля. Несмотря на то, что процессы плавки могут восстанавливать многие металлы, они не могут непосредственно восстановить жизненно важный литий, который смешан с побочным продуктом.

Компания «Fortum» (Финляндия) создала гидрометаллургический процесс с низким содержанием CO₂, который делает более 80% материалов литий-ионных батарей пригодными для вторичной переработки. Если количество электрических и гибридных транспортных средств на дорогах мира через 10 лет будет составлять 20 % от общего количества машин, то спрос на никель и марганец увеличится на 800%, а на кобальт для производства новых аккумуляторов – на 150%. Добыча полезных ископаемых для получения этих элементов приведет к увеличению выбросов парниковых газов в этом секторе на 500%. При использовании переработанных материалов выбросы CO₂ от производства батарей могут быть уменьшены на 90%.

Следующий негативный аспект для экологии – энергозатратность электрических транспортных средств. Выбросы ядовитых соединений в воздух при переходе на электротранспорт на самом деле несколько не уменьшаются, и загрязняют воздух уже не машины, а тепловые электростанции, которые производят электроэнергию как для их производства, так и для зарядки аккумуляторов. В настоящее время основными источниками электроэнергии во всем мире являются именно тепловые станции:

- 40% от объемов выработки приходится на генерирующие объекты, работающие на угле и торфе;
- 22% – на газе;

- 5% на нефти.

10 % электричества получают от АЭС.

Атомные станции создают отработавшее ядерное топливо, которое способно отравлять экологию и убивать все живое на протяжении десятков тысяч лет после использования. Согласно большому исследованию экологической организации «Greenpeace», существующие способы захоронения таких отходов не гарантируют надежную изоляцию: они могут иметь утечки.

При работе тепловых станций в воздух попадают: углекислый газ, зола, ангидриды, оксид азота, соли натрия, соединения ванадия, мышьяк и диоксины. Кроме того, угольные станции в совокупности потребляют огромное количество воды, сопоставимое с объёмом, который за аналогичный период удовлетворил бы потребности пяти миллиардов человек. В международном энергетическом агентстве полагают, что в силу увеличения мощностей ТЭС показатель водопользования станций вырастет вдвое уже к 2035 году.

Мировой рынок электротранспорта ежегодно увеличивается. Рост изготовления литий-ионных аккумуляторов с помощью современных и даже наиболее перспективных ресурсосберегающих технологий потребует также увеличения производства основных металлов, входящих в состав батарей – лития, кобальта и никеля. А разработка новых месторождений ископаемых – больших объемов инвестиций.

Чтобы уменьшить содержания вредных выбросов необходимо разработка новых технологий, в которых теоретическим фундаментом является техническая термодинамика. Необходимо использовать энергосберегающие технологии и глубокую переработку топлива, безотходное производство, создание новых и развитие малой энергетики (ветровые электродвигатели, мини-гидростанции, использование энергии Солнца).

Идея замены ДВС имеет огромный потенциал для будущего, но для его полного раскрытия необходимо введение общих стандартов на стадии производства, использования и утилизации электротранспорта.

Чтобы электротранспорт оказывал как можно меньшее негативное воздействие на окружающую среду, ученым в будущем необходимо решить ряд задач:

1. Модернизировать аккумуляторные батареи для всех видов электротранспорта, решить проблемы их высокой пожароопасности, а также увеличить срок эксплуатации;
2. Создать развитую инфраструктуру (станции зарядки, СТО и т.д.);
3. Снижения общей энергозатратности при производстве, эксплуатации и утилизации;
4. Снизить стоимость электрических транспортных средств.

Список использованных источников

1. Бесшумное зло: экологичность электромобилей – это миф [Электронный ресурс] // drive2.ru: сайт – Электрон. дан. – [б. м.]. Режим доступа: <https://www.drive2.ru/b/548104348496822418/>. – Дата обращения: 02.07.2021. – Загл. с экрана.
2. Графеновый аккумулятор. Прорыв в создании устройств хранения энергии [Электронный ресурс] // Наука и техника: сайт – Электрон. дан. – [б. м.]. Режим доступа <https://naukatehnika.com/grafenovj-akkumulyator-perevorot-v-mire-technologij.html> – Дата обращения: 02.07.2021. – Загл. с экрана.
3. Переработка аккумуляторов и батареек [Электронный ресурс] // Nature-time: сайт – Электрон. дан. – [б. м.]. Режим доступа: <https://nature-time.ru/2013/12/pererabotka-akkumulyatorov-i-batareek/> – Дата обращения: 03.07.2020. – Загл. с экрана.

Исследование условий труда на рабочих местах формовщиков

Студенты гр. 10405319 Руленков А.Д., Бобров А.И.
Научный руководитель - Лазаренков А.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Условия труда на рабочих местах формовщиков определяются комплексом факторов производственной среды, таких как шум, вибрация, содержание пыли в воздухе рабочей зоны, параметры микроклимата (температура и скорость движения воздуха) [1, 2]. Оценка данных параметров проводилась по результатам проведенных исследований на рабочих местах формовочных участков литейных цехов.

В классификаторе специальностей и профессий имеются формовщик ручной формовки и формовщик машинной формовки. При машинной формовке используется формовочное оборудование и различные способы уплотнения форм. В табл. 1 приведены признаки, которые определяют условия труда формовщиков [2].

Уровень шума на рабочих местах формовщиков в зависимости от применяемого оборудования и ручного инструмента находится в интервале от 81 до 98 дБ и превышает допустимый уровень шума 80 дБ. Наибольшие уровни шума отмечаются при изготовлении полуформ из песчано-глинистой смеси на машинах с уплотнением смеси встряхиванием (на 6-18 дБ), с вибрационным уплотнением (на 6-10 дБ), с использованием пескометов с ручным управлением (на 9-16 дБ). Не наблюдается превышения предельно допустимого уровня (ПДУ) при изготовлении форм из жидких самотвердеющих смесей, при вакуумно-пленочной формовке и уплотнением прессованием. Шум, создаваемый оборудованием, является широкополосным, звуковое поле неоднородно в связи с наличием источников шума различных по уровню акустической мощности и характеру спектра. Шум, создаваемый оборудованием, непостоянный, с максимальным уровнем звуковой мощности в области средних и высоких частот. Это говорит о значительном воздействии шума на формовщиков, что приводит к профессиональному заболеванию невритом слухового органа.

Превышения допустимых уровней общей технологической вибрации отмечены только у формовочных машин с уплотнением встряхиванием без амортизации ударов (на 2-6 дБ) и встряхиванием с подпрессовкой (на 1-4 дБ). Уровни локальной вибрации превышали допустимые значения при ручном управлении пескометом (на 2-6 дБ) и уплотнении смеси с помощью пневмотрамбовки (на 5-9 дБ). Следует отметить, что работы выполняются при высокой напряженности труда в неблагоприятных условиях (значительные уровни шума, запыленность, высокие температуры и скорость движения воздуха). А это увеличивает вероятность развития профессионального заболевания вибрационной болезнью в короткие периоды работы.

Концентрации пыли в рабочей зоне формовщиков (при наполнении опок песчано-глинистой смесью, очистке лишней смеси, очистке подмодельных плит) превышают допустимые в 1,3 – 3, 4 раза, что может привести к заболеванию пылевым бронхитом.

Превышение содержания вредных веществ в воздухе рабочих мест отмечалось только у установок холоднотвердеющих смесей (в 1,6-1,9 раза) и вакуумно-пленочной формовке (в 1,3-1,6 раза). На остальных рабочих местах регистрировались вредные вещества (оксид углерода, фенол, формальдегид и др.) с содержанием в пределах ПДК. Наличие указанных вредных веществ на рабочих местах формовщиков обусловлено миграцией с соседних изолированных друг от друга участков (стержневой, заливочный и др.) [6].

Результаты исследований параметров микроклимата на рабочих местах формовочных участков литейных цехов показывают, что в теплый период года температура воздуха на рабочих местах формовщиков превышает на 3 - 6°С нормативные величины в зависимости от характера производства, расположения формовочных участков в литейных цехах, что характерно и для холодного периода года. Сравнение скоростей движения воздуха на рабочих ме-

стах формовщиков с нормативными величинами показало, что превышения допустимых значений скоростей движения воздуха на рабочих местах в теплый период года составляют 1,3 – 2, 0 раза, а в холодный – 1,1 – 1,5 раза.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что в литейных цехах не приняты все необходимые меры по нормализации параметров микроклимата. Это приводит к увеличению скорости воздуха в помещениях цеха, появлению сквозняков, к снижению работоспособности и росту количества простудных заболеваний.

Тяжесть трудового процесса у формовщиков оцениваются классом 3.2 (вредные условия труда 2 степени), категория профессионального риска – средняя (существенная), напряженность трудового процесса – класс 3.1 (вредные условия труда 1 степени), категория профессионального риска – малая (умеренная).

Таким образом, при комплексной оценке условий труда формовщиков необходимо учитывать вышеуказанные факторы производственной среды, продолжительность нахождения у работающего оборудования, используемое оборудование и характер производства.

Таблица 1. Классификация признаков оценки условий труда формовщиков

Оборудование, технологический процесс (операция)	Параметры условий труда на рабочих местах				
	шум, дБА (ПДУ=80 дБА)	вибрация, дБ		пыль превыше- ние ПДК, раз	вредные вещества превышение ПДК, раз
		общая (ПДУ=50 дБ)	локальная (ПДУ=76 дБ)		
1	2	3	4	5	6
Уплотнение встряхиванием без амортизации ударов с амортизацией ударов	90-98 86-90	52-56 ПДУ		1,7-2,6 1,7-2,6	ПДК ПДК
Уплотнение вибрационное	86-90	ПДУ		1,7-2,4	ПДК
Уплотнение прессованием	81-85	ПДУ		1,7-2,6	ПДК
Пескометы: ручное управление дистанционное	89-96 81-85	ПДУ	78-82	2,6-3,4 1,3-2,1	ПДК ПДК
Скоростное прессование	83-86	ПДУ		1,6-2,5	ПДК
Установки ЖСС	ПДУ	ПДУ		1,3-2,1	ПДК
Установки ХТС	81-85	ПДУ		1,3-2,1	1,6-1,9
Вакуумно-пленочная формовка (V-процесс)	ПДУ	ПДУ		1,3-2,1	1,3-1,6
Уплотнение пескодувно-прес- совое	81-85	ПДУ		1,7-2,6	ПДК
Встряхивание с подпрессовкой	91-96	51-54		1,7-2,6	ПДК
Гравитационно-прессовое уп- лотнение	ПДУ	ПДУ		1,3-2,1	ПДК
Многостадийное прессование	ПДУ	ПДУ		1,3-2,1	ПДК
Комбинированные импульсные методы уплотнения	83-87	ПДУ		1,3-2,1	ПДК
Ручная формовка (пневмотрам- бовкой)	89-95		81-85	1,4-2,7	ПДК

Список использованных источников

1. Лазаренков А.М., Хорева С.А. Анализ производственных факторов литейных цехов // Труды 24-й Междунар. науч.-техн. конф. «Литейное производство и металлургия 2016, Беларусь». Минск, 19-21 октября 2016. С. 117-120.

2. Лазаренков А.М. Классификация производственных факторов литейного производства / А.М. Лазаренков // *Литье и металлургия*. – Минск, 2021, № 3 – С. 118-122.
3. Лазаренков А.М. Оценка влияния шума на работающих в литейном производстве / А.М. Лазаренков, С.А. Хорева, В.В. Мельниченко // *Литье и металлургия*. – Минск, 2011, № 3 (62) – С. 194-195.
4. Лазаренков А.М. Оценка влияния вибрации на работающих в литейном производстве / А.М. Лазаренков, С.А. Хорева, В.В. Мельниченко // *Литье и металлургия*. – Минск, 2011, № 3 (62) – С. 192-193.
5. Лазаренков А.М, Хорева С.А. Влияние пыли в воздухе рабочих мест на профессиональную заболеваемость работающих в литейных цехах // *Труды 24-й Междунар. науч.-техн. конф. «Литейное производство и металлургия 2016, Беларусь»*. Минск, 19-21 октября 2016. С. 115-116.
6. Лазаренков А.М. Исследование воздуха рабочих зон литейных цехов / А.М. Лазаренков // *Литье и металлургия*. – Минск, 2019, № 2 – С. 138-142.
7. Лазаренков А.М, Хорева С.А. Оценка параметров микроклимата рабочих мест литейных цехов // *Труды 25-й Междунар. науч.-техн. конф. «Литейное производство и металлургия 2017, Беларусь»*. Минск, 18-19 октября 2017. С. 216-218.

Высокотемпературная вакуумная цементация – эффективный способ повышения производительности химико-термической обработки и улучшения условий труда

Чичин А.Н.

Научный руководитель Кукареко В.А.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Использование высокотемпературной вакуумной цементации (ВВЦ) является перспективным способом снижения энергоемкости химико-термической обработки (ХТО) деталей трансмиссий автотракторной техники при одновременном повышении их эксплуатационной надежности и улучшении условий труда [1]. Процесс вакуумной цементации имеет ряд преимуществ перед традиционными методами, а именно: отсутствие газоприготовительных установок и приборов контроля углеродного потенциала; возможность эффективного регулирования профиля распределения углерода в цементированном слое; уменьшение удельного расхода электроэнергии и технологического газа; отсутствие кислород - содержащих компонентов в атмосфере, что исключает внутреннее окисление деталей. При этом достигается значительное сокращение длительности процесса ХТО в результате проведения его при высокой температуре. Так, в частности, увеличение температуры цементации от 950 °С до 1000 и 1050 °С приводит к уменьшению времени насыщения углеродом до глубины слоя 1,5 мм соответственно в ~ 2 и ~ 3 раза.

В настоящее время на ОАО «МТЗ» ХТО зубчатых колес проводится на оборудовании «ModulTherm 7/1» фирмы «ALD Vacuum Technologies GmbH». Опыт использования технологии вакуумной ХТО на линии «ModulTherm 7/1» по сравнению с обработкой в безмуфельных агрегатах показал экономическую выгоду ВВЦ с точки зрения роста производительности (905 и 342 кг/ч соответственно), снижения продолжительности цикла цементации на толщину слоя 1,0-1,4 мм (5,8 и 17,5 ч), исключения операции очистки деталей после закалки и необходимости утилизации промасленной окалины, вывода из процесса закалочного масла, снижения практически до нуля брака обрабатываемых изделий, резкого сокращения времени вывода термического оборудования на рабочий температурный режим [2]. Кроме этого, существенно улучшились условия труда обслуживающего персонала, а также снизилась экологическая нагрузка на окружающую среду.

Вместе с тем применение высокотемпературной цементации для стандартных конструкционных сталей без проведения последующей фазовой перекристаллизации сталей перед закалкой зачастую приводит к росту величины действительного зерна, неблагоприятному для механических свойств детали, а также приводящему к ее повышенным деформациям после полного цикла химико-термической обработки. Так, стандартные цементуемые стали 19ХГН и 20ХГН после вакуумной цементации при 1050 °С имели аустенитное зерно 2–5-го балла [1]. В связи с этим при ВВЦ зачастую используют закалку с повторного нагрева, что обеспечивает получение мелкозернистой структуры с высокими прочностными характеристиками изделий из этих сталей. Вместе с тем повторная закалка в значительной степени уменьшает экономическую эффективность ВВЦ и требует применения дополнительного специализированного оборудования. Указанную проблему в настоящее время можно решить либо путем разработки новых отечественных наследственно-мелкозернистых цементуемых сталей, сохраняющих дисперсную структуру после длительных изотермических выдержек при температурах 1000–1050 °С, либо путем совершенствования технологических режимов обработки стандартных цементуемых сталей с целью повышения стабильности их зеренной структуры в процессе высокотемпературной цементации.

В связи с этим для проведения высокотемпературной цементации разработана новая экономно-легированная конструкционная сталь 20ХГНМБ, легированная добавками ниобия, никеля, молибдена и микродобавки кальция [2, 3]. Результаты исследований показали, что использование стали 20ХГНМБ обеспечивает сохранение мелкозернистой структуры (6 – 8

балла) при температурах цементации 1000 – 1050 °С, что позволяет рекомендовать сталь для изготовления высоконапряженных деталей трансмиссий автотракторной техники. На рисунке 1 приведены характерные микроструктуры после ХТО на линии «ModulTherm 7/1» при 1030 - 1050 °С после высокотемпературной цементации при 1030 - 1050 °С[2]. При этом действительное зерно для цементированной стали 20ХН3А составляет № 1 – 3, а для стали 20ХГНМБ – № 6 – 7.

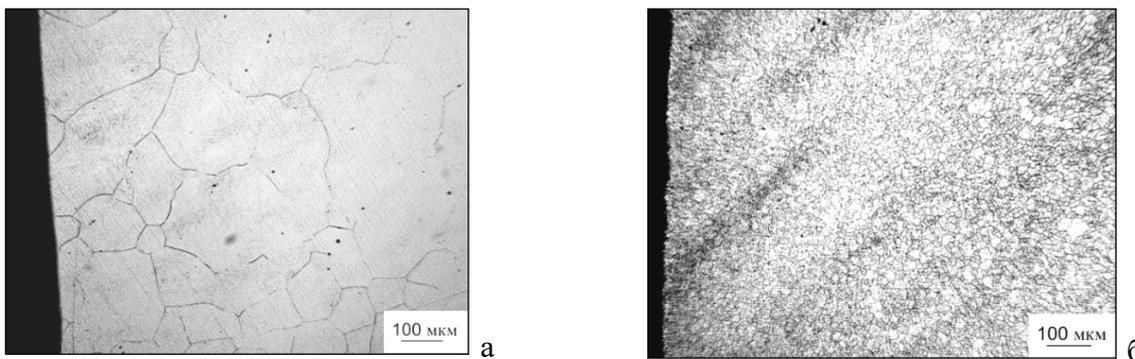


Рисунок 1 – Микроструктура цементированного слоя стали 20ХН3А (а) и 20ХГНМБ (б) цементированного слоя для стандартной конструкционной стали 20ХН3А и стали 20ХГНМБ

Таким образом, применение стали 20ХГНМБ обеспечивает качественную структуру цементированного слоя и сердцевины деталей после высокотемпературной цементации.

Наряду с разработкой новой наследственно мелкозернистой стали проблема роста зерна при высокотемпературной цементации деталей машиностроения решалась также и путем повышения стабильности зеренной структуры стандартных сталей с помощью совершенствования технологических режимов их химико-термической обработки. В основе указанного направления лежит использование обнаруженного для конструкционных легированных сталей влияния скорости нагрева сталей в интервале фазового $\alpha \rightarrow \gamma$ превращения на рост аустенитного зерна при высокотемпературной изотермической выдержке [4]. Установлено, что ступенчатый нагрев сталей со скоростью нагрева 1 – 3 град/мин в интервале фазового $\alpha \rightarrow \gamma$ превращения приводит к стабилизации зеренной структуры стали 20ХН3А в процессе высокотемпературной цементации 1000 – 1020 °С (рисунок 2).

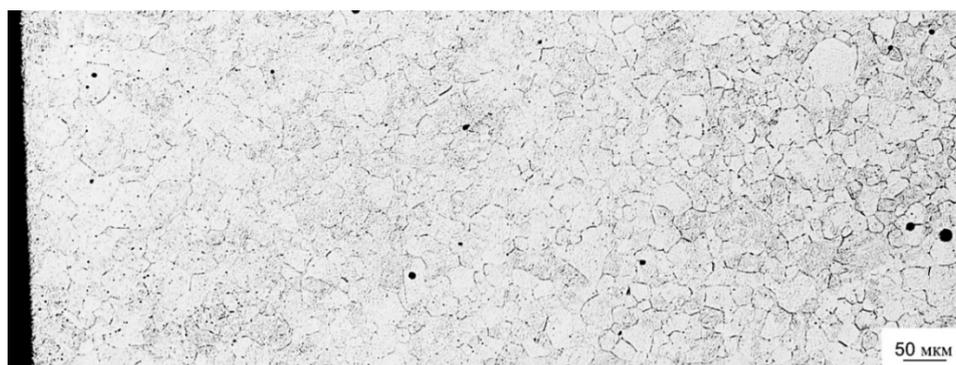


Рисунок 2 – Микроструктура цементированного слоя стали 20ХН3А после высокотемпературной ХТО на линии «ModulTherm 7/1» при 1000 °С с использованием ступенчатого нагрева [5]

Исследовано влияние режима высокотемпературного нагрева новой экспериментальной мелкозернистой стали 20ХГНМБ на размер ее зерна. Установлено, что регулируемая скорость нагрева стали 20ХГНМБ в температурном интервале фазового $\alpha \rightarrow \gamma$ превращения (ступенчатый нагрев) стабилизирует зеренную структуру стали и обеспечивает сохранение в ней мелкого зерна при длительных высокотемпературных выдержках (рис. 3).

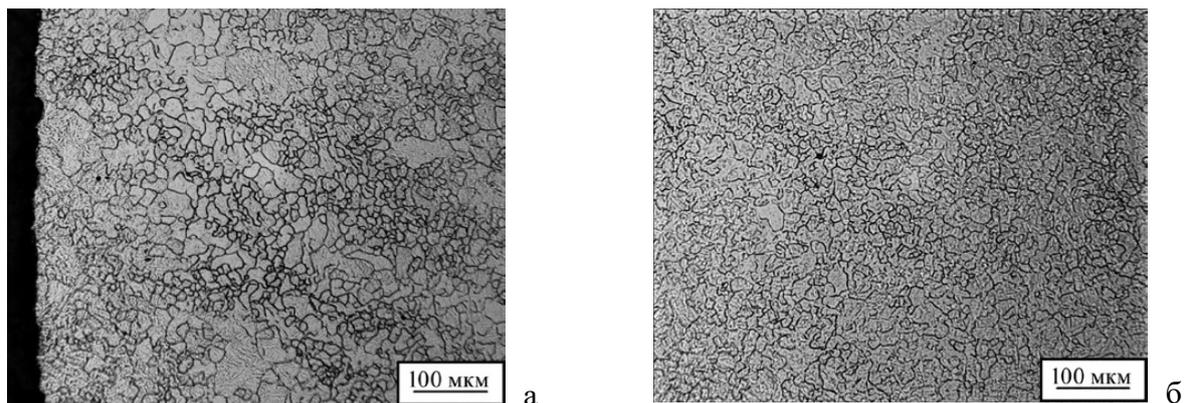


Рисунок 3 – Микроструктура стали 20ХГНМБ после нагрева до 1020 °С: а – средняя скорость нагрева поверхностных слоев ≈ 100 град/мин; б – скорость нагрева в интервале $\alpha \rightarrow \gamma$ превращения составляет 3 град/мин [6]

Заключение. Технология вакуумной цементации с закалкой в среде инертных газов на линии «ModulTherm 7/1» является экономически выгодной с точки зрения роста производительности и обеспечивает улучшение условий труда по сравнению с химико-термической обработкой в безмуфельных агрегатах. Исследовано влияние режима высокотемпературного нагрева до 1000–1020 °С цементуемых сталей 20ХН3А и 20ХГНМБ на рост аустенитного зерна в них. Установлено, что экспериментальная сталь 20ХГНМБ характеризуется повышенной устойчивостью зеренной структуры. Показано, что регулируемая скорость нагрева сталей в температурном интервале фазового $\alpha \rightarrow \gamma$ превращения (ступенчатый нагрев) стабилизирует зеренную структуру сталей 20ХН3А и 20ХГНМБ и обеспечивает сохранение в них мелкого зерна при длительных высокотемпературных выдержках.

Список использованных источников

1. Цепов, С. Н. Особенности структурообразования в приповерхностных слоях металла при вакуумной цементации / С. Н. Цепов, М. А. Криштал // *Металловедение и термическая обработка металлов*. 1983. № 5. С. 27–29.
2. Шипко, А.А. Высокотемпературная вакуумная цементация – резерв по снижению энергоёмкости производства и улучшению качества зубчатых колес трансмиссий энергонасыщенных машин / А.А. Шипко, С.П. Руденко, А.Л. Валько, А.Н. Чичин // *Литье и металлургия*, 2016. – Вып. 2(83). – С. 104–109.
3. Руденко, С.П. Структурные особенности экономно-легированной стали 20ХГНМБ после химико-термического упрочнения / С.П. Руденко, А.А. Шипко, А.Л. Валько, А. Н. Чичин // *Литье и металлургия*, 2014. – Вып. 2(75). – С. 86–90.
4. Кукареко, В.А. Закономерности роста аустенитного зерна в стали 18ХНВА / В.А. Кукареко // *Металловедение и термическая обработка*. – 1981. – № 9. – С. 15–17.
5. Кукареко, В.А. Влияние скорости нагрева цементуемых конструкционных сталей на рост аустенитного зерна при высокотемпературной выдержке / В.А. Кукареко, А.Л. Валько, А.Н. Чичин // *Весті Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя фізіка-тэхнічных навук*, 2018. – Т. 63, № 4. – С. 399 – 406.
6. Кукареко, В.А. Влияние режима нагрева сталей 20ХН3А и 20ХГНМБ на размер аустенитного зерна, формирующегося при высокотемпературной термической обработке / В.А. Кукареко, А.Н. Чичин, А.Л. Валько, С.П. Руденко, И.Ю. Тарасевич // *Актуальные вопросы машиноведения: Сб. научных трудов / редколлегия С.Н. Поддубко (гл. ред.) [и др.]*. – Минск: ОИМ НАН Беларуси, 2020. – Вып. 9. – С. 273 – 275.

СОДЕРЖАНИЕ

Обработка металлов давлением. Теория, технология, оснастка и оборудование	4
Левкович Е.В., Капанец И.И. Гидродинамическое волочение	5
Астапович А.В., Боярчук А.Н. Преимущества полугорячей штамповки на примере изготовления детали «Шестерня коническая»	7
Бельский В.Ю. Технологии штамповки эластичными средами	10
Вашенко Е.Г., Бондаренко А.Н. Поперечно-винтовая прокатка труб	13
Баймакова А.М. Влияние контактных условий в очагах деформации непрерывного высокоскоростного стана на напряженное состояние полосы между клетями	18
Ганусевич Д.А., Кузнецов И.И. Штамповка взрывом	23
Го Кэ, Су Сяодун, Фан Цзинчи Совершенствование процесса волочения проволоки	25
Дранкович А.С., Кузнецов И.И. Вибрационная прокатка	28
Дыдышко А.М. Ковка. Инструмент, приспособление и оборудование дляковки	29
Жусель В.П. Особенности процессов получения пористых изделий из порошков тугоплавких и трудноформируемых материалов	31
Карпей Ф.С., Кузьмич И.А. Методы электроимпульсного спекания	33
Коваленко И.Е., Радионов А.В. Ультразвуковое волочение	35
Кузьмич И.А. Методы косвенного нагрева	37
Куканова О.В., Петрович Ю.В. Штамповые стали	39
Мельников Р.С., Славиковский М.С. 3D-печать ответственных деталей изделий машиностроения	41
Муковозчик Н.В. Технология изготовления порошковой стали	44
Парагис М.Г. Технология изостатического прессования	46
Ван Шэнцяо, Ван Ихань Способы и технологические схемы производства шатунов	48
Федюк Ю.Ю. Электрогидравлическая штамповка	51
Цзян Хао, Чжоу Цзюньцзе Развитие технологии прокатки стального листа в Китае	53
Производство чёрных и цветных металлов и сплавов на их основе	
Хамид Заид Джаббар Хамид, Алифировец Н.Н. Исследование смазывающей способности разделительного покрытия для литья под давлением алюминиевых сплавов	58
Хамид Заид Джаббар Хамид, Алифировец Н.Н. Разработка состава разделительного покрытия для литья под давлением алюминиевых сплавов с высокой седиментационной устойчивостью	61
Ульянцев Я.Э. Якимов Б.В. Особенности подготовки кокса в условиях металлургического завода	63
Руленков А.Д., Миронович А.Ю. Свойства шлаков, образующихся при металлургической переработке алюмоматричных кварцсодержащих композиций	66
Матюков И.М., Ященко А. С. Влияние технологии изготовления на структурную однородность японской и дамасской сталей	68
Буйкевич М.С., Шарафанович М.А., Федорович Д.С. Особенности использования пылевидных отходов в электросталеплавильном производстве	71
Мухтаров Д.Р., Далецкий А.Р., Хорольский П.Д. Обработка расплава стали модификатором, содержащим щелочноземельные металлы	73
Авчинникова М.Д., Астапенко М.С., Раков И. Г. Использование цифровых технологий в управлении металлургическим производством	76
Можейко Д.П., Тарасова А.А., Казакевич А.Д. «Зеленые» технологии в электросталеплавильном производстве	77

Машины и технология литейного производства	
Марусич А.В. Изучение стабильности микроструктуры быстрозакаленных алюминиевых сплавов	80
Демьянович П.А. Исследование влияния армирования железом на триботехнические свойства алюминиевых сплавов	82
Абдугафуров А.А., Тухтамурадов Б.Т. Применение алюминиевых сплавов в литейном производстве	84
А.А. Абдугафуров Аддитивные технологии в литейном производстве. Технология SLSE	86
Пацовский Н.В. Мацинов С.А., Коршак В.Е. Износостойкие металлические композиционные материалы, полученные по принципу IN-SITU: применение и свойства	89
Новик А.А. Интенсификация электроплавки чёрных металлов с применением предварительного подогрева шихты	91
Телешова Е.В. Исследование и рециклинг пыли дробеочистки литейных цехов	93
Абдулхусейн Зайдун Хусейн Абдулхусейн, Мисюк А.Н, Мисюк И.Н. Кокильное литье алюминиевых сплавов	96
Дёмин В.А. Получение отливок по выплавляемым моделям из алюминиевых сплавов	99
Дикун А.О., Янкович С.В. Путрич О.В. Преобразование облака точек, полученного методом 3D сканирования в твердотельную модель	102
Болотько А.С. Особенности механизации литья в кокиль алюминиевых	105
Гурин К.Г., Шпилевский Я.В. Производство отливок из чугуна в кокили	107
Курач Д.И., Способы контроля влажности формовочных смесей в технологическом потоке	110
Шпилевский Я.В., Гурин К.Г. Современные тенденции в области изготовления стержней из холоднотвердеющих смесей	113
Дикун А.О., Янкович С.В., Путрич О.В. Технологии 3d сканирования для создания модели применимой для изготовления оснастки методом 3d печати	116
Коршак В.Е. Технологии изготовления литейных песчаных стержней	119
Patkhullaev G., Patkhullaev S. The impact of green productivity on the foundry and mining industries	122
Современные проблемы материаловедения и новые материалы	
Лигорская К.С. Сравнительный анализ технологий азотирования титановых сплавов	126
Мышкевич П.С., Чернявская Е.С., Белов А.Р. Анализ влияния режимов термодиффузионного азотирования на свойства и структуру стали 10	130
Хакимов С.Б., Мирзарахимова З.Б. Влияние дефектов кристаллического строения сталей на абразивную износостойкость стали	133
Умирзокова Ф.Б, Эргашева З.С, Разработка технологии процесса восстановления оксидовтугоплавких металлов (на примере молибдена)	136
Адотик А.А. Сверхпроводниковые материалы применение и перспективы развития	139
Кулагин М.Ю. Ионно-плазменное азотирование поверхности. Преимущества и недостатки метода	141
Подмазова А.А. Композиционные материалы: история появления и особое влияние на нашу жизнь	144
Куканова О.В. Композиционные материалы – материалы будущего	147
Шарснева Д.В Структура и свойства мартенситно-стареющих сталей	149
Шматова А.А. Методы упрочняющей обработки металлообрабатывающих инструментов	152
Белов А.Р., Мышкевич П.С, Чернявская Е.С. Моделирование процессов удара в лабораторных условиях	155
Чернявская Е.Г. Исследование сверхпластичности сплавов титана в зависимости от состава, структуры и режимов обработки	158

Бердникович П.А., Бельский А. А. Перспективные материалы для создания теплонагруженных деталей двигателей	161
Савула Е.А. Повышение износостойкости высокохромистого чугуна ИЧХ28Н2 при термической обработке	164
Гладинов А.Д. Повышение механических свойств алюминия и его сплавов методами термической и химико-термической обработки	166
Чернявская Е.С., Мышкевич П.С., Белов А.Р. Радиационная стойкость боридных слоёв	168
Шматова А.А. Методы получения наноматериалов на основе природного угля	170
S.B. Hakimov, Z.L. Alimbabaeva, A.Kh. Alikulov, G.M. Kamilova Modern powder (sintered) hard alloys	172
Z.L. Alimbabaeva, B.Sh. Bektemirov, G.M. Kamilova, Z.F. Chulliyev Physical and technological basis for formation of coatings by electric contact sintering	175
Порошковые и композиционные материалы, покрытия и сварка	
Абдурахмонов М.М. Влияние добавок оксидов K_2O и Na_2O на свойства шлака системы $CaO-SiO_2-Al_2O_3$ наплавочных электродов	178
А.Аминов Исследование процесса раскисления при автоматической дуговой сварке под слоем флюса	180
А.Ахматалиев Исследование технологии восстановления дробящего конуса	182
Арслонов Х.Б. К вопросу разработки технологии восстановления крышки шаровой мельницы	184
Ф. Андаев Минерально-сырьевые ресурсы Республики Узбекистан для производства керамических флюсов для автоматической дуговой сварки	186
Федорович Д.С., Маршалковский Р.С., Пузынин Я.С. Анализ технологий диффузионного цинкования и перспективность применения отхода горячего цинкования-цинковой пыли в составе насыщающих смесей	188
Филиппов М.Н. Генерации энергии при соударениях в режиме сверхглубокого проникания сгустков микропорошков со стальными преградами	191
Кончак А.А., Сташкевич В.Г. Недостатки и преимущества использования точечной сварки в технике	193
Сташкевич В.Г., Труханович Д.В. Некоторые аспекты производства качественных сварных соединений	195
Шкробов П.О., Королев Д.А. Новые тенденции в сварочном производстве	197
Шиманович Д.А., Литвинов Н.С., Миношин В.В., Проблемы развития гипербарической сварки	199
Миношин В. В., Труханович Д. В., Алексиевич Е. В., Развитие сварки в Республике Беларусь через призму 17-го конкурса сварщиков с международным участием	201
Бондарь А.Ю. Технология синтеза полиметаллических порошков	204
Литвинов Н.С., Сташкевич В.Г. Точечная сварка - электронике	207
Охрана труда и промышленная безопасность	
Черевако М. Анализ производственного травматизма на «Белорусской ГРЭС	210
Конон М.А. Безопасность выполнения работ по контролю качества соединений на кабелях	211
Севрюков А.В., Матиевский А.Е. Безопасность при использовании роботов	213
Данилович В.С., Шапорова Е.В. Вредное воздействие смазочно-охлаждающих жидкостей	215
Развенкова А. Ю., Горох Е. С. Инновационные технологии в области охраны труда на строительных площадках. ВІМ	217
Руленков А.Д., Бобров А.И. Исследование условий труда на рабочих местах формовщиков	220
Янский Р.А., Кот Е.В. Исследование электромагнитных излучений, создаваемых интерактивной доской	223
Коваленок Н.А. Культура охраны труда в современном мире	225

Сехович Е.П. Меры безопасности при выполнении электромонтажных работ на высоте	227
Дягилев П.В. Меры безопасности при прокладке проводов и кабелей в лотках и коробах	229
Слива Е.С. Организация безопасных условий труда при монтаже проводов и кабелей в пластмассовых и стальных трубах	231
Кулик М.А. Основные виды опасностей при эксплуатации фрезерных и сверлильно-фрезерных станков	233
Ян Хао Ответственность за нарушение Законодательства о Труде в Китайской Народной Республике	234
Чжао Жуньци Охрана труда в бизнес администрировании Китайской Народной Республики	237
Романцев А. Охрана труда при возведении и ремонте ЛЭП	239
Руленков А.Д., Ерошенко П.А. Оценка условий труда на рабочих местах заливщиков металла	241
Ачеповская Е.А., Ильина Д.В. Пожарная безопасность крупнопанельных жилых зданий	244
Маркевич И.А. Важность современных технологий и использование дронов в охране и безопасности труда	246
Кулаковская Я.С., Салтыков Н.И. Влияние вредных веществ и запыленности воздуха рабочей зоны на условия труда в термическом производстве	248
Хацько М.С. Методы теплотехники для решения задач техносферной безопасности	251
Тургунов Ш., Рахимова Ш. Модернизация средств индивидуальной защиты органов дыхания	254
Калиниченко А.В. Пожарная безопасность в медицинских учреждениях	256
Ван Синбо Нормативы по охране труда в Китайской Народной Республике	258
Горбачева Ю.Л. Обеспечение безопасности труда при работе с коллаборативным роботом	260
Столяров Б.Д. Обзор материалов для средств индивидуальной защиты	263
Можейко Д. Организации образовательного процесса по обучению персонала при выполнении работ под напряжением 0,4-10 кВ	266
Чеботарёва В.А. Организация и ведение гражданской обороны в современных условиях	268
Сенокосова К.В. Охрана труда в условиях пандемии COVID-19	271
Дигаленя И.К. Охрана труда цеха мембранного электролиза в ОАО «Беларуськалий»	274
Хацько М.С. Пожаропасность использования теплоизоляции	276
Макарова А.Э. Проблемы обеспечения экологической безопасности объектов окружающей среды	279
Мазлов А.И. Современные огнетеплозащитные материалы	282
Соляной И.Д. Средства индивидуальной защиты органов дыхания	285
Хацько М.С. Экологические проблемы при производстве и эксплуатации электротранспорта	288
Руленков А.Д., Бобров А.И. Исследование условий труда на рабочих местах формовщиков	291
Чичин А.Н. Высокотемпературная вакуумная цементация – эффективный способ повышения производительности химико-термической обработки и улучшения условий труда	294