

Министерство образования Республики Беларусь

Белорусский национальный технический  
университет

Механико-технологический факультет



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

# ЛИТЬЕ И МЕТАЛЛУРГИЯ 2023



23 –24 ноября 2023 года

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

Механико-технологический факультет

## ЛИТЬЁ И МЕТАЛЛУРГИЯ 2023

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

23–24 ноября 2023 года

Минск  
БНТУ  
2023

## 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: **Скрипчик П.А., Питкевич А.А.**

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ: **Бежок А.П.**, к.т.н., доцент;

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

В настоящий сборник включены материалы докладов VI Международной научно-практической интернет конференции студентов и магистрантов «Литьё и металлургия 2023», участники которой выступали по следующим направлениям: «Производство чёрных и цветных металлов и сплавов. Машины и технология литейного производства. Аддитивные технологии в литейном производстве», «Современные проблемы материаловедения и наноматериалы», «Обработка материалов давлением», «Порошковые и композиционные материалы, покрытия и сварка», «Охрана труда, промышленная безопасность и экология».

**Производство чёрных и  
цветных металлов и сплавов  
на их основе. Машины и тех-  
нология литейного производ-  
ства. Аддитивные техноло-  
гии в литейном производстве**

### Технологические особенности процесса изготовления заготовок катодов-мишеней из титаносодержащего сплава, полученного металлургической технологией

Студенты гр. 10505221 - Татарлы Д.Д., гр. 10403122 Пугачевич М.В.

гр. 10405222 Демидчук Н.В., Морская Е.А.,

Научные руководители – Шейнерт В.А., Слуцкий А.Г.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

В результате ранее выполненных исследований [1] апробированы варианты получения слитков из титаносодержащего сплава, включая индукционную плавку в том числе вакуумную и СВЧ процесс. Установлено, что вакуумная плавка существенно улучшает качественные характеристики получаемых слитков за счет более плотной и однородной макроструктуры, легко поддающихся процессу дробления и размола. Ниже приведены результаты экспериментальных исследований процесса получения заготовки катода мишени методом горячего статического прессования порошка из сплава на основе титана.

В лабораторных условиях с использованием вакуумной плавки были получены образцы слитков с использованием чистых металлических шихтовых материалов и выполнен их химический анализ. Это позволило обеспечить высокий (97%) металлургический выход и получить однородную макроструктуру слитка (рисунок 1а). Установлено, что полученный сплав содержит титан – 50,48 %, кремний – 19,94 %, никель – 29,56 %).

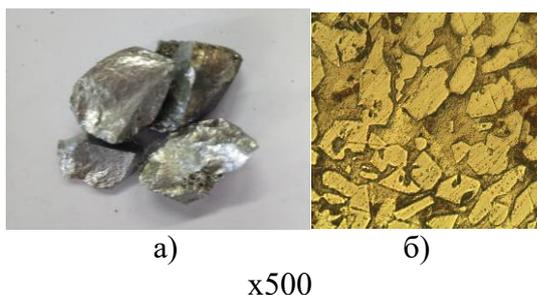


Рисунок 1 - Общий вид (а) и микроструктура (б) слитка титаносодержащего сплава x500

Микроструктура сплава состоит из равномерно распределенных мелких включений фаз, имеющих различную микротвердость (рисунок 1 б). При этом разброс значений для темных и светлых фаз в поле шлифа составил от 515 до 1220 МПА.

В дальнейшем полученные слитки титаносодержащего сплава подвергались дроблению и размолу по методике, описанной в работе [2].

Установлено, что плотность прессовок комплексного силицида составляла 80-85% от фактической плотности литой заготовки, что связано с плохой текучестью порошка при полном отсутствии пластических свойств. Одним из вариантов решения данной задачи является применение специально подобранного фракционного состава порошка для прессования, обеспечивающую наиболее плотную упаковку частиц полученной заготовки.

Для того, чтобы достичь плотности упаковки 0,95 была разработана 3D модель, позволяющая вычислить необходимое количество и размеры шаров второго, третьего и четвертого порядков требуемое для заполнения пустот между шарами первого базового уровня. В результате ранее выполненных расчетов был получен оптимальный теоретический фракционный состав применительно к порошку комплексного силицида [3]. Исходя из наличия доступных сит, рекомендуемый фракционный состав порошковой смеси и титаносодержащего сплава для получения прессованных заготовок катодов был следующий:– фракция 0,63–0,5мм – 87 %, 0,25–0,20мм – 6,2 %, 0,16–0,10мм – 1,3 %, 0,10–0,08мм – 5,5 %. Это в сумме составляет 85,2 % от общего объема прессовки с абсолютной плотностью. Оставшийся свободный объем 14,8 %

решено было заменить микропорошком с размером частиц менее 10 мкм, полученном размолотом фракций 0,25–0,10 мм на планетарной мельнице.

Технология измельчения включала две стадии. На первой-производилось грубое дробление слитков в ударной ступе до фракции менее 3 мм (рисунок 2 а). На второй стадии производился помол в шаровой мельнице типа «пьяная бочка» объемом 4 дм<sup>3</sup> (рисунок 2б). Для помола использовались шары из стали ШХ15 твердостью не менее 62 НРС. Коэффициент заполнения мельницы материалом и шарами составлял 0,6. Для увеличения эффективности размола были подобраны три размерные группы шаров соответственно: диаметром 40мм-30% от объема загрузки, диаметром 15-20мм -50%, диаметром 8мм-20%.



Рисунок 2 – Этапы получения порошка из титансодержащего сплава вакуумной плавки

а- сплав после предварительного дробления; б-лабораторная мельница; в-установка для фракционирования порошка; г-порошки различной фракции.

С целью получения рекомендованного фракционного состава порошка размол производился циклами по 30 минут с последующим отсевом нужной фракции. Рассев полученных порошков на фракции производился на проволочных ситах с вибрационным приводом (рисунок 2 в). Так на навеску порошка в 50 грамм отводилось 5 минут работы вибратора, что позволяло выделить до 95% нужной фракции. Затем производилась магнитная сепарация готовых порошков от намола шаров с помощью постоянных ферритовых магнитов во встряхивающем немагнитном коробе. Таким образом в результате размола слитков из титансодержащего сплава и последующего отсева получены различные фракции порошков в том числе: 0,63–0,5мм, 0,25–0,20мм, 0,16–0,10мм, 0,10–0,08мм, и менее 0,10мм. В дальнейшем по разработанной технологической оснастке с использованием титансодержащего порошка были изготовлены брикеты (рисунок 3).



Рисунок 3 – Прессформа и исходные материалы для получения заготовок катодов.

Прессформа изготовлена из жаропрочных сплавов, с предельной температурой работы не ниже 1000 К. Для достижения лучшего результата предложен вариант нагрева прессуемой смеси до температур, обеспечивающих достаточный уровень пластических свойств частиц порошка.[11ст в ЛиМ].

На рисунке 4 приведена схема горячего прессования и общий вид лабораторной установки для получения заготовок катодов и печь нагрева прессформы.



а)

б)

Рисунок 4. – Лабораторная установка (а) горячего статического прессования порошков, печь для нагрева технологической оснастки (б).

По такой технологической схеме был изготовлен опытный образец заготовки катода-мишени (рисунок 5 а). Навеска различных фракций порошка титансодержащего сплава засыпалась в прессформу, которая затем помещалась в нагревательную печь сопротивления. По достижению температуры... и выдержке в течении 10 минут осуществлялось прессование в диапазоне 100-250 МПа и выдержку заготовки под нагрузкой при охлаждении печи до 600-700 К, затем полученная заготовка катода-мишени извлекалась из прессформы.

Применительно к конкретной вакуумной установке нанесения покрытий используются катоды-мишени состоящие из его заготовки и токовода. В нашем случае материалом токовода выбрана медь (рисунок 5 б).

В лабораторных условиях апробирован вариант изготовления катода-мишени на основе порошка титансодержащего сплав, при котором его нижняя поверхность полировалась, и затем к ней припаивался медный токовод. На рисунке 5 представлены фотографии полученного таким способом катода-мишени и его элементов.



а)

б)

в)

а – прессованная заготовка катода б- медный токовод; в – готовый образец катода-мишени;

Рисунок 5 - Элементы катода-мишени для вакуумных установок

Для соединения воедино тела катода-мишени и токовода была разработана специальная технология пайки этих деталей. Так как токовод должен эффективно обеспечивать функции проводника тока значительной силы к катоду и отвода от него потока тепла выделяющегося в процессе распыления, для его изготовления обычно применяют медные и железные сплавы, к тому же, обеспечивающие достаточную механическую прочность всей конструкции. Пайка этих сплавов, как правило не вызывает затруднений при использовании припоев любых типов и на любой основе. Этого нельзя сказать о сплавах с высоким содержанием кремния и титана, первые, из которых приемлемо паяются припоями с высоким содержанием индия, вторые – твёрдыми высокотемпературными припоями.

Пайка заготовки катода к медному тоководу производилась по одному из вариантов технологии. На рисунке 5 в приведена фотография опытного образца готового катода на медном токовом. По такой методике планируется изготовление катодов с использованием других вариантов пайки.

Таким образом экспериментально показана возможность получения катодов-мишеней с использованием комплексной технологии, включающую получение термонапряженного слитка из титансодержащего сплава, последующее дробление и размол до требуемой фракции, статическое горячее прессование заготовки катода и пайка его к медному тоководу. По такой технологической схеме в дальнейшем планируется изготовление опытных образцов катодов-мишеней и их испытание при нанесении покрытий различного назначения.

#### **Список использованных источников**

1. Оленцевич А.А., Микулич А.Д. гр. 10405221 Даничев А.О., гр. 10405222 Тропашко Е.В. Научные руководители – Шейнерт В.А., Слуцкий А.Г. Сравнительный анализ технологий получения слитков из комплексных силицидов для катодов-мишеней. // Новые материалы и технологии их обработки [Электронный ресурс]: сборник научных работ 24 Республиканской студенческой научно-технической конференции, 21–22 апреля 2023 года / сост.: А. П. Бежок, И. А. Иванов. – Минск: БНТУ, 2023. – С. 40-42.

2. Иванов И.А., Слуцкий А.Г., Шейнерт В.А. Иванов А.И., Белый А.Н. Изготовление катодов-мишеней из композиционных силицидов для нанесения защитных покрытий с применением литейно-деформационной технологии журнал «Литье и металлургия» 2021г., № 2 – с. 68-75.

3. Иванов И.А., Слуцкий А.Г., Шейнерт В.А., Белый А.Н. Комплексный подход к решению технологической задачи получения катодов-мишеней из силицидов переходных металлов для вакуумных ионно-плазменных источников/ Журнал «Литье и металлургия» 2022г., № 3 – с. 83-90.

**Использование быстроохлажденных металлических материалов для изготовления композитов на основе полимеров**

Студенты: гр. 10505221 - Бойко Д.С., гр.10405222 - Безбородько П. Д.,

Котляренко И. В., Крицкая О.А.,

Научные руководители – Шейнерт В. А. Слуцкий А.Г.

Белорусский национальный технический университет

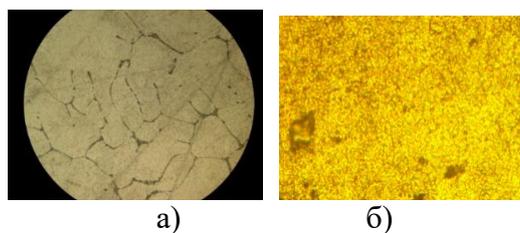
г. Минск

В результате ранее выполненных исследований [1-4] подобраны составы сплавов, разработана методика, изготовлены лабораторные установки и получены образцы быстроохлажденных литых материалов в виде микроволокна и ленты из различных сплавов в том числе: алюминиевые и цинковые сплавы, свинец, медь, олово ( рисунок 1) которые были использованы для изготовления экспериментальных композитов.



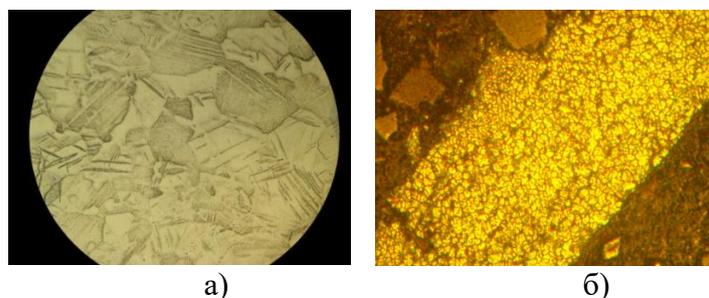
Рисунок 1- Опытные образцы микроволокна и микроленты из различных металлов и сплавов

Микроструктурный анализ образцов микроволокна показал влияние способа кристаллизации сплавов на дисперсность структуры, включений интерметаллидов, первичное зерно, а также количество пересыщенного твердого раствора.( рисунок 2,3)



а- литье в кокиль; б- быстроохлажденный (б)

Рисунок 2 - Микроструктура алюминиевого сплава АД1 (x500)



а- литье в кокиль; б- быстроохлажденный (б)

Рисунок 3 - Микроструктура сплава ЦА20 на основе цинка (x500)

Полученные образцы микроволокна и микроленты были в дальнейшем использованы при изготовления копозиционных материалов:

## 1. Полимеро-металлические на основе синтетических каучуков.

За основу данного метода был использован процесс армирования резиновых материалов. Установлено, что практически во всех исследуемых смесях наблюдается повышение стойкости к подвулканизации.

Выявлено, что добавки композиционных металлических наполнителей с различными составами оказывают некоторое влияние на вулканизационные параметры эластомерных композиций. Оптимальное время вулканизации увеличивается по сравнению с образцом сравнения.

Установлено, что введение в резиновые смеси на основе комбинации каучуков СКИ-3+СКД композиционных волокнистых наполнителей различного состава приводит к понижению твердости резин и увеличению сопротивления истиранию резин. Так, значение данного показателя у исходной резины составляет 18,55 Дж/мм<sup>3</sup>, а у резин с исследуемыми добавками изменяется от 18,88 до 63,97 Дж/мм<sup>3</sup>. Увеличение сопротивления истиранию, вероятно, связано со взаимодействием частиц композиционного наполнителя с компонентами эластомерной композиции. При этом возможно образование поверхностного слоя, обладающего повышенной стойкостью к абразивному износу.

Анализ полученных данных показал, что в резинах на основе комбинации СКИ-3+СКД наблюдается уменьшение изменения деформационного теплообразования, при введении композиционных наполнителей различного состава. Однако при введении композиционного наполнителя Zn-1%Pb с увеличением дозировки наблюдается незначительное увеличение теплообразования резины, а в остальных наблюдается обратная тенденция.

Анализ результатов предварительных испытаний композитов на основе полимеров показал, что добавки в их состав микроволокна из сплава на основе цинка, содержащего 22% алюминия, оказывают влияние на такие показатели как условная прочность при растяжении, относительное удлинение до и после старения, а также твердость по ШоруА.

Таким образом, из полученных данных можно сделать вывод, что введение композиционных волокнистых наполнителей оказывает благоприятное влияние снижая ее теплообразование при деформации.

В качестве примера на рисунке 4 представлены образцы композитов на основе каучука.



Рисунок 4 - Опытные образцы композита на основе резины.

## 2. Полимеро-металлические и полимеро-керамо-металлические композиты.

При их получении использовали в качестве армирующего материала микроволокно из сплава АД1. Средний диаметр микроволокна составил 100-200 мкм а длина 3-10 мм. В качестве связки использовались:

- модифицированная: смола ЭД-20, отверждаемая полиэтиленполиамином при комнатной температуре;

- новолачная фенолоформальдегидная смола СФП-012К в виде порошковой смеси с уротропином

(пулвербакелит с коксовым остатком не менее 54%) горячего отверждения.

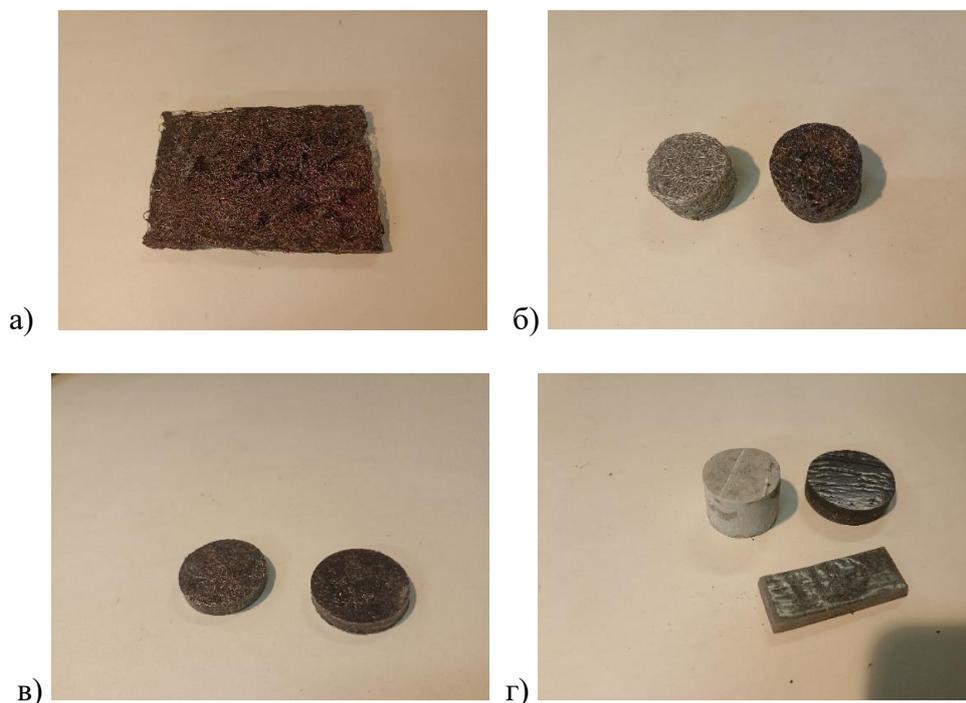
Изготовлены образцы следующих композитов с микроволоконном из сплава АД1 (рисунок 5 а, б, в, г), в том числе:

(а)- пористый ультралегкий карбонизированный на связке СФП-012К, армированный АД1 ;

(б)- химически стойкие фильтры на основе микроволоконна из сплава АД1 плакированные акриловой и фенолформальдегидной смолами;

(в)- композит с высоким удельным давлением прессования на основе микроволоконна из сплава АД1 и фенолформальдегидной смолы;

(г)- износостойкие композиты (белый образец) микроволоконно сплава АД1 и окиси алюминия фракцией 50 мкм. на эпоксидной связке; правый верхний антифрикционный композит (микроволоконно сплава АД1 с кристаллическим графитом фракцией 100мкм) на связке эпоксидная смола холодного отверждения; Нижний образец-конструкционный композит состоящий из микроволоконна сплава ЦА20, нитрида кремния фракцией 5-10мкм и эпоксидной смолы.



а- пористый ультралегкий ; б – химически стойкие фильтры;  
в- композит с высоким удельным давлением прессования ;  
г- износостойкие композиты

Рисунок 5- Опытные образцы полимеро-металлических и полимеро-керамо-металлических композитов

Таким образом в результате проведенных экспериментальных исследований апробированы различные варианты использования микроволоконна и ленты полученных из быстроохлажденных сплавов, в качестве армирующей основы для различных по назначению композитов. В дальнейшем планируется проведение исследований прочностных и эксплуатационных свойств полученных композитов и на их основе разработка рекомендации по их практическому применению.

#### Список использованных источников

1. Шейнерт В.А., Хорольский П.Д., Рудик А.Г., Кондратьев Е.И. Подбор сплавов на основе черных и цветных металлов для получения неравновесных, метастабильных структур методами высокоскоростной кристаллизации// Сборник научных работ ХХ111 РСНТК «Новые материалы и технологии обработки» 21-22 апреля 2022г., г.Минск, БНТУ С. 22-25.

2. Шейнерт В.А. Гулецкий Н.А., Форнель А.Д., Рудик А.Г. Получение быстро охлажденных сплавов в виде микроволокна для армирования композиционных материалов. Сборник научных работ V Международной научно-практической интернет конференции студентов и магистрантов «Литье и металлургия 2022» Республиканской студенческой научно-технической конференции. 24-25 ноября – 2022. – с. 10–11.

3. Куис Д.В. влияния режимов получения на структурное состояние и показатели свойств быстроохлаждённых металлических элементов с неравновесной структурой/ Куис Д.В. , А.С. Калиниченко, И.Е. Григорьев В.А. Шейнерт А.Г. Слуцкий //Лесная инженерия, материаловедение и дизайн: материалы 87-й науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием), Минск, 31 января – 17 февраля 2023 г. [Электронный ресурс] / Белорус. гос. технол. ун-т. ; отв. за изд. И.В. Войтов. – Минск : БГТУ, 2023. – 318 с.

4. Меркуль И. Д. Использование быстроохлажденных металлических материалов для изготовления композитов на основе полимеров / Меркуль И. Д., Бойко Д. С., Безбородько, П. Д., Котляренко И. В.; науч. рук.: В. А. Шейнерт // Новые материалы и технологии их обработки [Электронный ресурс] : сборник научных работ XXIV Республиканской студенческой научно-технической конференции, 19-20 апреля 2023 года / сост.: А. П. Бежок, И. А. Иванов. – Минск: БНТУ, 2023. – С. 40-42.

**Анализ аварийных ситуаций при плавке алюминиевых сплавов**

Студенты группы 10405220 Рукина К.А., Ключко Д.А., Меркуль И.Д.

Научные руководители - Неменёнок Б.М., Довнар Г.В.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Основными аварийными ситуациями при использовании жидкого металла на объекте являются взрывы, связанные с контактом расплава с водой при загрузке влажных шихтовых материалов в плавильные печи, запрессовкой расплава в непрогретые или неплотно сомкнутые пресс-формы, разрушением футеровки плавильных печей или разливочных ковшей и паданием расплава на влажный пол или влажный приямок. Причиной этих ситуаций, как правило, является нарушение требований безопасности, технологических инструкций и инструкций по охране труда, а также отказ в работе оборудования или отсутствие технических средств по контролю за состоянием футеровки и систем охлаждения плавильных печей, отказ систем блокировок и управления машин литья под давлением. Основными поражающими факторами указанных взрывов являются: ударная волна, выброс (разлёт) продуктов плавки (жидкого металла, шлака, шихты), задымление, загазованность, пожар в случае контакта расплава с горючими материалами.

При работе с жидким металлом категорически запрещается загружать в расплав влажные, обледеневшие материалы (шихту), использовать влажный неочищенный и непрогретый инструмент, заливать расплав, используя непросушенный непрогретый ковш, или непрогретые пресс-формы, изложницы, скачивать шлак в неокрашенные и непросушенные короба (шлаковницы), работать на неисправном оборудовании.

Наиболее характерной аварией в литейных цехах является взрыв (физическая детонация), связанный с взаимодействием высокотемпературного металлического расплава и воды, когда температура жидкого расплава значительно превышает температуру кипения воды.

Наибольшую опасность представляют случаи, когда вода попадает в объем расплава и ее перегрев происходит без возможности свободного пароудаления.

В специальной литературе рассматривается несколько механизмов этого явления:

1. При смешивании расплава с водой происходит процесс фрагментации капель расплава, обеспечивающий быстрый теплоотвод, перегрев и мгновенное (взрывное) испарение воды. 1 литр воды увеличивается в объёме до  $1,25\text{ м}^3$  пара. В результате возникает ударная волна с избыточным давлением в жидкой фазе достигающим тысячи и более атмосфер.

2. При температурах в зоне контакта воды и расплава выше  $370\text{ }^\circ\text{C}$  режим кипения воды приобретает пленочный характер. Паровая прослойка препятствует передаче тепла другим слоям воды. Температура кипения повышается пропорционально давлению над поверхностью воды, если давление над поверхностью снизить до атмосферного, то вся вода окажется перегретой и мгновенно превратится в пар, объем которого почти в 1600 раз больше объема воды. Такое превращение носит взрывообразный характер.

3. Расплав, перегревая воду сам охлаждается, образуя замкнутый объем, в котором вода испаряется, повышая давление в паровой фазе до тех пор, пока не превысит прочность оболочки. Когда давление превышает критическое значение, происходит разрыв оболочки и взрыв, аналогичный взрыву «паровой бомбы» - мгновенное испарение воды в собственном объеме с давлением в эпицентре до 100 МПа.

В первом приближении расчет физического взрыва может выполняться по схеме расчета взрыва сосуда (резервуара) с перегретой жидкостью BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion - взрыв расширяющихся паров вскипающей жидкости), в соответствии с методикой, изложенной в ГОСТ Р 12.3.047-2012.

Для оценки силы взрыва, возникающего в результате взаимодействия расплавленного металла с водой, используется тротильный эквивалент взрыва. Подобного рода взрывы по своему характеру и прежде всего по максимальному давлению в эпицентре взрыва существенно

отличаются от взрывов газоздушных смесей и ближе к взрывам взрывчатых веществ. Как и в последнем случае, в процессе взрыва образуется газовая фаза из конденсированного вещества практически в его собственном объеме. Газ (в данном случае водяной пар) поглощает часть энергии расплавленного металла и является рабочим телом взрыва. Расчет тротилового эквивалента позволяет, используя энергетическую теорию подобия при взрывах, рассчитать давление во фронте ударной волны на различном расстоянии от эпицентра взрыва.

Доля энергии металла, которая может быть сообщена воде, зависит от условия их взаимодействия и, прежде всего, от соотношения объемов и масс воды и металла, а также температуры расплава.

При расчете взаимодействия воды с расплавом алюминиевых сплавов учитывалась также вероятность взаимодействия алюминия (т.к. Al является одним из наиболее активных металлов) с водой (парами воды) с освобождением водорода, что из-за последующего взаимодействия водорода с кислородом воздуха усиливает энергию взрыва.

При контакте воды с расплавленным металлом (например, при загрузке влажной шихты в плавильные печи, использовании влажного непросушенного инструмента, заливке расплава или скачивании шлака в непросушенные изложницы, при попадании расплавленного металла на влажный пол) возникает вероятность возникновения физического взрыва, связанного с мгновенным закипанием (испарением) воды в объеме, ограниченном окружающим расплавом, который можно описать в соответствии с моделью взрыва резервуара с перегретой водой (BLEVE).

При разрыве оболочки резервуара давление в нем резко падает до внешнего давления среды, окружающей резервуар. Перегретая вода, имеющая большой запас энергии, мгновенно вскипает. Происходит адиабатное (изоэнтропическое) расширение воды, образуется большое количество пара и происходит физический взрыв. При таких взрывах кроме воздействия ударной волны персонал подвергается опасности термического ожога и физического поражения разлетающимся расплавом, шлаком, шихтой. Все вышеперечисленные факторы могут привести к тяжелым травмам вплоть до смертельно опасных.

Расчёты показывают, что при попадании в расплав алюминия массой 400 кг 0,1 кг воды выделяющаяся при этом энергия эквивалентна 3 кг тротила. Это обеспечивает смертельное поражение в радиусе 1,26 м, тяжёлые травмы в радиусе 1,83 м, разрушение остекления в радиусе 16,5 м и повреждение стальных каркасов, ферм, кирпичных перегородок в радиусе 6,5 м.

Поражение персонала разлетающимися продуктами плавки наиболее вероятно на расстоянии до 1,8 м от тигля (вероятность более 90 %). В этой зоне высота траектории частиц жидкого металла, вылетающего из печи в результате взрыва, находится в пределах человеческого роста (не превышает 185 см). За пределами этой зоны частицы расплава движутся уже существенно выше, соответственно вероятность их прямого попадания в рабочих, обслуживающих печь, снижается почти на два порядка до 1 % и ниже

Пролив расплава алюминия при транспортировке ковша ёмкостью 400 кг на лужу воды глубиной до 0,005 м и диаметров около 0,2 м приводит к выделению энергии, эквивалентной 0,53 кг тротила. Это сопровождается смертельным поражением в радиусе 1,46 м, получением травм различной степени тяжести в радиусе 2,13 м и лёгких травм в зоне с радиусом 19 м с частичным разрушением остекления в радиусе 46 м.

При сливе расплава во влажный ковш ёмкостью 400 кг выделяется энергия эквивалентная 0,67 кг тротила. Радиус зоны смертельного поражения 1,58 м, тяжёлые травмы возможны в радиусе 2,3 м и частичное разрушение остекления в радиусе 50 м.

Но не только вода может стать причиной несчастных случаев. Маслосодержащие блоки шихты также являются критическими. В этом случае происходит не только испарение поскольку масло мгновенно вступает в реакцию с кислородом, образуя продукт сгорания. Только 1 кг масла при нормальных условиях приводит к образованию почти 11 м<sup>3</sup> отходящего газа, также увеличивающегося в объёме из-за температуры реакции практически до 50 м<sup>3</sup>. Полагая,

что данная реакция будет происходить каждую секунду, эквивалентный расход достигает более 178000 м<sup>3</sup>/ч с каждого килограмма масла, что может превысить возможность системы очистки отходящих газов [1].

#### **Список использованных источников**

1. Шмитц, К. Рециклинг алюминия. Справочное руководство / К. Шмитц, Й. Домагала, П. Хааг. – М.: «АлюсилВМиТ», 2008. – 528 с.

**Рецептура ПГС с применением бентонитов различных марок**

Студент гр. 10404120 Лешок Д.И.

Научный руководитель - Шумигай В.А.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Рецептура песчано-глинистых смесей (ПГС) в литейном производстве может варьироваться в зависимости от определенных условий и типа отливки. Однако, ключевыми составляющими ПГС являются кварцевый песок  $\text{SiO}_2$  и глина. В природе пески встречаются в различных фракциях и качествах.

Комбинация песка и глины в ПГС обеспечивает требуемую прочность и устойчивость формы при литье, а также упрощает процесс извлечения отливки из формы.

При смешивании происходит равномерное распределение отдельных компонентов смеси и формирование на поверхности наполнителя оболочки связующего. На этой стадии образуются структура, качество которой наравне со свойствами исходных материалов определяют свойства упрочненной смеси. Силы адгезии и когезии связующего, находящиеся в функциональной зависимости от сил его поверхностного натяжения, оказывают решающее воздействие на качество структуры смеси. Все литейные связующие, несмотря на различную природу, владеют адгезией к наполнителям. Присутствие данных сил позволяет образовать оболочку из связующего материала вокруг зерна наполнителя, в противном случае возможно получить только механическую смесь нескольких компонентов с неупорядоченной структурой [1].

Формовочные глины являются наиболее широко используемым связующим материалом в составах песчано-глинистых (в основном, формовочных) смесей. Литейные формовочные глины – это минералы, состоящие из высокодисперсных частиц водных алюмосиликатов, обладающих связующей способностью, термохимической устойчивостью, что позволяет использовать их в качестве связующего материала формовочных и стержневых смесей. В литейном производстве в основном применяются вторичные глины. Минералогический состав глин зависит от степени кислотности либо щелочности воды, воздействующей на горные породы. Так, в кислой среде образуются в основном каолинитовые и каолинитогидрослюдистые (огнеупорные), а в щелочной – монтмориллонитовые (бентонитовые) глины. Минералогический состав большинства глин представлен каолинитом, монтмориллонитом и гидрослюдами.

Использование интенсивных методов уплотнения литейных форм на современных автоматических линиях требует применения формовочных смесей, владеющих увеличенной прочностью. Достигается это в результате использования в качестве связующего материала в смесях бентонитовых глин, которые помимо основного порообразующего минерала – монтмориллонита могут содержать от 5 до 30% гидрослюдистых минералов, каолинита и прочих глинистых минералов. Свойства бентонитовых глин можно разделить на первичные, определяемые при исследовании самих бентонитов (минералогический и химический составы, состав обменных катионов, пластические свойства), и вторичные, проявляющиеся при увлажнении и нагреве глин (связующая способность, термическая устойчивость или долговечность, склонность к образованию ужимин, характеризуемая прочностью в зоне конденсации влаги и др. [2]

Все используемые бентониты можно разделить на три основные категории в зависимости от содержания в них монтмориллонита:

Высокое (более 70%) содержание монтмориллонита и щелочных катионов (магния и кальция). Эти бентониты обладают низкой набухаемостью, что требует их активации содой.

Среднее (50-70%) содержание монтмориллонита и катионов кальция и магния. Так же как и бентониты второй группы, перед применением в составах формовочных смесей требуют активации содой.

Низкое (менее 50%) содержание монтмориллонита и обменных катионов. Требуют активации содой и химическими реагентами.

Марка бентонитовых глин включает в себя: буквенное обозначение прочности при сжатии во влажном состоянии (П – прочная; С – среднепрочная; М – малопрочная); цифровое – предела прочности при разрыве в зоне конденсации влаги (1 – высокосвязующая; 2 – связующая; 3 – среднесвязующая; 4 – малосвязующая); буквенное с индексом – термической устойчивости (Т1 – высокоустойчивая; Т2 – среднеустойчивая; Т3 – низкоустойчивая).[1]

При выборе той или другой марки бентонита нужно учитывать его термическую устойчивость, то есть способность сохранять свои свойства при высоких температурах (500-800 °С). Установлено, что на этот параметр главное воздействие проявляет содержание в бентоните железа, повышение доли которого приводит к снижению термостойкости. Очень важно, что термостойкость бентонита не только выявляется при взаимодействии формовочной смеси с расплавленным металлом, но и влияет на характер и температуру фазовых изменений, связанных с взаимодействием отдельных компонентов смеси при высоких температурах.

В настоящее время на основе высококачественных бентонитовых порошков создаются комплексные связующие материалы, содержащие в своем составе, наряду с бентонитом, всевозможные противопригарные, противоужиминные и другие добавки, способные значительно повысить качество формовочных смесей и отливок.

Добавки, помогающие улучшить пластичность и текучесть глинистых смесей. Они снижают вязкость глинистой глины, облегчая ее обработку и формовку. Примеры пластификаторов, которые могут быть использованы, включают гликоли, сульфонаты и другие органические соединения.

Добавки для увеличения прочности глинистых смесей. Они способствуют формированию сильной связи между частичками глины в процессе сушки и обжига. Обычно используют глинозем или алюмосиликатные минералы.

Вязущие добавки: для улучшения связующих качества песко-глинистых смесей могут быть использованы вязущие добавки. Они помогают улучшить структуру и связность смеси, повышая прочность и устойчивость формы в процессе литья. Примерами вязущих добавок являются всевозможные органические и неорганические соединения, такие как каолин, карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ) и другие.

Добавки, предотвращающие преждевременное затвердевание глины, что может происходить при воздействии влаги или неуправляемых условиях хранения. Они позволяют повысить время работы с глиной и сокращают риск возникновения дефектов формы. Наиболее часто применяют тартратный калий, впрочем, существуют и другие варианты.

Бентонитовая глина обладает более высокой пластичностью и способностью к поглощению воды по сравнению с каолиновой глиной. Это позволяет лучше формировать и удерживать форму приготовленной смеси, что особенно важно для сложных и тонких деталей. Бентонитовая глина имеет более низкую температуру синтеризации, что облегчает удаление глинистого связующего во время нагрева формы перед литьем. Это позволяет снизить вероятность деформации отливки и улучшить качество поверхности. Бентонитовая глина обладает лучшей устойчивостью к воздействию влаги и тепла, что позволяет использовать ПГС на основе бентонитовой глины для литья больших и сложных деталей.

Бентонитовые глины, хотя и широко используются в песчано-глинистых смесях (ПГС) в литейном производстве, имеют некоторые проблемы и особенности, которые могут потребовать дополнительных мер предосторожности или альтернативных решений:

Высокая сорбционная способность бентонитовых глин может приводить к проблемам с загрязнением окружающей среды и водных ресурсов. Это особенно важно при использовании ПГС в радиоактивных отходах или других ситуациях, требующих контроля за сорбцией тяжелых металлов или радиоактивных изотопов.

Важно отметить, что правильное сочетание бентонитовой глины с другими компонентами ПГС, существенно влияет на качество отливки. Поэтому рецептура должна быть разработана с учетом конкретных требований процесса и конечного изделия.

Использование бентонитовых глин различных марок в литейном производстве позволяет достичь высокой прочности и качества формы отливки, облегчить процесс извлечения отливки и повысить эффективность литейного процесса в целом.

#### **Список использованных источников**

1. Теория и технология литейного производства формовочные материалы и смеси. Искусственная сушка горных пород: Учебн. пособие / Д.М. Кукуй, Н.В. Андрианов. – Мн.: БНТУ, 2005.
2. Теория и технология литейного производства: учебник / Д.М. Кукуй, В.А. Скворцов, Н.В. Андрианов. В 2 ч. Ч. 1. Формовочные материалы и смеси. — Минск: Новое знание; М.: ИНФРАМ, 2011. — 384 с.

## **Влияние противопопригарного покрытия на температурные расширения стержней, изготовленных по cold-box-amine процессу**

Студент гр. 10404222 Рипинский М.А.

Научный руководитель - Коренюгин С.В.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

### **Введение**

Из-за поверхностных дефектов большое количество отливок не проходят контроль качества и считаются браком. Однако применение в литейном производстве стержней, изготовленных по cold-box-amine процессу, позволило значительно уменьшить это количество. Вот только, при общем снижении процента брака существенно изменилась его структура. Например, для ответственных отливок со сложными внутренними полостями, просечки стали основной причиной брака.

Известно, что причиной появления просечек является попадание жидкого металла в трещины на поверхности стержня. Образование трещин при высокотемпературном нагреве объясняется возникновением растягивающих и сжимающих напряжений, которые приводят к растрескиванию поверхности стержня [1].

В настоящее время существует несколько перспективных направлений борьбы с просечками. В данной работе мы рассмотрим использование противопопригарных покрытий.

### **Методика проведения испытаний**

Контроль свойств стержней и влияние противопопригарного покрытия при высокотемпературном нагреве проводился с помощью прибора модели LRu-DMA компании «Multiserw Morek» (Польша). Этот прибор позволяет измерить прочность стержневых смесей (прочность на изгиб) и деформации (величина прогиба образца) при высоких температурах, включая деформации, связанные с фазовыми и температурными расширениями при нагреве.

В ходе испытаний контролируются следующие параметры: температура в зоне нагрева и с противоположной стороны образца, продолжительность нагрева и деформация. Точность измерений изгиба до 0,001 мм. [2]

Измеренные параметры образцов, окрашенных противопопригарными красками, сравниваются с параметрами неокрашенных образцов.

### **Результаты испытаний**

Испытания всех образцов проводились с верхним нагревом при температуре нагревателя 900°C.

Для наглядного представления результатов испытаний образцов, из работы [2] были взяты графики для состава №3 (0,9% компонента А + 0,9% компонента В) и состава №4 (1% компонента А + 1% компонента В). Результаты испытаний не окрашенных образцов представлены на рисунке 1, а окрашенных на рисунках 2 и 3.

Первый этап исследования заключался в испытании неокрашенных образцов. В результате все образцы достигли максимального изгиба и разрушились в месте нагрева через 120 – 140 секунд после начала испытаний.

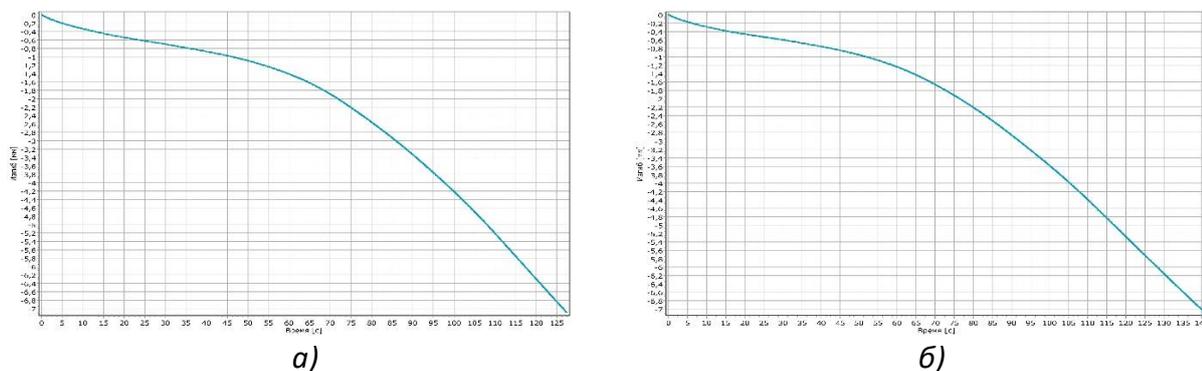


Рисунок 1 - Графики деформации не окрашенных образцов:  
а – состав №3; б – состав №4.

На следующем этапе исследования проходило испытание окрашенных образцов. В работе [1] были исследованы два вида противопожарных покрытий: быстросохнущая краска на основе дистен-силлиманитового концентрата и самовысыхающая краска на основе теллура - Tellurschlichte 813A. Все образцы окрашивались методом окунания, вязкость краски составляла 14-16 секунд по ВЗ-4.

Все окрашенные образцы имели деформацию в пределах от 2,9 до 3,5 мм. Изменение линейных размеров в этих образцах достигало своего максимума через 350 – 450 секунд. Образцы не разрушались за времена испытаний и сохраняли свою форму после охлаждения. Однако, деформация образцов достаточно большая, и может привести к растрескиванию в тонких частях стержня.

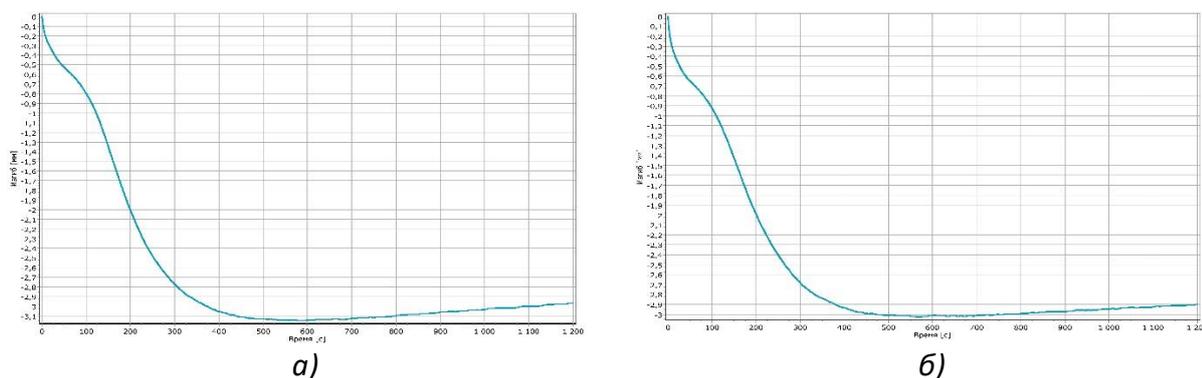
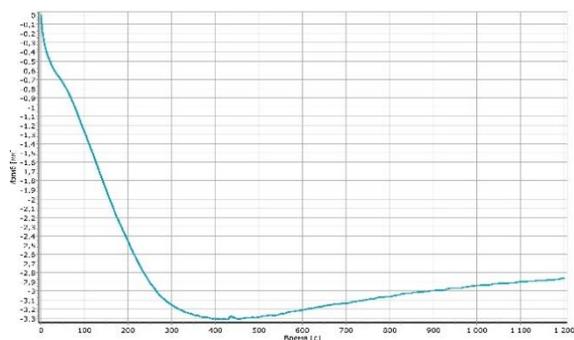
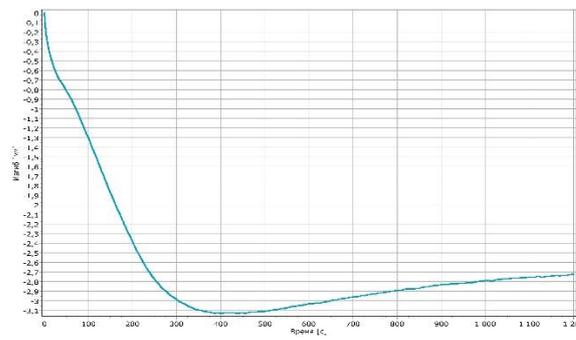


Рисунок 2 - Графики деформации образцов, окрашенных краской на основе дистен-силлиманита: а – состав №3; б – состав №4.

Для образцов, окрашенных теллуровой краской, был характерен обратный прогиб в сторону нагрева, на величину в среднем равную 0,4 мм (рисунок 3 а, б). Это может свидетельствовать о более высокой теплопроводности теллуровой краски и прогреве образца с обратной стороны. Однако, для подтверждения результатов требуется проведение дальнейших исследований.



а)



б)

Рисунок 3 - Графики деформации образцов, окрашенных теллуровой краской:  
а – состав №3; б – состав №4.

### Выводы

1. Использование противопопригарных красок значительно снижает вероятность потери прочности стержня при высокотемпературном нагреве.
2. Деформация, которой подвергаются окрашенные образцы при высоких температурах, способна привести к появлению просечек.
3. Согласно исследованию, краска на основе дистен-силлиманита обладает более низкой теплопроводностью чем теллуровая краска.

### Список использованных источников

1. Коренюгин С.В., Ровин С.Л., Гацуро В.М. Причины дефектов литья при использовании стержней, изготовленных по cold-box-amine процессу // Современные технологии для заготовительного производства [Электронный ресурс] : сборник научных работ Республиканской научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных работников, докторантов и аспирантов МТФ БНТУ (проводится в рамках 73-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных работников, докторантов и аспирантов БНТУ), 16 апреля 2020 г. / сост. А. П. Бежок. – Минск: БНТУ, 2021. – С
2. Коренюгин, С.В., Ровин С.Л. Влияние противопопригарного покрытия на поведение стержней при высоких температурах

### Выполнение автоматического расчета валов в системе КОМПАС-3D

Студенты гр. 10404223 Миронович М.Ю., Волощук Д.А.

Научный руководитель – Дикун А.О.

Белорусский национальный технический университет  
г.Минск

Валы – это детали, предназначенные для передачи крутящего момента вдоль своей оси и для поддержания вращающихся деталей машин.

Валы подвержены действию: крутящих моментов, поперечных сил и изгибающих моментов, в связи с этим валы рассчитывают на прочность, жесткость и виброустойчивость.

Разработка конструкций валов и их расчет состоит из трех этапов:

проектировочный расчет - ориентировочное определение диаметров;

конструирование вала, составление расчетной схемы;

проверочный расчет вала на статическую прочность и на сопротивление усталости;

проведение расчетов на жесткость и виброустойчивость. [1]

Есть множество разных способов расчета валов (рисунок 1), но самый удобный с помощью системы КОМПАС-3D.

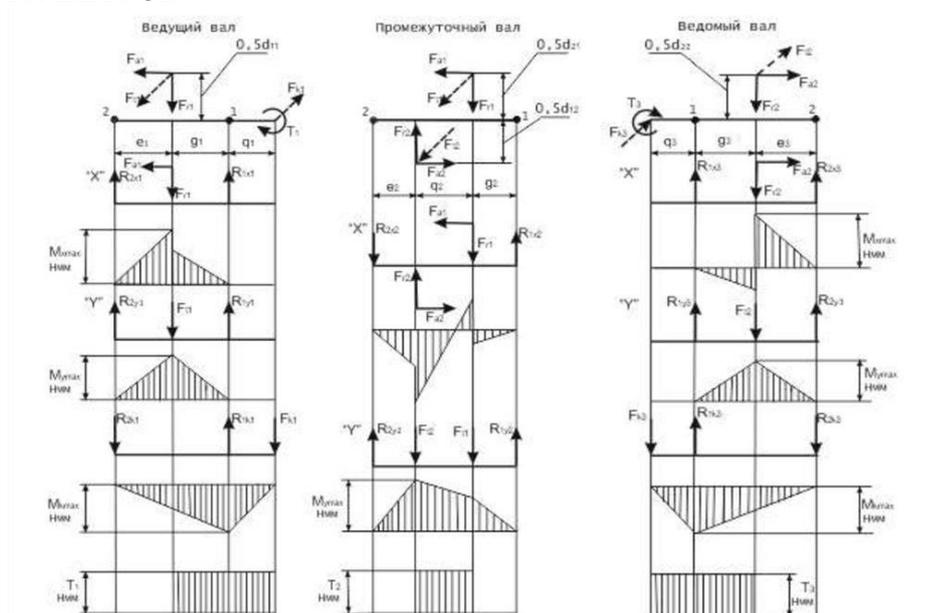


Рисунок 1 - Пример автоматического построения эпюр в системе КОМПАС-3D

Современные инженерные системы и программные средства позволяют автоматизировать процесс проектирования и расчета различных деталей и механизмов. В частности, система КОМПАС-3D предоставляет возможность выполнения автоматического расчета валов, что значительно упрощает и ускоряет процесс проектирования и анализа механических систем.

КОМПАС-3D широко используется для проектирования изделий основного и вспомогательного производств в таких отраслях промышленности, как машиностроение (транспортное, сельскохозяйственное, энергетическое, нефтегазовое, химическое и т.д.), приборостроение, авиастроение, судостроение, станкостроение, вагоностроение, металлургия, промышленное и гражданское строительство, товары народного потребления и т. д.

Помимо основных функций в КОМПАС-3D имеются дополнения и плагины, внедряемые в программное обеспечение. На официальном сайте разработчиков представлены несколько дополнительных модулей, которые разработаны специально для софта, в том числе и для расчета валов [2].

Чтобы рассчитать вал с помощью системы КОМПАС-3D сначала необходимо построить вал. Для этого начнем с создания нового чертежа и запуска библиотеки КОМПАС-SHAFT-2D. Выбираем построение нового вала с разрезом, без разреза или в полуразрезе. Затем выбираем область расположения вала - для этого достаточно кликнуть по любой точке рабочего поля, где мы и начнем построение вала. Создаем первую ступень вала. В появившемся окне указываем длину и диаметр вала, фаски, если это необходимо, или выбираем из стандартного ряда.

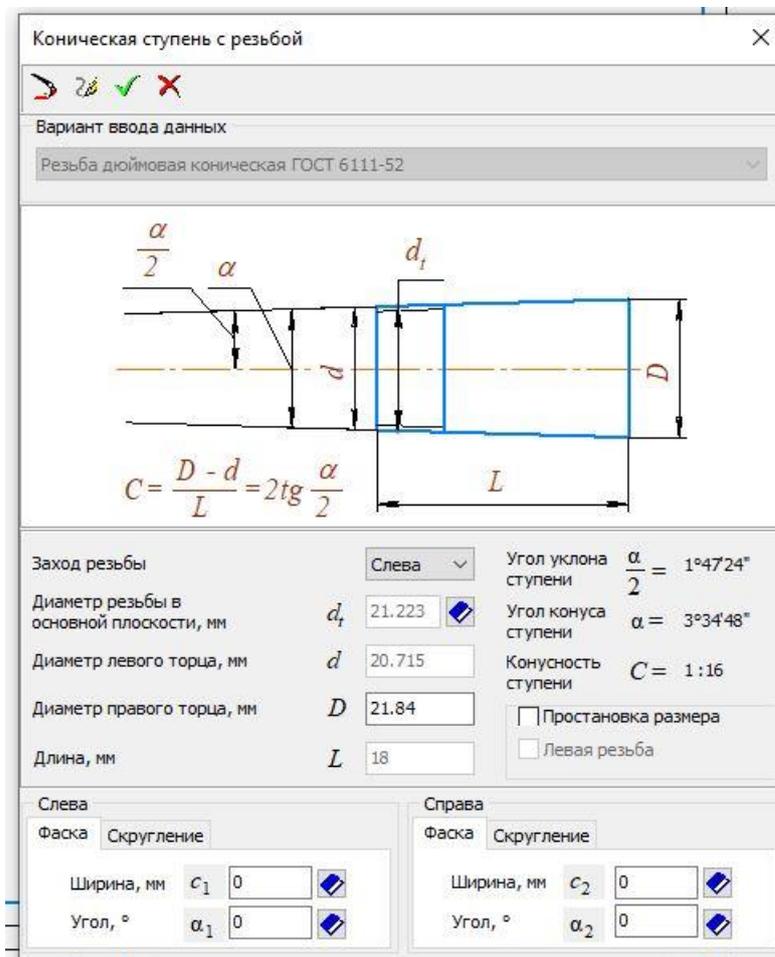


Рисунок 2. - Общий вид рабочего окна подключенного модуля КОМПАС-SHAFT-2D

На следующем этапе необходимо задать материал вала с механическими свойствами. Материал можно выбрать из представленных в библиотеке или создать новый с нужными свойствами. (рисунок 3)

Марка материала	Допускаемые напряжения, МПа		Твердость, НРС или HB	Аналоги (заменители) материала	Комментарий
	Контакт	Изгиб			
18-ГТ	2684	1143	61	12-ГН4А, 20-ГН4А	Цементация
18-ГТ	2728	1143	62	12-ГН4А, 20-ГН4А	Цементация
12-НЗА	2464	1600	56	12-ГН4А, 20-ГН4А	Цементация
12-НЗА	2508	1600	57	20-НЗА, 30-НЗА	Цементация
12-НЗА	2552	1600	58	20-НЗА, 30-НЗА	Цементация
12-НЗА	2596	1600	59	20-НЗА, 30-НЗА	Цементация
12-НЗА	2640	1600	60	20-НЗА, 30-НЗА	Цементация
12-НЗА	2684	1600	61	20-НЗА, 30-НЗА	Цементация
12-НЗА	2728	1600	62	20-НЗА, 30-НЗА	Цементация
38-С	2060	1058	285		Нормализация, отпуск
45Х	2335	1058	285		Нормализация, отпуск
45	1785	1058	285		Нормализация, отпуск

Рисунок 3 - Материалы для расчета валов.

После выполнения вышеперечисленных шагов можно провести расчет вала и подшипников.[3]

При расчете вала появляется окно с закладками на которых можно выбрать вид расчета, а также необходимые графики распределения сил и моментов. По окончании расчета автоматически выводится отчет с эпюрами, который можно сохранить и проанализировать.

Одним из основных преимуществ автоматического расчета валов в системе КОМПАС-3D является возможность быстрого изменения параметров модели и повторного выполнения расчетов для оптимизации конструкции вала. Это позволяет инженерам быстро и эффективно находить оптимальные решения для своих проектов.

Таким образом, выполнение автоматического расчета валов в системе КОМПАС-3D является важным инструментом для инженеров и проектировщиков, позволяющим упростить процесс проектирования и анализа механических систем, а также повысить их надежность и производительность.

### Список использованных источников

- алы и оси. Классификация. Материалы и термообработка [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://rimoyt.com/detali\\_mashin/valy-i-osi.php](http://rimoyt.com/detali_mashin/valy-i-osi.php). Дата доступа: 25.11.2023.
- ОМПАС-3D. Официальный сайт САПР КОМПАС [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://kompas.ru/>. Дата доступа: 25.11.2023.
- асчет вала и подшипников в «КОМПАС - 3D V14» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [https://studwood.net/1798197/tovarovedenie/raschet\\_vala\\_podshipnikov\\_kompas](https://studwood.net/1798197/tovarovedenie/raschet_vala_podshipnikov_kompas). Дата доступа: 25.11.2023.

## Влияние добавок на металлической основе на физико-механические свойства стержневых песчано-смоляных смесей

Студент группы 10404220 Моргунов Е.А.

Научный руководитель - Коренюгин С.В.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Одним из более действенных методов, позволяющих управлять скоростью кристаллизации и охлаждения отливок, а также снизить вероятность образования характерных дефектов поверхности, таких как «просечки», является введение в состав формовочных и стержневых смесей различного рода специальных добавок. Значительное место занимают добавки, содержащие металлы и их соединения, в том числе оксиды железа, алюминия, хрома и т.д. Согласно исследованиям, проведенным компанией Ashland (США) в начале 2000 годов, на территории Великобритании добавку гранулированного оксида железа использовали более 70% опрошенных литейных предприятий, а в США добавки такого же типа применяли около половины всех литейных цехов. Довольно обширное распространение получили добавки, содержащие гематит ( $Fe_2O_3$ ) и магнетит ( $Fe_3O_4$ ), так же на территории стран СНГ и в Республике Беларусь. Так, к примеру, оксид железа ( $Fe_2O_3$ ) в виде порошка железного сурика использует ОАО «Минский тракторный завод» для исключения «просечки» на отливках «Головка блока цилиндров» и «Корпус турбины» [1].

Для проведения испытаний изготавливалась стержневая смесь на основе кварцевого песка марки 1К<sub>1</sub>О<sub>2</sub>03 по ГОСТ 23409.24-78 и двухкомпонентного смоляного связующего, широко применяемого в Беларуси и соседних странах, состоящего из традиционной фенолформальдегидной смолы и полиизоционата. Количество связующей композиции и соотношение ее компонентов было постоянно во всех исследованных образцах: 0,7% + 0,7% (компонент А + компонент Б) от массы песка. Продувку всех образцов осуществляли с применением диметиламина (DMEA) с расходом 1,2 г/кг. Добавки в смесь вводились в процессе перемешивания в количестве от 0,5 до 5% сверх массы песка. Для сравнительной оценки в качестве добавок использовались следующие материалы (таблица 1):

- 1) Сурик железный ( $Fe_2O_3$ ) ГОСТ 8135-74, средний размер фракции <0,063 мм;
- 2) Магнетит ( $Fe_3O_4$ ), средний размер фракции 0,125–0,315 мм;
- 3) Пудра алюминиевая ПАП-1 ГОСТ 5495-2022, средний размер фракции <0,063 мм;
- 4) Порошок алюминиевый ПА-4 ГОСТ 6058-2022, средний размер фракции 0,1-0,16 мм.

Таблица 1. Составы исследованных стержневых смесей

Содержание компонентов смеси	Состав №1	Состав №2	Состав №3	Состав №4	Состав №5	Состав №6	Состав №7	Состав №8
Песок, %	100							
Компонент А, %	0,7							
Компонент В, %	0,7							
Газообразный катализатор, г/кг	1,2							
Магнетит FerroSAND	-	1,5	5	-	-	-	-	-
Порошок ПА-4	-	-	-	0,5	-	-	-	-
Сурик железный	-	-	-	-	0,5	1	-	-
Пудра алюминиевая	-	-	-	-	-	-	0,5	1

### Результаты испытаний

Эталонные образцы, показали следующие усредненные результаты: предел прочности при растяжении – 1,52 МПа, газопроницаемость – 244 единицы, газотворность – 2,89 мл/г и осыпаемость ~1%.

Наименьшее снижение прочности наблюдалось в образцах, что, по-видимому, объясняется большим размером частиц этих материалов по сравнению с другими добавками: их дисперсность сопоставима с размерами кварцевого песка в самой стержневой смеси

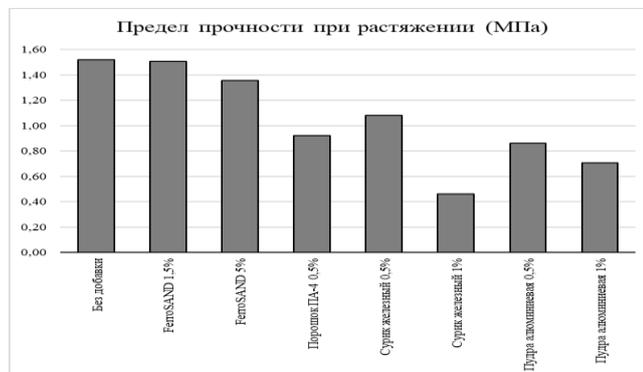


Рисунок 1 - Сравнительные результаты испытаний на предел прочности при растяжении

Введение всех исследовавшихся добавок сопровождалось увеличением газотворности. Наименьшую удельную газотворность показала добавка магнетита: при добавлении 5% гранулированного магнетита газотворность стержневой смеси составила около 5,75 мл/г, при газотворности исходной смеси около 3 мл/г. Добавки железного сурика в количестве 0,5 и 1% увеличили газотворность смеси, соответственно, до 7,62 и 7,94 мл/г (рис. 3)

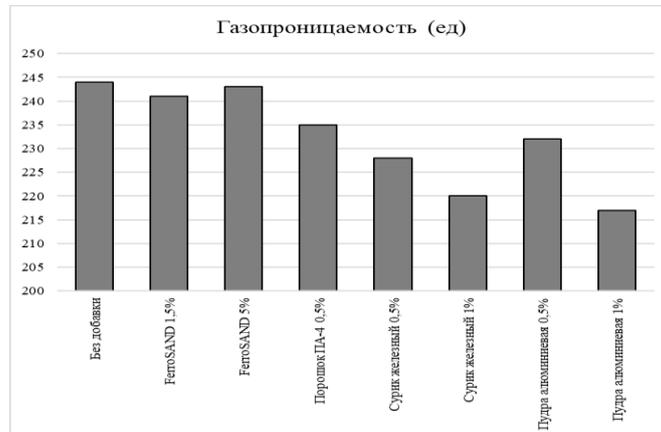


Рисунок 2 - Сравнительные результаты определения газопроницаемости смесей

Наибольшие значения осыпаемости показали образцы, изготовленные с применением добавок железного сурика и алюминиевой пудры (рис. 4).

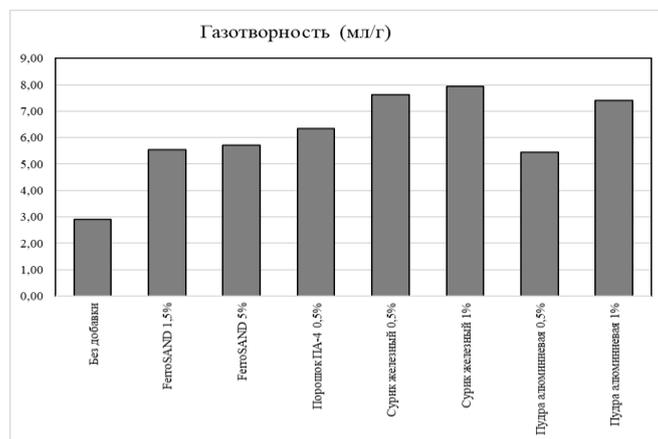


Рисунок 3 - Сравнительные результаты проверки стержневых смесей на газотворность.

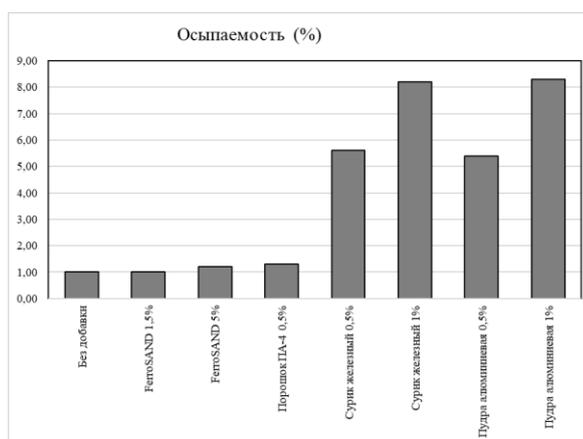


Рисунок 4 - Сравнительные результаты проверки стержневых смесей на осыпаемость.

### Заключение

1. В ходе исследований было установлено, что добавки с большой дисперсностью вызывают значительное снижение прочности стержневой смеси и увеличивают осыпаемость образцов. Их применение неизбежно потребует увеличения количества связующей композиции, что, в свою очередь, приведет к увеличению газотворности смеси и росту вероятности появления газовых дефектов в отливках. Это, в том числе, относится и к часто применяемому в Беларуси в качестве добавки для исключения просечек – железному сурику.

2. Среди исследованных материалов наилучший результат показала добавка магнетита. Ее введение для изменения теплофизических характеристик, в частности, для повышения теплопроводности стержневой смеси, практически не снижает прочностные характеристики, газопроницаемость и осыпаемость смеси.

3. Для выработки научно-обоснованных рекомендаций по использованию тех или иных добавок для борьбы с просечками, необходимо проведение исследований их влияния на поведение смесей в области высоких температур, определение их оптимального содержания в стержневой смеси, и влияния их накопления в оборотной формовочной смеси.

### Список использованных источников

1. Коренюгин С.В. Влияние специальных добавок на физико-механические свойства стержневых смесей / С.В. Коренюгин, С.Л. Ровин // Литье и металлургия. – 2023. – № 3. – С.36-40.

## Основные принципы автоматизированного построения разрезов в КОМПАС-3D

Студенты гр. 10404123: Усович Н.П., Самойленко Н.Д., Мышковец Д.А.  
 Научный руководитель - Дикун А. О.  
 Белорусский национальный технический университет  
 г. Минск

Автоматизированное построение разрезов в программе КОМПАС-3D осуществляется с помощью основных принципов, которые позволяют упростить процесс создания разрезов и повысить эффективность работы с САД моделями (рис. 1). Рассмотрим основные принципы автоматизированного построения разрезов в КОМПАС-3D:

1. Использование стандартных инструментов. Программа КОМПАС-3D предоставляет пользователю широкий набор стандартных инструментов для построения разрезов, таких как разрезание по плоскостям, создание разрезов по контурам и т.д. Использование этих инструментов позволяет автоматизировать процесс построения разрезов и сократить время на их создание.

2. Автоматизация параметров. Программа КОМПАС-3D позволяет задавать параметры разрезов, такие как глубина, тип разреза, угол наклона и др., что позволяет автоматизировать процесс создания разрезов и ускорить работу с САД моделями [1].

3. Использование скриптов и макросов. В программе КОМПАС-3D можно использовать скрипты и макросы для автоматизации построения разрезов и выполнения повторяющихся операций. Это позволяет значительно сократить время на создание разрезов и повысить производительность работы.

4. Интеграция с другими инструментами. Программа КОМПАС-3D поддерживает интеграцию с другими инструментами и платформами, что позволяет автоматизировать процесс построения разрезов и обмена данными с другими системами.

Таким образом, основные принципы автоматизированного построения разрезов в программе КОМПАС-3D позволяют упростить и ускорить процесс работы с САД моделями, что делает их создание более эффективным и удобным для пользователей.

5. Использование параметрического моделирования. Программа КОМПАС-3D позволяет создавать параметрические модели, что позволяет изменять параметры разрезов в любой момент проектирования. Это обеспечивает гибкость и возможность быстрой модификации разрезов без необходимости начинать проектирование заново.

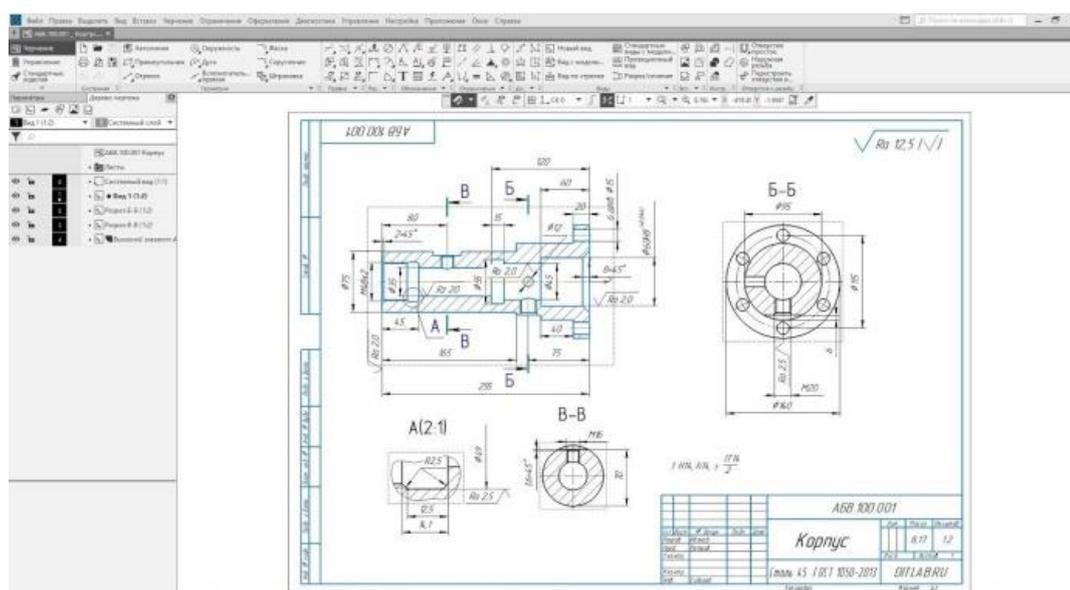


Рисунок 1 – Пример автоматически выполненного разреза в программе КОМПАС-3D

6. Обратная связь и анализ. Возможность визуального анализа и проверки разрезов в программе КОМПАС-3D помогает пользователю убедиться в корректности проектирования. Это позволяет избежать ошибок и вносить коррективы на ранних этапах проектирования.

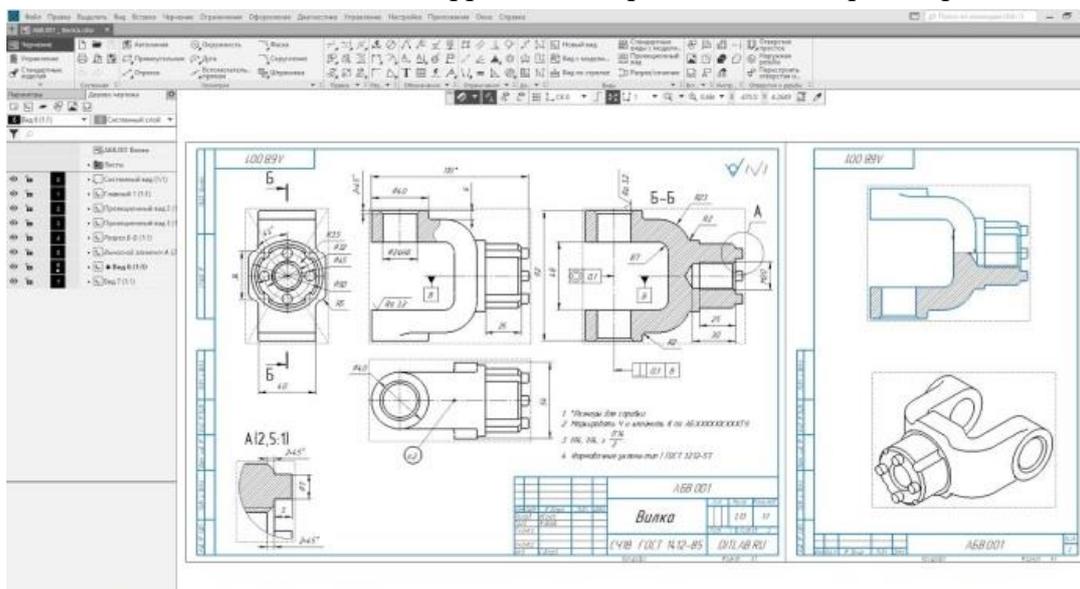


Рисунок 2 – Пример автоматизированного построения основных видов, включающих разрезы с использованием стандартных инструментов в программе КОМПАС-3D

Используя эти основные принципы, пользователь программы Компас-3D может значительно увеличить производительность и эффективность работы при создании разрезов в своих проектах.

Рассмотрение использования автоматизированного построения разрезов в КОМПАС-3D, можно на примере создание разреза детали с применением параметрического моделирования.

При наличии детали, в которой необходимо создать разрез для последующего анализа или проектирования других элементов. Есть возможность выставить параметры разреза заранее таким образом, чтобы они были связаны с размерами и характеристиками самой детали.

Важно подчеркнуть, что в процессе построения разреза мы можем задать параметры разреза, которые будут зависеть от параметров самой детали. Например, глубина разреза может быть задана как функция от высоты цилиндра.

Мы также можем использовать параметрические связи и переменные, чтобы связать параметры разреза с параметрами детали. Это позволит автоматически обновлять разрез при изменении параметров детали, обеспечивая связь между моделью и двухмерным её изображением.

Таким образом, использование параметрического моделирования и связывание параметров разрезов с параметрами деталей позволяет автоматизировать процесс создания разрезов в КОМПАС-3D и обеспечивает быструю и гибкую работу с САД моделями.

### Список использованных источников

1. Разрез КОМПАС-3D. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kompas-uroki.ru>. – Дата доступа 02.03.2017

2. КОМПАС-3D. Руководство пользователя. [Электронный ресурс].- Режим доступа: <https://kompas.ru>. - Дата доступа 02.03.2017

**Исследование изменений технологических свойств бентонита при  
смешивании глин различных месторождений**

Студент группы 10404120 Лешок Д.И.  
Научный руководитель - Куликов С.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Связующие материалы широко используются в литейном производстве для получения формовочных и стержневых смесей. В последнее время из-за широкого спектра причин наблюдается некоторый дефицит высококачественных литейных материалов. В отдельных случаях использование материалов-заменителей не представляется возможным. Поэтому вопрос повышения технологических свойств связующих материалов актуален.

Минералогической основой используемых в литейном производстве глин является каолин и монтмориллонит (бентонитовые глины). Глина имеет сложное строение, состоящее из пакетов различных групп атомов. Пакет каолина состоит из двух слоев – кремнекислородной и гидроксильной групп. Пакет монтмориллонита трехслойный: два внешних кремнекислородных и внутренний алюмокислородный. Наиболее прочные связи между пакетами у каолина, более слабые у монтмориллонита [1]. В тоже время, для автоматических формовочных линий наибольшее распространение получили бентонитовые глины. Они позволяют при меньшем расходе воды получить оптимальные технологические свойства смеси.

Изменение технологических свойств бентонитов возможно осуществить путем механической, термической и химической обработки [2]. Все эти методы требуют значительных затрат и капиталовложений. Определенный интерес вызывает изучение возможности повышения свойств бентонита путем добавки к нему высококачественного бентонита. В настоящей работе проведено сравнение технологических свойств смеси бентонитов различных месторождений (Грузия и Узбекистан) в зависимости от доли каждого из компонентов. Смесь бентонитов получали путем перемешивания в смесителе LMB-s.

Свойства технологической пробы определялись по ГОСТ 28177-89, данные сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – технологические свойства смеси бентонитов

Наименование показателя	Доля компонентов в смеси бентонитов			
	Узбекистан 100%	Узбекистан 75% + 25% Грузия	Узбекистан 50% + 50% Грузия	Грузия 100%
Влага, %	8,85	8,7	8,7	9,3
Предел прочности при сжатии, кгс/см <sup>2</sup>	0,81	0,93	0,99	1,24
Предел прочности в зоне конденсации влаги, кгс/см <sup>2</sup>	0,007	0,007	0,014	0,033
Термическая устойчивость, ед	нет	нет	нет	0,9
Марка по ГОСТ 28177-89	С4Т <sub>3</sub>	П4Т <sub>3</sub>	П4Т <sub>3</sub>	П1Т <sub>1</sub>

Использование грузинского бентонита обусловлено тем, что данный бентонит обладает наивысшими значениями показателей. Как видно из таблицы, введение в состав узбекского бентонита добавки глины из Грузии, повышает значение показателя прочности при сжатии

сырых образцов. Добавка 25% высококачественного грузинского бентонита позволило повысить марку узбекского бентонита со средней С4Т<sub>3</sub> до высокой П4Т<sub>1</sub>. Однако достигнуть марки П1Т<sub>1</sub> или П2Т<sub>1</sub> не удалось. Это обусловлено низкими связующими свойствами у исходного узбекского бентонита и его низкой термической устойчивостью. Для получения высококачественного связующего, по-видимому, необходимо не только соблюдение пропорций компонентов связующего комплекса, но и использование химического и физического воздействия – активации связующего.

#### **Список использованных источников**

1. Гуляев Б.Б. Формовочные процессы. / Б.Б. Гуляев, О.А. Корнюшкин, А.В. Кузин. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987. – 264с.
2. Преобразование адсорбционных свойств бентонитовых глин путем комплексного техногенного воздействия / А.В. Анюхина, В.В. Середин, А.А. Миронова // Вестник пермского университета. Геология. 2020. – №4. – С. 326-333.

## Изменение и настройка оформления программы КОМПАС-3D

Студенты гр. 10404123: Илюкевич Е.С., Соловенок Э.А., Новик С.О.

Научный руководитель: Дикун А.О.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Существует возможность изменения и настройки оформления программы Компас-3D. Правильное оформление программы играет не менее важную роль, чем её функционал, в создании комфортного рабочего процесса и повышении эффективности использования.

В первую очередь, следует отметить, что Компас-3D предоставляет пользователю широкие возможности для настройки интерфейса в соответствии с индивидуальными предпочтениями. Это касается не только визуального оформления, но и распределения рабочих панелей, инструментов и элементов управления. Разработчики предусмотрели гибкие настройки, которые могут быть адаптированы под конкретные задачи пользователя.

Одной из ключевых функций, позволяющих изменить внешний вид программы, является возможность выбора темы оформления (рис. 1). Компас-3D предоставляет несколько вариантов цветовых схем и стилей, что позволяет пользователям выбрать оптимальное оформление в зависимости от особенностей рабочей среды или предпочтений в визуальном восприятии.

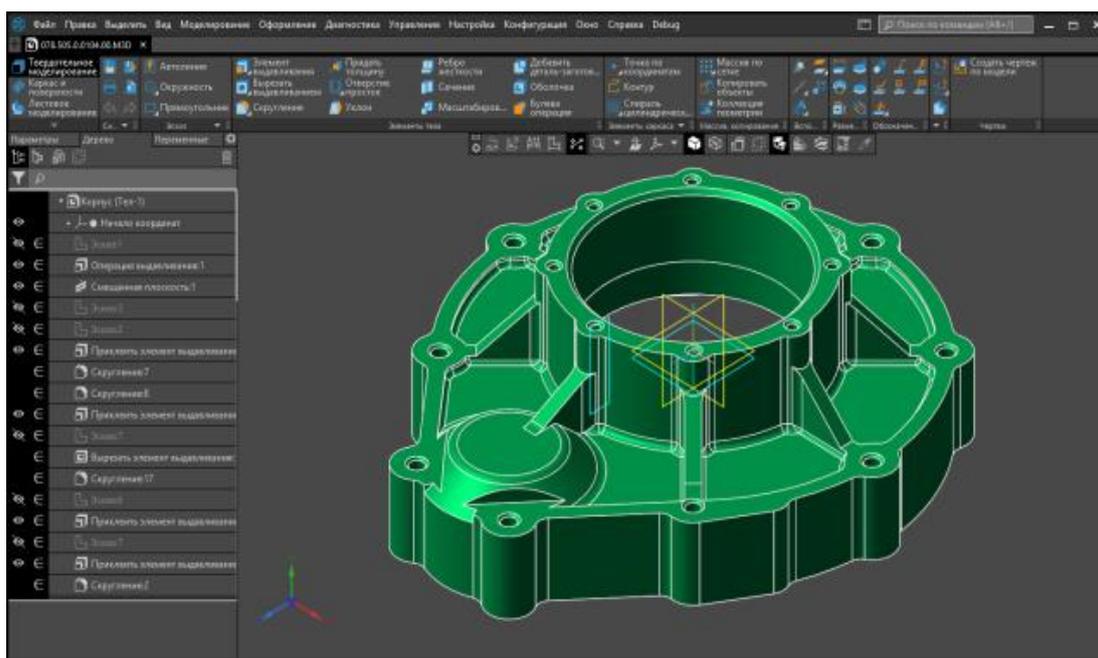


Рисунок 1 - Темная тема интерфейса

Дополнительно, программа предоставляет возможность настройки шрифтов и размеров элементов интерфейса. Это особенно полезно для пользователей, работающих на мониторах различного разрешения или предпочитающих определенные параметры отображения информации. Гибкие настройки шрифтов позволяют адаптировать интерфейс под индивидуальные потребности каждого пользователя.

Важным аспектом настройки оформления Компас-3D является также возможность персонализации рабочих пространств (рис. 2). Пользователь может выбирать, какие инструменты и панели управления будут отображаться на экране в определенный момент времени, что существенно упрощает рабочий процесс и позволяет сосредотачиваться на ключевых задачах.

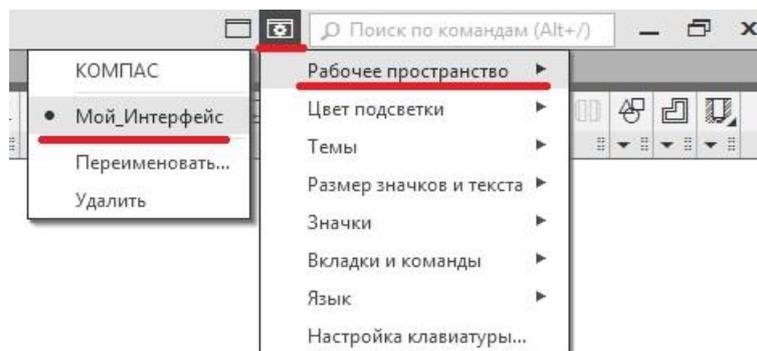


Рисунок 2 - Процесс персонализации рабочих пространств.

Необходимо отметить, что изменение оформления программы не только повышает удобство использования, но и может существенно влиять на производительность работы. Корректно настроенный интерфейс способствует улучшению концентрации внимания пользователя и снижению утомляемости в процессе длительной работы.

Также, вы можете настроить "Палитру" и "Обозреватель". В палитре вы можете выбрать, какие панели инструментов и окна вам нужно отображать на рабочей области. Обозреватель позволяет легко ориентироваться по проектам и моделям.

И не забудьте обновить программу до последней версии, чтобы получить все последние функции и исправления ошибок. Версии программы часто имеют изменения в оформлении и улучшения в интерфейсе, которые могут сделать вашу работу более продуктивной.

В заключение хочется подчеркнуть, что настройка оформления программы Компас-3D – это неотъемлемая часть оптимизации рабочего процесса инженера или дизайнера. Гибкие возможности настройки, предоставляемые программой, позволяют каждому пользователю создать уникальное и удобное рабочее пространство, соответствующее его требованиям и предпочтениям. Это в свою очередь способствует повышению производительности труда и качества выполняемых задач.

### Список использованных источников

1. Интерфейс КОМПАС-3D и его настройка. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://stroymetproekt.ru>. - Дата доступа 24.06.2016
2. КОМПАС-3D. Руководство пользователя. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://kompas.ru>. - Дата доступа 02.03.2017

**Сравнение технологий SLS и BJ для изготовления литейных форм**

Студент гр. 10404120 Письменкова Ю.А.

Научный руководитель – Ровин С.Л.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Одним из наиболее знаковых направлений инновационного развития в литейном производстве последнего десятилетия является активное внедрение аддитивных технологий: для изготовления модельной оснастки, выплавляемых и выжигаемых моделей, разовых литейных форм и стержней и, собственно, металлических изделий. Уже сегодня их применение позволяет значительно сократить трудоемкость и время подготовки производства и освоения новой продукции, в первую очередь отливок ответственного назначения, имеющих сложную конфигурацию. Все более заметную роль играют эти технологии при необходимости изготовления пилотных изделий и прототипов, в мелкосерийном и индивидуальном производстве отливок, особенно в тех отраслях, где большая часть продукции является уникальной: в авионавтике, медицине, энергетике, авиастроении, военной технике [1, 2].

Одна из областей применения аддитивных технологий в литейном производстве – это 3d-печать разовых литейных форм и стержней, что позволяет исключить из цепочки подготовки производства отливки необходимость проектирования и изготовления модельной оснастки. Фактически, благодаря использованию аддитивных технологий, конструктор-технолог сегодня может распечатать не только конструкторскую документацию на литейную форму, но и саму форму, не обращая при этом в модельный цех, на стержневой и формовочный участки, что позволяет сократить время от проектирования литейной технологии до получения готовой отливки с 2-3 месяцев до 2-3 дней [1, 3].

На текущий момент наибольшее распространение получили два метода 3d-печати песчаных литейных форм и стержней [3, 4]:

- послойное селективное спекание песчано-полимерной смеси лазером (Select Laser Sintering);
- послойное выборочное отверждение песчано-полимерной смеси точечным нанесением связующего (Binder Jetting).

Сущность метода Select Laser Sintering (SLS) заключается в спекании углекислотным лазером плакированной песчано-смоляной смеси, которая ровными слоями толщиной 0,2-0,5 мм подается на поверхность рабочего стола – постепенно опускающейся платформы. Таким образом, слоем за слоем создается литейная форма или стержень вне оснастки и без необходимости каких-либо дополнительных поддержек (опорой служит сама плакированная смесь окружающая отверждаемый участок) [4].

Основными преимуществами этой технологии являются:

- отсутствие необходимости в поддерживающих конструкциях, что позволяет печатать формы и стержни практически любой сложности и, таким образом, исключить необходимость применения сборных центровых стержней и наружных стержней для оформления геометрически сложной внешней поверхности отливок;
- возможность повторного использования побывавшей в обороте, но не отвержденной смеси;
- высокая точность ( $\pm 0,2-0,5$  мм) и детализация изготавливаемых форм и стержней, что особенно важно при создании сложных и тонких элементов;
- возможность одновременно печатать несколько форм или полуформы верха/низа и стержень, что ускоряет процесс и позволяет делать параллельно весь формовочный комплект для той или иной отливки.

К недостаткам данного метода можно отнести следующее:

- SLS-принтеры и материалы для печати этим методом форм и стержней, как правило, являются весьма дорогостоящими, что существенно увеличивает инвестиции и текущие затраты;
- Размеры, которые можно напечатать на SLS-принтерах ограничены, что может создать неудобства при создании крупных форм и стержней;
- Процесс SLS-печати форм является достаточно энергоемким.

Технологический процесс Binder Jetting (BJ) начинается с нанесения тонкого слоя смеси, состоящей из огнеупорного наполнителя и отвердителя (иногда в состав входят и некоторые специальные добавки) на рабочую платформу. Затем на созданный слой (0,3-0,6 мм) точно (капельным способом) наносится связующее, склеивая частицы смеси друг с другом. Связующее вступает в реакцию с отвердителем и отверждается. Процесс повторяется слой за слоем, формируя нужную форму или стержень в соответствии с данными 3D-модели. Данная технология считается менее энергоемкой, более рентабельной и позволяет печатать большие формы и стержни чем SLS-метод [5].

В BJ-технологии в качестве основного наполнителя применяют в основном силикатные (кварцевые) пески, хотя могут использоваться также оливинные и хромитовые пески. В качестве связующего, как правило, применяются фурановые смолы. Это позволяет значительно удешевить процесс по сравнению с SLS-методом.

К преимуществам BJ-технологии можно отнести [5]:

- Возможность также, как и по SLS-методу, легко создавать формы и стержни со сложной геометрией и внутренними полостями без специальных поддержек;
- Меньшие удельные энергетические и материальные затраты, чем при SLS-методе (нет необходимости в использовании мощного лазерного излучателя, не надо охлаждать неиспользованную смесь, меньшие потери неиспользованной смеси);
- Большая (почти на порядок) скорость печати, чем SLS-методом;
- Менее жесткие требования к смеси, чем при использовании SLS-метода, могут использоваться различные огнеупорные наполнители и нет жестких требований к их грансоставу (хотя требования по однородности песка тоже должны соблюдаться);
- Меньшая стоимость оборудования и исходных материалов, чем при использовании SLS-метода.

При использовании струйной печати связующим следует учитывать и некоторые присущие методу недостатки:

- Как правило литейные стержни и формы, изготовленные с использованием BJ-метода, требуют последующей обработки (зачистки кромок и некоторых поверхностей), что может несколько увеличить время производства и привести к некоторому снижению точности.
- Разрешение (точность), которую обеспечивает BJ-технология несколько ниже по сравнению с SLS-методом, что может быть ограничением её использование для производства небольших, тонкостенных и геометрически сложных стержней.
- Большие удельные газовыделения и токсичность в процессе заливки полученной формы, чем при использовании плакированных смесей.

С учетом сравнения приведенных выше достоинств и недостатков применяемых для 3d-печати литейных форм и стержней методов, сегодня большее распространение получает BJ-технология. Первые производственные участки, оснащенные такими принтерами, использующими BJ-технологии печати есть уже и на белорусских предприятиях, в частности на Минском моторном заводе.

### Список использованных источников

1. Применение технологии экструзионной 3D-печати в литейном производстве / Н. К. Толочко, А. А. Андрушевич, П. Н. Василевский, П. С. Чугаев // Литье и металлургия. 2018. № 4. С. 139–144.
2. Гибсон, Я. Технологии аддитивного производства. Трёхмерная печать, быстрое прототипирование и прямое цифровое производство / Я. Гибсон, Д. Розер, Б. Стакер. – М.: ТЕХНОСФЕРА, 2020. 280 с.
3. Толочко, Н. К. Применение технологии экструзионной 3D-печати в литейном производстве / Н. К. Толочко, А. А. Андрушевич, П. Н. Василевский, П. С. Чугаев // Литье и металлургия. 2018. № 4. С. 139–144.
4. Григорьев, С. Высокоэффективные технологии обработки / С. Григорьев, М. Волосова, Маслов А. – М.: Машиностроение, 2015, 455 с.
5. Binder Jetting (BJ) Machines: Definition, Applications, Types, Advantages, and Disadvantages // [Электронный ресурс]. 2023. Режим доступа: <https://www.xometry.com/resources/3d-printing/binder-jetting-bj-machines/>.

## Основные принципы работы с видами КОМПАС-3D

Студенты гр. 10404223 Мелюх Д.В., Апанасевич М.С., Колодей А.И.

Научный руководитель – Дикун А.О.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Вид как часть КОМПАС-чертежа – это «контейнер» для объектов, а также сами объекты, находящиеся в этом «контейнере».

Чертежи, создаваемые в КОМПАС-3D, могут включать до 2 147 483 647 видов.

Объекты, содержащиеся в одном виде КОМПАС-3D, могут формировать как одно изображение (вид, разрез, сечение или выносной элемент), так и сразу несколько. Чертеж может состоять из единственного вида, который будет содержать все необходимые изображения.

Чтобы использование видов было максимально удобным, КОМПАС-3D предоставляет пользователю разнообразные приемы работы с видами.

Удобные возможности управления состоянием видов чертежа предоставляет **Менеджер документа**. Для отображения его на экране необходимо выполнить одно из следующих действий:

- вызвать команду **Сервис – Менеджер документа**,
- нажать кнопку **Состояния видов** на панели **Текущее состояние**,
- нажать кнопку **Состояния слоев** на панели **Текущее состояние**,
- вызвать команду **Вставка – Слой**.

Существует возможность сделать нужный вид текущим, а также настроить состояние других видов с помощью **Менеджера документа**. Однако существуют более быстрые способы смены текущего вида. Для этого необходимо совершить следующие действия:

выбрать или ввести с клавиатуры номер или название нужного вида в поле **Текущий вид** на панели **Текущее состояние** (рис.1), и он станет текущим. Вид, выделенный в списке, подсвечивается в окне документа. Значки перед номером или названием вида показывают его текущее состояние и цвет.

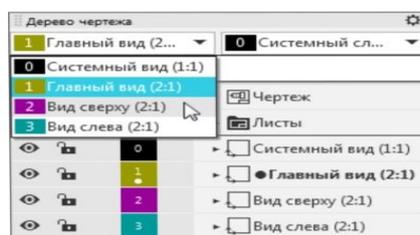


Рисунок 1 - Выбор текущего вида

Выделить нужный вид в Дереве построения чертежа и вызвать из контекстного меню команду **Текущий**.

Для изменения состояние вида необходимо:

1. Вызвать **Менеджер документа**.
2. Выделите в **Дереве листов, видов и слоев Менеджера** корневой элемент – текущий чертеж.
3. Выделить в **Списке** вид, состояние которого требуется изменить.
4. Задать свойства вида с помощью кнопок Панели инструментов **Менеджера документа**: (Сделать текущим, активный, фоновый, видимый, погашенный)
5. Закрыть **Менеджер документа**, нажав кнопку **ОК**.

Чтобы изменить параметры текущего вида, нужно вызвать команду **Сервис – Параметры текущего вида**.

На Панели свойств появятся элементы, представленные ниже:

**Имя, Номер, Цвет, Масштаб, Точка привязки, Угол поворота**

Настроить параметры вида требуемым образом и нажать кнопку **Создать объект**.

Чтобы выделить вид, необходимо вызвать команду **Выделить – Вид**. На экране появится подменю, команды которого описаны в таблице 1.

Таблица 1 - Команды выделения видов

Команда	Описание
Указанием	Позволяет выделить вид (или несколько видов), указав принадлежащий ему объект.
Выбором	Позволяет выделить вид, указав его название. После вызова команды на экране появляется диалог с перечнем видов, имеющихся в текущем чертеже. Необходимо указать в списке нужные виды и нажать кнопку <b>ОК</b> .

При помощи буфера обмена можно переносить элементы из одного вида в другой, а также копировать виды целиком.

Если объединение видов невозможно, создается новый вид, которому присваивается первый свободный номер. Если необходимо скопировать вид в тот же самый чертеж, удобнее использовать копирование при помощи мыши. При копировании система создает новый вид, присваивая ему первый незанятый номер.

Для удаления вида нужно выделить его, а затем вызвать команду **Редактор – Удалить – Выделенные объекты** или нажать клавишу **<Delete>**.

Можно удалять виды с помощью **Менеджера документа**. Для этого необходимо выполнить следующие действия.

1. Вызвать **Менеджер документа**.
2. Выделить в **Дереве листов, видов и слов Менеджера** корневой элемент – текущий чертеж.

В **Списке листов, видов и слов** будут показаны все присутствующие в чертеже виды их свойства.

3. Выделить в **Списке** вид (виды), которые требуется удалить.

4. Нажать кнопку **Удалить** на Панели инструментов **Менеджера документа**.

Настройка отрисовки фоновых и выключенных видов производится в диалоге, вызываемом командой **Сервис – Параметры – Система – Графический редактор – Виды**. Можно также нажать кнопку **Настройка видов** в **Менеджере документа**.

Элементы управления настроенного диалога представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Диалог настройки отрисовки фоновых и выключенных видов

Элемент	Описание
Отображать имена видов	При включенной опции в поле <b>Текущий вид</b> на панели <b>Текущее состояние</b> отображается имя вида, при выключенной — номер.
Фоновые виды	Варианты настраиваемых объектов
Рамки выключенных видов Рамки ассоциативных видов	Окно просмотра внешнего вида объекта позволяет оценить сделанные изменения
Показывать	Опция, управляющая отображением рамок выключенных или ассоциативных видов
Толщина	Необходимо установить желаемую толщину (в пикселях) для изображения объекта на экране. Настройка доступна для стиля линии <b>Сплошная</b> .
Цвет	Кнопка, выбора цвета отображения объекта.
Линия	Перечень стилей линии для отображения объекта. Нужно выбрать нужный вариант: <i>сплошная, штрихами, точками</i> .

Компоновка видов – изменение их масштаба и/или положения на листе чертежа. Компоновка значительно упрощается, если каждое изображение находится в отдельном виде. В этом случае масштаб, расположение и угол поворота любого изображения может быть быстро изменен.

Чтобы изменить масштаб вида, нужно вызвать его контекстное меню в Дереве чертежа и выбрать из него нужный масштаб (рис. 2).

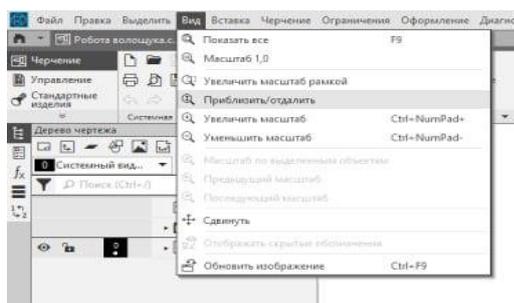


Рисунок 2 - Смена масштаба вида

Чтобы изменить положение вида, необходимо выделить его, а затем переместить с помощью мыши в нужное место. Когда нужное положение вида будет достигнуто, нужно отпустить кнопку мыши.

Чтобы изменить угол поворота вида, необходимо вызвать из его контекстного меню в Дереве модели команду **Параметры вида...** На Панели свойств появятся элементы управления, которые позволяют задать параметры выбранного вида. Нужно ввести значение угла поворота в поле **Угол** на вкладке **Параметры** Панели свойств. При необходимости на этой же вкладке можно задать масштаб вида и координаты точки привязки вида.

#### Список использованных источников

1. Жарков Н. В., Минеев М. А., Прокди Р. Г. КОМПАС 3D V11 Полное руководство. – Наука и техника, 2010. – 688 с
- 2.[Электронный ресурс] [https://bioengineering.kpi.ua/attachments/article/285/Kompas\\_Guide2.pdf](https://bioengineering.kpi.ua/attachments/article/285/Kompas_Guide2.pdf) (Дата обращения 26.11.2023)

**Повышение рафинирующей способности серы в алюминиевых сплавах**

Студенты группы 10405220 Микулич А.Д., Оленцевич А.А., Фармонова Г.Б.

Научные руководители: Неменёнок Б.М., Румянцева Г.А.

Белорусский национальный технический университет  
Республика Беларусь, г. Минск

Важнейшей технологической операцией при производстве качественного алюминиевого литья является рафинирование. Анализ технической и патентной литературы показывает, что в составах препаратов для рафинирования алюминиевых сплавов широко используется сера [1-3], которая относится к 4 классу опасности и имеет ПДК  $6 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$ . Температура кипения серы составляет 445 °С, поэтому при вводе ее в расплав она переходит в газообразное состояние и реализуется классическая схема адсорбционного рафинирования [1]. Расчеты показывают, что обработка 500 кг алюминиевого расплава добавкой 0,05 % серы вызывает образование газообразного продукта (паров серы), объем которого в 1,5-2,9 раза превышает объем аргона, продуваемого через расплав той же массы в течение 7-10 минут [2].

Особенностью рафинирующего действия серы является тот факт, что при вводе ее в расплав в нижних слоях металла образуются мельчайшие пузырьки химически активных паров серы, в которые диффундирует водород, как в вакуум с большой вероятностью образования химического соединения  $\text{H}_2\text{S}$ . По мере молизации и повышения парциального давления водорода внутри пузырьков скорость их подъема будет расти и тем самым сократится время контакта с расплавом. С увеличением количества образующегося газа пузырьки меняют свою форму от близкой к шарообразной через сплюснутый эллипсоид и шаровой сегмент до неправильной цепочки.

Для улучшения дегазации данным методом необходимо создать условия медленного подъема пузырьков и разрыва возникающей цепочки, а также добиваться наибольшей поверхности контакта их со сплавом. Это достигается пропусканием через расплав возможно более мелких пузырьков газа. Зависимость между размерами и поверхностью пузырьков можно проиллюстрировать следующими цифрами. Например, общая поверхность заключенных в литре пузырьков газа при их диаметре 1 мм равна  $6 \text{ м}^2$ , а при диаметре 10 мм составляет лишь  $0,6 \text{ м}^2$ .

Поэтому для разрыва потока парообразной серы, выделяющегося из расплава, в составе препаратов предусматривают наличие наполнителей, которые, с одной стороны, прерывают сплошность потока паров серы, а с другой стороны, замедляют ее испарение из расплава, увеличивая время контакта, способствующее более полному протеканию диффузионных процессов [1]. При выборе таких наполнителей необходимо учитывать их стоимость, экологическую безопасность, возможность химического взаимодействия с компонентами сплава и примесями, вероятность воздействия на вязкость расплава и их модифицирующую способность в отношении структурных составляющих сплава.

В результате исследований установлено, что карбонат натрия снижает скорость испарения серы и делает процесс ее выделения в виде небольших газовых пузырей длительным и спокойным. Это позволяет повышать эффективность ее рафинирующего действия и безопасность проведения данной операции. Повышению рафинирующей способности препарата способствует также частичная термическая диссоциация  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , протекающая с выделением  $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$ . Для выбора оптимального количества наполнителя в составе препарата варьировали содержание  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  от 5 до 85 % и определяли время разложения таблетки, за которое принимали промежуток времени от ввода препарата в расплав до момента прекращения процесса газовой выделения. Таблетки изготавливали при постоянном усилии прессования на прессово-разрывной машине в цилиндрической пресс-форме с внутренним диаметром 60 мм.

С увеличением содержания в таблетке наполнителя с 20 % до 85 %, время ее разложения возросло с 4 до 25 мин, при этом на поверхности расплава образуется достаточно большое количество вязкого шлака с повышенным содержанием алюминия. Учитывая это нежелатель-

ное явление, в качестве наполнителя был опробован криолит ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ), который имеет высокую температуру плавления ( $\sim 1100^\circ\text{C}$ ) и способен поглощать оксиды алюминия. Время разложения таблеток с криолитом при содержании последнего до 80 % также не превышало 20 минут, хотя в промежуточных интервалах таблетки срабатывали медленнее, чем с карбонатом натрия.

Более интенсивное разложение таблетки с  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  связано с тем, что процесс термической диссоциации  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  сопровождается выделением пузырьков  $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$ , которые и способствуют разрушению в расплаве рафинирующей таблетки и испарению из нее серы. В случае использования криолита в качестве наполнителя образуется меньшее количество шлака, который хорошо снимается и практически не содержит королек алюминия.

Учитывая, что в производственных условиях операция рафинирования занимает 10-15 минут, была определена концентрация наполнителя в рафинирующем препарате для 12-минутной продолжительности разложения таблетки.

При использовании в качестве наполнителя  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  получили состав 30 % серы + 70 %  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , а для криолита это соотношение составило 50 % серы + 50 %  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ .

Запрещение использования гексахлорэтана ( $\text{C}_2\text{Cl}_6$ ) для рафинирования и высокая токсичность хлоридов алюминия, образующихся при вводе в расплав  $\text{MnCl}_2$ ,  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  и других хлоридов, остро ставят проблему разработки малотоксичного рафинирующего реагента. Поэтому сера может быть использована с этой целью, как менее токсичное и эффективное рафинирующее средство.

#### Список использованных источников

1. Неменёнок, Б. М. Теория и практика комплексного модифицирования силуминов / Б.М.Неменёнок. – Минск: Технопринт, 1999. – 272 с.
2. Влияние серы на структуру и свойства алюминиевых сплавов / Б.М.Неменёнок [и др.] // Литъё и металлургия. – 2005. - № 4. – С. 106-108.
3. Повышение экологической безопасности процессов плавки и рафинирования алюминиевых сплавов / С.П.Задруцкий [и др.]. – Минск: БНТУ, 2012. – 231 с.

### Зависимость прочности стержневой смеси по Cold-box-amine процессу от соотношения компонентов

Студент группы 10404120 Ткач Н.В.

Научный руководитель - Куликов С.А.

Белорусский национальный технический университет

Республика Беларусь, г. Минск

В Республике Беларусь широкое распространение получил Cold-box-amine процесс из-за своих неоспоримых преимуществ: производительность и высокая степень автоматизации процесса [1]. Технологическая схема при Cold-box-amine процессе состоит из ряда стадий: 1 – приготовление смеси, 2 – вдув смеси в полость стержневого ящика, 3 – продувка смесью газа-катализатора и газа-носителя, 4 – отвод отработанной газовой смеси, 5 – нейтрализация отработанной газовой смеси. Технологические требования к стержневой смеси одного типа даже на одном предприятии могут значительно отличаться от одного литейного цеха к другому. Разработка и корректировка рецептов стержневых смесей являются актуальной задачей из-за отличий технических характеристик смол различных производителей.

Как-правило, типовая рецептура стержневой смеси для Cold-box-amine процесса представляет собой 0,8% (от массы песка) фенолоформальдегидной смолы и 0,8% полиизоционата. Расход газа-катализатора (диметилэтиламина) может колебаться от 0,1 до 1 г/кг смеси в зависимости от массы стержня. При соблюдении такой рецептуры стержневая смесь обладает оптимальным набором свойств, позволяющих обеспечить манипуляционную прочность стержней с минимальным газовыделением. Максимальная прочность отвержденных стержней достигается через 24ч. На прочность отвержденной смеси может оказывать влияние целый ряд факторов [2].

В данной работе проведена работа по изучению изменения прочности отвержденных стержней, изготовленных по Cold-box-amine процессу при изменении рецептуры. Стержневую смесь массой 2кг получали в смесителе марки LMB-s, после чего лабораторные образцы «восемьмерки» изготавливали в стержневом автомате модели LUT-c, дозировка газа-катализатора составил 0,5 г/кг смеси. Рецептура стержневых смесей представлена в таблице 1:

Таблица 1 – Рецептура стержневых смесей

Компонент, % от массы песка	Смесь 1	Смесь 2	Смесь 3	Смесь 4
Смола	0,8	0,6	0,8	0,6
Полиизоционат	0,8	0,8	0,6	0,6

Изготовленные лабораторные образцы были испытаны на разрыв, результаты сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Прочность отвержденных образцов на разрыв

Прочность смеси, МПа				
Время, ч	Смесь 1	Смесь 2	Смесь 3	Смесь 4
0,1	0,95	0,56	1,2	0,60
1	1,65	1,33	1,5	0,90
3	1,9	1,6	1,57	1,00
24	1,93	1,61	1,7	1,11

Из таблицы видно, что уменьшение доли смолы (смесь 2) в составе смеси резко снижает мгновенную (манипуляционную) прочность. В отдельных случаях это не позволяет использовать стержни сразу после изготовления. Уменьшение доли полиизоционата (смесь 3) снижает

максимальную прочность. Уменьшение доли двух компонентов (смесь 4) ожидаемо привело к снижению общей прочности образцов.

Таким образом был отработан ряд рецептов стержневых смесей, соответствующих оптимальному соотношению компонентов в зависимости от требований производства к прочностным характеристикам стержней.

#### **Список использованных источников**

1. Мельников, А. П. Технологии изготовления стержней в массовом производстве отливок / А. П. Мельников // *Литье и металлургия*. 2008. – №3. – С. 155-161.
2. Кукуй Д.М., Кудин Д.А. Возможность оптимизации прочностных показателей стержневой системы Колд-бокс-амин. *Литье и металлургия*. 2003. – №3. – С. 29-35.

## Влияние термической обработки на свойства литой мартенситно-старееющей стали

Магистрант Франчук А.А., студент группы 10404120 Ткач Н.В.  
Научные руководители Рудницкий Ф.И., Шаршнева Д.В.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Мартенситностареющие стали – это сплавы с никелем, кобальтом и другими карбидообразующими элементами, которые придают сталям высокий комплекс эксплуатационных свойств после соответствующей термообработки. На самом деле, эти материалы трудно назвать сталями, т.к. в них обычно содержится менее 0,03 % углерода, а как известно, стали это сплавы железа с более высоким содержанием углеродом, который обеспечивает высокую конструкционную прочность изделия.

Мартенситностареющие стали обладают очень стабильными свойствами и даже после избыточного, из-за чрезмерной термообработки, нагрева лишь слегка смягчаются. Эти сплавы сохраняют свои свойства при умеренно высоких рабочих температурах и имеют максимальную рабочую температуру более 400 °С. Они подходят для таких деталей двигателя, как коленчатые валы и шестерни, а также бойки автоматического оружия, когда цикл нагревания и охлаждения повторяется несколько раз при значительной нагрузке. Их равномерное расширение и лёгкая обрабатываемость делают мартенситностареющую сталь полезной в высоко изнашиваемых деталях конвейерных линий и штампов.

Мартенситностареющие стали применяют в самолетостроении, ракетостроении, т. е. в тех отраслях, в которых важна удельная прочность, а также в криогенной технике, где они нашли применение благодаря высокой пластичности и вязкости при низких температурах.

Для проведения исследований использовали литую сталь X10H5T2ФМЛ, получаемую переплавом отходов высоколегированных сталей. Испытуемые образцы помещали в нагревательную печь, нагревали температур 400 °С, 500 °С, 600°С, 700 °С, продолжительность выдержки составляла 1 – 2 часа с последующим охлаждением.

На следующем этапе образцы подвергали закалке при 1000 °С с последующем отпуском (старением) при температурах 400 °С, 500 °С, 550 °С. На всех образцах была замеряли твердость по длине образца. Твердость измеряли с использованием универсального твердомера по Роквеллу (рис. 1). Результаты измерений представлены в таблицах 1 и 2.



Рисунок 1 - Твердомер универсальный

Таблица 1 - Твердость мартенситностареющей стали после отпуска (старения) без закалки

Сталь	Твердость (HRC) после отпуска (старения)				
	Без ТО	400 °С 1 час	500 °С 2 часа	600 °С 2 часа	700 °С 2 часа
X10H5T2ФМЛ	1 – 36	1– 36	1 – 37,5	1 – 38	1 – 39
	2 – 36	2– 37	2 – 37,5	2 – 38	2 – 39
	3 – 36	3– 37	3 – 37,5	3 – 37,5	3 – 39
	4 – 36	4– 37	4 – 37,5	4 – 38	4 – 39
	5 – 36	5– 37	5 – 37,5	5 – 38	5 – 39

Судя по полученным результатам эффект дисперсионного твердения в экспериментальной стали не фиксируется. Очевидно, это связано с невысокой скоростью охлаждения образцов при кристаллизации. В связи с этим на втором этапе работы литые образцы подвергали закалке с последующим старением.

Рекомендуемый режим термической обработки для мартенситностареющей стали, основываясь на литературных источниках заключается в нагреве до критических точек в пределах 950-1000°С и последующего старения при температурах 450-500°С, что обеспечивает выделение карбидообразующей фазы и за счет этого повышая твердость стали до 50–60 HRC.

Собственные эксперименты показали, что максимальная твердость с использованием закалки достигается при температуре отпуска 550 °С.

Таблица 2 - Твердость мартенситностареющей стали после закалки с низким отпуском (старением)

Сталь	Твердость (HRC) после отпуска (старения)			
	Без отпуска	400 °С, 2 часа	500 °С, 2 часа	550 °С 2 часа
X10H5T2ФМЛ	1 – 50	1 – 53	1 – 55	1– 56
	2 – 49	2 – 53	2 – 55	2 – 57
	3 – 48	3 – 53	3 – 55	3 – 56
	4 – 49	4 – 54	4 – 55	4 – 57

Проведенные эксперименты показали, что в экспериментальной стали можно достичь повышения твердости за счет эффекта мартенситного старения с использованием закалки и последующего отпуска.

Полученные выводы подтверждены анализом микроструктуры литой стали (рис. 2), в структуре которой присутствуют аустенит, мартенсит, а также первичные карбиды.

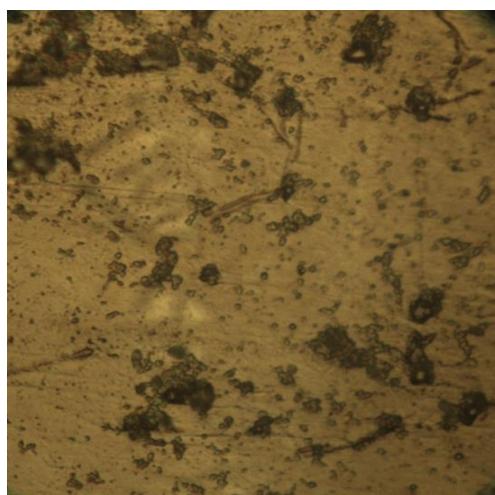


Рисунок 2 - Микроструктура литой мартенситностареющей стали после закалки 1000 °С и отпуска на 550°С 2 часа

Поскольку при выборе параметров термической обработки опирались на классический состав мартенситно-старяющей стали, которая существенно отличается по составу от экспериментальной легирующими элементами, влияющими на инкубационный период и расположение критических точек, условия упрочнения за счет мартенситного превращения подлежат корректировке.

#### **Список использованных источников**

1. Рудницкий Ф.И, Шарснева Д.В. Использование технологии модифицирования при производстве литого инструмента и оснастки из быстрорежущей стали / Ф.И. Рудницкий, Д.В. Шарснева // Ресурсо- и энергосберегающие инновационные технологии в литейном производстве.: сб. материалов международной научной и научно-технической конференции / под ред. С.А.Алимбаева; Ташкент, 2022. – С.170-172.

2. Рудницкий Ф.И, Шарснева Д.В. Влияние термической обработки на свойства литой мартенситно-старяющей стали / Ф. И. Рудницкий, Д.В. Шарснева // Литейное производство и металлургия 2022. Беларусь: 30-я Международная научно-техническая конференция и информационная выставка: труды участников конференции / Белорусский национальный технический университет; под общ. ред. Е. И. Марукович. – Минск: БНТУ, 2022. – С. 54-56.

# **Обработка материалов давлением**

**Сравнительный анализ результатов моделирования процесса прокатки горячекатаного листового проката в среде «QFORMVX» с техническими характеристиками ЛПК АО «УЗМЕТКОМБИНАТ»**

Аспирант группы 2102778 АТМ-21-ОМД Олимжонов Ж. О.

Научный руководитель Татару А. С.

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

Российская Федерация, г.Москва

### **Введение**

В настоящее время в АО «УЗМЕТКОМБИНАТ» ведётся проект по строительству цеха для производства листового проката [1]. Изготовителем оборудования является концерн DANIELI (г. Буттрио, Италия) – один из крупнейших мировых производителей металлургического оборудования. Имеющаяся техническая документация, предполагаемый сортамент выпускаемой продукции свидетельствуют о том, что в составе ЛПК будет находиться непрерывный широкополосовой стан с длиной бочки рабочих валков 1600 мм. Поэтому в данной работе рассмотрена и проанализирована технология производства горячекатаного полосового проката.

Прокатный стан состоит из 5 прокатных клетей «кварто», 3 клетей черновой группы и 2 клетей чистовой группы. Клетки «кварто» оборудованы парой рабочих валков гладкого профиля и парой опорных валков для придания дополнительной жесткости по всей поверхности валка. Прокатка происходит непрерывно, то есть раскатанная полоса находится одновременно во всех клетях стана.

### **Программа расчета параметров прокатки горячекатаной полосы**

На основе методики расчета [2] параметров прокатки на агрегате производства горячекатаной полосы в среде Microsoft Office Excel разработана компьютерная программа, позволяющая автоматизировать рутинный расчет.

### **Моделирование процесса горячей прокатки в среде QForm VX**

С целью проведения анализа процесса прокатки горячекатаной полосы проведено моделирование процесса в среде QFormVX [3].

Параметры входной заготовки: толщина слябов – 40 мм ÷ 60 мм; ширина слябов – 800 мм ÷ 1300 мм; максимальная длина сляба – 59 м; максимальный вес – 30 т.

Параметры выходного продукта: толщина горячекатаного проката – 1,4 мм ÷ 12,0 мм; ширина горячекатаного проката – 800 мм ÷ 1300 мм; максимальный вес горячекатаного проката – 30 т. Моделирование проведено для профиля 2,80 мм × 1260 мм. В таблице 1 показаны технологические режимы прокатки.

Таблица 1. Технологические режимы прокатки

№	Номер клетки	Диаметр рабочих валков, мм	Толщина на входе, мм	Толщина на выходе, мм	Обжатие, %	Угол захвата, град.	Ширина проката, мм
1	K1	810	50,00	21,90	56,20	15,14	1256,36
2	K2	810	21,90	10,00	54,34	9,83	1259,05
3	K3	810	10,00	5,70	43,00	5,91	1260,02
4	K4	630	5,70	3,65	35,96	4,62	1260,48
5	K5	630	3,65	2,80	23,29	2,98	1260,67

В таблице 2 указаны условия моделирования в среде QForm VX.

Таблица 2. Условия моделирования в среде QForm VX

Размер исходной заготовки, мм	Температура заготовки, °С	Температура валков, °С	Материал заготовки	Материал валков	Коэффициент скольжения
50×1260	1200	80	Сталь 10	3ХЗМЗФ	0,8

## Результаты моделирования в QForm VX энергосиловые параметры.

Максимальное усилие прокатки в клети №1 составило 20,06 МН. Максимальное усилие прокатки в клети №2 составило 22,06 МН. Максимальное усилие прокатки в клети №3 составило 19,53 МН. Максимальное усилие прокатки в клети №4 составило 14,29 МН. Максимальное усилие прокатки в клети №5 составило 6,74 МН (рис. 1). Полученные энергосиловые параметры приведены в таблице 3, а на рисунке 1 представлен график изменения усилия прокатки во времени.

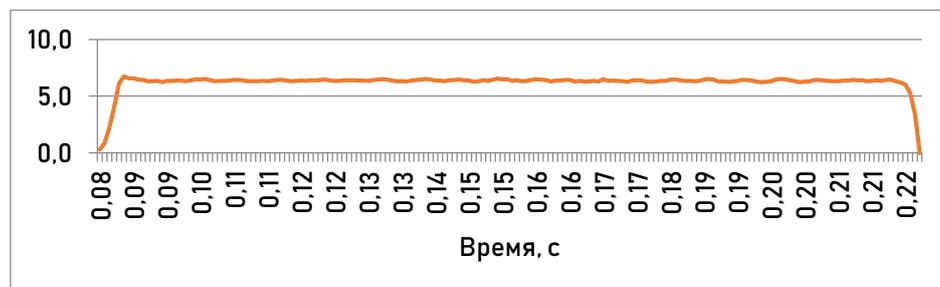


Рис. 1. График изменения усилия прокатки во времени.

Таблица 3. Сравнительный анализ энергосиловых параметров

№	Номер клети	Усилие прокатки в Qform, МН	Допустимое усилие, МН	Запас прочности
1	К1	20,06	29,2	31,2%
2	К2	22,06	31,38	29,7%
3	К3	19,53	25,79	24,3%
4	К4	14,29	17,53	18,5%
5	К5	6,74	12,42	45,7%

По результатам расчета минимальный запас прочности составил 18,5% и соответствует клети К4.

## Геометрические параметры

По результатам моделирования были получены толщины полос, указанные на таблице 4 и на рисунке 2 [4].

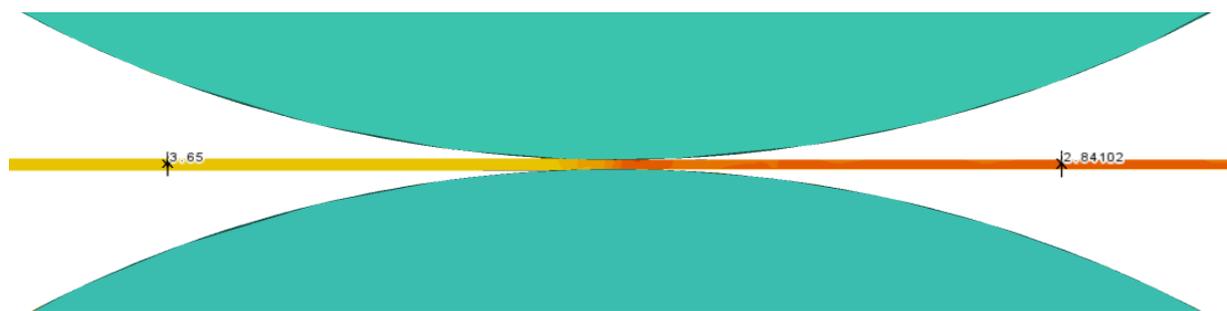


Рис. 2. Процесс моделирования горячей прокатки в среде QForm VX.

Таблица 4. Сравнительный анализ геометрических параметров полосы.

№	Номер клети	Толщина на выходе по результатам Qform, мм	Толщина требуемая на выходе, мм	Отклонение
1	К1	21,92	21,90	0,11%
2	К2	10,11	10,00	1,15%
3	К3	5,79	5,70	1,50%
4	К4	3,68	3,65	0,82%
5	К5	2,84	2,80	1,42%

По результатам сравнительного анализа отклонение по толщине не превышает 1,5 %.

### **Выводы по работе**

1. По результатам анализа разработана компьютерная программа для быстрого расчета параметров прокатки. Построена твердотельная модель и выполнено моделирование процесса прокатки в среде Qform. По результатам моделирования проведен сравнительный анализ с паспортными данными агрегата «Danieli».

2. В результате было установлено, что отклонения по толщине проката не превышают 1,5%, а минимальный запас усилия составил 18,5%.

3. По результатам сравнения получены следующие отклонения значений по толщине полосы: после I-клетки – 0,11%; после II-клетки – 0,15%; после III-клетки – 1,50%; после IV-клетки – 0,82%; после V-клетки – 1,42%;

4. По результатам моделирования в QForm VX проведен сравнительный анализ энерго-силовых параметров горячей листовой прокатки. Установлено, что отклонения полученных результатов моделирования не превышают предельно допустимых значений по усилию прокатки и соответствуют геометрическим параметрам горячекатаной полосы.

5. По результатам моделирования в клетки №1 усилия составили 20,06 МН; в клетки №2 – 22,06 МН; в клетки №3 – 19,53 МН; в клетки №4 – 14,29 МН; в клетки №5 – 6,74 МН.

6. Запас прочности по прокатным клетям составил: клеть №1 – 31,2%; клеть №2 – 29,7%; клеть №3 – 24,3%; клеть №4 – 18,5%; клеть №5 – 45,7%.

### **Список использованных источников**

1. Узбекский металлургический комбинат // Прокатное производство / URL: <http://www.uzbeksteel.uz/> (дата обращения 29.04.2019).

2. Обработка металлов давлением: Учебник / Б.А. Романцев, А.В. Гончарук, Н.М. Вавилкин, С.В. Самусев. – М.: Изд. Дом МИСиС, 2008.

3. Компьютерное моделирование технологических процессов ОМД: Лабораторный практикум / М: Металлургия, 2019.

4. Власов А. В. Метод конечных элементов в моделировании технологических процессов обработки металлов давлением /– М., МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2018.

**Волочение. Применение холодного волочения на металлообрабатывающих предприятиях. Продукция в условиях современного производства**

Студенты гр. 30402120: Коробов Д. В., Савицкий М. В.,  
Сакович М. Г., Кудравец М. Н.  
Научный руководитель – Шкурдюк П. А.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Волочение – [обработка металлов давлением](#), при которой изделия (заготовки) круглого или фасонного профиля (поперечного сечения) протягиваются через круглое или фасонное отверстие, сечение которого меньше сечения заготовки (рисунок 1).

Холодное волочение вариант изготовления продукции из металлопроката, например гвоздей, проволоки, разной формы деталей и труб нужного профиля. Изготовленные таким образом изделия имеют точные размеры и прочную гладкую поверхность [1].

Суть технологии, по которой выполняют волочение проволоки, заключается в том, что металлическую заготовку из стали, меди или алюминия протягивают через сужающееся отверстие – фильеру. Сам инструмент, в котором такое отверстие выполнено, называется волокой, его устанавливают на специальное оборудование для волочения проволоки. На то, какими диаметром, сечением и формой будет обладать готовое изделие, оказывают влияние параметры фильеры.

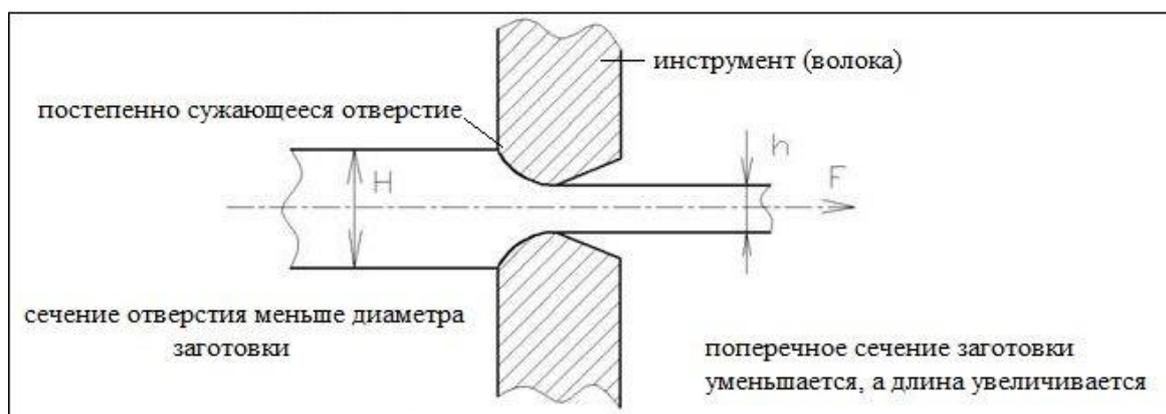


Рисунок 1 – Принцип волочения металла

Выполнение волочения, если сравнивать такую технологическую операцию с прокаткой, позволяет получать изделия, отличающиеся более высокой чистотой поверхности и исключительной точностью геометрических параметров. Такими изделиями могут быть не только различные типы проволоки (электротехническая, используемая для сварки, вязочная и др.), но также фасонные профили, трубы и прутки разного диаметра. Полученные по такой технологии изделия отличаются и лучшими механическими характеристиками, так как в процессе волочения металла с его поверхностного слоя снимается наклеп. Что касается именно производства проволоки, то методом волочения можно получить изделия, диаметр которых находится в интервале от 1–2 микрон до 10 и даже более миллиметров (рисунок 2).

Технология волочения сегодня уже хорошо отработана, для ее реализации используются современные модели волочительных станков, работающих без сбоев и позволяющих выполнять технологический процесс на скорости, достигающей до 60 метров готового изделия в секунду. Использование такого оборудования для волочения, кроме того, позволяет обеспечить значительную величину обжатия заготовки [2].



Рисунок 2 – Технологическая схема волочения проволоки из нержавеющей стали

Изготовление проволоки по технологии волочения включает в себя несколько этапов:

- Исходная заготовка подвергается процедуре травления, для чего используется серно-кислый раствор, нагретый до 50 градусов. С поверхности металла, прошедшего такую процедуру, легко снимается окалина, за счет чего увеличивается срок службы матриц волочильных станков.

- Чтобы увеличить пластичность обрабатываемой заготовки, а ее внутреннюю структуру довести до мелкозернистого состояния, выполняют предварительный отжиг металла.

- Остатки травильного раствора, который является достаточно агрессивным, нейтрализуют, после чего заготовку подвергают промывке.

- Чтобы конец заготовки можно было пропустить в фильеру, его заостряют, для чего может быть использован молот или ковочные валки.

- После завершения всех подготовительных операций заготовка пропускается через фильеры для волочения проволоки, где и формируются профиль и размеры готового изделия.

- После волочения изделие также подвергают ряду дополнительных технологических операций – резке на отрезки требуемой длины, снятию концов, правке и др.

Любой волочильщик проволоки знает такой недостаток волочения, как недостаточно высокая степень деформирования готового изделия. Объясняется это тем, что оно, выходя из зоны обработки волочильного станка, деформируется только до степени, ограниченной прочностью конца заготовки, к которому и прикладывается соответствующее усилие в процессе обработки [3].

В качестве исходного материала, который подвергают обработке на волочильных станках, служат металлические заготовки, полученные методом непрерывного литья, прессованием и катанием из углеродистых и легированных сталей, а также цветных сплавов. Наибольшую сложность процесс волочения представляет в том случае, если обработке подвергается стальной сплав. В таких случаях для качественного волочения необходимо довести микроструктуру металла до требуемого состояния. Чтобы получить оптимальную внутреннюю структуру стали, раньше использовали такую технологическую операцию, как патентирование. Заключался этот способ обработки в том, что сталь сначала нагревали до температуры аустенизации, а затем выдерживали в свинцовом или соляном расплаве, нагретом до температуры около 500 °С (рисунок 3).

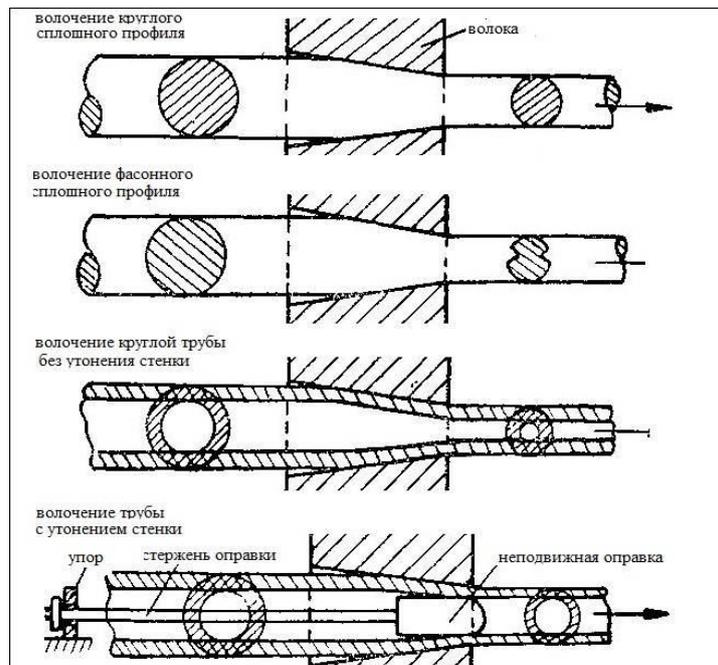


Рисунок 3 – Методы волочения

Современный уровень развития металлургической промышленности, используемые в ней технологии и оборудование для получения металлов и сплавов позволяют не готовить металл к волочению таким сложным и трудоемким способом. Стальная заготовка, выходящая с [прокатного стана](#) современного металлургического предприятия, уже обладает внутренней структурой, оптимально подходящей для волочения [4].

Сама технология волочения и волочильное оборудование также совершенствовались на протяжении многих лет. В результате волочильщик проволоки сегодня имеет возможность применять современные волочильные устройства, позволяющие с минимальными трудозатратами гарантированно получать изделия высокого качества. Качество и точность обработки, выполняемой на таких волочильных специализированных станках, обеспечивается не только их оснащением современным рабочим инструментом, но и использованием при их работе комбинированной системы охлаждения, для которого применяются воздух и вода. Выходя с такого станка для волочения, готовое изделие обладает не только требуемым качеством и точностью геометрических параметров, но и оптимальной микроструктурой.

Оборудование, которое волочильщик проволоки использует в своей профессиональной деятельности, называется станом. Обязательным элементом оснащения волочильной специализированной машины является «глазок» – волока. Диаметр волоки, разумеется, всегда должен быть меньше, чем размеры поперечного сечения протягиваемой через нее заготовки [5].

На сегодняшний день производственные предприятия применяют волочильные специализированные станки двух основных типов, которые отличаются друг от друга конструкцией тянущего механизма (рисунок 4):

- станки, в которых готовое изделие наматывается на барабан, чем и обеспечивается тянущее усилие;
- оборудование с прямолинейным движением готовой проволоки.



Рисунок 4 – Прямоточный волочильный стан с программным управлением

Соотношение первичного и финального диаметров проволоки при различных типах волочения представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Соотношение первичного и финального диаметров проволоки при различных типах волочения

Вид волочения	Первичный диаметр, мм	Финальный диаметр, мм
Грубое волочение	8,0	5,0–0,9
Среднее волочение	3,5	1,5–0,2
Тонкое волочение	2,6–1,6	0,5–0,05
Сверхтонкое волочение	0,5	0,14–0,025
Ультратонкое волочение	0,35	0,1–0,01

На устройствах второго типа, в частности, выполняют волочение труб и других изделий, которые не требуют намотки на бухты. Именно проволоку, а также трубные изделия небольшого диаметра производят преимущественно на станках, оснащенных барабанным механизмом (рисунок 5):

- однократными;
- многократными, работающими со скольжением или без него, а также те, в которых используется принцип противонапряжения заготовок [6].



Рисунок 5 – Многониточный волочильный стан

Наиболее простой конструкцией отличается однократный станок для волочения. Манипулируя таким оборудованием, волочильщик проволоки выполняет ее протягивание за один проход. На волочильном устройстве многократного типа, которое работает по непрерывной схеме, формирование готового изделия осуществляется за 2–3 прохода. Крупные предприятия, производящие проволоку в промышленных масштабах, могут быть оснащены не одним десятком волочильных станков разной мощности, на которых изготавливается продукция различного назначения [7].

### Список использованных источников

1 ГОСТ (3282-74). «Проволока стальная низкоуглеродистая общего назначения, артикул М0000051140».

2 Гриднев, С.И. Прочность и пластичность холоднодеформированной стали. / Фернандес Роландо Отто Серхи. Анализ неравномерности деформации в круглых волокнах с целью оптимизации режимов волочения: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Ленинград, 1985. – 20 с.

3 Филиппев А.А., Алексеев С.Н., Красовская Г.М. Влияние некоторых параметров технологии производства напрягаемой проволоки для железобетонных конструкций на ее склонность к коррозионному растрескиванию // Защита металлов. 1972.– 58 с.

4 Юхвец, И.А. Производство высокопрочной проволочной арматуры / И.А. Юхвец. – М.: Металлургия, 1973. – 264 с.

5 Производство метизов / Х.С. Шахпазов, И.Н. Недовизий, В.И. Ориничев, и др. // М.: Металлургия, 1977. – 392 с.

6 Кулеша, В.А. Разработка научных основ формирования свойств высококачественных метизов и создание эффективных технологий их производства: / Дис.... докт. техн. наук. – Москва, 2000. – 69 с.

1 Прокат сортовой, калиброванный, со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной стали. Общие технические условия: ГОСТ 1050-2013. – Взамен ГОСТ 1050-74; введ. РБ 17.12.1992. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1992. – 5 с.

## Изучение вариантов штамповки деталей катушечной формы

Студент группы 10402221 Мусский А.А.

Научный руководитель – Жогло А.Г.

Белорусский национальный технический университет  
г.Минска

Осесимметричные детали катушечной формы (ДКФ) могут использоваться в качестве поршней в дизельных, гидравлических и пневматических приводах различных механизмов [1]. Технология их производства включает операции отрезки мерных прутковых заготовок, предварительной высадки или прямого выдавливания средней части заготовки и окончательной штамповки торцевых утолщений различного профиля. Окончательные размеры изделия формируются операциями механической обработки. Рассматривается возможность получения заготовки ДКФ на одной позиции штамповки, что позволит существенно повысить производительность её изготовления в результате сокращения числа формоизменяющих операций и

На рисунке 1 представлены графические зависимости изменения силы операции  $P$  от относительного перемещения инструмента  $h_{отн} = h/h_k$ , где  $h$  и  $h_k$  - текущее и конечное перемещение пуансонов соответственно, при штамповке заготовок из стали 10, латуни Л70 и алюминиевого сплава АМг6. На начальном этапе штамповки формируется внутренняя полость радиусом  $r$  на торце заготовки, что сопровождается незначительным ростом силы деформирования. Далее следует этап набора металла в полости разъемной матрицы с образованием торцевых утолщений, сопровождающийся плавным ростом силы. На заключительном этапе происходит окончательное оформление контура заготовки заполнением угловых участков матрицы, что проявляется в резком росте силы операции. Максимальных значений технологическая сила достигает в конечный момент штамповки при  $1=h$ . В дальнейших исследованиях в качестве силы операции понимается её максимальное значение.

Основными факторами, влияющими на силовые режимы штамповки ДКФ, являются геометрические параметры инструмента и заготовки: радиус закругления полости матрицы  $R$ , радиус закругления выступа пуансона  $r$ , начальный  $d$  и конечный  $D$  диаметры заготовки, а также условия трения на контактных границах инструмента и заготовки, характеризующиеся коэффициентом трения  $\mu$ . Теоретические исследования силовых режимов штамповки ДКФ выполнены в следующих диапазонах варьируемых параметров:  $R=3...9$  мм;  $r=1...4$  мм;  $\mu=0,05...0,2$ . Диаметр заготовки принимался постоянным  $d=19$  мм, диаметр изделия  $D=25,3...31,6$  мм, что соответствует значениям относительного диаметра  $d=D=0,6...0,75$ . Длина заготовки и изделия принимались  $l=28$  мм,  $L=22$  мм. Результаты расчетов представлены на рисунке 2.

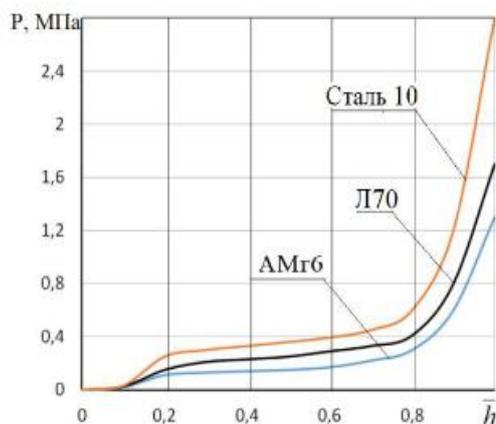


Рисунок 1 - Графики «сила – путь» при штамповке ДКФ:  
 $\mu=0,1$ ;  $R=5$  мм;  $r=2$  мм;  $d=19$  мм;  $D=25,3$  мм

Установлено, что наибольшее влияние на силу штамповки в исследованных диапазонах изменения варьируемых параметров оказывает относительный диаметр  $d$ . Уменьшение  $d_{\text{отн}}$  от 0,6 до 0,75, что соответствует увеличению диаметральных размеров изделия и, следовательно, степени деформации при неизменных размерах заготовки, приводит к росту силы штамповки на 20...30 %. Диаметральный размер изделия определяется требованиями чертежа и не является предметом оптимизации силовых режимов.

Существенное влияние на силу штамповки оказывает радиус внутренних полостей матрицы  $R$ . Увеличение  $R$  от 3 до 9 мм приводит к снижению силы на 15–20 %, что объясняется более благоприятными условиями течения металла с меньшими затратами энергии на изменение траектории. Увеличение  $R$ , если это допускается чертежом изделия и условиями его эксплуатации, приводит к снижению силы и повышению стойкости штампа.

Увеличение радиуса  $r$  внутренней полости на торце заготовки от 1 до 4 мм приводит к росту силы на 5...10 %. Величина указанного радиуса не имеет существенного значения в конструкции изделия, т. к. в центральной части заготовки впоследствии образуется сквозное отверстие, и формируемая при штамповке полость, являющаяся наметкой, будет удалена в отход. Поэтому с целью снижения силы штамповки целесообразно назначать меньшие значения  $r$ .

Увеличение трения на контактных поверхностях инструмента и заготовки может приводить к росту силы на 10 %. Для снижения трения целесообразно использовать технологические смазки и предусматривать тщательную обработку поверхностей внутренней полости штампа. В процессе эксплуатации необходимо следить за состоянием рабочих поверхностей инструмента, не допускать износа и образования задиrow, приводящих к росту силы и ухудшению внешнего вида изделий.

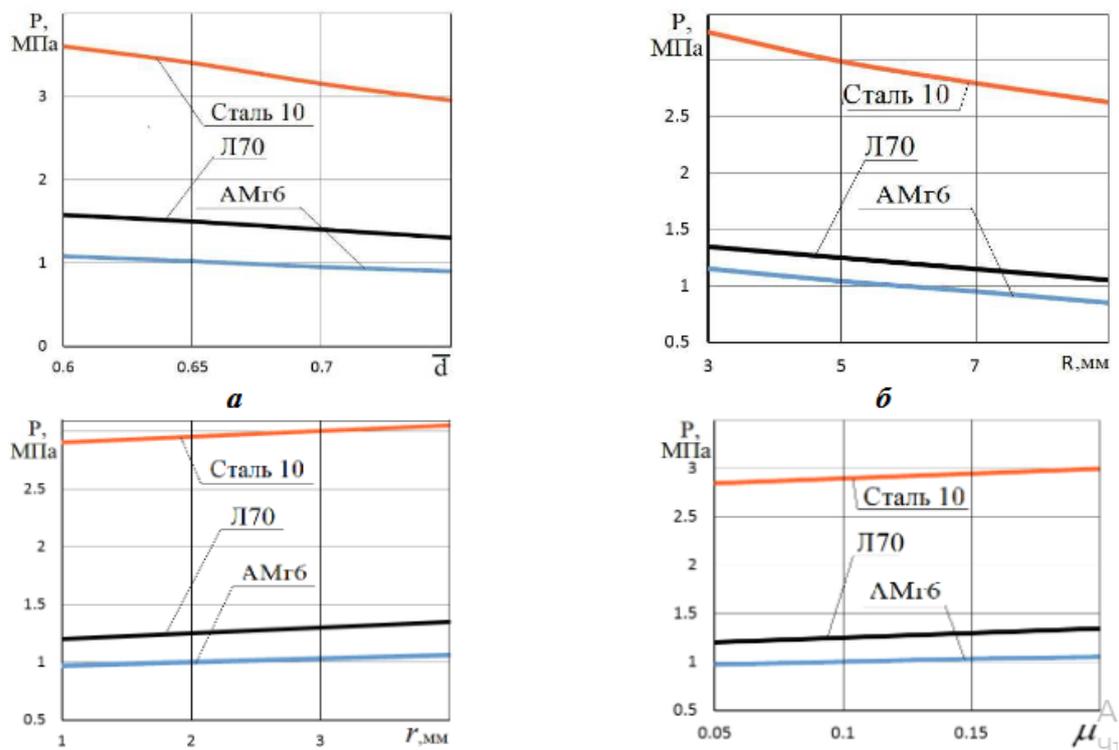


Рисунок 2 - Силовые режимы штамповки ДКФ: а —  $P(d)$ ;  $\mu=0,1$ ;  $R=5$  мм;  $r=2$  мм; б —  $P(R)$ ;  $\mu=0,1$ ;  $r=2$  мм;  $d=0,75$ ; в —  $P(r)$ ;  $\mu=0,1$ ;  $R$  мм;  $d=0,75$ ; г —  $P(\mu)$ ;  $R=5$  мм;  $r$  мм;  $d=0,75$ .

Выполнено сравнение силы штамповки ДКФ по двум вариантам технологии: из цилиндрической з

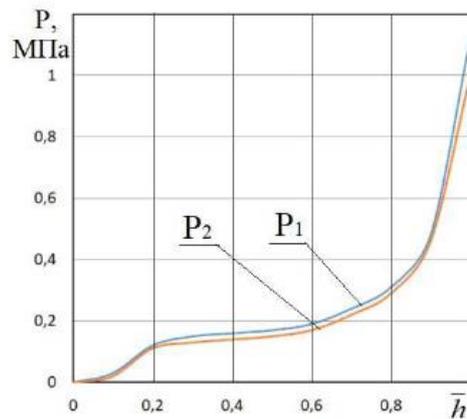


Рисунок 3 Сила штамповки ДКФ из цилиндрической (1Р) и профильной (2Р) заготовок: материал – АМг6;  $\mu = 0,1$ ;  $R = 5$  мм;  $r = 2$  мм;  $d_{отн} = 0,75$

Сравнение величин накопленной повреждаемости материала заготовки  $\omega$  показывает, что при штамповке ДКФ из цилиндрических заготовок за один переход степень использования ресурса пластичности  $1\omega$  выше, чем при использовании профилированной заготовки  $2\omega$  (рисунок 5). Но в диапазоне изменения  $d_{отн} = 0,65 \dots 0,75$  накопленная повреждаемость не превышает допустимых значений, которые согласно рекомендациям [2, 3] для деталей ответственного назначения составляют  $0,25 \dots 0,3$ .

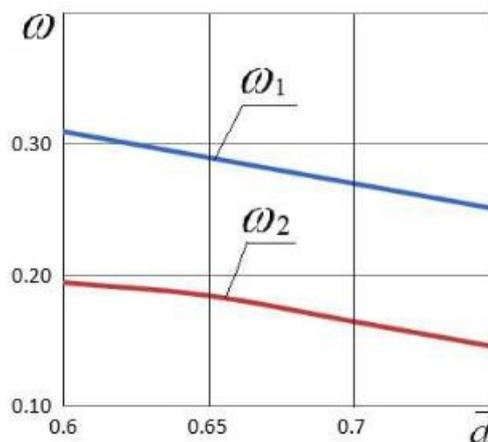


Рисунок 4 Повреждаемость материала цилиндрической (1 $\omega$ ) и профильной (2 $\omega$ ) заготовок: материал – АМг6;  $\mu = 0,1$ ;  $R = 5$  мм;  $r = 2$  мм;  $d_{отн} = 0,75$

Таким образом, установлено, что при заданных соотношениях геометрических параметров и степени деформации ДКФ можно изготавливать за одну операцию штамповки с допустимыми для деталей ответственного назначения величинами степени использования ресурса пластичности. При штамповке торцевых утолщений большого диаметра необходимо использовать предварительное профилирование средней части ДКФ для обеспечения рациональной кинематики течения деформируемого материала и снижения повреждаемости. Назначением рациональных значений геометрических элементов матрицы и пуансона, а также использованием смазки можно добиться снижения силы штамповки на 15–20%.

### Список использованной литературы

1. Проектирование штамповой оснастки для изготовления осесимметричных деталей с торцевыми утолщениями и их применение / Научно-технические достижения в машиностроении 2021 No3(117); изд.: С. Н. Ларин, [и др.]. — С. 7–15.
2. Богатов, А. А. Ресурс пластичности металлов при обработке давлением. / А. А. Богатов, Мижирицкий О. И., Смирнов С. В. — М.: Металлургия, 1984. — 144 с.
3. Колмогоров, В. Л. Механика обработки металлов давлением. / В. Л. Колмогоров — М.: Металлургия, 1986. — 688 с.

## Исследование состояния развития и проблем технологии ковки и штамповки

Студенты гр.10402321 Дун Ифань, Яо Линь, Юй Чжуофу  
Научный руководитель - Жогло А.Г.  
Белорусский национальный технический университет  
г.Минск

Технологияковки и штамповки называются ковочными процессами. Ковочное оборудование использует специальные инструменты для обработки заготовок с целью получения необходимых размера и формы. Поскольку используемая заготовка обладает пластичностью, то в течение всего процессаковки заготовка будет подвергаться значительной деформации, называемой пластической, такое явление образует такой феномен как течение металла. В процессе штамповки пространственное положение каждой условной части поковки будет сильно меняться, но это не имеет сильного влияния на конечный продукт. Использованиековки это один из основных видов обработки большинства металлических деталей. Конечно, этот метод можно использовать и для некоторых неметаллов, но область применения сравнительно невелика.



Рисунок 1 – Общий вид кузнечного цеха

Ковку и штамповку можно разделить по разнице температур деформации на изотермическую, теплую, холодную и горячую.

1) Горячая ковка – вид обработки металла давлением, которая происходит с предварительным нагревом до температуры выше температуры рекристаллизации металла. Этот метод предполагает изменение пластичности металла за счет повышения его температуры, чтобы гарантировать, что детали с меньшей вероятностью сломаются и будут иметь хорошее внутреннее качество. Это иллюстрирует преимущества применения этого метода, но есть также много недостатков, в основном отражающихся в сложности процесса метода и относительно низкой точности детали.

Заготовка обрабатывается с помощью ручного или механического молота, при этом течению металла ничего не препятствует. Сюда также можно отнести кузнечная сварку. С её помощью ударами молота соединяются детали в неразъёмные соединения.

Если заготовку поместить в штамп, конфигурация которой повторяет очертания и размеры готового изделия, такой процесс называется штамповкой. При воздействии инструмента металл течет и заполняет собой форму.

2) Холодная ковка – температураковки ниже рекристаллизационной (но следует отметить, что то, что мы на самом деле называем давлением холоднойковки, обычно является дав-

лением дляковки при нормальной температуре). Холодная ковка позволяет делать металлообработку различных видов проката без предварительного нагревания. Причем создаваемые изделия, за счет прессования и гибки, получаются намного прочнее, чем при использовании большинства иных обработок.

3) Теплая ковка – температурыковки выше, чем при холодной, но ниже температуры рекристаллизации металла (ковочной температуры). Преимуществами являются высокая точность изготовления и относительно низкая деформационная прочность.

4) Если в процессековки температура заготовки поддерживается постоянной, этот методковки называется изотермической ковкой. Изотермический процесс позволяет использовать высокую пластичность металла при постоянной температуре, тем самым улучшая производительность и организацию, но за счет более высоких затрат.

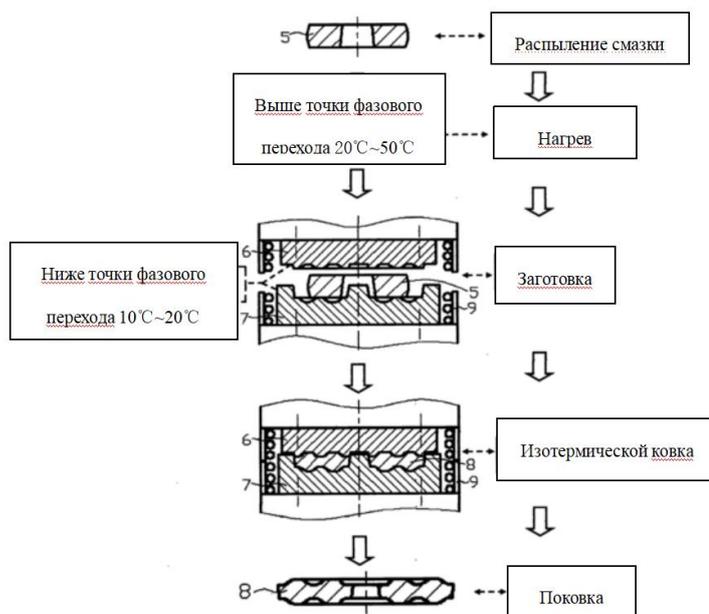


Рисунок 2 – Околоизотермический методковки дисковых поковок из двухфазного титанового сплава

В современной технологии используются некоторые композиционные материалы, например, на основе титана. Хотя их высокие характеристики в определенной степени обеспечивают общее качество продукта, они также увеличивают трудоёмкость производства в некоторых аспектах, таких как сильное сопротивление деформации, что делает обработку материала затруднительным. Для проектирования формы можно использовать технологию изотермическойковки, технологию штамповки порошков и технология внутренней формовки под высоким давлением.

Изотермическая ковка — это важный способ придания заготовкам сложной формы во время поддержания температуры, формоизменения и охлаждения, тем самым достигая однородности материала и обеспечивая его качество.

Технология порошковой штамповки представляет собой сочетание порошковой металлургии и точной штамповки, которая характеризуется высокой точностью. В то же время этот метод позволяет сократить отходы материалов до 95%.

Технология внутренней формовки под высоким давлением — это относительно новый метод формования, который в основном используется в некоторых деталях с тонкими стенками труб и сложными процессами. Для формирования элементов в основном используется высокое гидравлическое давление. Жидкость под высоким давлением впрыскивается в трубу, заставляя материал деформироваться под высоким давлением. Однако этот метод требует повышенных технических требований и высокой квалификации рабочих. Так же необходимо жесткое соблюдение требований техпроцесса, в противном случае затраты обрабатываемого материала будут значительно выше.

Стоит отметить, что с развитием технологий обработки металла качество деталей будет выше, однако требования к технологии обработки давлением будут возрастать. Также необходимо уделять достаточное внимание изучению проблем, возникающие в производственном процессе, для последующей возможности их оптимизации.

#### **Список использованных источников**

1. Ли Синцюань, Исследование эффективного процесса обработки конструкционных деталей из титанового сплава / Ли Синцюань. – Шэньян Север-Восточный университет, 2017. – 65 с.

2. Е Тин, Применение передовых производственных технологий в авиационной сфере / Е Тин // Механическое профессиональное образование. – 2017. – № 5. – С. 175

### Магнитно-импульсная штамповка

Студент гр. 10402221 Юнчиц А.А.  
Научный руководитель – Жогло А.Г.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Магнитно-импульсная штамповка (МИШ) — это способ пластической деформации металлов с помощью импульсного магнитного поля, создаваемого электрическим разрядом. Этот метод позволяет изготавливать сложные, пространственные детали из листового и трубчатого материала без использования жесткой оснастки [1]. МИШ относится к виду импульсной штамповки, при которой давление на деформируемую заготовку создается импульсным магнитным полем. Это поле возникает в результате протекания сильного электрического тока по катушке, которая окружает заготовку. Процесс МИШ состоит из следующих этапов:

- 1) Подготовка заготовки и катушки. Заготовка должна быть из электропроводящего материала, а катушка — из толстой медной проволоки или ленты.
- 2) Подключение катушки к источнику тока. Источник тока должен обеспечивать высокую амплитуду и короткую длительность импульса (до нескольких микросекунд).
- 3) Подача тока и создание магнитного поля. Ток в катушке вызывает возникновение магнитного поля, которое действует на заготовку силой Лоренца. Эта сила приводит к деформации заготовки в направлении, перпендикулярном к оси катушки.
- 4) Отключение подачи тока и остановка деформации. После окончания импульса тока магнитное поле исчезает, а деформация заготовки прекращается. Полученное изделие имеет форму, соответствующую внутренней поверхности катушки.

Взаимодействие со штампами при МИШ зависит от типа процесса. Существуют два основных типа МИШ: безопорная и опорная.

Безопорная МИШ производится без использования жесткого штампа. Заготовка деформируется только под действием магнитного поля, создаваемого катушкой. Этот тип штамповки позволяет получать изделия с высокой геометрической точностью и минимальными остаточными напряжениями.

Опорная МИШ производится с использованием жесткого штампа, который служит опорой для заготовки. Заготовка деформируется под действием магнитного поля и контактным давлением от штампа. Этот тип штамповки позволяет получать изделия с более сложной формой и улучшенными физико-механическими свойствами.

МИШ может быть применена к различным материалам, таким как алюминий, медь, сталь, титан, магний и их сплавы. Однако, не все материалы одинаково подходят для этого метода. Некоторые факторы, которые влияют на выбор материала, а именно:

- 1) Электропроводность. Материал должен иметь достаточно высокую электропроводность, чтобы создать силу Лоренца при воздействии магнитного поля.
- 2) Пластичность. Материал должен иметь достаточно высокую пластичность, чтобы выдержать большие деформации без разрушения.
- 3) Температурный коэффициент сопротивления. Материал должен иметь низкий температурный коэффициент сопротивления, чтобы не перегреваться при протекании тока.
- 4) Стоимость. Материал должен иметь приемлемую стоимость для конкретного изделия и производственных условий.

Согласно исследованиям, наиболее подходящими материалами для МИШ являются алюминий и его сплавы. Они обладают высокой электропроводностью, пластичностью, низким температурным коэффициентом сопротивления и относительно низкой стоимостью. Кроме того, алюминий и его сплавы имеют хорошие механические и коррозионные свойства, что делает их привлекательными для различных областей применения.

На рисунке 1 представлена принципиальная схема электрической цепи для МИШ деталей:

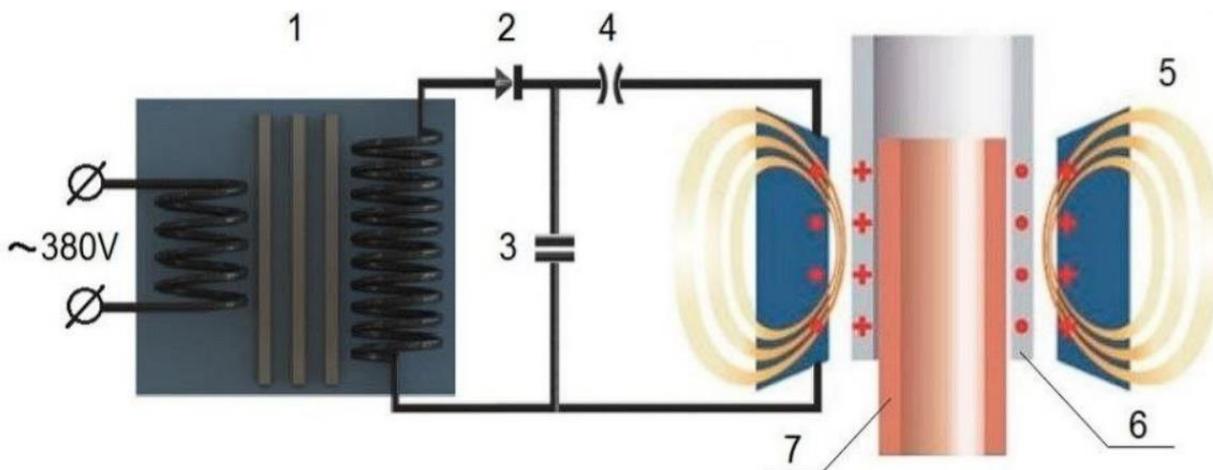


Рисунок 1 – Принципиальная схема электрической цепи для магнитно-импульсной штамповки деталей:

- 1 – повышающий трансформатор; 2 – выпрямительное устройство;  
3 – импульсные конденсаторы; 4 – разрядное устройство; 5 – инструмент (индуктор);  
6 – деформируемая трубчатая заготовка; 7 – соединяемая с деформируемой заготовкой внутренняя труба

#### Список использованных источников

Магнитно-импульсная обработка материалов (МИОМ): монография / А.Б. Прокофьев [и др.] – Самара: АНО «Издательство СНЦ», 2019. – 140 с.

### Модернизация процесса волочения

Студент группы 10402221 Петрушенко М.М.

Научный руководитель – Жогло А.Г.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

С развитием технологий различных отраслей промышленности требуется повышенное качество и экономия металла при производстве проволочных изделий. Для повышения этих качеств необходима дополнительная модернизация процесса волочения. Для выполнения процесса волочения применяются станки, которые непосредственно выполняют данную операцию. Сам процесс волочения проволоки заключается в пропуске заготовки через отверстие, которое значительно меньше сечения заготовки, что приводит к её удлинению и сужению. При этом наблюдается улучшение физико-механических свойств.

Для увеличения скорости волочения используют специальные волокнистые материалы с повышенной стойкостью. Волокнистые материалы изготавливаются из твердых сплавов, таких как алмаз, моно и поликристаллы, за счёт которых достигается повышение износостойкости рабочих поверхностей волокнистой матрицы.

У волокнистой матрицы есть пять зон. В начале канала находится входная часть 1, которая отвечает за подачу смазывающей и охлаждающей жидкости, а также заготовки в рабочую зону. Затем следует переход к началу рабочего конуса, который обеспечивает свободное перемещение заготовки в рабочий канал. Входной угол волокнистой матрицы, который равен  $60^\circ$ , даёт оптимальный угол для входа прутка в волоку. Длина входной части обычно составляет 0,1–0,3 от высоты.

За деформацию заготовки отвечает рабочий конус 2. У рабочего конуса угол уже меньше, и он составляет  $12\text{--}20^\circ$ , этот угол обеспечивает плавное уменьшение сечения прутка без его повреждения. Длина 1 составляет (0,4–0,6) от высоты  $h$  мм. [1, 2]. Далее идёт рабочий канал, он определяет качество поверхности и диаметр получаемых изделий. Обычно его длину принимают 20–30% от номинального диаметра отверстия волокнистой матрицы [1]. Выходная зона 4 уже непосредственно отвечает за плавный выход проволоки из волокнистой матрицы. Для улучшения физико-механических свойств изготавливаемой проволоки на выходной зоне волокнистой матрицы наносится винтовочный рельеф. На выходе 5 прутки выходят из волокнистой матрицы. Схема зон волокнистой матрицы приведена на рис. 1.

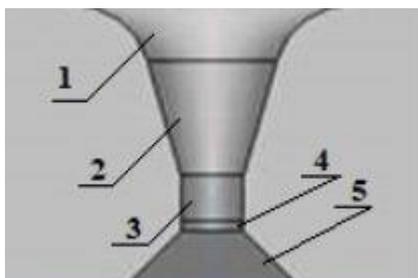


Рисунок 1 – Схема зон волокнистой матрицы

Примером высокой производительности и точного волочения является станок ВСК-13, оснащённый 13-ю волокнистыми матрицами (рис. 2). Конструкция этого станка достаточно проста и обеспечивает высокую производительность и экономию металла. Основное его достоинство – максимальный коэффициент использования металла по сравнению с другими волочильными станками и высокий коэффициент сужения исходной заготовки, который может составлять до 600 %.

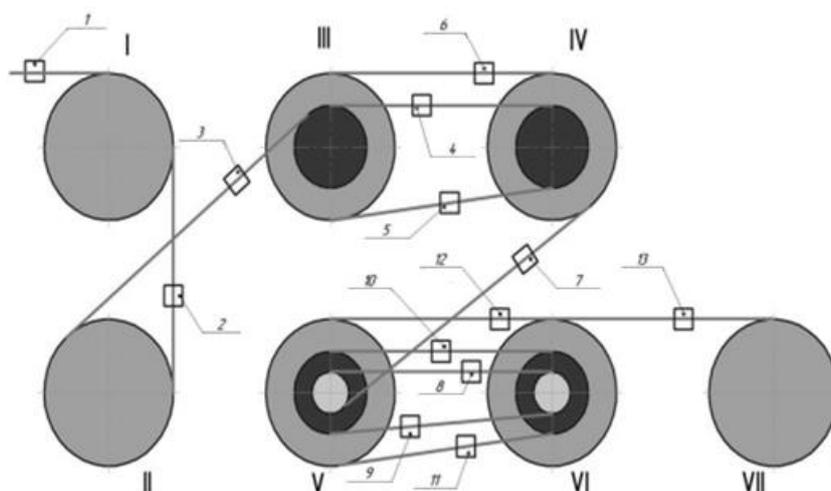


Рисунок 2 – Схема установки волоки матриц по 13-кратности

Пример последовательности сужения проволочного изделия:  $\text{Ø } 10-8,5$ ;  $8,5-7,25$ ;  $7,25-6,17$ ;  $6,17-5,29$ ;  $5,29-4,55$ ;  $4,55-3,92$ ;  $3,92-3,38$ ;  $3,38-2,92$ ;  $2,92-2,53$ ;  $2,53-2,2$ ;  $2,2-1,92$ ;  $1,92-1,68$ ;  $1,68-1,48$  мм.

Для уменьшения нагрева из-за контактного трения используют специальные смазывающие вещества – эмульсии. Они состоят из воды, различных мыл, масел хлопчатника.

Чтобы обеспечить форму круглого сечения проволоки, на каждой волоке матрицы коэффициент сужения составляет около 85 % и на каждом этапе волочения величина коэффициента сужения проволоки остается в своем пределе.

Из-за малой силы волочения, которая достигается за счёт эмульсий, которые уменьшают контактное трение, за счёт количества волок, которые обеспечивают постепенное и равномерное сужение сечения проволоки, и за счёт высоких скоростей волочения, уменьшается технологическая усталость проволоки.

Из всего выше перечисленного можно сказать, что модернизации волочильных станов 13-ти кратными волоками матриц обеспечивают достижение значительного увеличения скорости и волочения проволоки. Также при помощи данных модернизаций за один проход можно добиться равномерного и качественного сужения исходной заготовки более чем в 600 % при значительно малой для этих операций силе волочения, которая приводит к уменьшению технологической усталости.

### Список используемой литературы

- 1 Перлин, И.Л. Теория волочения / И.Л. Перлин, М.З. Ерманок. – 2-е изд. – М.: Металлургия, 1971. – 448 с.
- 2 Способ изготовления высокоуглеродистой проволоки: пат. RU 2183525 / В.А.Харитонов, Л.В. Радионова, В.И. Зюзин. – заявл. 29.01.2001. – опубл. 20.06.2002. – 3 с.

**Обзор инноваций в технологии прокатки металлов**

Студент гр. 10402221 Гирицкий А.И.

Научный руководитель – Жогло А.Г.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Инновации в технологии прокатки металлов являются неотъемлемой частью современной индустрии, обеспечивая баланс между эффективностью производства, качеством продукции и устойчивостью к переменам, что в конечном итоге усиливает конкурентоспособность отрасли. Однако важно постоянно отслеживать и внедрять новые инновации, адаптируясь к изменяющемуся рынку и требованиям потребителей.

Прокатка – это наиболее распространенный способ обработки пластическим деформированием. Процесс пластической деформации металла между двумя или несколькими вращающимися валками называется прокаткой [1]. Прокатка металлов возникла позжековки и волочения.

Первые сведения о прокатке относятся к XV в. (прокатка свинцовых полос). Основоположником современных методов прокатки принято считать английского изобретателя Г. Корта, изготовившего первый прокатный стан в 1783 г.

Использование инноваций в технологии прокатки металлов представляет собой критически важный фактор для современной промышленности. Оптимизация технологических процессов прокатки металлов имеет огромное значение для производства по нескольким причинам:

- 1) эффективность;
- 2) экономия ресурсов;
- 3) повышение качества продукции;
- 4) уменьшение времени производства и повышение производительности;
- 5) снижение издержек и увеличение конкурентоспособности.

Рассмотрим некоторые инновационные разработки и их применение в индустрии, а также результаты внедрения.

Бесконечная прокатка (иногда также называемая непрерывной прокаткой) – это технологический процесс обработки металлов давлением, при котором прокатываемый материал обрабатывается в непрерывном режиме. Этот процесс характеризуется высокой производительностью, эффективностью и экономичностью.

Главным критерием бесконечной прокатки является расчет и настройка оптимальной паузы перед выдачей слэбов из нагревательной печи стана и тем самым увеличение его производительности. Бесконечная прокатка проводит сложные расчёты в очень сжатые сроки, тем самым заменяя человека. Ранее оператор вычислял необходимое время для извлечения слэба, из-за чего могли возникать паузы в прокатке. Кроме того, решение интегрировано с моделью нагрева металла, а это улучшает параметры энергоэффективности участка нагревательных печей и качество нагрева слэба.

Процесс бесконечной прокатки: Исходный материал (обычно металлический слэб) загружается в оборудование для дальнейшей обработки. Металлический слэб нагревается до определенной температуры, которая позволяет ему быть более пластичным и податливым к обработке. Нагретая заготовка проходит через ряд валков (цилиндрических или конических), которые изменяют его форму, уменьшая его сечение и увеличивая его длину. Это позволяет получить требуемый профиль или форму металлического изделия. Прокатанный материал охлаждается для фиксации его новой формы и улучшения его механических свойств. Полученные длинные бруски или стержни могут подвергаться дополнительной обработке, например, раскатке на более узкие формы или нарезке на нужные длины.

Преимущества бесконечной прокатки включают повышенную производительность, экономиию энергии, уменьшение потерь материала и возможность обработки материалов большой

длины. Это особенно важно при производстве длинных металлических брусков, стержней или проволоки.

К недостаткам можно отнести потребность в частном техобслуживании, высокую начальную стоимость оборудования, сложность настройки процесса.

Бесконечная прокатка широко используется в производстве строительных материалов, профилей, труб, арматуры и других металлических изделий. Она играет важную роль в металлургической и обрабатывающей промышленности, позволяя эффективно и экономично обрабатывать металлы для различных целей [2].

Продольная прокатка – это метод обработки металла, при котором металлическая заготовка проходит между валками, расположенными вдоль продольной оси заготовки. Этот метод широко используется для производства различных изделий с постоянным сечением.

Продольная прокатка начинается с подогрева металлической заготовки, которая может быть заготовкой в виде бруса, бруса или сляба. Затем заготовка проходит между рядом валков, которые прокатывают металл с однородным сечением. Это приводит к удлинению и уменьшению высоты материала.

Продольная прокатка используется для производства разнообразных металлических изделий, таких как балки, швеллеры, рельсы, трубы, уголки и другие строительные и промышленные материалы. Этот метод также используется в производстве длинных металлических конструкций.

Преимущества продольной прокатки включают высокую точность размеров и качества поверхности изделий. Она позволяет производить длинные изделия с однородным сечением.

К недостаткам можно отнести то, что она может потребовать значительной мощности и оборудования для подогрева металла и его прокатки. Изготовление специализированных изделий может потребовать дополнительных операций обработки. Также продольная прокатка не подходит для изготовления изделий с переменным сечением.

Поперечно-клиноватая прокатка – это метод обработки металла, при котором металлическая заготовка проходит между валками, расположенными в поперечном направлении по отношению к продольной оси заготовки и имеющими клиновидную форму. Этот метод используется для изменения формы и размера сечения металла вдоль всей длины заготовки.

Поперечно-клиноватая прокатка начинается с подогрева металлической заготовки, которая может быть слитком или прямоугольной пластиной. Затем заготовка проходит между валками, которые имеют клиновидную форму и сжимают металл, изменяя его форму и размер сечения. Этот метод применяется для производства металлических изделий, требующих изменения формы сечения, таких как профилированные балки, каналы, уголки, трубы и другие изделия с разнообразными геометрическими параметрами.

Преимуществами является быстрое и эффективное изменение формы сечения металла, также данный метод подходит для производства разнообразных металлических изделий с переменным сечением.

К недостаткам относят наличие высоких энергозатрат, дефекты возникающие при процессе (закаты, недокаты), сложное управление процессом.

Рассмотрим основные различия и сравним процесс бесконечной прокатки с конечной и поперечно-клиноватой прокаткой (таблица 1).

Эти технологии имеют свои преимущества и применяются в зависимости от конкретных потребностей производства, типа изделий, эффективности производственных процессов и других факторов. Выбор между ними зависит от требований к производству и оптимизации процессов в конкретном контексте.

Таблица 1 – Основные различия видов прокатки

Критерий сравнения	Бесконечная прокатка	Продольная прокатка	Поперечно-клиноватая прокатка
--------------------	----------------------	---------------------	-------------------------------

Непрерывность процесса	Процесс непрерывный, материал проходит через валки без прерываний.	Процесс останавливается для настройки оборудования.	Процесс прерывается для переналадки оборудования.
Применение	Часто используется для создания длинных стержней, проволоки и стандартных профилей.	Широкий спектр металлических изделий, включая проволоку, трубы, профили, листы.	Металлические изделия ограниченной длины и компоненты, где требуется высокая точность и сложные геометрические формы.
Производительность	Большая производительность и меньшие потери материала.	Менее производительна из-за остановок.	Считается одной из самых непроизводительных.
Точность и форма продукции	Обычно применяется для создания продукции сограниченными формами и размерами, такими как стандартные стержни или проволока.	Позволяет более гибко формировать продукцию, включая изделия с более сложными геометрическими формами.	Может обрабатывать продукцию с разнообразными формами и размерами, включая более крупные и сложные детали.
Сложность процесса	Относительно низкая сложность. Процесс непрерывный, и управление им обычно требует меньше операторского вмешательства.	Средняя сложность. Требуется более частая настройка и регулирование параметров процесса.	Высокая сложность. Процесс требует точной настройки и контроля множества параметров.

Эти технологии имеют свои преимущества и применяются в зависимости от конкретных потребностей производства, типа изделий, эффективности производственных процессов и других факторов. Выбор между ними зависит от требований к производству и оптимизации процессов в конкретном контексте.

Инновации в технологии прокатки металлов представляют собой ключевой двигатель развития металлургической промышленности. Современные методы и технологии прокатки металлов обеспечивают улучшение качества продукции, повышение производительности и снижение негативного воздействия на окружающую среду. Это направление развития не только формирует будущее металлургической промышленности, но также оказывает положительное воздействие на экономику и экологию в целом.

### Список использованных источников

- 1 Теория прокатки: справочник / А. И. Целиков [и др.]; под общ. ред. В. И. Зюзина., А. В. Третьякова. – Москва, 1982. – 335 с.
- 2 Сетевое издание «Прометалл» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.prometall.info/know-how/gde\\_severstal\\_i\\_nlmk\\_primeniyayut\\_iskusstvennyy\\_intellekt/](https://www.prometall.info/know-how/gde_severstal_i_nlmk_primeniyayut_iskusstvennyy_intellekt/). – Дата доступа: 30.10.2023.

**Продольная прокатка разделения при производстве арматурных профилей на стане 320 ОАО «БМЗ» в условиях современного производства**

Студенты гр. 30402120: Силичев В. В., Скокова О. А.,  
Мироевский Е. А., Ковалевич А. А.  
Научный руководитель – Шкурдюк П. А.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Двадцатиклетевой непрерывный мелкосортный стан 320 ОАО «БМЗ» состоит из трех групп клетей: черновой, включающей четыре горизонтальные клетки 560 и четыре горизонтальные клетки 450, промежуточной группы, включающей шесть горизонтальных клетей 335, а также чистовую группу, в состав которой входят одна вертикальная, одна комбинированная и четыре горизонтальные клетки 280.

Профили для армирования железобетонных конструкций на стане 320 прокатываются из непрерывнолитой заготовки размером 125x125x11800 мм, стали марок 25Г2С, 20ГС, 30Г2, Ст5сп и др. Заготовки нагревают перед прокаткой в семизонной печи с шагающими балками и подом до температуры 1160–1190 °С [1].

ОАО «БМЗ» является пионером среди металлургических предприятий стран СНГ в освоении процесса многоручьевого прокатки-разделения (МПР) в потоке стана с использованием неприводных деформационно-делительных устройств (НДДУ). Со времени ввода прокатного производства в эксплуатацию специалистами завода совместно с сотрудниками ИЧМ им. З.И.Некрасова НАН Украины осуществлялось постоянное усовершенствование этого процесса и средств для его реализации – делительных устройств [2]. В настоящее время на заводе освоено несколько технологических схем реализации этого процесса на непрерывном мелкосортном стане 320 при производстве арматурного проката:

- арматурные профили № 10–12 прокатываются с использованием процесса МПР с разделением на четыре нитки;
- арматурный профиль № 14 прокатывается с использованием процесса МПР с разделением на три нитки;
- арматурный профиль № 16 прокатывается с использованием процесса МПР с разделением на две нитки;
- арматурные профили № 20–32 прокатываются в одну нитку.

Технический прогресс в развитии процесса МПР при производстве арматурных профилей на стане можно охарактеризовать следующими этапами:

- 1) совершенствование технологии прокатки арматурных профилей №10–14, а также средств для реализации процесса прокатки-разделения неприводных делительных устройств (ИДУ);
- 2) повышение эффективности технологии прокатки-разделения (процесс двухниточной МПР) при производстве арматурных профилей малых сечений;
- 3) разработка новой концепции средств для продольного разделения раската – неприводных деформационно-делительных устройств (НДДУ);
- 4) разработка и освоение технологий, основанных на процессе МПР с использованием НДДУ на три и четыре нитки. Исследования параметров прокатки, изучение работы основного и вспомогательного оборудования, анализ калибровок валков, выполненные коллективами исследователей ИЧМ НАН Украины и ОАО «БМЗ», позволили выявить ряд недостатков проектных технологий [3], сформулировать и реализовать предложения по их усовершенствованию.

Было показано, что применение в черновой группе стана системы вытяжных калибров ромб-квадрат способствует неравномерному охлаждению раската по сечению, образованию острых кромок на раскате. При переполнении калибров это приводило к образованию закатов на поверхности раската. Интенсивный износ калибров и повышенный расход валков свиде-

тельствовались о целесообразности доработки проектных калибровок, а по существу, разработки новой калибровки валков черновой группы стана с использованием калибров системы «овал-ребровой овал», широко применяемой на современных станах [4].

С этой целью были проведены работы по совершенствованию калибровок валков и расширению их технологических возможностей. Основной задачей было повышение универсальности системы калибров черновой группы клетей для снижения числа перевалок, расширения диапазона регулирования зазора между валками и обеспечения возможности унификации калибров. Анализ усовершенствованных калибровок валков для прокатки арматуры показал, что унифицированная система калибров обеспечивает формоизменение металла без образования закатов и других поверхностных дефектов [5].

Прокатка арматурных профилей малых сечений по проекту осуществлялась с использованием процесса МПР с разделением на две нитки (слиттинг-процесс). Освоению этой технологии сопутствовал комплекс исследований, выполненных специалистами БМЗ и ИЧМ [6], позволивших не только улучшить технологию МПР, но и достичь прогресса в создании средств для ее реализации.

Установлено, что при прокатке арматурных профилей по технологии МПР с разделением на две нитки имеет место высокая вероятность возникновения аварийных ситуаций в промежутках между клетями №14–15 и 15–16, вызываемых застреванием переднего конца раската в валках клетей из-за неудовлетворительной кантовки раската. Это было обусловлено износом кантующих роликов в процессе эксплуатации, изменением температуры прокатываемого металла и геометрических параметров раската. Для стабилизации кантовки раската были внесены коренные изменения в конструкцию калибров валков и кантующей арматуры [7].

При дальнейшем развитии технологии прокатки арматурных профилей с применением процесса МПР большое внимание уделялось решению вопросов подготовки раската к разделению, его кантовки, собственно разделению и стабилизации в межклетьевых промежутках, т.е. решению вопросов, связанных с повышением надежности работы одного из основных участков стана, сбой в работе которого неизбежно приводят к потере производительности. При непрерывной прокатке, когда расстояние между клетями известны, техническая задача состояла в том, чтобы определить момент скручивания раската на требуемый угол кантовки, а затем рассчитать необходимый режим деформации и форму ромбического и квадратного калибров, обеспечивающих создание такого момента. В результате этих исследований была разработана оригинальная технология прокатки с самокантовкой раската после выхода из кантующего калибра. Это позволило исключить дорогостоящую кантующую привалковую арматуру. Использование результатов исследований и реализация этой разработки, созданной на уровне изобретения [8], на стане 320 позволили:

- стабилизировать процесс задачи в следующую клеть переднего конца раската после кантовки за счет обеспечения требуемого угла скручивания при кантовке ромба на 90° в промежутке между клетями № 14 и 15 и квадрата на 45° в промежутке клетей № 15 и 16;
- повысить точность готового профиля;
- увеличить выход годного проката за счет сокращения количества застреваний («бурежек»).

Разработанная технология в настоящее время эффективно используется при прокатке арматурного профиля № 16 с применением процесса МПР с разделением раската в потоке стана на две нитки.

Калибровки валков, реализующие процесс МПР с НДДУ, с разделением на четыре нитки, которые в настоящее время используются на стане 320 при производстве арматурных профилей № 10 и 12, предусматривают использование для редуцирования раската системы вытяжных калибров «овал-круг», подготовительных калибров для последующего формирования раската со специальной формой сечения под продольное разделение в потоке стана и традиционных предчистовых овалов и чистовых калибров, формирующих арматурный профиль.

Особенностью используемой на стане калибровки валков является широкое применение валков с гладкой бочкой в процессе формирования раската со специальной формой сечения под продольное разделение в потоке стана. В применяемой на стане системе калибров для прокатки арматурных профилей № 10 и 12 за десять проходов в системе калибров «овал-круг» из заготовки квадратного сечения размерами 125x125 мм получают раскат круглого сечения 38 мм (при прокатке №10) и 40 мм (при прокатке № 12). Полученные раскаты круглого сечения затем прокатывают в валках с гладкой бочкой в клетях № 11 и 12 до получения раската прямоугольного сечения размерами 14x53 и 18x56,5мм соответственно для клетей № 10 и 12.

В клетки № 14 осуществляют контроль ширины скантованного раската, т.е. кромки полосы деформируются с небольшим обжатием. После этого в клетях № 14, 16 и 18 за три прохода раскат подготавливается к разделению на четыре раската. Причем в клетях № 16 и 18 происходит формирование перемычки толщиной около 0,5 мм, что обеспечивает отсутствие дефектов поверхности после деления раската на четыре части за клетью № 18 в НДДУ и последующей прокатки разделенных круглых частей раската в овальном калибре клетки № 19. Калибры валков чистой клетки №20 выполнены таким образом, чтобы центральные профили прокатывались с большим обжатием. В результате этого крайние части раскатов прокатываются с меньшим натяжением, что способствует более точному выполнению готового профиля.

### Список использованных источников

1 Ноговицин, А. В. Задачи разработки ресурсосберегающей технологии производства арматурного проката / А. В. Ноговицын, В. А. Нечипоренко, С. М. Жучков // Теория и практика металлургии. – 1999. – № 3. – С. 18–211.

2 Никитина, Л. А. Молдавский металлургический завод: от технического переоснащения к конкурентоспособной продукции / Л. А. Никитина // Металлург. – 1996. – № 8. – С. 2–8.

3 Прокатка-разделение. Два подхода к реализации процесса / С. М. Жучков [и др.] // Черная металлургия: Бюл. АО «Черметинформация». – 1998. – № 5–6. – С. 14–20.

4 Технология прокатки арматурной стали с продольным разделением раската в потоке непрерывного мелкосортного стана / С. М. Жучков [и др.] // Черная металлургия. Наука. Производство. – 1989. – С. 191-197.

5 Освоение технологии прокатки-разделения арматурной стали на непрерывном мелкосортно-проволочном стане 320/150 / А. П. Лохматов [и др.] // Черная металлургия: Бюл. ин-та «Черметинформация». – 1989. – № 1. – С. 66–68.

6 Калибровка валков и особенности технологии прокатки сортовых профилей на стане 320/150 / С. М. Жучков [и др.] // Черная металлургия. Бюл. ин-та «Черметинформация». – 1989. – № 8. – С. 58–61.

7 Совершенствование калибровок валков и оценка загрузки линий главных приводов на непрерывном мелкосортно-проволочном стане 320/150 / С. М. Жучков [и др.] // Черная металлургия. Бюл. ин-та «Черметинформация». – 1991. – №3. – С. 180–184.

8 Технология прокатки арматурной стали с продольным разделением раската в потоке стана на непрерывном мелкосортно-проволочном стане 320/150 / С.М. Жучков [и др.] // «Черная металлургия. Наука. Технология. Производство». – 1989. – С. 191–197.

Студенты гр.10402321 Ян Юньминь, Чжан Екунь  
Научный руководитель-Жогло А.Г.  
Белорусский национальный технический университет  
г.Минск

Многоточечная формовка относится к категории обработки поверхности пластины, которая образует основную группу тел с помощью ряда равномерно расположенных, дискретных и регулируемых по высоте сегментов, и создаёт необходимую формующую поверхность посредством управления движением каждого сегмента в режиме реального времени, чтобы реализовать трехмерное формирование поверхности листа или пластины.

Бесформенная многоточечная формовка - это гибкая технология обработки, которая сочетает в себе компьютерную технологию и технологию поликонтактной формовки, что вносит серьезные изменения в производственный режим традиционной штамповки и формовки листового металла [1].



Рисунок 1 – Наладка установки для многоточечной формовки

#### Технические характеристики:

Не используют пресс-формы для пресс-формы, что экономит затраты на проектирование, изготовление, наладку пресс-формы, значительно сокращают цикл производства продукта, снижают производственные затраты и повышают конкурентоспособность продукции.

Улучшение условий обработки: изменение способа деформации и напряженного состояния пластины, улучшает формовочную способность материала, реализует пластическую деформацию трудно обрабатываемых материалов и расширяет диапазон обработки исходного материала.

Меньшее и отсутствие пружинения: новая технология повторной формовки используется для устранения остаточного напряжения внутри материала и обеспечения точности формования заготовки.

Бездефектная формовка: с помощью инновационных технологий увеличивается силовая площадь пластины, сосредоточенная нагрузка изменяется на равномерную нагрузку, а хорошо качество поверхности заготовки может быть гарантировано за счет устранения нежелательных

явлений.

Сокращение инвестиций в новое оборудование. Благодаря новому методу разделения на формы заготовки, превышающие размер рабочей области оборудования, непрерывно формируются одна за другой, таким образом формируя крупные части небольшого оборудования.

Простота реализации автоматизации: Весь процесс моделирования поверхности, управления прессом, тестирования деталей и т.д. Все использует компьютерные технологии для реализации интегрированного производства CAD / CAM / CAE [1].

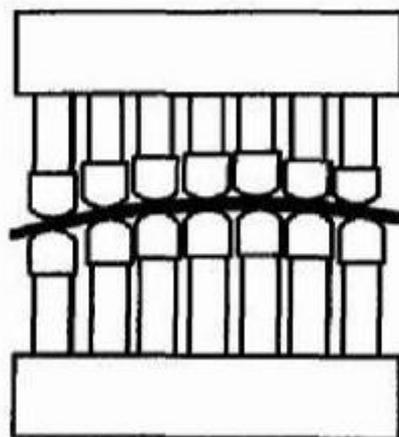


Рисунок 2 – Схема многоточечной формовки

Теория формовки:

Основной процесс: Формовку на данной установке можно разделить на режим многоточечной формовки, которая заключается в имитации пресс-формы и полумноготочечной формовки, то есть частичное формоизменение.

Механизм предотвращения дефектов: Механизм генерации и метод снижения дефектов, таких как вдавливание, гофр, пружинения и острой кромки;

Теория формования дизайна: процесс формовки и повторный процесс формовки без пружинения;

Теория проектирования оборудования: методы группового проектирования, методы проектирования конструкций оборудования и методы оптимизационного проектирования [2].

Практическая технология:

Технология эластичных прокладок может эффективно подавлять образование дефектов, таких как вдавливание и гофры, и значительно улучшать качество поверхности формованных деталей;

Технология многократного формования без пружинения: Используя характеристики гибкости многоточечного формования, метод процесса многократного формования используется для уменьшения пружинения заготовки и остаточного напряжения внутри материала, а также для осуществления формовки пластины с небольшим пружинением или без него;

Технология сегментированной формовки: Оптимизация многоточечной модель инструмента переходной зоны для формирования больших деформаций и крупногабаритных деталей, а также реализация формовки больших заготовок с помощью малогабаритного оборудования.

Технология многопроходной формовки: для изделий с большим количеством деформации выбор наилучшего метода для многоточечной формовки, с целью достижения равномерной деформации всех частей пластины в процессе формовки, чтобы устранить дефекты формовки (например гофры) и улучшить формообразующую способность пластины;

Технология формовки с обратной связью: объединение технологии автоматического управления САМ. При разработке конечной детали в САД системе, исходные данные переносятся в систему САЕ, а после расчета алгоритма информация об управлении для повторной формовки передается в САМ систему, что позволяет достичь наиболее точной конечной формы детали

### **Список используемой литературы**

1. MALLELA U K, UPADHYAY A. Buckling load prediction of laminated composite stiffened panels subjected to in-plane shear using artificial neural networks[J]. Thin-Walled Structures, 2016, 102: 158-164.
2. ZHOU Shineng, CHEN Zhiming. A new criterion for ductile fracture of steel in cloud forming[J]. Journal of Huazhong University of Science and Technology (Natural Science Edition), 1990(2): 79-84

**Технология изготовления и обработки металлических материалов**

Студенты гр.10402321 Дан Маолинь, Ма Инкэ  
Научный руководитель – Жогло А.Г.  
Белорусский национальный технический университет  
г.Минск

Металлические материалы являются одними из наиболее широко используемых человеком материалов и играют важную роль в различных областях промышленности и повседневной жизни. Чтобы удовлетворить различные требования использования, металлические материалы должны пройти ряд обработок.

Технология обработки давлением относится к процессу изготовления, при котором сырье пластически деформируется при определенных условиях давления и температуры и преобразует его в желаемую форму под действием давления. Это один из основных и обширных методов обработки металлов. Технология обработки формования делится на две категории: под давлением и без давления. К обработке давлением относятся холодная штамповка, горячая штамповка, экструзия, ковка и т. д. К процессам изготовления без давления относятся литье, порошковая металлургия и т. д.

**Технология листовой штамповки**

Листовая штамповка относится к методу обработки давлением, при котором металлические листы или металлические полосы деформируются под давлением при комнатной температуре для достижения цели формования. Обычно используемое оборудование для холодной штамповки в основном включает в себя пуансоны, ножницы, гибочные станки и гибочные станки. Листовая штамповка часто используется при производстве металлических изделий, таких как автозапчасти, корпуса электронных изделий, бытовая техника, промышленное оборудование и т. д. Его преимущества заключаются в высокой точности формования, высокой эффективности, низкой стоимости и высоком использовании материала, но у него также есть недостатки, такие как длительный производственный цикл и сложная подготовка пресс-формы

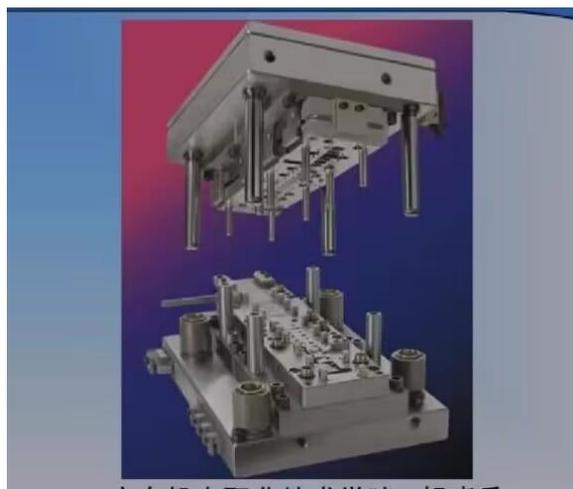


Рисунок 1 – Вид штампа для листовой обработки (в разборе)

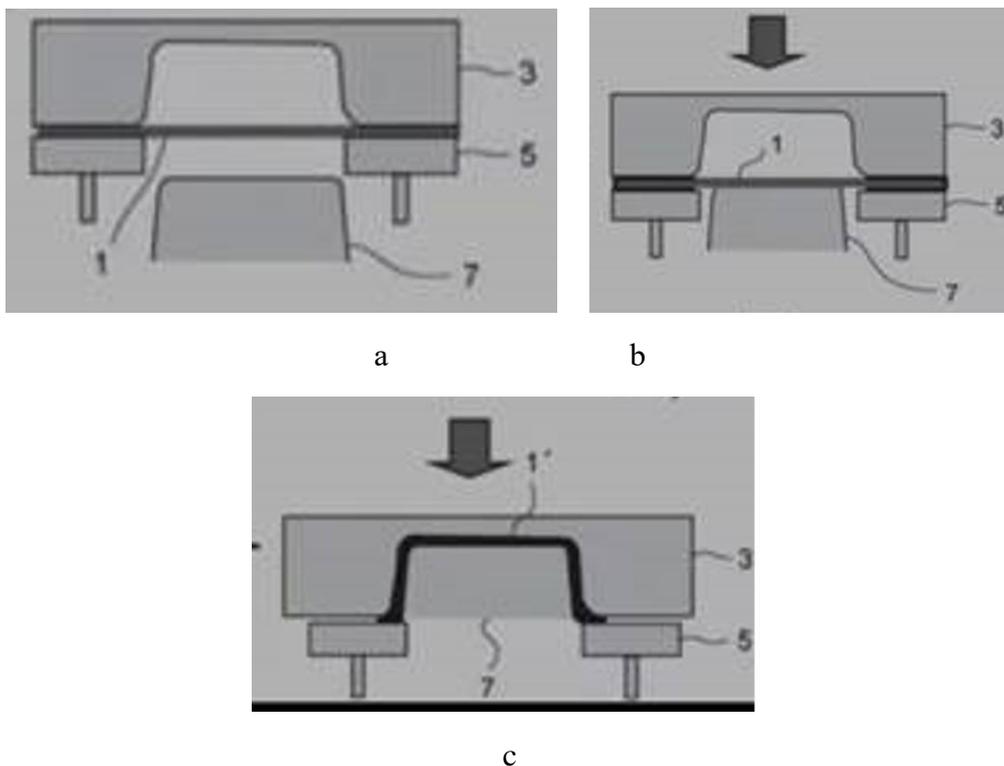


Рисунок 2 – Схема листовой штамповки

### Технология горячей штамповки

Под горячей штамповкой понимается метод нагрева металлических материалов до определенной температуры с последующей их штамповкой. Его главное преимущество в том, что он позволяет улучшить пластичность материала, делая его менее склонным к образованию трещин и дефектов при деформации, а также обладает высокой точностью.

Обычно используемое оборудование для горячей штамповки включает машины для горячей штамповки и машины для горячей экструзии. Технология горячей штамповки в основном используется при производстве высокоточных металлических изделий, таких как детали аэрокосмической отрасли, прецизионные инструменты, электронные изделия и т. д. Однако есть и недостатки, такие как высокое энергопотребление и высокая стоимость.

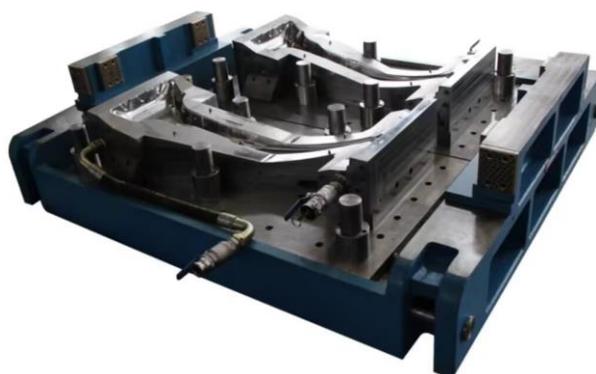


Рисунок 3 – Штамп для горячей штамповки

### Технология экструзии

Экструзия относится к методу обработки, при котором нагретый металлический материал пропускают через отверстие матрицы экструдера для его пластической деформации и

формирования. Экструзию можно разделить на два типа: прямая экструзия и непрямая экструзия. Прямая экструзия означает пропускание металлического блока через отверстие матрицы, при этом пара конических колес непрерывно вращается и экструдированная заготовка деформируется, чтобы придать ему форму. Косвенная экструзия означает помещение металлической заготовки в форму и экструдирование ее с использованием пары экструзионных головок для ее деформации и придания формы. Технология экструзии в основном используется для производства крупногабаритных высокоточных металлических изделий, таких как двери и окна из алюминиевых сплавов, детали автомобильных алюминиевых сплавов, электрооборудование и т. д.



Рисунок 4 – Штам для экструзии

### Технологияковки

Ковка относится к методу обработки, при котором металлические материалы нагреваются до определенной температуры, а затем куются. Он широко используется благодаря своим преимуществам: высокой точности, хорошим механическим свойствам и износостойкости поковки. Ковку можно разделить на три вида: свободная ковка, машинная и штамповка. Свободная ковка — это штамповка металлических материалов тяжелым бойком; машинная ковка — это помещение металлической заготовки в специальный ручей и использование ковочного пресса для ее формования. Для придания нужной формы поковкам используют ручки разного типа. Штамповка на молотах подразумевает использование верхнего и нижнего полуштампов для придания формы металлическим материалам посредством воздействия давления на заготовку. Технологияковки в основном применяется для изготовления высокопрочных, высокопрочных и прецизионных металлических деталей, таких как представленной на рисунке 5.

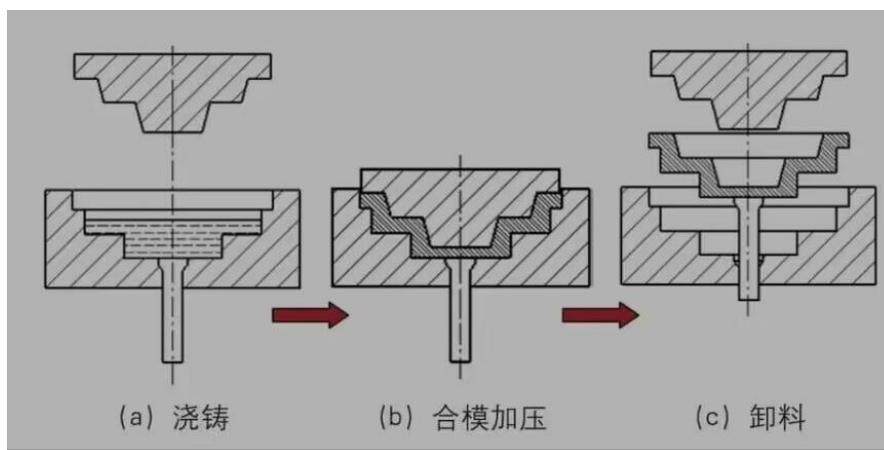


Рисунок 5 – Схемаковки детали со сложной конфигурацией

a – размещение b – закрытие формы и нагнетание давления c – разгрузка

Технология обработки давлением занимает чрезвычайно важное место в обработке металлических материалов. Различные технологии обработки давлением имеют свои особенности и широко используются в разных отраслях промышленности и жизни. Благодаря постоянному развитию науки и техники, методы обработки будут продолжать совершенствоваться и прогрессировать, внося более позитивный вклад в нашу жизнь и развитие общества.

### **Список использованной литературы**

1. Перлин, И.Л. Теория прессования металлов / И.Л. Перлин. – М : Металлургия, 1964. – 344 с.
2. 付文智, 李明哲, 严庆光, 等 . 多点 成形压力机的反复成形技术研究 [J]. 农业机械学报 , 2004, 35(2): 126-128.

## Устройство и принцип работы гидравлического пресса

Студенты гр.30402120: Хромых А.А., Селюк Д.С., Сергеенко Д.В.

Научный руководитель – Шкурдюк П.А.

Белорусский национальный технический университет  
г.Минск.

Гидравлическое прессовое оборудование работает по простому принципу: пресс состоит из двух цилиндров. Когда поршень в первом из них приводится в движение (в ручных моделях для этого предусмотрен рычаг), рабочая жидкость, обычно масло, передает давление во второй, поршень которого создает усилие, необходимое для выполнения тех или иных операций с помощью специальных насадок.

Для того чтобы лучше понять принцип работы пресса, нужно изучить его детально. Любое устройство этого типа состоит из:

- 1 литого основания – прочной цельнометаллической станины;
- 2 металлической конструкции, которая монтируется на основание сверху и предназначена для установки остальных элементов;
- 3 двух цилиндров, соединенных трубками, по которым движется жидкость;
- 4 поршней, передающих усилие на рабочую часть агрегата;
- 5 штока со сменными рабочими насадками;
- 6 привода, который может быть ручным или электрическим. Во втором случае требуется установка ряда дополнительных элементов.

Для чего нужен гидравлический пресс. Такие устройства дают возможность оказывать достаточно высокое давление на обрабатываемую заготовку, затрачивая относительно мало усилий. В основе работы подобных агрегатов лежит так называемый принцип Паскаля, который гласит, что давление, производимое на жидкость или газ, передается в любую точку без изменений во всех направлениях.

Открытие этого закона принадлежит французскому ученому и философу Блезу Паскалю. Вкратце: приложение к малому поршню силы  $F_1$  приводит к увеличению давления жидкости на величину  $F_1/S_1$ , где  $S_1$  — площадь поршня. Жидкость передает давление большему поршню:  $F_1 / S_1 = F_2 / S_2$ . Отсюда получаем:  $F_2 = (A_2/A_1) F_1$ . Мы видим, что сила, воздействующая на второй поршень, будет настолько больше силы, приложенной к первому, насколько велика будет разница между их площадью.

Этот принцип использован в огромном множестве разнообразных устройств. Важно понимать, что работа, осуществляемая силой  $F_1$ , если пренебречь силой трения, равна работе, которая совершается как противодействие силе  $F_2$ .

Обозначив расстояние, на которое сдвигается поршень символом  $l$ , мы получаем уравнение

$$F_1 l_1 = F_2 l_2, \text{ а значит } - l_2 = (F_1/F_2) l_1.$$

Иначе говоря, больший поршень перемещается на меньшее расстояние, чем поршень с маленькой площадью.

Поршни, цилиндры и соединительные трубки (шланги) должны быть выполнены из материалов высокой прочности и выдерживать высокое давление.

### Сферы использования гидравлических прессов

В каждом автосервисе выполняется множество операций, требующих высокого давления, для чего нужен гидравлический пресс. Однако сфера применения таких устройств значительно шире – они используются в огромном количестве производственных процессов, например, для:

- холодной или горячейковки металлических заготовок;
- штамповки листового металла;

- восстановления формы деталей;
- обжима цилиндров;
- склейки под давлением.

С помощью гидравлических прессов также сжимают отходы, образующиеся в ходе обработки металлов, в брикеты, которые занимают меньше места и удобны в транспортировке.

Преимущества гидравлических прессов состоят в:

- возможности получения очень большого усилия;
- высоком коэффициенте усиления;
- простой регулировке и контроле прилагаемого усилия;
- возможности достаточно точной регулировки скорости движения штока;
- высокой надежности.

Кинематическое звено гидравлических прессов – жидкость. Для сообщения цилиндров используются трубопроводы, в том числе и гибкие, которые обеспечивают передачу энергии даже к подвижным элементам установки.

Минусы такого оборудования заключаются в:

- меньшем, по сравнению с механическими прессами, коэффициенте полезного действия;
- относительно высокой стоимости оборудования и его обслуживания;
- возможном попадании масла в рабочую зону.

Технические характеристики прессов

При выборе прессового оборудования для конкретного технологического процесса следует исходить из:

- габаритов установки и ее массы;
- номинальной силы пресса;
- максимального хода поршней;
- скорости опрессовки;
- скорости выталкивания поршня под давлением масла;
- размеров рабочей части, которая соприкасается с заготовкой.

Для работы с большими заготовками требуются крупногабаритные промышленные гидравлические прессы (рисунок 1).



Рисунок 1 – Крупногабаритный гидравлический пресс

При использовании гидравлического привода возможно достаточно точно регулировать как усилие, так и скорость, с которой движется шток с рабочими насадками. Выходное звено в установках такого типа движется со скоростями в диапазоне

от 0,1 до 300 мм/сек. Из всех перечисленных выше достоинств гидравлического пресса ключевыми являются именно регулировка усилия и его высокие значения.

Некоторые промышленные гидравлические прессы развивают усилие до 70 000 тс (тонн силы). Ходом ползуна, выражаемым в миллиметрах, называют амплитуду перемещения рабочей части. От этого показателя зависит глубина обработки заголовков.

Расстояние между нижней точкой рамы и ползуном называют высотой рабочей части. От этой характеристики зависят максимальные габариты заготовки, которую позволяет обрабатывать конкретная установка. Как правило, на гидравлическом прессовом оборудовании эта величина регулируется, что дает возможность настроить пресс для работы с конкретными деталями.

#### Разновидности гидравлических станков

Гидравлические прессы для обработки металлических заготовок классифицируются по нескольким параметрам. В зависимости от типа привода, прессовое оборудование делится на:

- ручные прессы, которые мастер приводит в действие, прилагая прямое усилие, увеличиваемое рычагом;
- прессы, для начала работы привода которых необходимо нажать на специальную педаль;
- прессы с пневмоприводом, в которых для увеличения усилия используются пневматические цилиндры;
- электрогидравлические прессы, которые используются главным образом в промышленности и не требуют приложения силы – оператор отвечает за настройку оборудования и контролирует его работу.

Прессовое оборудование для обработки металлических заготовок методом холодной штамповки в зависимости от назначения бывает:

- общего назначения;
- для объемного обжима;
- для пробивки отверстий в заготовках из листового металлопроката.

В зависимости от расположения рабочих цилиндров прессы бывают:

- горизонтальными;
- вертикальными;
- с верхним цилиндром;
- с нижним цилиндром;
- угловыми, когда вертикальный цилиндр сочетается с горизонтальным.

По количеству рабочих цилиндров:

- с одним цилиндром;
- с двумя и более цилиндрами;

В зависимости от конструкции прессы бывают:

- колонными;
- рамными;
- челюстными.

Существуют передвижные, настольные и стационарные модели. Последние применяются для серийного промышленного производства [1].

#### Усовершенствование гидравлического пресса в современном производстве

В 21 веке гидравлические прессы должны соответствовать требованиям технологических процессов, а также иметь возможность автоматизации процесса. Конструктивно современные прессы разрабатываются с учетом того, чтобы они легко подключались к автоматической линии или целому комплексу производственного оборудования. Прессы должны обладать повышенной точностью и производительностью изготовления деталей, технически и экономически оправданной жесткостью и стойкостью используемого инструмента, надежными технологическими узлами, иметь возможность быстрой и комфортной наладки и обслуживания. Современные проблемы производства технологически качественных деталей тре-

буют детального совершенствования конструкции прессов, в частности расширения применения их в мелкосерийном производстве [2]. Производительность прессов зачастую определяется по номинальному числу ходов. Универсальные пресса в большинстве случаев не эксплуатируются на максимальной частоте ходов. Обладая более высоким числом ходов при автоматической подаче можно было бы повысить производительность процесса. Путем применения регулируемого привода в большинстве случаев от этого недостатка конструкции универсальных прессов можно было бы избавиться [3]. Повышение надежности и долговечности машин добиваются путем установления универсальных узлов.

Ремонтопригодность машин улучшается путем повышения универсальности. В агрегированных прессах с различными значениями усилий изготовления могут применяться одни и те же исполнительные механизмы, муфты и тормоза. Повышение показателя штампуемости заготовок на прессе добавляет жесткость применяемым устройствам, которые в большинстве современных автоматов требуют колоссальное охлаждение. Опыт в применении жидкого масла различной вязкости для смазки рабочих узлов пресса доказывает необходимость оснащения прессов современной системой жидкого охлаждения рабочих органов пресса, уменьшающей затраты на холостой ход в 1,2 – 1,8 раз [4]. Пресс является дорогим оборудованием, поэтому простой нежелателен и приводит к потере прибыли. Большая часть временных затрат расходуется на переоснащение исполнительных инструментов пресса, что сильно повышает время простоя, особенно при крупных габаритах прессов.

Для устранения нежелательного простоя и упрощения переналадки штамповых узлов пресса оснащают вне цикловыми механизмами, к которым можно отнести: штамповые плиты сменного типа, микроприводы различной конструкции, пневматические, гидравлические и электроприводные узлы для закрепления штампов в прессе, показатели привязки ползуна и другие [3]. В настоящее время требования, предъявляемые к прессу, сводятся к простоте форм и его элементов, а также обеспечению энергетической эффективности. Для этого применяют гидравлические прессы с двухступенчатым изменением давления или жесистемы уравнивания исполнительных органов вместо пневматических муфт. В современном мире проводятся работы по улучшению компактности конструкций прессов. Для этого применяют нижнее расположение привода [4].

При работе гидравлических процессов прессов происходит разрушения гидравлических магистралей, т.к. на некоторых из них выполняются технологические операции с 116 максимальным усилием в конце рабочего хода. Для устранения данной проблемы применяют способ снижения усилия при работе в зависимости от сложности изготавливаемой заготовки. Применяют способ замены штампов. Также улучшением может послужить улучшение электронных схем для повышения безопасности и увеличения быстродействия и реагирования органов оборудования. Достичь такие улучшения можно путём замены датчиков, составления различных электрических схем, упрощение используемых схем.

### **Список использованных источников**

1 Устройство и принцип работы гидравлического пресса [Электронный ресурс] / <https://vt-metall.ru/articles/dlya-chego-nuzhen-gidravlicheskiy-press/>. – Дата доступа: 11.06.2023.

2 Банкетов, А. Н. Кузнечно-штамповочное оборудование: учебник для машиностроительных вузов / А. Н. Банкетов, Ю.А. Бочаров, Н. С. Добринский. – 1982. – 565 с.

3 Кузнечно-штамповочное оборудование: учебник для вузов / под ред. Л.И. Живова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2006. – 560 с.

4 Бочаров, Ю. А. Кузнечно-штамповочное оборудование: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Ю. А. Бочаров. – М.: Издательский центр «Академия». – 2008. – 480 с.

## Возможности практического применения дискретной динамической системы для моделирования процесса обработки металлов давлением

Студенты гр. 10402220: Якубчик Н.Г., Комар А.В.

Научный руководитель – Томило В.А.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Для моделирования и имитации технологических процессов металлургии существуют программные комплексы, например, Deform 2D/3D, QForm, Abaqus, OpenFOAM и др. Работа вышеперечисленных программ основывается на численном методе конечных элементов.

Суть метода конечных элементов заключается в том, что исследуемый объект – это область, в которой необходимо найти решение систем дифференциальных матричных уравнений. Исследуемая область разбивается на конечное количество подобластей (элементов), в каждом из элементов произвольно выбирается вид аппроксимирующей функции. Вне своего элемента аппроксимирующая функция равна нулю. Значения функций на границах элементов (в узлах) являются решением задачи и заранее неизвестны. Коэффициенты аппроксимирующих функций обычно находятся из условия равенства значений соседних функций на границах между элементами (в узлах). Затем эти коэффициенты выражаются через значения функций в узлах элементов [1], далее составляется система линейных алгебраических уравнений. Количество уравнений равно количеству неизвестных значений в узлах, на которых необходимо найти решение исходной системы, прямо пропорционально количеству элементов и ограничивается только условием поставленной задачи. Главным преимуществом МКЭ является возможность разбиения на конечные элементы области любой формы, и, таким образом, появляется возможность расчета полей напряжений и деформаций в реальных изделиях с учетом всех их конструктивных особенностей. Главный недостаток МКЭ заключается в необходимости составления «громоздких» вычислительных программ для ручного счета даже в случае решения очень простых задач. Кроме того, данный метод иногда приводит к разрывам значений исследуемой области, следовательно, нарушается дискретность расчета, которая не дает полной оценки исследуемого объекта.

Альтернативной программой для моделирования дискретных динамических систем является модель клеточные автоматы. Клеточный автомат (КА) представляет собой сетку произвольной размерности, которая состоит из клеток. Состояние клетки может в каждый момент времени принимать одно из конечного множества состояний, которые определяются правилами перехода [2]. Существует некоторое количество типов клеточных автоматов, самыми распространенными являются классический и неоднородный. Принципиальное отличие данных видов КА заключается в расположении ячеек, по которым согласно правилу перехода идет расчёт [3]. На рисунке 1 представлен пример расположения ячеек классического и неоднородного клеточного автомата.

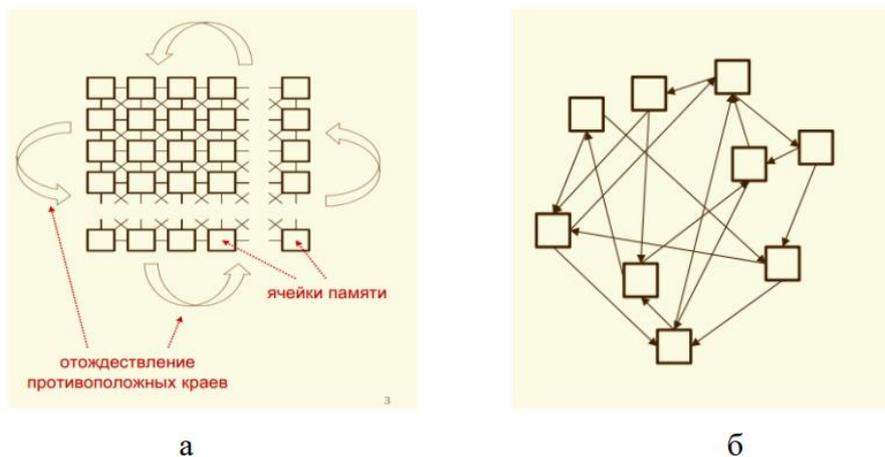


Рисунок 1 – Пример клеточных автоматов:

а – классический; б – неоднородный

В классическом КА значения всех ячеек изменяются синхронно и одновременно. Функция связи одинакова для всех ячеек. В неоднородном КА ячейки изменяются неупорядоченно, аргументы функции выбираются случайно из всего множества ячеек, но являются фиксированными для конкретного автомата. Целесообразность использования КА для решения технических задач обуславливается их простотой, непрерывными параллельными вычислениями систем дифференциальных, матричных уравнений с последующей визуализацией [4].

Одной из актуальных технологических задач является исследование процессов, протекающих на стыке горячей и холодной прокатки, которые являются причиной образования ряда дефектов металлопродукции, которые практически невозможно устранить при последующей обработке. Для решения данной задачи сформулированы следующие этапы исследования:

1) на базе клеточных автоматов построить модель процесса прокатки на стыке горячей и холодной прокатки. Данная модель должна адекватно описывать выходные параметра горячей прокатки, которые, по сути, должны являться входными параметрами процесса холодной прокатки;

2) провести исследование процессов, протекающих на стыке горячей и холодной прокатки, которые приводят к образованию технологических дефектов металлопроката;

3) с помощью программной модели клеточных автоматов разработать ряд технологических мероприятий, реализация которых позволит минимизировать количество возникающих дефектов проката.

Таким образом, результатом научно-исследовательской работы является дискретная динамическая модель горячей и холодной прокатки, которая позволит управлять технологическим процессом в целом в режиме реального времени. На рисунке 2 представлена схема работы дискретной динамической модели, построенная с помощью использования КА.



Рисунок 2 – Схема управления работой дискретной динамической модели

Объектом управления данной математической модели является технологический процесс обработки металлов давлением – прокатка, узким местом которой, по нашему мнению, является переход горячей прокатки в холодную. Для эффективного управления технологическим процессом на первом этапе следует определить входные и выходные параметры горячей прокатки, которые характеризуют технологический процесс в целом, например, усилие прокатки, натяжение полосы, скорость прокатки и т.д. Далее входные и выходные параметры необходимо преобразовать в уравнения, описывающие технологический процесс горячей прокатки, а затем холодной прокатки. С помощью исполнительного устройства производится математический расчет согласно заданным условиям, под которыми понимается алгоритм расчета математических уравнений, полученных согласно построенной сетки КА. Далее полученные данные следует визуализировать посредством средств отображения информации, которые также задаются через КА. Таким образом, с помощью полученных данных появится возможность описать поведение модели, процессы, протекающие при пластической деформации на

стыке перехода из горячей прокатки в холодную, а также множество состояний системы, исходя из первоначального состояния исходных элементов сетки.

#### **Список использованных источников**

1. Сегерлинд, Л. Применение метода конечных элементов / Л. Сегерлинд. – М.: Мир, 1979.– 392 с.
2. Тоффоли, Т. Машины клеточных автоматов / Т.Тоффоли, Н. Марголус.– М.: Мир, 1991. –283 с.
- 3.Зенкевич, О. Конечные элементы и аппроксимация / О. Зенкевич, К. Морган: пер. с англ. – М.: Мир, 1986. –274 с.
4. Рубин, Г.Ш. Клеточно-автоматные модели и перспективы их использования для моделирования процессов ОМД / А.А. Шишов, М.В. Чукин, Г.С. Гун // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. –2012. – №4. – С.66–68.

**Анализ методов получения биметаллов обработкой давлением**

Студенты гр. 10402220: Буримский С.В., Стафейчук Н.В., Копейко В.Д.

Научный руководитель – Томило В.А.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

С развитием техники биметаллические изделия находят широкое применение. В связи с этим производство биметаллических изделий растет с каждым годом. Широкое применение в производстве биметаллических заготовок и изделий нашли методы обработки давлением, а именно: прокатка, холодная сварка, сварка взрывом и трением, клинопрессовая сварка, ультразвуковая и диффузионная сварка, а также высокочастотная сварка. Проанализируем некоторые методы.

**Сварка прокаткой.** Исходной заготовкой является пакет, состоящий из двух разных слоев металла в виде пластин или слябов [1]. Свариваемые поверхности заготовок тщательно зачищаются, обезжириваются, герметизируются или прокатываются в вакууме. Заготовки нагреваются до интервала температур горячей обработки и прокатываются. После прокатки заготовки обжигаются. Наибольшее распространение получила схема горячей прокатки между цилиндрическими вальками.

Преимуществом сварки горячей прокаткой является высокая производительность, поэтому она используется в крупносерийном и массовом производстве. При помощи такого вида сварки чаще всего получают биметаллические листы. Сварка горячей прокаткой в вакууме дает высокие показатели прочности сварного соединения. К недостаткам относят использование дорогостоящего оборудования, а также наличие больших производственных помещений. Необходимость нагрева заготовок так же является недостатком данного метода.

*Холодная прокатка.* Для соединения алюминий + медь, алюминий + титан, алюминий + латунь и т.д., производят холодную прокатку [2]. Необходимым условием при холодной прокатке, также, как и при горячей прокатке является чистота свариваемых поверхностей.

К преимуществам сварки холодной прокаткой относят высокую производительность. Отсутствие вредных выделений и нагрева заготовок. Недостатком является малая прочность сварного соединения, а также высокие требования к чистоте свариваемых поверхностей.

**Холодная сварка.** При помощи данного метода получают неразъемные соединения однородных и разнородных заготовок. Отличительной особенностью является то, что при холодной сварке заготовки не нагреваются, что позволяет сваривать достаточно твердые металлы без ухудшения их прочностных свойств. Заготовки подвергаются значительной совместной пластической деформации. Основными инструментами холодной сварки являются пуансоны, ролики. Так же применяются и другие технологические схемы сварки, а именно: стыковая сварка, стыковая сварка, точечная сварка. производится сварка тавровых соединений [2].

*Холодная сварка сдвигом.* Отличительной чертой этого способа является то, что создаются нормальные и тангенциальные усилия на заготовках (рисунок 1). На сваренных заготовках отсутствуют вмятины от вдавливания пуансона, и практически сохраняется исходная толщина соединяемых деталей, т.к. в пластической деформации участвуют тонкие слои металла, находящиеся в непосредственной близости от поверхности раздела.

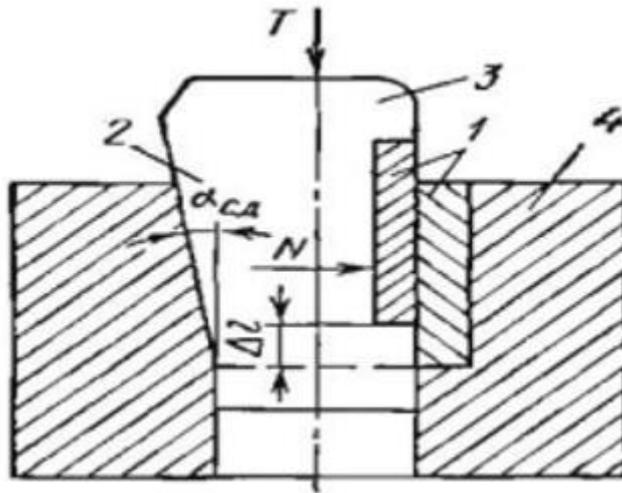


Рисунок 1 – Схема холодной сварки сдвигом:  
1 – свариваемые детали; 2 – клин; 3 – выступ клина; 4 – матрица;  
Т – тангенциальная сила; N – нормальная сжимающая сила

Преимуществами холодной сварки являются высокая производительность и коррозионная стойкость, а также отсутствие вредных выделений. Благодаря простоте технологического процесса данный метод не требует наличие высококвалифицированных специалистов. Недостатками являются большие расходы металла на припуски под стыковую сварку, малая прочность сварного соединения. Кроме того, ограниченная номенклатура производимой продукции не позволяет широко использовать данный метод. При выборе некоторых способов холодной прокатки после сварки остаются вмятины от инструмента.

**Сварка взрывом.** Этот метод характеризуется тем, что сварка осуществляется соударением одной заготовки в другую. Благодаря кинетической энергии детонации взрывчатого вещества (ВВ) соударение происходит с высокой скоростью, порядка нескольких сотен метров в секунду. При сварке взрывом одна заготовка устанавливается неподвижно, а вторая располагается под углом или параллельно. Высокоскоростное соударение метаемой части металла в неподвижную заготовку в окрестностях движущейся вершины угла  $\gamma$  создает высокое давление. При этом процессе окисные пленки и другие поверхностные загрязнения дробятся, расщепляются, а также выносятся из вершины угла  $\gamma$  под действием кумулятивного эффекта [2].

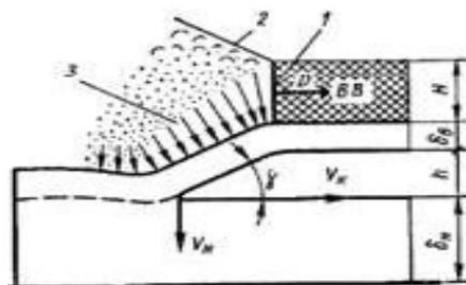


Рисунок 2 – Схема установившегося процесса сварки взрывом:  
1 – фронт детонационной волны; 2 – фронт разлета продуктов взрыва ВВ; 3 – фронт волны разряжения; D – скорость детонации ВВ;  $\delta_n$  – нормальная составляющая волны соударения контактирующих поверхностей;  $\delta_k$  – скорость движения вершины динамического угла встречи контактирующих поверхностей  $\gamma$  в направлении сварки ( $\delta_k=D$ )

К преимуществам данного метода можно отнести высокую прочность сварного соединения, кратковременность сварки, возможность соединять металлы и сплавы в любых сочетаниях. К недостаткам можно отнести малую производительность, невозможность механизации

и автоматизации, наличие вредных выделений. Кроме того, требуется наличие специального полигона для проведения взрывных работ и наличие специалистов для работы с взрывчатыми веществами.

**Сварка трением.** От других видов сварки давлением она отличается способом нагрева. При сварке трением вся механическая энергия преобразуется в тепло. Всё преобразование тепловой энергии происходит строго в локализованных участках тонких слоев металла. Способ сварки трением заключается в том, две заготовки устанавливаются соосно, одна из свариваемых заготовок устанавливается неподвижно, а вторая приводится во вращение вокруг своей оси. На торцевых поверхностях заготовок создается осевое усилие  $P$ , вследствие этого возникают силы трения. Работа, которая затрачивается вращением заготовки на преодоление сил трения, генерируется в тепло, и нагревает стыковые участки заготовок. Температура на стыке двух заготовок при сварке черных металлов достигает порядка 1000–1300 °С [3].

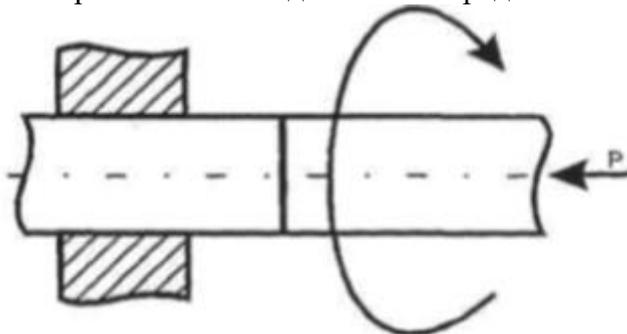


Рисунок 3 – Схема процесса сварки трением

Основными параметрами процесса сварки трением являются:

$\omega$  – частота вращения, об. / мин.;

$P$  – осевое усилие, кгс;

$t$  – время, с.

Процесс сварки трением завершается «проковкой»: к нагретым уже сваренным заготовкам на некоторое время прикладываются сжимающие силы. Высокая производительность совместно с высокой степенью автоматизации, а также высокая прочность сварного шва и отсутствие вредных выделений являются достоинствами данного метода. Возможность использования токарных и сверлильных станков упрощает использование данного метода. Недостатками являются: малая номенклатура производимой продукции, в основном свариваются детали цилиндрической формы. Необходимость контроля процесса сваривания для своевременной остановки сварки. Потребность в механической обработке сварного шва после окончания сварки.

Обзор и анализ существующих методов производства биметаллов давлением показывает, что не существует универсального метода. Большинство существующих методов производства биметаллов являются дорогостоящими, что обуславливает высокую стоимость биметаллов. Для обеспечения широкого использования биметаллов необходимо значительно снизить себестоимость их производства. В этой связи необходим поиск новых технологических решений для создания более эффективных способов получения биметаллов.

### Список использованной литературы

1 Калиновский, В. Р. Технологии горячей обработки металлов: учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений по техн. специальностям / В.Р. Калиновский, В.Н. Капцевич, А.Ф. Ильющенко. – Минск: ИВЦ Минфина, 2008. – 352 с.

2 Сварка взрывом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://svarkaed.ru/svarka/vidy-i-sposoby-svarki/svarka-vzryvom.html#i-2>. – Дата доступа: 25.10.2023.

3 Васильев, А. А. Металлические конструкции / А. А. Васильев. – Изд. 3-е. М.: Стройиздат, 1979. – 472 с.

### Нанотехнологии в обработке металла

Студенты гр.10402220: Заренок В.Д., Янь Цзюньвэй  
Научный руководитель – Томило В.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г.Минск

Нанотехнологии представляют собой фундаментальный перелом в многих отраслях науки и техники, и обработка металла не является исключением. В последние десятилетия исследователи и инженеры активно внедряют нанотехнологии в процессы обработки металла с целью улучшения его свойств, прочности и функциональности.

Одним из ключевых аспектов нанотехнологий в обработке металла является создание наноструктур. Применение различных методов, таких как электрохимическое осаждение, баллистическое нанонапыление и магнитоимпульсная обработка, позволяет получать металлические материалы с наноразмерными зёрнами и структурами. Это приводит к улучшению механических свойств, таких как прочность и твердость, а также повышению устойчивости к коррозии.

Применение нанотехнологий также включает в себя создание металлических нанокompозитов, где наночастицы добавляются в матрицу металла. Это может быть достигнуто методами механохимического синтеза или внедрением наночастиц в процессе обработки. Такие нанокompозиты обладают уникальными механическими и электрическими свойствами, что делает их перспективными материалами для использования в промышленности.

В области формования металла нанотехнологии также имеют важное значение. Применение наночастиц в процессе литья позволяет повысить точность формовки и уменьшить дефекты в готовых деталях. Также исследования в области нанотехнологий открыли новые горизонты в использовании наноимпринтинга для создания металлических микро- и наноструктур [1].

Нанотехнологии оказывают существенное воздействие на методы поверхностной обработки металла. Например, применение нанокаталитических слоев может улучшить адгезию покрытий и повысить их стойкость к износу. Наноструктурированные покрытия также могут использоваться для создания самоочищающихся поверхностей, что имеет важное значение в промышленности.

В контексте обработки металла, нанотехнологии также обещают улучшить энергоэффективность процессов. Использование наноструктур позволяет снизить температуры плавления и обработки, что, в свою очередь, сокращает энергозатраты и уменьшает воздействие на окружающую среду.

Несмотря на значительные достижения в области нанотехнологий в обработке металла, существуют вызовы, такие как управление наночастицами в процессе, стандартизация методов и обеспечение безопасности при работе с наноматериалами. Однако, вопреки этим вызовам, нанотехнологии предоставляют обширные перспективы для создания инновационных и высокопроизводительных металлических материалов [2].

Нанотехнологии в обработке металла представляют собой важное направление исследований, привносящее новаторские методы и материалы в промышленность. Они не только улучшают свойства металла, но и содействуют энергоэффективности и устойчивости производства. Перспективы дальнейших исследований в этой области оставляют множество возможностей для создания металлических материалов будущего.

### Список использованных источников

1 Теория обработки металлов давлением [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/335WiD>. – Дата доступа: 23.10.2023.

2 Основы технологических процессов обработки материалов давлением [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/335Wie>. – Дата доступа: 14.10.2023.

## Экструзия в обработке металлов давлением

Студенты гр. 10402220: Мороз В. И., Лебедев А. Г.

Научный руководитель – Томило В. А.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Экструзия в обработке металлов давлением является одним из наиболее широко применяемых технологических процессов в металлургии и машиностроении. Она позволяет получать сложные геометрические формы металлических изделий, включая штанги, профили, трубы и другие компоненты, используемые в различных отраслях промышленности. Она является одним из наиболее распространенных методов для производства деталей из металла с постоянным поперечным сечением, сложные профили через специальный инструмент, называемый экструдером (рисунок 1).

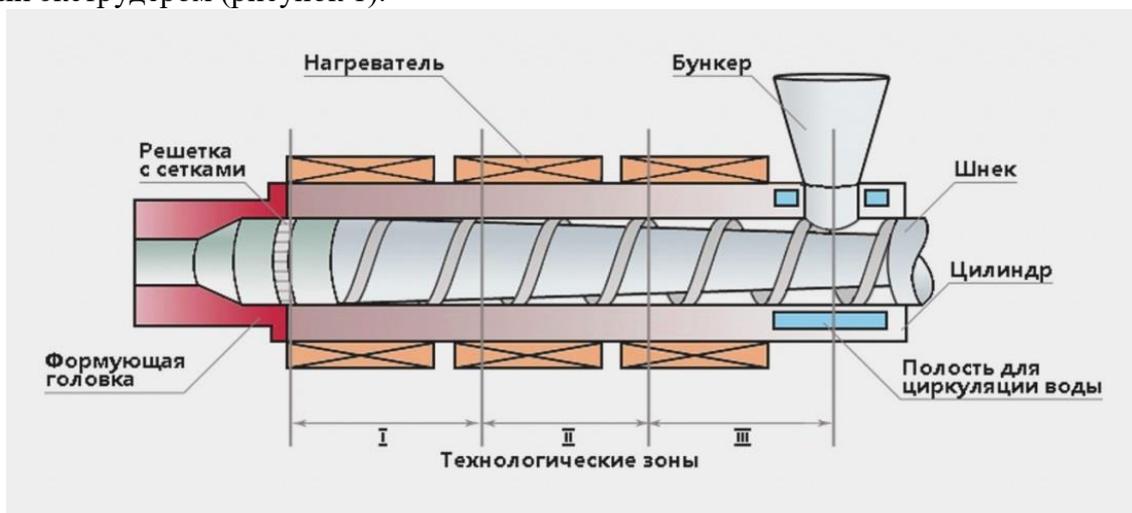


Рисунок 1 – Экструдер

Экструзия металлов может осуществляться с использованием различных материалов, таких как алюминий, медь, сталь, никель и их сплавы. Это позволяет достичь различных характеристик производимых изделий, включая прочность, устойчивость к коррозии и теплоустойчивость. Кроме того, экструзия может комбинироваться с другими технологиями, например, с термической обработкой, для получения более сложных свойств и структур материала.

Процесс экструзии имеет некоторые особенности. Во-первых, металл должен быть прогрет до определенной температуры, чтобы приобрести пластичность и способность к деформации. Контроль температуры и давления является важным аспектом экструзии. Регулируя эти параметры, можно контролировать качество и свойства производимых изделий.

Расплавленный металл загружается в экструдер, который состоит из цилиндра и поршня. Под действием большого давления металл выталкивается через матрицу (инструмент с желаемым поперечным сечением). В результате получается длинный продукт с однородной структурой и высокой прочностью. Один из ключевых аспектов экструзии - это последовательность движения материала через каналы формы. При экструзии металл проходит через заранее определенные каналы, образуя конечный профиль.

Преимущества экструзии металлов:

1 Высокая точность и повторяемость размеров: экструзия позволяет получать изделия с высокой точностью размеров и форм, благодаря четкому контролю параметров процесса и использованию специальных пресс-форм. Это особенно важно при производстве деталей с тесными допусками или сложной геометрией.

2 Оптимальное использование материала: она позволяет минимизировать потери материала благодаря его рациональному расходованию. Это связано с возможностью производства

изделий с практически готовыми поверхностями, что снижает необходимость в последующей механической обработке.

3 Высокая производительность: является высокопроизводительным процессом, позволяющим быстро и эффективно производить большие объемы изделий. Это обеспечивает экономию времени и снижает затраты на производство.

Недостатки экструзии металлов:

1 Высокая стоимость оборудования - для осуществления процесса экструзии требуется специальное оборудование, которое может быть затратным для компаний. Это может стать преградой для малых предприятий или стартапов с ограниченным бюджетом.

2 Ограниченные геометрические возможности - несмотря на высокую точность формирования, экструзия имеет определенные ограничения в создании сложных геометрических форм. Некоторые детали с очень тонкими стенками или очень сложной внутренней структурой могут быть сложными или невозможными для производства с использованием этой технологии.

3 Ограниченные размеры изделий: Размеры изделий, производимых методом экструзии, ограничены размерами диаметра и длины экструзионной пресс-формы. Это также может быть недостатком при производстве крупногабаритных изделий или длинных профилей.

4 Сложность настройки процесса. Для достижения оптимальных результатов при экструзии металлов требуется хорошее знание и опыт по настройке параметров процесса. Неправильная настройка может привести к дефектам изделий или неравномерному распределению напряжений.

Несмотря на эти недостатки, экструзия металлов давлением остается одним из наиболее эффективных и широко применяемых методов обработки металлов, благодаря своим преимуществам в точности размеров, оптимальном использовании материала и высокой производительности. Они делают этот процесс особенно полезным в автомобильной, аэрокосмической и строительной отраслях, где требуются сложные металлические детали и компоненты.

#### **Список использованных источников**

1 Машиностроение. Энциклопедия Т. 1–3. Во 2-х кн. / К.С. Колесников [и др.]; под ред. К. С. Колесникова, 1994. – 534 с.

2 Выбор и способы изготовления заготовок для деталей машиностроения: учебник для студентов машиностроительных специальностей / Е.П. Круглов [и др.]. – Казань: Политех, 2015. – 433с.

**Объемная холодная штамповка металла**

Студенты гр.10402220: Завольский М.К., Хаозе Ян,  
Зенько А.А., Борисовец И.

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

Объемная холодная штамповка металла – это вид обработки металлов давлением. Ее отличие от обработки горячей штамповкой состоит в том, что температура рекристаллизации не превышает температуру сплава. Существует несколько видов холодной штамповки – штамповка в открытых штампах, холодная экструзия и холодная высадка.

Данная обработка осуществляется в несколько операций, что обеспечивает постепенное и последовательное изменение формы: от исходной формы заготовки до необходимой формы изделия. В процессе металлообработки материал становится прочнее, а его пластичность снижается. Для повышения пластичности и снижения сопротивления последующим деформациям применяют межоперационный отжиг, особенно в тех случаях, когда осуществляется большое количество переходов.

Детали, изготовленные методом объемной холодной штамповки, отличаются высокой точностью: полые изделия, изготовленные этим методом, могут иметь толщину стенок, измеряемую десятymi и сотыми долями мм. Технически использование этой технологии позволяет изготавливать детали особо сложной формы, которые невозможно получить другими методами обработки. Формовка металла без нарушения его целостности позволяет повысить коэффициент использования материала до 95 % даже для деталей сложной конфигурации [1].

Холодная экструзия осуществляется методом давления, который по своей сути аналогичен прессованию металла. Отличие заключается в формировании трехосного неравномерного сжатия в зоне деформации, что приводит к повышению пластичности обрабатываемого материала и позволяет существенно изменить форму заготовки. Процесс формования детали заключается в следующем: под действием давления, создаваемого при сжатии заготовки до состояния текучести, металл течет через отверстия матрицы соответствующей формы. Течение металла относительно движения пуансона может иметь разные направления, и в зависимости от этого направления различают виды выдавливания:

1 Прямое выдавливание характеризуется совпадением движения пуансона и направления течения металла. Применяется для изготовления непрерывных удлиненных поковок: деталей значительной длины.

2 Боковое выдавливание характеризуется течением металла через боковые отверстия, под углом к движению пуансона. Применяется для изготовления поковок с расширениями: деталей сложной формы.

3 Обратная экструзия характеризуется направлением потока, противоположным движению пуансона. Используется для полых поковок: деталей, полых внутри.

4 Комбинированная экструзия характеризуется одновременным протеканием в нескольких направлениях и применяется для изготовления деталей сложной формы.

Холодную высадку осуществляют путем деформации исходной заготовки многократным ударным нагружением в штампах. При этом происходит локальное увеличение поперечных размеров при одновременном уменьшении длины. Заготовка вставляется в матрицу с помощью пуансона, где осуществляется осадка. Детали, форму которых до необходимых размеров за один удар изменить не удастся, изготавливают на многопозиционных головочных станках.

Методом холодной высадки можно изготавливать изделия с поперечными параметрами 8–9 качества (допуск по точности), что позволяет использовать данную технологию для производства деталей, образующих сопряжение.

Объемное формование в закрытых или открытых штампах - это процесс формования изделия, при котором деталь получается путем сжатия заготовки в штампе. Это могут быть как открытые, так и закрытые марки. В открытых излишки металла стекают в полость, образуя засвет; у закрытых формование происходит без образования облоя.

Закрытые штампы из-за необходимости использования более мощного и дорогостоящего оборудования, а также их меньшей долговечности применяют преимущественно для производства деталей из цветных металлов. При таком способе формования деталей малого диаметра и большой высоты во избежание складок деталь можно обрабатывать за несколько проходов [2].

#### **Список использованных источников**

1 Теория обработки металлов давлением [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/335WiD>. – Дата доступа: 15.11.2023.

2 Основы технологический процессов обработки материалов давлением [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/335Wie>. – Дата доступа: 15.11.2023.

### Горизонтально-ковочная машина

Студенты гр. 10402220: Прохиро А.Д., Булва М.А., Гао Цзинчао  
Научный руководитель – Томило В.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Горизонтально-ковочная машина – это техническое устройство, применяемое в различных отраслях промышленности для обработки поверхностей различных материалов. Она используется для выполнения операций прокатывания, гнутья или прессования на плоской горизонтальной поверхности [1].

Принцип работы горизонтально-ковочной машины основан на применении ковочной силы для изменения формы материала. Машина обычно состоит из рамы, на которой установлен горизонтальный ковочный стол и инструменты для обработки материала. Ковочный стол может иметь различные размеры и формы, в зависимости от требований производства.

Один из основных способов применения горизонтально-ковочной машины – это производство деталей или изделий из металла. Металлические заготовки помещаются на ковочный стол, и с помощью специальных пресс-инструментов они подвергаются ковке для получения требуемой формы и размера. Горизонтально-ковочные машины могут использоваться для формирования деталей различных конструкций, включая автомобильные кузова, металлические корпуса электроприборов и другие изделия [2].

Кроме того, горизонтально-ковочные машины могут использоваться для обработки других материалов, таких как пластмасса или дерево. Например, в производстве пластиковых изделий горизонтально-ковочная машина может использоваться для формирования пластиковых деталей или листов путем прессования.

Преимущества горизонтально-ковочной машины включают:

- Высокая точность обработки. Горизонтально-ковочные машины обладают высокой точностью при формировании деталей или изделий. Это позволяет получать изделия с требуемыми размерами и формой, что важно для многих отраслей промышленности, где точность играет критическую роль;

- Возможность формирования сложных форм и размеров изделий. Горизонтально-ковочные машины предлагают широкий спектр возможностей для формирования сложных геометрических форм и размеров деталей. Это делает их привлекательными для производства различных изделий с заданными характеристиками;

- Высокая производительность. Благодаря автоматизированному управлению и усовершенствованным технологиям, горизонтально-ковочные машины обеспечивают высокую производительность. Они способны быстро и эффективно обрабатывать большие объемы материала, что позволяет сократить время производства и повысить общую эффективность процесса;

- Экономическая эффективность. Горизонтально-ковочные машины обладают высоким уровнем автоматизации, что позволяет снизить количество операций, связанных с ручной работой. Это ведет к сокращению трудозатрат и повышению рабочей эффективности, что в конечном итоге способствует экономической выгоде для предприятий;

- Гибкость в производстве. Горизонтально-ковочные машины могут быть настроены для обработки различных материалов, таких как металл, пластмасса, дерево и другие. Это позволяет применять их в разных отраслях промышленности и выполнять разнообразные задачи, включая гнутье, прессование или прокатывание;

- Удобство в эксплуатации. Благодаря автоматическому управлению и программному обеспечению, использование горизонтально-ковочной машины становится удобным и простым. Оператор может легко настроить и контролировать процесс обработки материала, а также мониторить качество выпускаемой продукции [3].

Горизонтально-ковочная машина является важным инструментом в различных отраслях промышленности. Она обладает большим потенциалом для производства деталей или из-

делий из различных материалов, обеспечивая высокую точность и производительность. Развитие технологий в этой области позволяет сократить время и затраты на производство, что способствует развитию современного производства.

#### **Список использованных источников**

- 1 Семенов, Е. И. Ковка и объемная штамповка / Е.И. Семенов // Высшая школа. – 1972. – №1. – С. 57–89.
- 2 Косилов, А. Г. Справочник технолога машиностроения / А. Г. Косилов // Машиностроение. – 1986. – № 2. – С. 42–78.
- 3 Ершов, В. И. Справочник кузнеца-штамповщика / В. И. Ершов // МАИ. – 1996. – № 3. – С. 89–95.

**Технологические особенности волочения проволоки в монолитной волоке**

Студенты гр. 10402220: Коротченко К.Г., Снежко А.В.

Научный руководитель – Томило В.А.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Волочение металлов – это процесс, при котором металлические изделия протягиваются через узкое отверстие, называемое волокой. Этот процесс используется для уменьшения диаметра и длины металлических изделий, а также для создания более точных форм и размеров.

Волочение металлов может быть выполнено вручную или с помощью специальных машин. В процессе волочения металл проходит через волоку, которая имеет форму отверстия, соответствующего размеру и форме конечного продукта. Волока может быть сделана из различных материалов, включая сталь, медь или бронзу.

При волочении металлов происходит деформация металла, что может привести к его разрыву или разрушению. Поэтому важно правильно выбрать материал волоки и контролировать процесс волочения.

Основным способом изготовления проволоки в настоящее время является волочение в монолитных волоках. Этот способ отличается относительной простотой и хорошо изучен теоретически. Для его осуществления имеется необходимое оборудование, освоено производство инструмента. Волооченные изделия отличаются большой точностью геометрических форм и высоким качеством поверхности.

При волочении проволоки для снижения трения применяют подготовку поверхности к волочению, которая заключается в очистке поверхности катанки (передельной проволоки) от окалины и загрязнений и нанесении специального подсмазочного слоя, а также обязательную подачу в очаг деформации технологической смазки. Снизить силу трения можно также изменением рабочей и калибрующей зон волоки [1].

Для очистки поверхности катанки (передельной проволоки) от окалины при производстве высокоуглеродистой проволоки применяют химические (травление в растворах серной и соляной кислот), механические (знакопеременный изгиб) и комбинированные методы обработки.

В качестве подсмазочных покрытий используют омеднение, фосфатирование, бурирование.

В последние годы, как в отечественной, так и в зарубежной практике производства проволоки для подготовки поверхности металла к волочению применяют комбинированные установки механического удаления окалины, совмещающие операции удаления окалины и нанесения подсмазочного слоя. Волочение высокоуглеродистой проволоки проводят на многократных волочильных станах всех применяемых сегодня типов: прямоточных, с накоплением, со сдвоенными барабанами, со скольжением [1].

Технологический процесс изготовления высокоуглеродистой арматурной проволоки кроме подпроцессов термообработки, подготовки поверхности металла и волочения включает операции профилирования (высокопрочная арматурная проволока), нанесение защитных металлических покрытий (проволока стальная канатная, кордовая) и т.д. [2].

Процесс волочения осуществляется путем приложения переднеотягивающего усилия к заготовке, которое создает благодаря эффекту клина необходимую для деформации металла поперечную силу и обеспечивает протягивание металла через неподвижную волоку, рабочая часть, которой имеет форму конуса. На поверхности раздела «металл – волока» действуют контактные силы трения, направленные против движения металла.

При волочении в монолитных волоках инструмент неподвижен, а при роликовом волочении ролики вращаются вокруг своих осей, что делает этот процесс схожим с прокаткой. Этим определяется различный характер действия контактных сил трения, играющих решающую роль в реальных процессах обработки металлов давлением. В роликовых волоках очаг деформации состоит из двух зон – отстаивания и опережения, что характерно для процесса

прокатки. Однако, если при прокатке преобладает зона отставания, то при протяжке в роликотых волокнах – зона опережения, т.к. ролики приводятся в движение силами трения, накопленными в этой зоне. Для волочения в роликах характерно сочетание двух схем напряженного состояния: двухстороннего сжатия растяжением, как при волочении, и всестороннего сжатия, как при прокатке. Чем меньшую роль в схеме главных напряжений играют растягивающие напряжения, тем большую способность к пластической деформации проявляет металл. Холоднокатаная проволока обладает более выраженной текстурой волокон и лучшим распределением деформаций по сечению, чем холоднотянутая проволока [2].

Основными технологическими преимуществами использования процесса волочения в монолитной проволоке:

- низкая чувствительность к наличию на поверхности окалины;
- отсутствие смазки и необходимости острения переднего конца;
- более длительный срок эксплуатации роликов;
- возможность работы на более высоких скоростях.

#### **Список использованных источников**

1 Перлин, И. Л. Теория волочения / И. Л. Перлин // Высшая школа. – 1971. – №1. – С. 57–89.

2 Косилов, А. Г. Справочник технолога машиностроения / А. Г. Косилов // Машиностроение. – 1986. – № 2. – С. 42–78.

### Горячая объемная штамповка на молотах

Студент гр.10402221 Евстратовский А.В.

Научный руководитель – Жогло А.Г

Белорусский национальный технический университет  
г.Минск

Молоты относятся к кузнечно-штамповочному оборудованию динамического действия. Основные их недостатки заключаются в передаче сотрясений при ударах на близко стоящее оборудование, на конструкции здания кузнечного цеха и окружающих строений, в большом шуме и невысокой точности получаемых поковок. Несмотря на эти недостатки молоты в настоящее время достаточно широко применяются в промышленности, так как динамическое воздействие на заготовку эффективно в случаях штамповки поковок сложной формы, а также при обработке труднодеформируемых и жаропрочных сплавов [1].

Для горячей объемной штамповки в настоящее время применяют паровоздушные, механические и гидравлические молоты. Наибольшее распространение получили паровоздушные молоты. Ниже подробно разобраны процессы горячей объемной штамповки на молотах, КГШП, ГКМ, как наиболее распространенные в общем машиностроении. От характера работы машины-орудия зависят многие факторы технологического процесса, такие, как способ нагрева, конструкция инструмента (штампа), количество переходов штамповки и т. п.

Паровоздушный штамповочный молот двойного действия (рисунок 1) работает по тому же принципу, что и ковочный, но имеет некоторые конструктивные отличия.

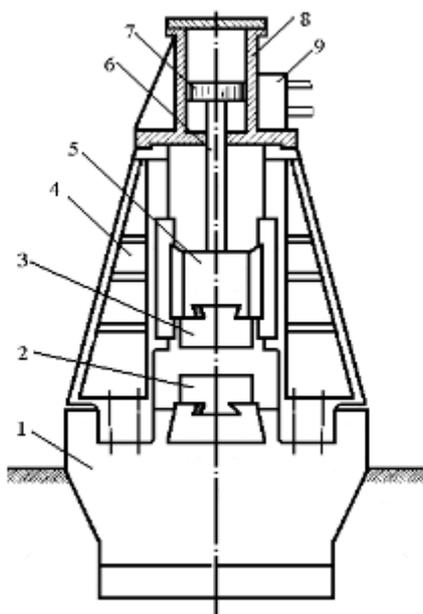


Рисунок 1– Схема паровоздушного штамповочного молота:

- 1 – шабот; 2 – нижняя часть штампа; 3 – верхняя часть штампа; 4 – баба; 5 – стойка;  
6 – шток; 7 – поршень; 8 – рабочий цилиндр; 9 – золотник

Если при ковке получают изделия простой формы, то при штамповке стремятся достичь максимального приближения формы поковки к форме готового изделия, и поковки получаются довольно сложными – с ребрами, выступами, полостями и т. п. Поэтому необходимо, чтобы удар был как можно жестче, т. е. максимальная доля энергии удара затрачивалась бы только на деформирование поковки. Это обеспечивается большой жесткостью падающих частей и большой массой шабота. Масса шабота штамповочного молота в 20 раз больше массы его падающих частей. Совмещение осей верхней и нижней частей штампа при штамповке

обеспечивается наличием удлиненных регулируемых направляющих и креплением стоек молота непосредственно на шаботе. В процессе штамповки кузнец сам управляет молотом, нажимая на педаль или рукоятку. Паровоздушные штамповочные молоты изготавливаются по ГОСТ 7024–75 восьми типоразмеров с массой падающих частей от 630 кг до 25 т [2].

Для штамповки применяются также паровоздушные бесшаботные молоты с двусторонним ударом (рисунок 2). У этих молотов отсутствует шабот, а бабы движутся навстречу друг другу. В результате энергия удара почти целиком расходуется на деформацию поковки взаимно поглощается бабами, не передаваясь на фундамент.

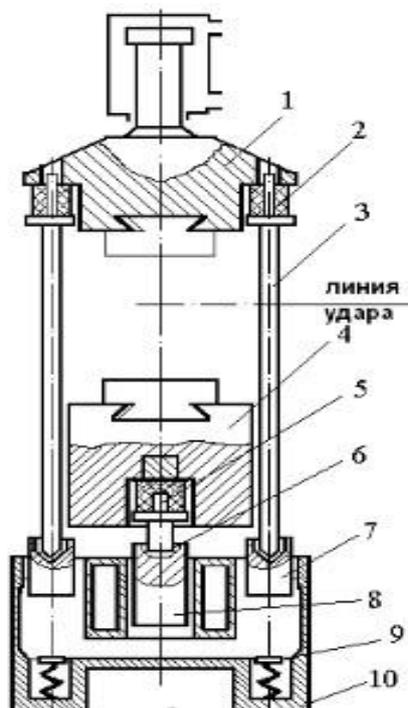


Рисунок 2 – Схема паровоздушного бесшаботного молота с гидравлической связью баб:

1 – верхняя баба; 2, 5 – амортизаторы; 3 – плунжер; 4 – нижняя баба; 6 – шток;

7, 8 – плунжеры; 9 – компенсаторы; 10 – нижняя поперечина

Верхняя баба 1 является ведущей. Перемещаясь вниз под действием давления пара или сжатого воздуха, она приводит в движение нижнюю бабу 4 через механическую или гидравлическую связь. При гидравлической связи нижняя баба 4 разгоняется силой давления жидкости в нижнем цилиндре. При движении верхней бабы 1 вниз штоки 3 давят на плунжеры 7, толкая их вниз. В результате жидкость (минеральное масло), находящаяся в замкнутом объеме, из боковых полостей корпуса нижней поперечины 10 вытесняется в среднюю и перемещает плунжер 8 вверх, а через шток 6 и нижнюю бабу 4 вверх вплоть до соударения. К моменту удара нижняя баба развивает такую же скорость, как и верхняя. В местах соединения штоков с бабами имеются амортизаторы 2, 5, а гидроудары в жидкости смягчаются компенсаторами 9.

Молоты такой конструкции обладают высокой надежностью и изготавливаются с энергией удара до 1 400 000 Дж, что эквивалентно паровоздушному молоту с массой падающих частей 70 000 кг. Главный недостаток бесшаботных молотов – невозможность штамповки в многоручьевых штампах, так как затруднено перемещение заготовки из ручья в ручей. Наилучшие результаты получаются при штамповке в одноручьевых штампах тяжелых заготовок осесимметричных деталей – шестерен, фланцев, втулок и т. п.

Механические молоты не могут развивать большой энергии удара, в силу чего постепенно выходят из употребления, а гидравлические пока еще не нашли широкого применения.

Схема гидравлического ковочного пресса с индивидуальным насосным безаккумуляторным приводом показана на (рисунок 3). Рабочее усилие пресса создается жидкостью (водной эмульсией или минеральным маслом), подаваемой под высоким давлением (20–30 МПа) в рабочий цилиндр 1 от насоса бчерез систему управления 5. Жидкость давит на плунжер 2, который передает усилие на подвижную поперечину 7. Последняя перемещается по колоннам 4, жестко соединенным верхней и нижней неподвижными поперечинами 3и9. При опускании поперечины 7 жидкость из возвратных цилиндров 10вытесняется плунжером 11. Заготовка деформируется бойками 8, которые прикреплены к неподвижной 9и подвижной 7 поперечинами.

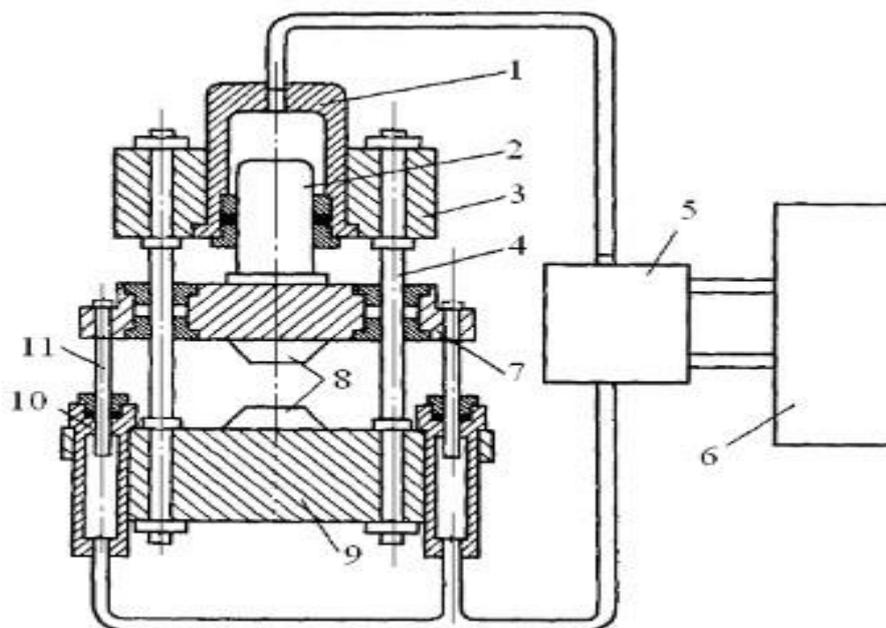


Рисунок 3 – Ковочный гидропресс:

- 1 – рабочий цилиндр; 2 – цилиндр; 3, 9 – неподвижные поперечины;  
 4 – колонны; 5 – блок управления; 6 – гидронасос; 7 – поперечина; 8 – бойки;  
 10 – возвратный цилиндр; 11 – плунжер

Для подъема поперечины 7 после совершения рабочего хода жидкость под давлением подается в возвратные цилиндры 10, а из рабочего цилиндра 1 вытесняется плунжером 2. Таким образом, поперечина совершает прямой и обратный ход. Прямой ход имеет два участка: ход приближения, при котором рабочий инструмент подводится к заготовке, и рабочий ход, при котором непосредственно деформируется заготовка. Остановка подвижной поперечины для выполнения вспомогательных операций (смены инструмента, перемещения заготовки и т.п.) называется технологической паузой.

### Список использованной литературы

1 Уфимский Государственный Авиационный Технический Университет Российская Федерация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/>. – Дата доступа: 07.11.2023.

2 Технология конструкционных материалов / А. М. Дальский [и др]. – М.: Машиностроение, 1997. – 664 с.

**Исследование зависимости стойкости разделительных штампов от величины перемычки в заготовке**

Студент гр. 10402221 Лыщик Е. Н.  
Научный руководитель – Костюченко Ю.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Стойкость разделительных штампов во многом определяется от используемой технологии, являющейся частью разрабатываемого технологического процесса. Сюда следует отнести выбор раскроя, который может как включать наличие перемычек (раскрой с отходом), так и исключать их (раскрой без отхода).

Наличие или отсутствие перемычек в раскрое в первую очередь оказывает влияние на экономическую составляющую технологического процесса, так как безотходный раскрой обеспечивает возможность для получения более высокого коэффициента использования материала. Тем не менее, при попытках уменьшить перемычки, как боковые, так и междетальная, это может привести к серьёзному влиянию на стойкость разделительных штампов, особенно при получении изделий вырубкой и пробивкой.

При уменьшении величины перемычки обеспечивается более высокий коэффициент использования материала, однако, это также приводит к смещению оси пуансона относительно оси матрицы, что создаёт неравномерность зазора, и приводит к неравномерному износу рабочего инструмента, что в свою очередь снижает стойкость штампов.

Уменьшение величины нормальной перемычки на треть, приводит к ускорению износа рабочего инструмента на 30–40 %, а при двукратном уменьшении перемычки – до 70 %. Наиболее неблагоприятным случаем является отсутствие перемычки, так как в этом случае износ возрастает в 1,5–2 раза [1].

На основании этого, важным заключением будет то, что использование безотходного раскроя следует использовать в тех случаях, когда стойкость штампов не сказывается на производстве.

**Список использованных источников**

1 Михаленко, Ф. П. Стойкость разделительных штампов / Ф. П. Михаленко. – М.: Машиностроение, 1976. – 207 с.

**Высокоточная горячая объемная штамповка**

Студент гр. 10402221 Кусиков А.С.  
Научный руководитель – Жогло А.Г.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Высокоточная горячая объемная штамповка является одним из современных методов изготовления штампованных изделий с высокой точностью и сложной геометрией. Этот процесс занимает важное место в современной промышленности, так как позволяет получать изделия с высокой прочностью, точностью геометрии и увеличенным сроком службы.

Рабочие элементы штампа для высокоточной горячей объемной штамповки включают: матрицу, ударник, направляющие элементы, фиксаторы и механизмы управления.

**Матрица:** это основной рабочий элемент, который используется в штампе для формирования и трансформации заготовки. Матрица имеет специальную форму, которая позволяет создавать требуемую геометрию и размеры детали.

**Ударник:** это часть штампа, которая оказывает ударную силу на матрицу и помогает создавать необходимую форму и размер детали. Ударник может быть осуществлен как с помощью гидравлического или пневматического привода, так и с использованием механического механизма.

**Направляющие элементы:** они предназначены для поддержки и направления движения рабочих элементов штампа, таких как матрица и ударник. Направляющие элементы обеспечивают правильное выравнивание и движение рабочих элементов, что позволяет достичь точности и повторяемости процесса штамповки.

**Фиксаторы:** они используются для закрепления заготовки на месте во время процесса штамповки. Фиксаторы могут быть фиксированными или подвижными, в зависимости от требований процесса.

**Механизмы управления:** они включают в себя все необходимые компоненты и механизмы для управления и контроля процесса штамповки. Это может включать в себя гидравлические или пневматические цилиндры, клапаны, датчики и другие элементы, которые обеспечивают правильную работу штампа.

Особенностями процесса являются: детали, получаемые с высокой точностью (4-6 квалитет). Квалитет точности 4 имеет самую высокую точность размеров с наименьшими допусками, наименьшие деформации и искажения геометрии с наиболее гладкой поверхностью без видимых дефектов. Квалитет точности 5 будет обладать более высокой геометрической точностью с меньшими деформациями и искажениями, так же будет иметь более гладкую поверхность с меньшими дефектами. Квалитет точности 6 обеспечит наименьшую точность размеров с известным допуском, может иметь некоторые деформации и искажения геометрии детали с грубой поверхностью и небольшими.

Преимущества высокоточной горячей объемной штамповки включают:

1 **Высокая точность и повторяемость:** этот процесс позволяет получать детали с высокой точностью геометрии и повторяемостью. Это особенно полезно при изготовлении сложных деталей или при производстве деталей, требующих строгих размерных требований.

2 **Высокая прочность и стабильность:** процесс горячей объемной штамповки обеспечивает высокую прочность и стабильность деталей благодаря интенсивному нагреву и высокому давлению, применяемому во время процесса.

3 **Возможность использования широкого спектра материалов:** высокоточная горячая объемная штамповка позволяет использовать различные металлические сплавы, включая сталь, алюминий, медь и т.д., что обеспечивает широкий спектр возможных приложений.

Однако, недостатки высокоточной горячей объемной штамповки также должны быть учтены. Некоторые из них включают в себя:

1 Высокая стоимость процесса: процесс горячей объемной штамповки требует использования специального оборудования и материалов, что может привести к высокой стоимости процесса передачи.

2 Ограничения геометрии: хотя этот процесс обеспечивает высокую точность геометрии, он также имеет некоторые ограничения в форме и геометрии изделий. Например, процесс может испытывать сложности при формировании изделий с тонкими стенками или с очень сложными геометрическими формами [1].

Горячая объемная штамповка подразделяется на различные виды в зависимости от типа штампа, типа оборудования, на котором она производится, от расположения заготовки в штампе и других факторов. Высокоточная горячая объемная штамповка проводится в закрытых штампах (рисунок 1) [2].

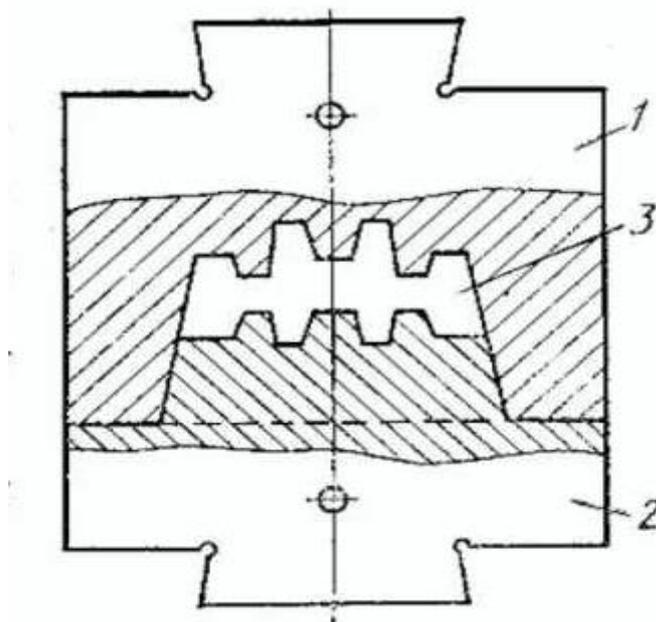


Рисунок 1 – Штамповка в закрытом штампе  
1 – верхняя часть штампа, 2 – нижняя часть штампа, 3 – ручей.

В целом, высокоточная горячая объемная штамповка является важным производственным процессом, который позволяет создавать сложные детали с высокой точностью и высокой производительностью. Она играет ключевую роль в различных отраслях промышленности и способствует развитию современных технологий и инноваций.

Благодаря своим преимуществам высокоточная горячая объемная штамповка широко применяется в автомобильной промышленности. Она также используется для создания медицинского оборудования, электронных компонентов и других высокоточных продуктов и от выбора качества этого процесса зависит степень точности и сложности возможной для изготовления детали.

#### Список использованных источников

1 Семенов, Е. И. Горячая штамповка: учебное пособие / Е. И. Семенов. – М.: Московский государственный технический университет, 2013. – 204 с.

2 Studfile [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/4242015/page:8/>. Дата доступа: 25.10.2023.

## Магнитно-импульсная обработка как перспективный метод повышения износостойкости металлорежущего инструмента

Студент гр.10402221 Багнюк Н.А.

Научный руководитель – Жогло А.Г.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Повышение износостойкости металлорежущего инструмента является крайне важным вопросом в современном машиностроении. Основными направлениями повышения износостойкости инструмента являются применение новых материалов и физические методы, изменяющие физико-механические свойства уже используемых материалов инструмента. Одним из таких методов поверхностного упрочнения металлорежущего инструмента является магнитно-импульсная обработка (МИО). Она основана на применении магнитного импульсного поля на поверхность металлорежущего инструмента, что способствует улучшению её механических и физических свойств. Помимо повышения твердости поверхности и износостойкости металлорежущего инструмента магнитно-импульсная обработка приводит к уменьшению остаточных и усталостных напряжений [1].

Внедрение МИО позволяет повысить износостойкость металлорежущего инструмента, оснащенного пластинами из металлокерамических твердых сплавов типа вольфрамовых (ВК), титановольфрамовых (ТК) и титанотанталовольфрамовых (ТТК). Сущность МИО заключается в том, что металлорежущий инструмент перед обработкой помещают в полость магнита, соединенного с возбудителем импульсов. При магнитном воздействии металл изменяет свои физические и механические свойства. Улучшение свойств у металлорежущего инструмента прошедшего МИО, достигается за счет направленной ориентации свободных электронов вещества внешним полем, вследствие чего увеличивается тепло- и электропроводимость материала.

Основными преимуществами МИО являются:

- упрочнение металлорежущего инструмента любой конструкции;
- простота технологической оснастки и малое количество расходных материалов;
- экологичность;
- низкая себестоимость.

Широкому практическому применению технологии МИО в промышленности препятствуют следующие факторы:

- низкая эффективность обработки;
- длительность обработки (от 2 до 10 импульсов с выдержкой до 20 мин);
- применение дополнительных сред.

Для реализации процесса МИО используется устройство управления. Оно предназначено для управления зарядом и разрядом накопителя и включает в себя схему на реле времени, а также исполнительные устройства на реле и магнитных пускателях. Устройство управления позволяет устанавливать режимы обработки изделия, то есть задавать определенные параметры магнитной энергии и длительность её воздействия. Это позволяет подбирать режимы обработки металлорежущего инструмента и использовать данное устройство для научных исследований [2].

Эффект упрочнения металлорежущего инструмента при применении МИО определяется следующими параметрами воздействующего магнитно-импульсного поля:

- напряженностью магнитного поля;
- продолжительностью и амплитудой импульсов;
- количеством импульсов.

Под действием магнитного поля в металле происходит образование новой структуры, характеристики которой зависят от величины напряженности магнитного поля. Структура

упрочненного слоя отличается высокой дисперсностью и улучшенными эксплуатационными характеристиками.

Металлорежущий инструмент обрабатывается как постоянным магнитным полем, так и магнитно-импульсным полем напряженностью от 100 до 2000 кА/м, при длительности импульса от 0,1 до 1,5 с. Время и величина напряженности магнитного поля зависит от материала металлорежущего инструмента и его размеров. При этом стойкость инструмента, обработанного в магнитном поле, повышается в 2–4 раза.

МИО осуществляется в цилиндрическом индукторе в магнитно-импульсной установке (МИУ). К характеристикам магнитного цилиндрического индуктора относятся:

- длительность магнитного импульса;
- максимальная энергия импульса;
- амплитуда тока.

К основным элементам МИУ относятся:

- силовая часть установки. Она выполняет функцию формирования магнитного импульса;
- задний блок управления. Он выполняет функцию преобразования переменного напряжения в постоянное. Напряжение на блок управления подается через силовой автомат, рассчитанный на силу тока 160 А.;
- передний блок управления. Он согласовывает сигнал заднего и дверного блока управления;
- датчик фазы. Он предназначен для отображения нагрузки на трёх фазах за счет световых диодов. Блок позволяет определить причину неисправности определенного блока;
- драйвер зажигания. Объединяет работу заднего и переднего блок для управления тиристорами. В него входит блок ВЧ-защиты.

Соленоид МИУ имеет значительную индуктивность, и ток в нем не может меняться мгновенно. После включения ток в соленоиде нарастает и после открывающего сигнала его ток замыкается через дополнительный диод и начинает убывать. Если питающая сеть маломощная, то время нарастания тока соленоида может отличаться от времени спада [3].

МИО может применяться как с использованием воздушного пространства внутри соленоида, так и с применением ферромагнетика. Основные технические характеристики МИУ представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные технические характеристики МИУ

Параметры	МИП-18	МИУ-3
Максимальная запасаемая энергия, кДж	15	8
Максимальное рабочее напряжение, кВ	13,3	6,0
Емкость накопителя, мкФ	180	450
Потребляемая мощность, ВА	< 3000	< 3000
Напряжение питающей сети, В	220	220
Частота питающей сети, Гц	50	50
Глубина установки, мм	620	450
Ширина установки, мм	1270	950
Высота установки, мм	1760	1760
Масса установки, кг	550	400
Производительность, импульсов/мин	до 5	до 3

МИО представляет собой комплексное воздействие на металлическую поверхность и является перспективным методом повышения износостойкости металлорежущего инструмента.

### Список использованной литературы

1 Курепин, М. О. Комбинированная магнитно-импульсная обработка режущего инструмента / М. О. Курепин, А. Ю. Козлюк, А. Г. Овчаренко // Обработка металлов. – 2010. – № 9. – С. 26–29.

2 Магнитно-импульсная обработка как перспективный метод повышения износостойкости металлорежущего инструмента / Д. В. Водин // Технические науки: проблемы и перспективы : материалы III Междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, июль 2015 г.).

3 Эффективная магнитно-импульсная обработка режущего инструмента / А. Г. Овчаренко, А. Ю. Козлюк // Обработка металлов. – 2009. – № 1. – С. 4–7.

## Прокатка с наклонными вальцами

Студент гр.10402221 Вашкевич А.А.

Научный руководитель – Жогло А.Г.

Белорусский национальный технический университет  
г.Минск

Прокатка с наклонными вальцами – это один из важных процессов в металлургической промышленности, используемый для обработки металлических заготовок и получения различных видов прокатных изделий. В данном реферате рассмотрим основные аспекты этого процесса.

Прокатка с наклонными вальцами представляет собой метод обработки металла, при котором металлическая заготовка подвергается давлению и деформации путем прохождения через специальные вальцы, установленные под наклоном. Этот угол наклона может варьироваться в зависимости от требований к конечному продукту.

Основные этапы прокатки с наклонными вальцами включают:

1 Подготовка заготовки: Металлическая заготовка должна быть предварительно обработана, очищена от окислов и загрязнений, чтобы обеспечить качественное прокатывание.

2 Прокатка: Заготовка подается между наклонными вальцами, где происходит деформация материала. Этот процесс может быть однопроходным или многопроходным, в зависимости от толщины и требований к конечному продукту.

3 Охлаждение: Прокатанный материал охлаждается, чтобы предотвратить перегрев и обеспечить необходимые механические свойства.

4 Резка и формирование: Прокатанный материал может быть обрезан и дополнительно обработан для получения конечного вида и размеров изделия, например для производства стальных листов, балок, профилей и труб.

Преимущества прокатки с наклонными вальцами включают возможность производства изделий различной формы, высокую производительность и точность размеров. Этот метод также широко используется в производстве листового металла, труб и других металлических изделий.

Однако прокатка с наклонными вальцами требует высокоточного оборудования и контроля процесса, что может повышать стоимость производства. Кроме того, необходимо учитывать материал и его свойства при выборе оптимальных параметров прокатки [1].

В заключение, прокатка с наклонными вальцами – это важный и широко используемый процесс в металлургической промышленности, который позволяет производить металлические изделия различной формы и размеров. Он требует высокой технологической оснащенности и профессионального управления процессом для достижения высокого качества продукции.

Контроль качества играет важную роль в процессе прокатки с наклонными вальцами. На этапе производства необходимо непрерывно мониторить размеры, форму и механические свойства прокатываемого материала. Это обеспечивает соответствие продукции стандартам и требованиям заказчиков.

С развитием технологий в области металлургии и машиностроения, появляются новые методы и оборудование для улучшения процесса прокатки с наклонными вальцами. Это включает в себя автоматизацию, использование компьютерного управления и современные материалы.

В зависимости от конкретных требований производства и характеристик материала, метод прокатки с наклонными вальцами может быть наиболее подходящим способом для получения необходимых металлических изделий. Этот процесс остается ключевым элементом металлургической промышленности, способствуя созданию широкого спектра продукции, от автомобильных кузовов до строительных материалов [2].

### **Список используемых источников**

1 Черепахин, А.А. Технология машиностроения. Обработка ответственных деталей: учебное пособие для среднего профессионального образования / А.А. Черепахин, 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.

### Особенности прокатного стана

Студент гр.10402221 Зарбиев Е.В.  
 Научный руководитель – Жогло А.Г.  
 Белорусский национальный технический университет  
 г.Минск

Прокатный стан – это оборудование, используемое для изменения формы и размеров различных материалов путем воздействия на них давлением посредством валков (рисунок 1). Прокатный стан может быть использован для обработки различных материалов, таких как металлы, пластмассы и др.



Рисунок 1 – Строение прокатного стана:  
 1 – рабочая клетка; 2 – шпиндель; 3 – шестеренная клетка;  
 4 – электродвигатель; 5 – муфта; 6 – редуктор

Процесс работы прокатного стана включает в себя прохождение материала через два или более вращающихся валка, которые изменяют его конфигурацию. Валки могут иметь различные формы и размеры в зависимости от требуемого окончательного продукта.

Прокатный стан в обработке материалов давлением используется для производства различных изделий, таких как листовая металл, проволока, трубы, специальные профили и т.д. Этот процесс позволяет получать заготовки с повышенными физическими свойствами материалов, например, для увеличения их прочности или эластичности.

В зависимости от потребностей производства и требований к окончательному продукту, прокатный стан может быть настроен на различные параметры, такие как скорость проката, сила давления и температура. Оптимальные параметры выбираются исходя из характеристик обрабатываемого материала и требуемых свойств окончательного изделия.

Важно отметить, что использование прокатного стана в обработке материалов давлением требует соблюдения всех необходимых мер предосторожности и правил безопасности, чтобы предотвратить возможные травмы и повреждения оборудования.

В зависимости от параметров конечного продукта, эти машины могут быть нескольких типов. Заготовочные и обжимные (слябинги и блюминги) предназначены для получения из крупного слитка металла заготовки, которая поступает для дальнейшей обработки на специальное прокатное устройство. К оборудованию последнего вида, на котором уже получают металлический прокат требуемой конфигурации, относятся сортовые, трубные и проволочные станы. К категории сортовых станков относится оборудование для производства различных видов проката. Так, это могут быть станы для производства листовой стали, уголков, швеллеров, рельсов и др. В зависимости от своих функциональных возможностей, такие станы могут быть

крупно- и среднесортными, рельсопрокатными и категории MPS, на которых получают профили различного сечения [1].

Листовые прокатные станы, способные обрабатывать заготовки методом холодного или горячего деформирования, используются для получения металлических плит (толщина 50–350 мм), листового металла (3–50 мм) и полос (1,2–20 мм). Готовые изделия после производства сматываются в рулоны массой до 50 тонн.

Классификация прокатных станов, на которых производятся различные виды бесшовных труб, разделяет их на следующие категории:

- 1) непрерывно-удлинительные, на которых производят трубы сечением до 110 мм;
- 2) короткоправочные станы, для производства труб диаметром 60–450 мм;
- 3) оборудование трехвалкового типа – для изготовления толстостенных труб диаметром 35–200 мм (трубы, получаемые на таком оборудовании, отличаются пониженной степенью разностенности);

Конструкция любого прокатного стана включает в себя два типа производственных линий: рабочие и вспомогательные. Первые включают в себя оборудование непосредственно обрабатывающее материал, а вторые – оборудования, обеспечивающие обработку.

В состав рабочих клеток входят: валки, по которым перемещается материал, установочные механизмы, станины, плитовины. Движение всех рабочих частей прокатного стана обеспечивают мощные электродвигатели, которые соединяются с ними посредством элементов передаточного устройства: муфт, шпинделей и шестерен.

#### **Список используемых источников**

1 Барков, Н. А. Оборудование прокатно-прессово-волочильных цехов: учеб. пособие / Н. А. Барков. – К: Сибирский федеральный университет, 2011. – 25 с.

2 Долженков, Ф. Е. Оборудование прокатных станов: учеб пособие / Ф. Е. Долженков. – Д: Донецкий Национальный Технический Университет, 2005. – 44 с.

## Штампы (матрицы и пуансоны)

Студент гр. 10402221 Лебедев Д.В.

Научный руководитель – Жогло А.Г.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Штампы являются основными инструментами в процессе штамповки, которая используется для превращения плоского листового материала в трехмерную форму. Штампы состоят из матриц и пуансонов, которые работают вместе для формирования предметов по желаемому дизайну.

Матрицы (иногда называемые также нижними штампами) – это основные части штампов. Они обычно имеют положительную форму предмета, который необходимо создать. Матрицы изготавливаются с помощью токарных станков, фрезеровки и электроэрозионных станков, чтобы создать требуемую форму с высокой точностью. Матрицы обычно изготавливаются из высокопрочной стали, так как они должны выдерживать высокое давление и износ.

Пуансоны (иногда называемые также верхними штампами) – это вторая часть штампа, которая работает с матрицами. Они имеют отрицательную форму предмета и исполняют функцию проталкивания материала в матрицы. Пуансоны также изготавливаются из высокопрочной стали и должны быть точно соотнесены с матрицами [1].

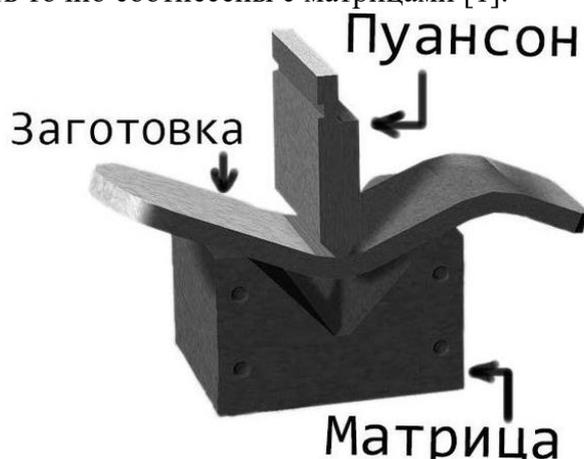


Рисунок 1 – Штамповка

В процессе использования штампов, пуансоны опускаются на матрицы с высокой скоростью, чтобы проталкивать материал в требуемую форму. Это может происходить путем обычного удара или гидравлического давления, в зависимости от конкретных требований процесса. Штампы могут быть использованы для формирования различных предметов, таких как кузова автомобилей, электронные компоненты, металлическая мебель и многое другое.

Важно отметить, что штампы требуют регулярного обслуживания и замены, так как они подвергаются износу и повреждениям со временем. Отправка штампов на обслуживание и замену является важной частью производственного процесса, чтобы гарантировать качество и точность получаемых предметов.

Штампы являются неотъемлемой частью процесса штамповки и позволяют создавать сложные и высокоточные предметы. Они играют важную роль в производственной индустрии и обеспечивают эффективность и надежность процесса штамповки.

Основные виды штампов:

Простые штампы: состоят из одного пуансона или одной матрицы и используются для создания простых отверстий, углублений, выпуклостей и т. д.

Составные штампы: состоят из нескольких пуансонов и матриц, которые могут взаимодействовать между собой для создания сложных форм.

Прогрессивные штампы: используются для выполнения последовательных операций на непрерывной полосе материала. Каждая станция штампа выполняет определенную операцию, и материал постепенно переносится через все станции.

Гибочные штампы: используются для согнутых или изогнутых деталей. Они имеют две половины матрицы, между которыми материал искривляется в нужной форме.

Выдавливающие штампы: позволяют вырезать детали из материала. Они могут содержать несколько пуансонов различных форм и размеров для создания разнообразных вырезов.

Формовочные штампы: используются для создания трехмерных форм, например, при производстве кузовных деталей для автомобилей.

Штампы для чередования: содержат несколько пуансонов и матриц, которые могут меняться в процессе работы для создания различных деталей или углублений.

Штампы для вытягивания: применяются для вытягивания материала в форму, например, для производства труб или бутылок.

#### **Список использованных источников**

1 Семенов, Е. И. Горячая штамповка: учебное пособие / Е. И. Семенов. – М.: Московский государственный технический университет, 2013. – 164 с.

**Особенности разработки штампованных дисков для автомобиля**

Студент гр. 10402221 Лукашевич В.В.

Научный руководитель – Жогло А.Г.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

«Штампованные диски: неизменный выбор автомобилистов» – это один из наиболее часто используемых типов дисков на автомобилях (рисунок 1). Их создают посредством процесса штамповки листового металла, и они обладают набором характеристик, которые делают их желанными для автомобильных производителей и владельцев автомобилей.



Рисунок 1 – Штампованный диск

В наши дни широко используются следующие методы производства автомобильных колес из алюминиевых сплавов: объемная штамповка и раскатка; литье под низким давлением и сочетание литья и деформационных методов для создания элементов, их сварка или болтовое соединение [1].

Объемная штамповка осуществляется в неразъемных или разъемных матрицах. Перед каждым процессом прессования, как заготовка, так и рабочие штампы, нагреваются до температуры в несколько сотен градусов. Несмотря на то что прессы обладают достаточно большой мощностью (до 20 тыс. тонн), процесс горячей штамповки происходит медленно. Нагрев и низкая скорость деформации исключают возможность образования нежелательных разрывов и трещин в теле заготовки.

После штамповки заготовка подвергается закалке и искусственному старению. Затем, после многочисленных проверок и выборочного контроля качества (структура волокон), заготовка проходит механическую обработку на токарных и фрезерных станках, в результате чего превращается в готовое изделие (рисунок 2) [1].

Обычно штампованные диски изготавливаются из сплавов алюминия [2]. Выбор конкретного сплава определяется по нескольким критериям, включая необходимую прочность, вес, термическую стабильность и другие характеристики).

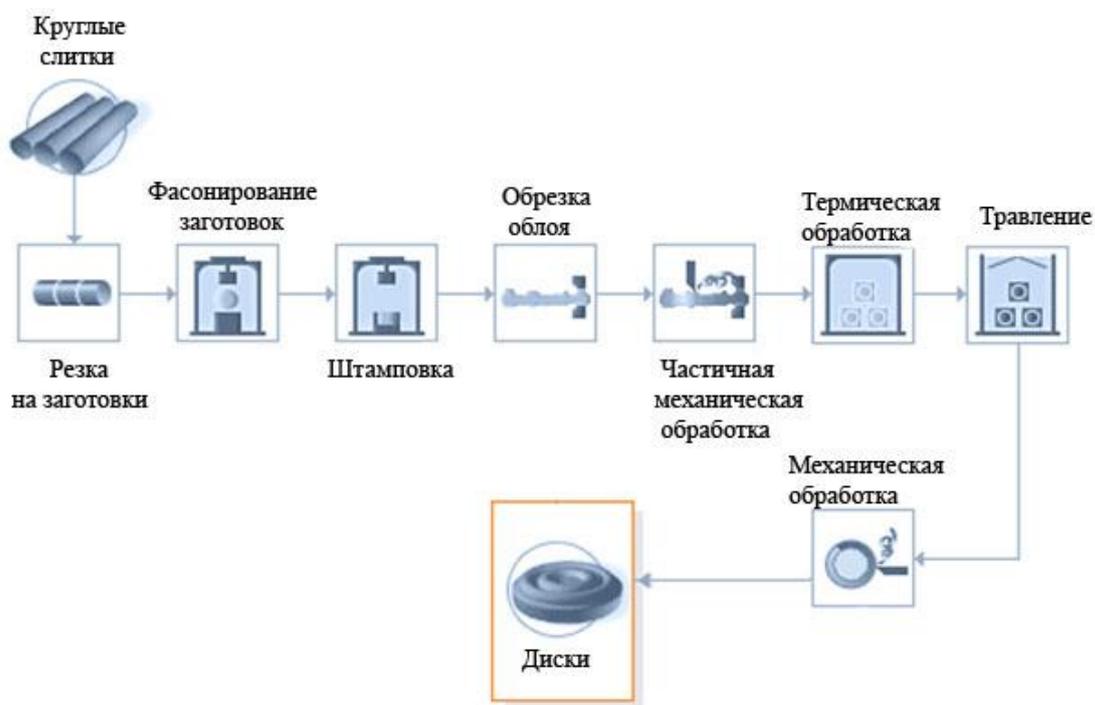


Рисунок 2 – Схема цикла производства кованных дисков колес

Штампованные диски могут быть самыми разнообразными по дизайну, включая различные формы кромок, спиц и отверстий для крепления. Дизайн диска влияет не только на его внешний вид, но и на его вес и аэродинамические свойства. Дизайнеры учитывают все эти факторы при разработке штампованных дисков, чтобы создать не только привлекательные, но и функциональные детали. Кроме того, дизайн дисков часто разрабатывается с использованием компьютерного 3D-моделирования. В этом процессе широко используются такие программы, как Qform, DEFORM 3D, MathCad, MATLAB и другие (рисунок 3).

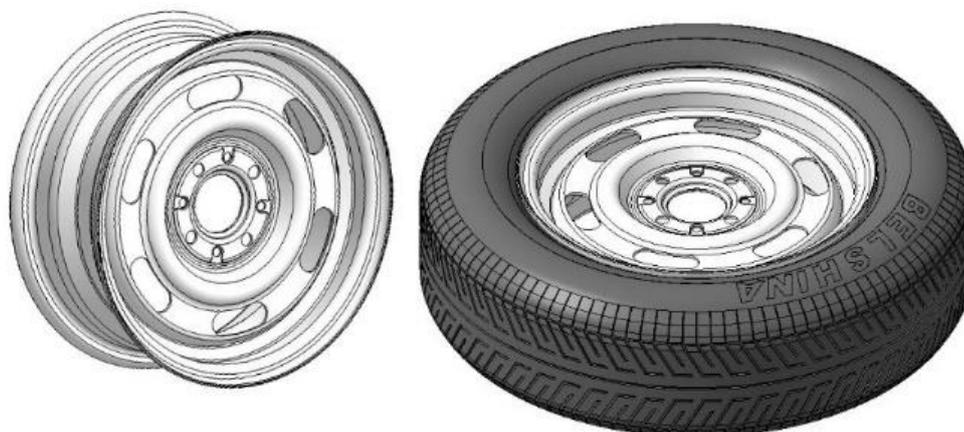


Рисунок 3 – Компьютерная модель штампованного диска

Процесс создания штампованных колесных дисков для автомобилей требует учета множества аспектов. Ниже перечислены некоторые из них:

Штампованные диски должны быть достаточно прочными и жесткими, чтобы выдерживать нагрузку и устойчиво вести себя при деформации в процессе эксплуатации автомобиля. При разработке учитываются такие факторы, как диаметр диска, толщина его стенок и форма, чтобы обеспечить необходимые механические характеристики.

После штамповки диски обычно подвергаются термической обработке, включающей закаливание и искусственное старение, чтобы улучшить их прочность и другие свойства [3].

Этот процесс способствует улучшению механических характеристик диска и повышает его устойчивость к нагрузкам).

При создании штампованных дисков проводится строгий контроль качества, включающий проверку размеров, геометрии, покрытия, прочности и других характеристик дисков. Это обеспечивает соответствие каждого диска требованиям безопасности и производственным стандартам.

При создании штампованных дисков проводится инженерный расчет, чтобы определить оптимальную геометрию и размеры диска. Это включает расчет напряжений, деформаций, прочности и устойчивости диска при эксплуатации. Инженеры также учитывают различные факторы, такие как динамика движения автомобиля, нагрузки на диск, тепловые воздействия и требования к тормозной системе.

Разработка штампованных дисков включает определение оптимального технологического процесса изготовления. Это включает выбор оборудования, определение последовательности операций и параметров обработки, таких как температура, время, давление и скорость. Технологический процесс также учитывает требования к точности, повторяемости и эффективности производства дисков. Ниже представлены количественные данные, которые используются в технологическом процессе создания дисков на ОАО «Автодизель»:

Алюминиевые сплавы, используемые для штамповки дисков, обычно имеют температуру плавления в диапазоне от 600 до 700 °С.

Давление в процессе штамповки дисков может применяться да в диапазоне от 2000 до 5000 Па.

Длительность термической обработки после штамповки диска может составлять около 2-3 часов, включая этапы нагрева, выдержки при определенной температуре и охлаждения.

Штампованные диски обычно имеют толщину в диапазоне от 2 до 10 мм, в зависимости от размера и требований конкретного автомобиля.

Диаметр штампованных дисков может варьироваться от 14 дюймов для легковых автомобилей до более чем 24 дюймов для грузовиков и внедорожников.

Масса штампованного диска зависит от его размера, толщины и конструкции, и может колебаться от нескольких килограммов до нескольких десятков килограммов.

Штампованные диски обычно должны соответствовать определенным прочностным требованиям, таким как сопротивление механическим нагрузкам и устойчивость к деформациям. Прочностные характеристики могут быть определены через различные испытания, такие как испытание на изгиб, нагрузочные испытания и другие.

После создания прототипа штампованного диска проводятся испытания и тестирование для оценки его производительности и соответствия требованиям. Это включает испытания на нагрузку, устойчивость к вибрациям, износу, устойчивость к коррозии и др. Испытания проводятся в соответствии с международными стандартами и нормами безопасности [4].

Разработка штампованных дисков – это процесс непрерывного совершенствования, основанный на поддержании конкурентоспособности и отвечающий на изменения в требованиях рынка и технологических возможностях. Компании постоянно стремятся улучшить производительность, качество, безопасность и внешний вид своих штампованных дисков, опираясь на новейшие разработки и инновации.

Создание штампованных дисков для автомобилей – это сложный и многосторонний процесс, требующий тщательной работы инженеров, дизайнеров и технологов. Цель этой работы – создание дисков, которые обеспечивают надежность, производительность и безопасность при эксплуатации автомобиля.

### Список использованных источников

1 Семенов, Е.И. Ковка и объемная штамповка / Семенов Е.И. Высшая школа. – 1972. – С. 352–354.

2 Ковка и штамповка: справочник. В 4-х т./ Ред.совет: Е.И.Семенов (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1987. - Т.3. Холодная объемная штамповка./ Под ред. Г.А.Навроцкого, 1987– С. 384–385.

3 Ковка и штамповка: Справочник. В 4-х т./ Ред.совет: Е.И.Семенов (пред.) и др. –М.: Машиностроение, 1987. – Т.4. Листовая штамповка./ Под ред. А.Д.Матвеева, 1987– С. 544.

4 Способ изготовления деталей типа дисков автомобильных колес : пат. № 2093294 МПК В 21 Н 1/00, В 21 D 53/26 / Утяшев Ф.З., Кайбышев О.А., Фархутдинов К.Г. – № 94010932/02 ;заявл. 29.03.1994 ;опубл. 20.10.1997.

**Методы выявления следов коррозии на заготовках для листовой  
штамповки методами технического зрения**

Студентка гр. 10402221 Василевская Е.Д.

Научный руководитель – Костюченко Ю.А.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Коррозия на поверхность заготовок, использующихся для последующих формоизменяющих операций, таких как гибка, вытяжка, формовка и пр., может привести к ухудшению качества изделий, появлению складок и других дефектов, которые не поддаются исправлению. Коррозия может привести к утрате прочностных характеристик, функциональных свойств и внешнего вида изделия, что, в свою очередь, уменьшает его срок службы и может привести к отказу изделия при эксплуатации.

На основании этого возникает необходимость в контроле состояния поверхности штампуемого материала, однако, при штамповке на прессах в автоматическом режиме это может вызывать определённые трудности. Вызванные, как правило, отсутствием возможности досконального контроля за поверхностными дефектами [1].

Использование современных систем технического зрения позволяет обрабатывать такую информацию и осуществлять отсеивание заготовок, которые могут быть непригодными для последующей штамповки, либо же осуществлять контроль степени коррозии на поверхности.

Для реализации подобной системы требуется наличие камеры, средства обработки информации и программы, адаптированной под выполнение поставленной задачи [2].

Типовым примером программы для выявления дефектов в виде коррозии на поверхности заготовок под последующую штамповку, может являться программный код, реализованный при помощи высокоуровневого языка программирования Python, который может быть запущен с устройств различного типа, и ряда дополнительных модулей (NUMPY и OpenCV).

Данный программный код обеспечивает возможность для выявления дефектов в виде коррозии на поверхности заготовок перед последующей штамповкой. Программа автоматически выявляет следы коррозии и выделяет их путём обводки (рисунки 1, 2).



Рисунок 1 – Пластина со следами коррозии до обработки системой

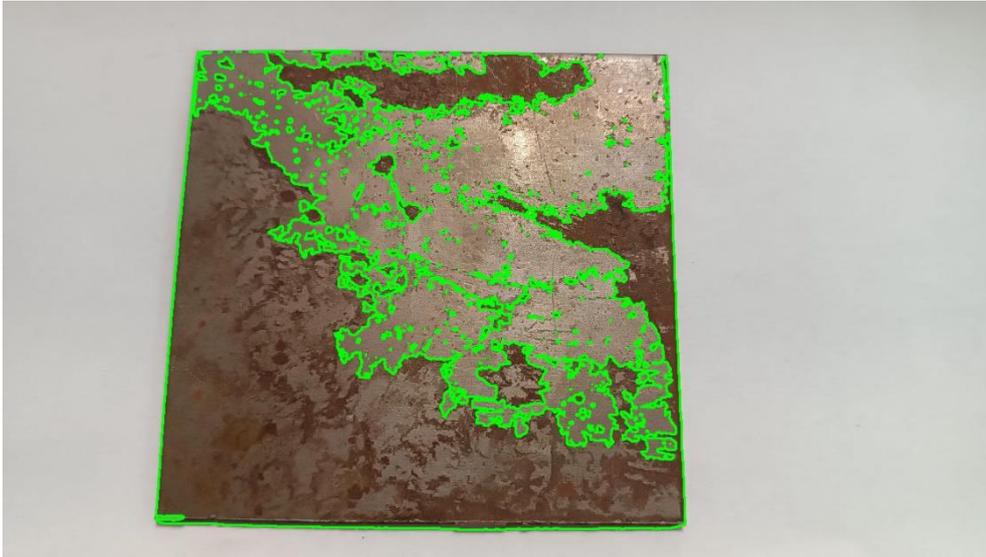


Рисунок 2 – Пластина со следами коррозии после обработки системой

Таким образом, выявленная зона со следами коррозии выявляется при обработке изображения с камеры. При необходимости, может задаваться процентное соотношение площади коррозионного загрязнения к площади поверхности заготовки, в случае наличия особых требований.

#### **Список используемой литературы**

1 Костюченко, Ю. А. Методика контроля размеров штампованных деталей методом технического зрения / Ю. А. Костюченко, А. Н. Боярчук, И. Л. Кулинич // Современные технологии для заготовительного производства [Электронный ресурс]: сборник научных работ Республиканской научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных работников, докторантов и аспирантов МТФ БНТУ (проводится в рамках 75-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных работников, докторантов и аспирантов БНТУ), 14 апреля 2022 года / сост. : А. П. Бежок, И. А. Иванов. – Минск : БНТУ, 2022. – С. 84–85.

2 Галимская, П. В. Методика выявления дефектов на полуфабрикатах и изделиях, получаемых листовой штамповкой методами технического зрения / П. В. Галимская ; науч. рук. Ю. А. Костюченко // Новые материалы и технологии их обработки [Электронный ресурс] : сборник научных работ XXIV Республиканской студенческой научно-технической конференции, 18-19 апреля 2023 года / сост.: А. П. Бежок, И. А. Иванов. – Минск : БНТУ, 2023. – С. 108–109.

## Сверхпластичные материалы и их использование в обработке материалов давлением

Студент гр. 10402221 Германович М.С.

Научный руководитель – Жогло А.Г.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Мы не представляем свою жизнь без многих вещей, созданных благодаря изучению сверхпластичных материалов

Сверхпластичные материалы – это класс материалов, которые обладают способностью деформироваться настолько сильно, что их механические свойства (например, прочность и твердость) изменяются значительным образом по сравнению с обычными материалами.

Одним из способов достижения сверхпластичности является добавление специальных добавок (например, металлических наночастиц) в материал, что приводит к усилению интератомных взаимодействий и повышению пластичности. Другой подход заключается в создании наноструктурированных материалов с помощью различных методов обработки (например, наноформование или наноотжиг), что позволяет изменять структуру материала на наномасштабе и достичь сверхпластичности (рисунок 1) [1].

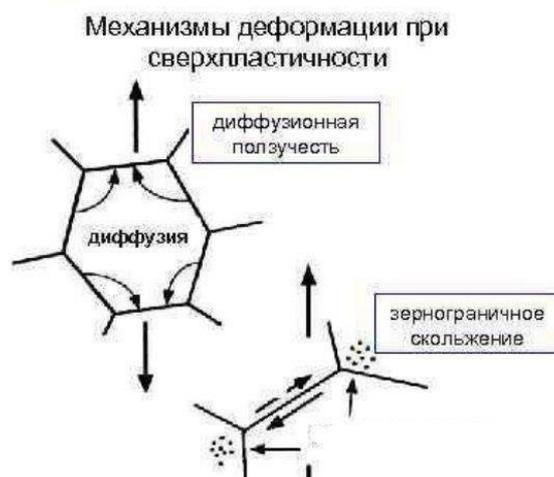


Рисунок 1 – Структура сверхпластичных материалов

Сверхпластичные материалы имеют широкий спектр применений в области обороны и военной промышленности, авиации и авиационного строительства, судостроения, энергетики, медицины, электроники и т.д. В частности, они могут использоваться для создания легких и прочных конструкций, улучшения энергоэффективности, разработки новых инженерных материалов и композитных структур, а также для создания самоустойчивых материалов и структур [2].

Примеры сверхпластичных материалов включают некоторые типы алюминиевых сплавов (Al+Cu), титановые сплавы (Ti+Ni), наноструктурированные керамики и полимеры, а также комбинации различных материалов например, металл-керамика (рисунок 2).



Рисунок 2 – Применение сверхпластичных материалов

Однако, несмотря на их широкое применение, сверхпластичные материалы все еще представляют объект исследований и разработок, и требуют дальнейшего изучения своих механических свойств, процессов формования и вопросов устойчивости [3].

### Список используемой литературы

1 Сверхпластичность и сверхпластичные материалы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/7624353/page:8/>. – Дата доступа: 24.10.2023.

2 Практическое использование сверхпластичности при обработке металлов давлением [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/7338772/page:17/>. – Дата доступа: 02.10.2023.

3 История исследований по сверхпластичности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pandia.ru/text/78/064/8546.php?ysclid=lp6kj3inu2185732791>. – Дата доступа: 30.10.2023.

## Холодное волочение и его использование в обработке материалов давлением

Студент гр. 10402221 Мартынов А.Л.

Научный руководитель – Жогло А.Г.

Белорусский национальный технический университет  
г.Минск

Холодное волочение – это процесс обработки металлической заготовки, при котором она протаскивается через специальное отверстие, называемое калибром, с целью уменьшения ее сечения и повышения прочности. Этот метод обработки является одним из наиболее важных в металлургии и машиностроении.

Процесс холодного волочения осуществляется в несколько этапов. Сначала металлическая заготовка, обычно длинная прутковая или проволочная форма, подвергается нагреванию до определенной температуры, называемой температурой волочения. Затем заготовка проходит через калибр, что приводит к уменьшению ее диаметра или сечения. В дальнейшем, заготовка может проходить через несколько последовательных калибров, чтобы достичь необходимых размеров и характеристик (рисунок 1) [1].

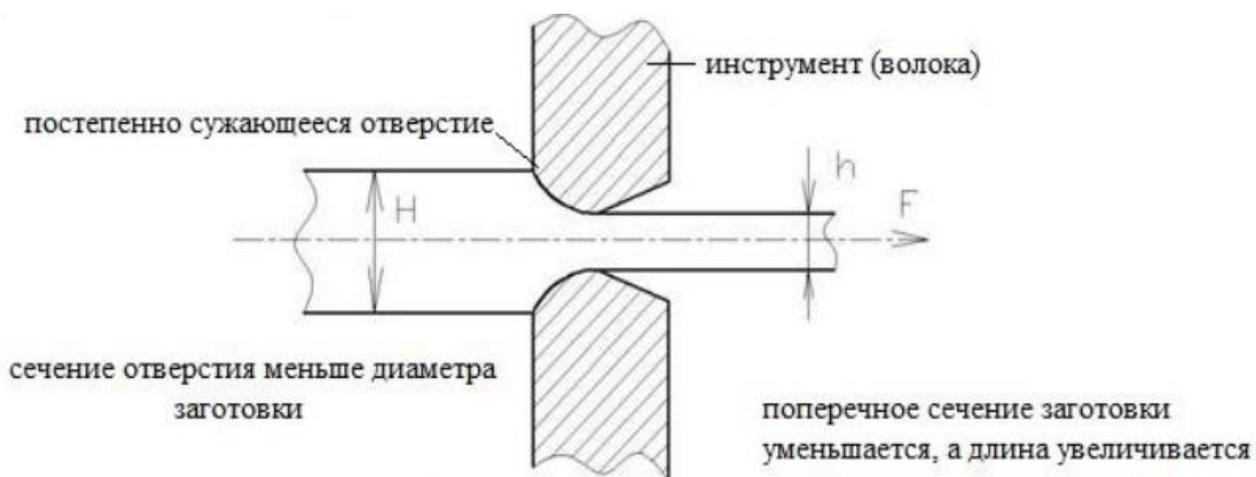


Рисунок 1 – Общая схема процесса волочения.

Процесс холодного волочения имеет несколько преимуществ. Во-первых, он позволяет достичь высокой прочности и точности размеров деталей. При этом поверхность заготовки становится более гладкой и ровной. Во-вторых, благодаря процессу холодного волочения возможно обрабатывать различные металлические материалы, включая углеродистые стали, нержавеющую сталь, алюминий и другие сплавы. В-третьих, это экономически выгодный метод производства, так как позволяет существенно сократить затраты на обработку и использование материала [2].

Холодное волочение находит применение во многих отраслях промышленности. Оно используется для производства различных деталей и компонентов, таких как болты, гайки, винты, проволока, пружины, детали трубопроводов и многие другие. Благодаря своим преимуществам, холодное волочение является неотъемлемой частью современной производственной технологии.

Однако, следует отметить, что процесс холодного волочения требует соблюдения определенных технологических параметров и условий. Неправильный выбор температуры, скорости волочения или использование некачественной заготовки может привести к деформации, повреждению инструмента или низкому качеству изготовленной детали.

В заключение, холодное волочение – это важный процесс обработки металлов, который позволяет получить детали высокой прочности и точности размеров. Он находит широкое применение в промышленности и является неотъемлемой частью современной производственной технологии. Важно правильно подходить к выбору технологических параметров и условий, чтобы достичь оптимальных результатов [3].

### **Список используемой литературы**

1 Холодное волочение и его использование в обработке материалов давлением [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/9888943/> . – Дата доступа: 24.10.2023.

2 Перлин, И. Л. Теория волочения / И.Л. Перлин, М.З. Ерманок. – М.: Металлургия, 1971, 2-е изд. – 448 с.

3 Аркулис, Г.Э. Теория пластичности: учебное пособие для вузов / Г. Э. Аркулис, В. Г. Дорогобид. – М.: Металлургия, 1987. – 352 с.

## Изготовление металлокорда для автомобильных шин на ОАО «БМЗ» – управляющая компания холдинга «БМК»

Студент группы 10402221 Чёрный А.Г.

Научный руководитель – Жогло А.Г.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

На Белорусском металлургическом заводе (БМЗ) производится металлокорд – ключевой компонент для усиления шин автомобилей, обеспечивая им прочность и надежность в экстремальных условиях эксплуатации. Производство металлокорда осуществляется с использованием передовых технологий и высококачественного сырья [1].

Процесс производства металлокорда на БМЗ включает этапы обработки специальной стальной проволоки, покрытия ее латунным слоем, волочения до необходимого диаметра и последующего сплетения в металлокорд [2]. Для обеспечения высоких характеристик металлокорда используются современные технологии ламинирования и контроля качества.

БМЗ активно осваивает новые виды металлокорда, учитывая требования клиентов и специфику мирового рынка. В настоящее время завод внедряет новое оборудование для расширения ассортимента металлокорда и увеличения объемов производства. Пример современного оборудования приведен ниже на (рисунок 1). Это позволит удовлетворить растущий спрос на высококачественный металлокорд как на внутреннем, так и на мировом рынке [3].

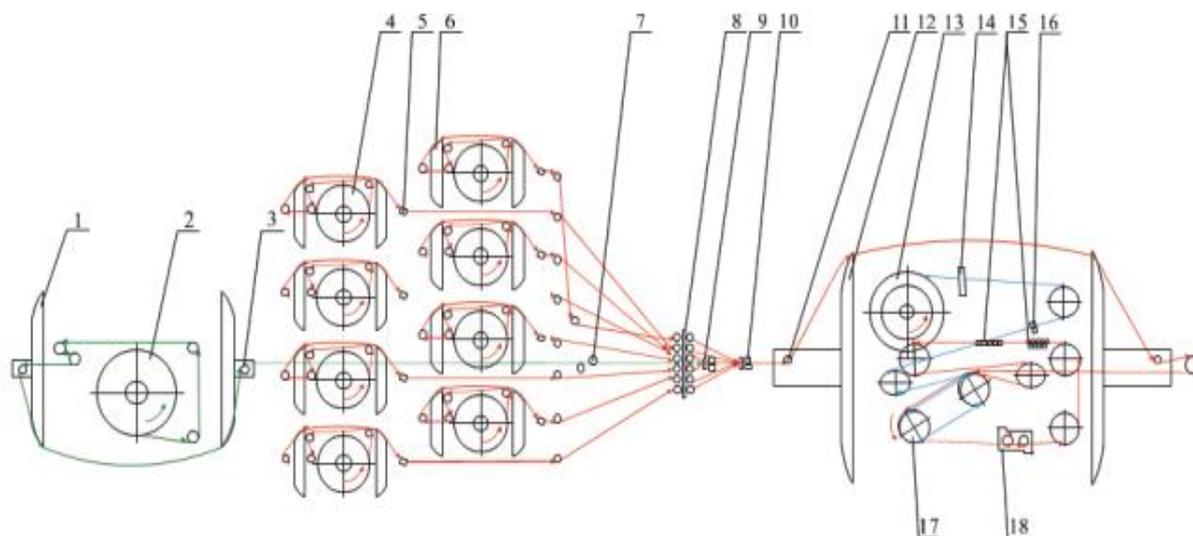


Рисунок 1 – Канатная машина типа RiR-15:

- 1 – лопаточные колеса (тазы) узла крутки пряди (сердечника); 2 – катушка питания с прядью (сердечником) 3 – обводной ролик; 4 – катушка питания; 5 – фильера; 6 – лопаточные колеса (тазы) ротационной размотки; 7 – стабилизатор натяжения с охлаждением; 8 – распределительный шаблон с преформаторами; 9 – собирающая фильера; 10 – плашкодержатель; 11 – обводной ролик; 12 – лопаточные колеса (тазы) главного модуля свивки корда; 13 – приемная катушка; 14 – укладчик; 15 – рихтовальное (правильное) устройство; 16 – плашкодержатель контрольный; 17 – вытяжной кабестан (галеты); 18 – торсион

Металлургический завод ставит перед собой задачу по выпуску продукции, отвечающей всем мировым стандартам качества. Подтверждением этому служат сертификаты и высокая репутация на мировых рынках благодаря существующим сертификатам. Металлокорд, который производится на заводе экспортируется в различные страны мира и находит применение при создании шин автомобилей, что говорит о его конкурентоспособности с

востребованностью [4]. Чтобы повысить качество производимой продукции, ежегодно проводятся различные этапы инжиниринговых работ.

Освоение технологического процесса производства металлокорда представляет собой ряд технических и организационных этапов, направленных на внедрение высокотехнологичных процессов производства металлокорда в промышленных масштабах, включающих комплексную оценку технологического процесса, составление проектно-сметной документации, подбор и внедрение необходимого оборудования, а также проведение исследований по совершенствованию и оптимизации производственных операций [5].

Основные этапы инжиниринга:

1 Техническая демонстрация: анализ технических возможностей и оценка эффективности внедрения металлокордного производства, включая экономико-экономическое обоснование и технико-экономическое обоснование проекта.

2 Проектирование: Разработка проектно-сметной документации, включая разработку технических характеристик технологических процессов, оборудования и инженерных систем, а также планирование необходимых изменений в инфраструктуре производственной площадки.

3 Закупка оборудования: подбор, закупка, поставка специального оборудования, а также монтаж и наладка на производстве.

4 Техническое оснащение: металлокордное производство оснащено современными технологическими процессами, системами автоматизации и контроля качества.

5 Управление проектом: Организация и контроль всех процессов, связанных с реализацией производства металлокорда, включая планирование ресурсов, сроки и бюджетирование.

6 Обучение персонала: Проведение тренингов и обучение персонала, работающего в производстве, по работе с новым оборудованием и технологиями.

В целом производство металлокорда на ОАО «БМЗ» – высокотехнологичный и ответственный процесс, призванный обеспечить безопасность и надежность автомобильных шин и сохранить лидирующие позиции на мировом рынке.

#### **Список использованных источников**

1 Румянцев, С.В. Компания Мишлен – один из крупнейших мировых производителей шин / С.В. Румянцев // Уголь, 2019 г. – С. 56.

2 Государственный комитет по науке и технологиям. ГПИР на 2016-2020 годы. [www.gknt.gov.by](http://www.gknt.gov.by).

3 Худолей, Ю.Л. Освоение производства металлокорда для крупно- и сверхкрупногабаритных шин на РУП «БМЗ» / Ю.Л. Худолей, О.А. Рябцев, В.С. Паназович // Литье и металлургия. – 2009. – № 2. – С. 164–166.

4 Бирюков, Б.А. Расчеты параметров свивки металлокорда / Б. А. Бирюков, Ю. В. Феоктистов, С.Н. Игнатьев. – Минск: Белоргстанко-промиздат, 1996. – 128 с.

5 Худолей Ю.Л. Техника и технология изготовления двухслойных спиральных конструкций металлокорда 2+7 и 3+9 с различными шагами свивки по слоям в одну технологическую операцию // Литье и металлургия. – 2004. – № 3. – С. 172–175.

Подготовка металла к волочению является важным этапом в производственных процессах, направленных на создание высококачественных металлических изделий. Дополнительные операции по подготовке металла приобретают особое значение в контексте улучшения его механических свойств, повышения прочности и улучшения обработки на последующих этапах производства.

Технологии дополнительной обработки металла предоставляют возможность не только улучшить физические характеристики материала, но и создать оптимальные условия для волочения, что существенно влияет на конечное качество продукции.

Перед началом процесса производится промывка исходного материала. Эту операцию производят непосредственно за травлением, чтобы удалить с поверхности металла остатки кислоты, окислы, а также сернокислые соли и грязи.

Промывку осуществляют брандспойтом или в струях воды под давлением около 980 кПа в специальных баках. При этом проволоку (или прутки) промывают до тех пор, пока с них не начнет стекать прозрачная вода.

Металл ответственного назначения, а также металл перед скоростным волочением промывают предварительно в чистой горячей воде, а затем обычным способом – холодной водой под давлением. При промывке в горячей воде полнее растворяются выкристаллизовавшиеся на металле соли.

В некоторых случаях тонкую проволоку промывают также перед травлением. Например, мотки патентованной в селитре проволоки иногда помещают в горячую воду для растворения приставшей к поверхности металла соли. Этим предотвращается возможность образования на поверхности проволоки азотной кислоты. После травления и промывки металл должен иметь матовый металлический цвет. Не допускается недотрав, при котором поверхность металла получается шероховатой, что обнаруживается визуально при проведении рукой по его поверхности. Перетрав фиксируют по темному сажистому налету на тряпочке при проведении ею по поверхности металла [1].

Нанесение подсмазочного слоя представляет собой процесс, при котором на поверхность обрабатываемого материала или инструмента наносится специальное вещество, предназначенное для снижения трения и износа, а также для облегчения процессов деформации и формообразования при высоких давлениях. Этот слой также может служить для охлаждения и смазывания, улучшая тем самым производительность и качество обработки. Состав подсмазочного слоя включает в себя масла, солидные смазочные добавки, полимеры, антиоксиданты и присадки, вода или водные эмульсии

Подсмазочный слой, наносимый на поверхность металла, должен хорошо и прочно присоединять смазку и совместно с ней снижать трение при протяжке, а также предотвращать прилипание к поверхности рабочей зоны волоки.

Подсмазочный слой наносят на поверхность металла после удаления окислы и промывки. Для этого проводят желтение, меднение, фосфатирование, а затем известкование или обработку в растворе буры.

Меднение заключается в нанесении на поверхность стальной проволоки тонкой пленки меди. Эта пленка образуется при погружении металла в слабо подкисленный раствор медного купороса. Продолжительность меднения 1–2 мин. Для получения плотного хорошо связанного с основным металлом осадка меди в раствор вводят иногда немного столярного клея. Не рекомендуется проводить меднение в растворе, температура которого выше

20–25 °С. При завышенной температуре раствора образуется рыхлая пленка из крупных кристаллов меди.

Меднению подвергают стальную проволоку, предназначенную для волочения с большими суммарными обжатиями (например, пружинную).

Фосфатирование – химическая обработка протравленной поверхности стали в растворах фосфорнокислых солей марганца, железа или цинка. В результате такой обработки на поверхности стали образуется плотная и достаточно устойчивая фосфатная пленка соответствующих металлов. Фосфатированию целесообразно подвергать металл, предназначенный для получения высокопрочной проволоки. Фосфатная пленка дает возможность повысить скорость волочения и величину обжатия.

Оксалатирование применяют при обработке высоколегированных сталей. Оно заключается в нанесении на поверхность металла слоя солей щавелевой кислоты. При оксалатировании происходит растворение поверхности стали и одновременно отложение на ней оксалата железа, который является весьма хорошим подмазочным слоем для волочения. Растворение коррозионноустойчивых сталей совершается в присутствии активаторов солей NaCl, KCl, NaBr и др. Кроме активаторов, необходимо иметь в оксалатирующем растворе также окислители – дихромовоокислый калий ( $K_2Cr_2O_2$ ) перманганаткалия ( $KMnO_4$ ) и др, способствующие переводу труднорастворимого щавелевоокислого закисного железа в окисное, хорошо растворимое. Кристаллы оксалатного покрытия сцеплены химически с поверхностью металла и адсорбируют их (поглощают поверхность) в количествах, в несколько раз превышающих собственную массу кристаллов. В результате смазка распределяется по всей поверхности металла и хорошо удерживается на ней. Применение оксалатных покрытий имеет некоторые ограничения. Так трудно получить хорошее покрытие на сплавах с высоким содержанием никеля и хрома и малым содержанием железа. Например, для нанесения достаточного слоя оксалата на проволоку из сплава с 20 % Cr и 80 % (нихрома) требуется около 2 ч.

Известкование осуществляют путем неоднократных погружений бунтов катанки и подката или мотков проволоки в горячий известковый раствор. Получаемый на поверхности металла слой извести является наполнителем в смазке и улучшает волочение. При известковании нейтрализуется оставшаяся на металле после травления и последующих операций кислота, чем устраняется на некоторое время ржавление металла при хранении.

Для приготовления известкового раствора используют хорошо обожженную гашеную известь с небольшим содержанием вредных примесей (кремнезема, силикатов и металлических оксидов). Особенно вредна окись магния, ухудшающая прилипание извести к поверхности металла. В известковом растворе содержится примерно 1 ч. гашеной извести на 6–12 ч. воды. В известь, наносимую на поверхность металла из высоколегированной стали, добавляют небольшое количество поваренной соли, что способствует стабильному процессу волочения проволоки.

Обработку в растворе буры проводят, как правило, взамен известкования. Обычно протравленную проволоку после меднения подвергают обработке в водном растворе буры ( $Na_2B_4O_7$ ). Буря легко и полно растворяется в горячей воде. Обработка в растворе буры заметно улучшает условия волочения, предохраняет проволоку в течение длительного времени от ржавления до и после волочения. Кроме того, при использовании буры на участках волочения наблюдается незначительное пылевыведение из-за хорошего сцепления буры с металлом. Улучшаются условия сварки проволоки, так как буря является флюсом. Повышается стойкость волок. При использовании буры иногда исключается необходимость просушки проволоки в печах.

Концентрация буры в ванне должна быть в пределах 50–70 г/л, температура раствора выше 80 °С. время погружения составляет не более 5–10 мин. С ростом скорости волочения необходимо увеличивать слой буры на проволоке, чего можно достигнуть повышением концентрации буры или увеличением времени выдержки проволоки в растворе. В этом случае считают также полезной добавку фосфорнокислого натрия. С течением времени рН ванны

снижается, что ухудшает сопротивление коррозии. Рекомендуют для приведения рН к норме добавлять каустическую или кальцинированную соду [2].

Последней операцией является сушка. Сушка – это заключительная операция при подготовке металла к волочению. В процессе сушки с поверхности металла удаляется влага (это предохраняет от ржавления) и, если при травлении произошло наводороживание металла, устраняется травильная хрупкость. Результаты сушки зависят от температуры, времени и условий циркуляции воздуха в сушилах. При проведении сушки с усиленной циркуляцией нагретого до 300–350 °С воздуха обеспечивается прочное прилегание подсмазочного слоя к проволоке благодаря спеканию, но если верхний подсмазочный слой бура, то температуру сушки нельзя повышать выше 200 °С, так как при высоких температурах возможно образование стеклообразной массы буры, которая препятствует волочению. Время сушки 15–25 мин в садочных сушилах, в потоке 10–20 с, далее пруток (или заготовка) идёт на волочение [3].

Таким образом, внимание к каждому этапу подготовки металла перед волочением является необходимым компонентом успешного производства металлических изделий, обеспечивая не только качество конечного продукта, но и повышение эффективности производственных процессов.

### Список использованных источников

1 Перлин, И.Л. Теория волочения / И.Л. Перлин, М.З. Ерманок. – 2-е изд. – М.: металлургия, 1971. – 448 с.

2 Способ изготовления высокоуглеродистой проволоки: пат. RU 2183525 / В. А. Харитонов, Л. В. Радионова, В. И. Зюзин. – заявл. 29.01.2001. – опубл. 20.06.2002 – 3 с.

3 Налимова, М. В. Совершенствование технологии волочения проволоки с покрытием с целью экономии металла, улучшения сплошности и прочности сцепления: дис. Налимова М.В. кандидат технических наук: 05.03.05/ М.В. Швачкина.

# **Современные проблемы ма- териаловедения и нано мате- риалы**

## Актуальность применения термоциклической обработки для псевдо $\alpha$ -титановых сплавов

Магистранты группы 50401123 Шматова А.А., Матюков И.М.  
 Научный руководитель – Стефанович В.А.  
 Белорусский национальный технический университет  
 г. Минск

В настоящей статье рассмотрено предложение использовать для упрочнения псевдо- $\alpha$ -титановых сплавов, а именно сплавов ВТ20 и ОТ4, термоциклическую обработку (ТЦО), для которых одновременно можно повысить прочность и пластичность однофазных материалов (на 20...35%) и существенно увеличить теплостойкость. При этом энергозатраты и длительность ТЦО значительно ниже, чем при закалке длительным старением (традиционной термообработкой псевдо-  $\alpha$ -титановых сплавов) [1].

Экспериментально и теоретически были установлены в источнике [1], закономерности формирования структуры, фазового состава и дислокационной структуры при термоциклической обработке. Установлено, что при термоциклировании титановых сплавов в области температур полиморфного превращения (10...12 циклов) происходит интенсивное измельчение зерна (до 3...5мкм), уменьшение содержания  $\beta$ -фазы в структуре (менее 5%) и формирование в зернах  $\alpha$ -фазы густой и стабильной сетки дислокаций, стабильной при высоких температурах. В результате прочность псевдо- $\alpha$ -титановых сплавов ВТ20 и ОТ4 достигает больших величин (1240МПа и 970МПа соответственно), что в 1,4 раза выше, чем у исходных материалов в состоянии поставки, а пластичность и ударная вязкость сохраняется на удовлетворительном уровне. Псевдо- $\alpha$ -титановые сплавы, упрочненные термоциклированием, по механическим характеристикам не уступают высокопрочным ( $\alpha+\beta$ )-титановым сплавам, а по теплостойкости превосходят их.

Экспериментальное исследование влияния термоциклической обработки псевдо- $\alpha$ -титановых сплавов показало, что термоциклирование сплавов ВТ20 и ОТ4 способствует сфероидизации их структуры и значительному измельчению зерна. Максимальная (верхняя) температура в цикле выбиралась исходя из условия полного  $\alpha \leftrightarrow \beta$  превращения, т.е.  $T_{\max} = A_{\Gamma 3} + (30 \dots 50)^\circ\text{C}$ . Минимальная (нижняя) температура была ниже температуры полиморфного превращения, т.е. ниже точки  $A_{c1}$ , но до температуры начала рекристаллизации. Для сплава ВТ20  $T_{\max\text{ВТ20}} = 1100^\circ\text{C}$ ,  $T_{\min\text{ВТ20}} = 800^\circ\text{C}$ , для сплава ОТ4  $T_{\max\text{ОТ4}} = 1000^\circ\text{C}$ ,  $T_{\min\text{ОТ4}} = 760^\circ\text{C}$ . Оптимальные скорости нагрева и охлаждения псевдо- $\alpha$ -сплавов определялись экспериментально. Установлено, что при скорости охлаждения  $1^\circ\text{C}/\text{с}$  величина сплава ВТ20 уменьшается примерно в 2 раза против исходного размера за 10 циклов обработки. При скорости охлаждения  $10^\circ\text{C}/\text{с}$  величина зерна после аналогичного термоциклирования уменьшается в 10 раз. С другой стороны при увеличении скорости охлаждения в титановых сплавах образуются метастабильные фазы ( $\omega$ -Ti,  $\alpha'$ -Ti,  $\alpha''$ -Ti), что приводит к снижению их прочности, теплостойкости и значительному охрупчиванию сплава. Изменение скорости нагрева титановых сплавов в пределах  $5 \dots 20^\circ\text{C}/\text{с}$  практически не влияет на результаты термоциклирования.

Таблица 1. Механические свойства сплава ВТ20 после термоциклической обработки [1]

Число циклов обработки в интервале 1100-800 $^\circ\text{C}$	Механические свойства			
	Предел прочности $\sigma_b$ , МПа	Относительное удлинение $\delta$ , %	Относительное сужение $\psi$ , %	Ударная вязкость КСУ, МДж/м $^2$
БезТЦО	930	12	20	250

ТЦО, 1 цикл	950	10	20	290
ТЦО, 2 цикла	985	6	19	320
ТЦО, 4 цикла	990	6	19	350
ТЦО, 6 циклов	1000	5,2	18	450
ТЦО, 8 циклов	1100	5,1	18	480
ТЦО, 10 циклов	1240	5,0	17	505
ТЦО, 20 циклов	1250	4,8	17	492
ТЦО, 40 циклов	1250	4,7	17	500

Таблица 2. Механические свойства сплава ВТ20 после термоциклической обработки[1]

Число циклов обработки в интервале 1100-800°С	Механические свойства			
	Предел прочности $\sigma_B$ , МПа	Относительное удлинение $\delta$ , %	Относительное сужение $\psi$ , %	Ударная вязкость КСЧ, МДж/м <sup>2</sup>
БезТЦО	720	15	23	350
ТЦО, 1 цикл	735	10	21,5	370
ТЦО, 2 цикла	780	9	20	390
ТЦО, 4 цикла	850	8	20,5	470
ТЦО, 6 циклов	930	7,5	18	490
ТЦО, 8 циклов	935	6	17,5	530
ТЦО, 10 циклов	970	6	17,5	535
ТЦО, 20 циклов	970	6	17	535
ТЦО, 40 циклов	970	15	17	350

Экспериментальные исследования влияния термоциклической обработки на прочность титановых сплавов при растяжении и при ударе показали, что при увеличении числа циклов обработки сплавов ВТ20 и ОТ4 до 10 циклов их прочность увеличивается до  $\sigma_B=970$ МПа для сплава ОТ4 и до  $\sigma_B=1240$ МПа для сплава ВТ20. Дальнейшее увеличение циклирования не приводит к возрастанию прочности этих сплавов, что коррелирует со степенью измельчения структуры – наименьшие размеры зерен в исследуемых сплавах образуются при 10...12 циклах обработки. При том же числе циклов в зернах  $\alpha$ -титана формируется дислокационная структура в виде густой и стабильной сетки, т.е. происходит наклеп зерен, вызывающий значительное повышение их прочности. При этом наблюдается некоторое снижение пластичности обоих исследуемых сплавов.

Термоциклирование псевдо- $\alpha$ -титановых сплавов ВТ20 и ОТ4 вызывает значительное повышение их ударной вязкости. Это повышение наблюдается до 10 циклов обработки, как и увеличение статической прочности. Очевидно, это связано с особенностями структуры, формирующейся в сплавах в результате термоциклической обработки: мелкие твердые зерна  $\alpha$ -фазы, окруженные тонкими прослойками  $\beta$ -фазы.

Разрушение титановых сплавов, прошедших термоциклическую обработку, имеет смешанный вязко-хрупкий характер. Зоны вязкого разрушения локализованы на границах зерен  $\alpha$ -фазы (в прослойках  $\beta$ -фазы), сами зерна, упрочненные наклепом, разрушаются хрупко.

В результате исследования было установлено, что использование термоциклической обработки делает возможным существенное упрочнение псевдо- $\alpha$ -титановых сплавов, которые не упрочняются закалкой с последующим старением. А также термоциклическая обработка псевдо- $\alpha$ -титановых сплавов в области температур полиморфного превращения вызывает значительное измельчение и сфероидизацию зерен, а также формирование

субструктуры с густой сеткой дислокаций, устойчивой при высоких температурах, что обеспечивает повышение прочности и износостойкости этих сплавов. При этом энергозатраты и длительность ТЦО значительно ниже, чем при закалке длительным старением.

#### **Список использованных источников**

1. Ворначева, И.В. Упрочнение титановых сплавов для рабочих лопаток паровых турбин повышенной мощности методами термоциклирования и электроискровым легированием : специальность 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Ворначева Ирина Валерьевна. – Курск, 2020. – 220 с.

## Биосенсоры. Применение оксида титана как связующее звено между анализатором и биоматериалом

Студент группы 10401121 Будилович И.В.

Научный руководитель Астрейко Л.А.

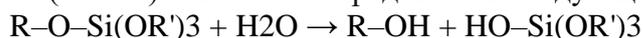
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Нанотехнологии являются важной областью исследований в науке и технологиях, включая биомедицину, энергетику, электронику и окружающую среду. Одним из наиболее перспективных направлений в этой области является использование наночастиц диоксида титана (TiO<sub>2</sub>) в биосенсорах.

Биосенсоры - это аналитические устройства, в которых используются биологические компоненты для обнаружения целевых молекул. Они обеспечивают быстрое, точное и чувствительное обнаружение. Наночастицы TiO<sub>2</sub>, характеризуются уникальными свойствами: сильное поглощение света, химическая стабильность, высокая биосовместимость и большие удельные поверхности, это важно в разработке биосенсоров.

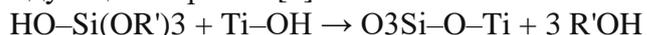
Иммобилизация биомолекул для последующего использования при обнаружении целевой молекулы обычно происходит через химическую модификацию поверхности наночастиц TiO<sub>2</sub>. Этот процесс включает несколько этапов.[1]

Гидролиз - это первый этап в процессе иммобилизации молекул на наночастицах TiO<sub>2</sub>. В этом процессе группы –OR на модифицирующих молекулах гидролизуются, образуя группы силанола (–SiOH). Это можно представить следующим образом:[2]



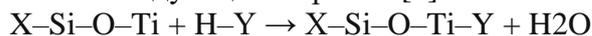
Здесь R и R' представляют различные органические группы. Этот процесс гидролиза является важным, поскольку он позволяет создать группы силанола, которые затем могут конденсироваться с группами –OH на голой поверхности наночастиц TiO<sub>2</sub>. Это обеспечивает основу для дальнейшего функционалирования наночастиц и присоединения биомолекул.

Следующим этапом - конденсация. В этом процессе группы силанола, образованные в результате гидролиза, конденсируются с группами –OH на поверхности наночастиц TiO<sub>2</sub>. Это приводит к образованию сети силиката вокруг ядра наночастицы TiO<sub>2</sub>. Это можно представить следующим образом:[2]



Здесь R' представляет органическую группу. Этот процесс конденсации является важным, поскольку он позволяет создать стабильную сеть силиката вокруг ядра наночастицы TiO<sub>2</sub>. Это обеспечивает основу для дальнейшего функционалирования наночастиц и присоединения биомолекул. Этот процесс также обеспечивает химическую стабильность наночастиц, что важно для их использования в биосенсорах.

После конденсации на поверхности наночастиц образуются подходящие функциональные группы. Эти функциональные группы могут быть использованы для дальнейшего функционалирования наночастиц, например, для присоединения биомолекул. Это может быть представлено следующим образом:[2]



Здесь X - функциональная группа на модифицирующей молекуле, а Y - биомолекула, которую нужно присоединить. Процесс позволяет “закрепить” биомолекулы на поверхности наночастиц TiO<sub>2</sub>, сохраняя при этом их биологическую активность.

Наночастицы TiO<sub>2</sub> облегчают электронный перенос между ферментом и поверхностью электрода. Это означает, что электроны могут легко передвигаться от фермента к электроду, что важно для работы биосенсора. При поглощении света наночастицами TiO<sub>2</sub> происходит возбуждение электронов, которые переходят из валентной зоны в зону проводимости, оставляя за собой “дыры” в валентной зоне. Это создает пары электрон-дыра, которые могут участвовать в ряде реакций [1].

Например, электроны могут быть захвачены молекулами кислорода, присутствующими в растворе, что приводит к образованию сверхоксидных анион-радикалов. Эти радикалы могут затем участвовать в ряде окислительно-восстановительных реакций, что приводит к образованию водорода и кислорода.

Также, “дыры” в валентной зоне могут окислять воду или гидроксильные ионы, присутствующие на поверхности наночастиц, что приводит к образованию гидроксильных радикалов. Эти радикалы могут участвовать в ряде окислительно-восстановительных реакций [3].

Таким образом, наночастицы TiO<sub>2</sub>, облегчают окислительно-восстановительные реакции, которые происходят при взаимодействии биосенсора с целевыми молекулами, способствуя переносу электронов.

Взаимодействие целевой молекулы с биомолекулой, закрепленной на наночастицах TiO<sub>2</sub>, вызывает изменение в электронном переносе. Это изменение можно обнаружить и измерить, что позволяет биосенсору “обнаружить” целевую молекулу [3].

Изменение в электронном переносе можно измерить с помощью электрохимических методов. Например, можно измерить изменение в токе или потенциале на электроде.

Таким образом, если известно, что определенная целевая молекула вызывает определенное изменение в электронном переносе, то обнаружение этого изменения может указывать на присутствие этой целевой молекулы.

Наночастицы TiO<sub>2</sub> характеризуются такими свойствами как:[2]

1. Сильное поглощение света;
2. Химическая и механическая стабильность;
3. Хорошая каталитическая способность;
4. Высокая биосовместимость.

В результате проведенного анализа установлено:

1. Процесс иммобилизации позволяет “закрепить” биомолекулы на поверхности наночастиц TiO<sub>2</sub>, сохраняя при этом их биологическую активность.
2. Наночастицы TiO<sub>2</sub> облегчают электронный перенос между ферментом и поверхностью электрода.
3. Взаимодействие целевой молекулы с биомолекулой, закрепленной на наночастицах TiO<sub>2</sub>, вызывает изменение в электронном переносе. Это изменение можно обнаружить и измерить, что позволяет биосенсору “обнаружить” целевую молекулу.

В фармацевтической промышленности биосенсоры на основе наночастиц TiO<sub>2</sub> могут быть использованы для обнаружения и мониторинга различных биомолекул и химических веществ. В здравоохранении они могут быть использованы для обнаружения биомаркеров болезней, мониторинга уровня глюкозы в крови. В пищевой промышленности они могут быть использованы для обнаружения патогенов, мониторинга качества продуктов. В сельском хозяйстве они могут быть использованы для обнаружения патогенов, мониторинга состояния почвы. В области охраны окружающей среды они могут быть использованы для обнаружения загрязнителей, мониторинга качества воды.

#### Список использованных источников

1. Эггинс Б. Химические и биологические сенсоры. М.: Техносфера, 2005. - 366 с.
2. Viter, R., Tereshchenko, A., Smyntyna, V., Ogorodniichuk, J., Starodub, N., Yakimova, R., Khranovsky, V., Ramanavicius, A., (2017), Toward development of optical biosensors based on photoluminescence of TiO<sub>2</sub> nanoparticles for the detection of Salmonella, Sensors and actuators. B, Chemical, 252, 95-102. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2017.05.139>
3. Yu Wu, Jing Feng, Guang Hu, En Zhang, Huan-Huan Yu. Colorimetric Sensors for Chemical and Biological Sensing Applications. Sensors 2023, 23 (5) , 2749. <https://doi.org/10.3390/s23052749>

**Влияние комплексной обработки получения композиционного покрытия «термодиффузионный слой – ионно-плазменное покрытие» на механические свойства**

Студенты группы 10405520 Змачинская И. А., Монжос Ю. С., Стасенко А. С.

Научный руководитель – Корнеева Е. К.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Одним из перспективных направлений повышения эффективности PVD покрытий путем предварительной обработки подложки, на которую они наносятся, обладает химико-термическая обработка.

Совместное применение ХТО и нанесение PVD покрытия приводит к тому, что на поверхности формируется слой нового, отличающегося по составу и свойствам материала – композиционного покрытия «термодиффузионный слой – ионно-плазменное покрытие».

Традиционные вакуумные покрытия, имея малую толщину слоя, не обеспечивают достаточный уровень жесткости на деталях. Основные причины недостаточной жесткости покрытия:

1. Состав сплава, на которое наносится покрытие, определяет свойства этого покрытия. В процессе изнашивания, помимо самого покрытия, пластическую деформацию воспринимают и накапливают приповерхностные объемы изделия – материал стальной подложки;

2. При формировании тонких, твердых вакуумных покрытий на стальной поверхности, на границе «подложка-покрытие» наблюдается высокий градиент твердости. В случае, если подложка мягкая, то на границе твердости наблюдается резкий переход. Это может стать причиной разрушения – продавливания покрытия, что в значительной мере оказывает влияние на уровень жесткости изделия.

Таким образом, при корректном согласовании материалов, морфологии и свойств подложки с покрытием возможна реализация комплексного подхода поверхностного упрочнения, включающего предварительную химико-термическую обработку подложку с последующим нанесением ионно-плазменного покрытия.

Прочностные свойства и износостойкость покрытий определяется в равной мере твердостью и упругостью покрытия с переходной зоной и подложкой (основным сплавом). Поэтому при создании износостойких покрытий оперируют отношениями величин твердости и модуля упругости, а наиболее важным параметром в этом случае является показатель перехода от упругой деформации к разрушению, т.е. индекс пластичности. Можно выделить два основных подхода к созданию износостойких покрытий относительно индекса пластичности:

1. Механика разрушения. В любом сплаве уже присутствуют дефекты, в которых фокусируется пластическая при приложении нагрузки или возникновении напряжений. По этой причине, важным требованием покрытий является высокая жесткость (высокое значение модуля  $E$ ), которая препятствует росту дефектов до критических размеров, т.е. для начала разрушения уже потребуются более высокие нагрузки;

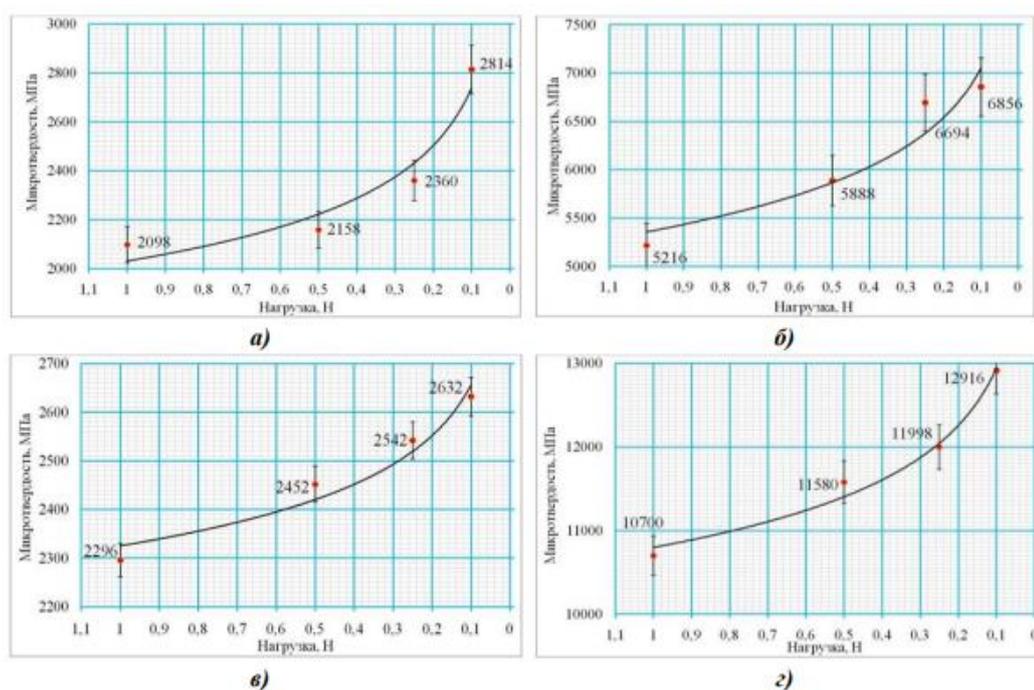
2. Создание покрытия с очень высоким индексом пластичности. Главная идея этого подхода – максимальное снижение напряжений в переходной зоне (между покрытием и подложкой). Для реализации этого подхода модуль упругости покрытия должен быть близким с его значением для подложки, чтобы снизить напряжения на границе раздела и в точках контакта; высокая твердость должна препятствовать пластической деформации.

Одним из часто применяемых способов комплексной обработки является ионно-плазменное азотирование с последующим нанесением покрытий на базе Ti-N. Процессы ИПА и нанесения покрытия могут реализовываться в одном технологическом цикле, а насыщение металлической подложки азотом удобно для последующего нанесения покрытий на основе нитридов и формирования границы раздела подложка-покрытие химически более однородной.

Микротвердость и износостойкость упрочняемой поверхности в результате такой обработки могут дополнительно повышаться в 1,2...2,0 и до 2,0 раза соответственно [1-2].

Обычно температура подложки в PVD методах осаждения не превышает 500-600°C при достаточно высокой энергии осаждаемых частиц. В покрытиях при осаждении формируются неравновесные фазы: однофазные твердые растворы (Ti, Al)N с кубической либо вюрцитной кристаллической структурой в зависимости от содержания алюминия. В некоторых случаях осаждается двухфазная система: с твердым раствором (Ti, Al)N в покрытии регистрируется и вторая фаза – метастабильный кубический AlN. При последующем нагреве происходит фазовый переход с образованием стабильных кубической TiN и вюрцитной гекс-AlN фаз [2-4].

Принимая во внимание значения микротвердости (рис.1), полученные в работе [1], видно, что PVD покрытие имеет значительное влияние на микротвердость поверхности в зависимости от подложки, а именно с увеличением микротвердости последней. Однако также анализируя полученные экспериментальные данные можно заметить, что влияние наличия термодиффузионного слоя (в данном случае карбонитридного) на общую микротвердость является неаддитивным [3].



а - армко-железо, б - армко-железо с карбонитридным слоем,  
в - сталь 12Х18Н9Т, г - сталь 12Х18Н9Т с карбонитридным слоем

Рисунок 1 – Зависимости микротвердости поверхности с покрытием TiN на различных подложках от величины прилагаемой нагрузки [1].

Увеличение микротвердости поверхности армко-железа и стали 12Х18Н9Т после комплексной обработки значительно превышает увеличение микротвердости от этих обработок по отдельности. Данное явление возможно связано с тем, что упрочнение подложки ХТО устраняет резкий переход в твердости между подложкой и покрытием, тем самым демпфируя градиент твердости разнородных материалов, препятствует продавливанию покрытия и существенно повышает жесткость покрытия и интегральную микротвердость поверхности [1].

Одним из наиболее эффективных способов ХТО для повышения микротвердости стальных подложек является процесс борирования. В результате борирования на поверхности стали могут формироваться диффузионные слои, микротвердость которых достигает 22 ГПа. Вместе с боридными слоями высокую микротвердость имеют диффузионные слои и отдельные фазы, образующиеся на углеродистых и легированных сталях в результате карбонитрации (нитроцементации), карбидизации (цементации) и азотирования, имеющие микротвердость от 6 до 33,0 ГПа [1-2].

Распределение микротвердости по толщине диффузионного двухфазного боридного слоя является ступенчатым с протяженными участками постоянной микротвердости, равными длине боридных игл фаз FeB с поверхности и Fe<sub>2</sub>B ближе к сердцевине, под которыми располагается подборидная зона. Такое распределение микротвердости, обусловленное особенностями строения боридного слоя, обеспечивает наибольшую эффективную толщину упрочненного слоя подложки в системе «термодиффузионный слой – PVD покрытие» по сравнению с распределением микротвердости по толщине однофазных боридных, карбидных, нитридных и карбонитридных слоев на сталях.

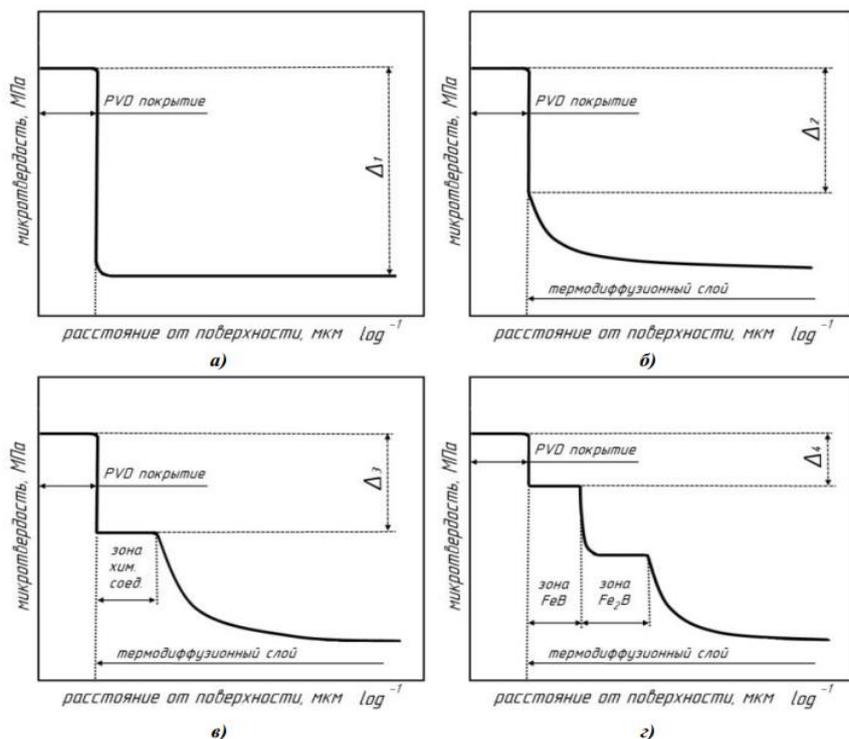


Рисунок 2 – Схемы распределения микротвердости по сечению композиционных покрытий «сталь – PVD покрытие»:

- а) неупрочненная подложка, б) подложка с диффузионным карбонитридным или азотированным слоем, в) подложка с карбидным или однофазным боридным слоем, г) подложка с двухфазным боридным слоем,  $\Delta_1 > \Delta_2 > \Delta_3 > \Delta_4$  [1];

Применение карбонитрации обеспечивает повышение усталостной прочности и износостойкости стали на 50...80 % большее по сравнению с цементацией и азотированием. Диффузионные карбонитридные слои, представленные на поверхности нитридными, карбидными и карбонитридными фазами с микротвердостью 4...22 ГПа, даже при отсутствии смазочного материала не проявляют склонности к схватыванию и последующему катастрофическому изнашиванию [1].

Прочностные характеристики систем «термодиффузионный слой – вакуумное покрытие» справедливо рассматривать с учетом адгезионных свойств покрытий. Очевидно, что без должных сил адгезии между покрытием и подложкой прогнозируемый уровень свойств не будет реализовываться на практике. В этом случае предварительная химико-термическая обработка позволяет качественно повысить адгезию покрытий за счет формирования переходного диффузионного слоя между термодиффузионным слоем и PVD покрытием [5].

#### Список использованных источников

1. Разработка аддитивных технологий упрочнения конструкционных сталей на основе химико-термической обработки и нанесения ионно-плазменных покрытий / В. М. Константинов [и др.] // Актуальные проблемы прочности : монография : [по материалам 60-й Международной научной конференции «Актуальные проблемы прочности», г. Витебск, 14-18 мая 2018 г.] : в 2 т. / Национальная академия наук Беларуси, Витебский государственный технологический университет ; под ред. В. В. Рубаника. – Витебск : ВГТУ, 2018. – Т.2, гл.18. – С.378-401.
2. Константинов, В. М. Износостойкие металлоидсодержащие покрытия на сталях, полученные термодиффузионным насыщением и вакуумным осаждением = Wear-Resistant Metalloid-Containing Coatings on Steels Obtained by Thermal Diffusion Saturation and Vacuum Deposition / В. М. Константинов, А. В. Ковальчук // Наука и техника. – 2020. – №6. – С.480-491.
3. The effect of steel substrate pre-hardening on structural, mechanical, and tribological properties of magnetron sputtered TiN and TiAlN coatings / E. F. Komarov, V. M. Konstantinov, A. V. Kovalchuk, S. V. Konstantinov, H. A. Tkachenko // Wear. – 2016. – Vol.352-353. – P.92-101.
4. The Effect of TiN, TiAlN, CrAlN, and TiAlN/TiSiN Coatings on the Wear Properties of AISI H13 Steel at Room Temperature [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.researchgate.net/publication/329144281>. – Дата доступа: 21.10.2023.
5. Константинов, В. М. Адгезия покрытий Ti-N на модифицированной стальной подложке / В. М. Константинов, Г. А. Ткаченко, А. В. Ковальчук // Металлургия : Респ. межвед. сб. науч. тр. – Минск : БНТУ, 2014. – Вып. 35. – С.272-282.

## Значение толщины стенок в нефтепроводе

Ботиров Б. Б.,

Студент гр. УТП 21-07, Филиал РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина в городе Ташкенте

Сан А. В.,

Студент гр. УТП 21-08, Филиал РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина в городе Ташкенте

Научный руководитель Алимбабаева З. Л.

Филиал РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина в городе Ташкенте

Республика Узбекистан, г. Ташкент

Внесение инноваций и разработка новых технологических решений имеют критическое значение в развитии нефтегазовой отрасли. В этом контексте представляем новый теплообменный аппарат, названный "Теплообменный центробежный кристаллизатор" (ТЦК). Этот аппарат разработан для эффективного разделения компонентов с различными температурами кристаллизации, представляя инновационный метод теплообмена. В данной статье рассмотрим принцип работы ТЦК, его преимущества и потенциал для оптимизации производственных процессов и улучшения качества конечных продуктов в нефтегазовой индустрии.

Принцип работы, следующий: Смесь нефтепродуктов или газов с различными температурами кристаллизации, поступает в центральную камеру ТЦК через входной патрубок. Внутри аппарата находится вращающийся центробежный элемент, напоминающий лопасти вентилятора. Этот элемент создает мощное центробежное давление и принуждает смесь к равномерному распределению по периферии аппарата. В условиях высокой центробежной силы, компоненты с более низкой температурой кристаллизации начинают кристаллизоваться и образовывать твердые частицы. Эти частицы отделяются от жидкой фазы под действием центробежной силы и собираются в отдельном отсеке. Прошедшие процесс кристаллизации продукты (жидкие или газообразные) выводятся из аппарата через отдельные выходные патрубки. Преимущества Теплообменного центробежного кристаллизатора (ТЦК):

1. Эффективность: ТЦК позволяет разделить компоненты с разной температурой кристаллизации на этапе теплообмена, что снижает энергозатраты и повышает производительность.
2. Компактность: Аппарат компактен и может быть легко интегрирован в существующие производственные линии.
3. Многофункциональность: ТЦК может применяться для разделения нефтепродуктов, газов или других жидких и газообразных смесей, что делает его универсальным инструментом для нефтегазовой отрасли.
4. Снижение отходов: путём отделения компонентов с низкой температурой кристаллизации на этапе теплообмена можно снизить количество отходов и улучшить качество конечных продуктов.

Внедрение Теплообменного центробежного кристаллизатора (ТЦК) представляет собой обнадеживающую перспективу для нефтегазовой отрасли, предоставляя инновационное решение для разделения компонентов с разной температурой кристаллизации. На основе анализа принципа работы и преимуществ этого аппарата, можно сделать следующие выводы: ТЦК обеспечивает эффективное разделение компонентов, что снижает энергозатраты и улучшает производительность, делая его привлекательным с экономической точки зрения. ТЦК может быть использован для разделения разнообразных нефтепродуктов и газов, что делает его многофункциональным инструментом в нефтегазовой отрасли. А благодаря отделению компонентов с низкой температурой кристаллизации, ТЦК способствует уменьшению отходов и улучшению качества конечных продуктов. Таким образом, Теплообменный центробежный кристаллизатор представляет собой инновационное и многообещающее решение, которое может

значительно улучшить технологические процессы и устойчивость производства в нефтегазовой сфере, в тех частях, где оно применимо.

#### **Список использованных источников**

1. *Иванов, А. В.* (2021). Развитие инновационных методов разделения компонентов в нефтегазовой отрасли. Нефтегазовая промышленность, 6(78), 54-59. [Ссылка](#) (Дата обращения: 2023-10-17).
2. *Петров, С. И.* (2020). Технологические аспекты эффективности теплообмена в нефтегазовой промышленности. Наука и техника, 3(45), 78-85. [Ссылка](#) (Дата обращения: 2023-10-17).
3. *Кузнецов, В. П.* (2019). Инновации в нефтегазовой отрасли: теплообмен и очистка продуктов. Москва: Издательство "Нефть и Газ"

## Использование наноматериалов на основе металлов в биомедицинских технологиях

Студент группы 10401121 Будилович И.В.

Научный руководитель – Корнеева Е.К.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Нанотехнологии играют жизненно важную роль во многих областях медицины, биотехнологии, электроники, доставки лекарств, аэрокосмической техники, материаловедения, косметики и биосенсоров. Свойства наноматериалов повышают различные вероятностные факторы в повседневных экологических процессах, таких как наночастицы на основе металлов и углеродные нанотрубки, благодаря наличию собственных свойств, что расширяет их применение в коммерческих продуктах [1-2]. В оптоэлектронике используются неорганические наноматериалы, такие как наностержни, нанопроволоки и квантовые точки, благодаря очень интересным оптическим и электрическим свойствам.

Используя различные методы синтеза, можно настроить размер и форму наноматериалов, которые оказывают основное влияние на их свойства. В биомедицинских технологиях наноматериалы также регенерируют биологические ткани, генерируют лекарства и искусственные белки. Параметры наноматериалов вызвали широкий исследовательский интерес к их токсическому поведению [3].

Производство интеллектуальных устройств на основе микротехнологий из кремния и гибких материалов для онлайн-мониторинга биопленки, включая различные датчики импеданса, pH, концентрации растворенного кислорода и ионов. Разработка гибких сенсорных устройств для оценки барьерной функции роговицы неинвазивным способом путем измерения изменений биоимпеданса различных слоев сопутствующей пищи. В данной работе описаны биомедицинские технологии, основанные на наноматериалах на основе металлов.

### *Доставка антибактериального средства*

Антибактериальные свойства TiO<sub>2</sub>, легированного ZnO<sub>2</sub> в последние годы также исследуются как наноматериалы [1]. Нановолокна на основе Ti, легированные ZnO, усиливают антимикробное действие при наличии нарушения клеточных мембран и утечки цитоплазмы. Следующие материалы ZnCl<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>, Zn(Ac)<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>, Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub> и ZnSO<sub>4</sub>/TiO<sub>2</sub> могут использоваться в качестве антибактериальных средств, а самая высокая антибактериальная активность наблюдается для ZnSO<sub>4</sub>/TiO<sub>2</sub> и, возможно, объясняется улучшением поверхностной кислотности [4]. Также известно, что цинк может быть включен в диоксид титана для достижения хорошей способности к подавлению бактерий [2].

### *Механизмы окислительного стресса, индуцированного наночастицами*

Наноматериалы, такие как углеродные нанотрубки, фуллерены и оксиды металлов, индуцируются окислительным стрессом. Три фактора в наночастицах, индуцирующих активные формы кислорода, в основном включают в себя:

- 1) проксидантные функциональные группы, присутствующие на реакционноспособной поверхности наночастицы;
- 2) активные окислительно-восстановительные циклические действия в наночастицах на основе переходных металлов;
- 3) взаимодействия частиц с клетками.

В активных формах кислорода (АФК) источники в основном зависят от взаимодействия частиц с клеткой и физико-химических параметров.

### *Биосенсоры*

Современные технологии предоставляют мощные инструменты для изготовления пористых структур биоматериалов и улучшения естественных биосинтетических систем для целевого применения [1]. Пористые архитектуры были изготовлены с использованием различных методов, таких как литье растворителем, выщелачивание твердых частиц, вспенивание

газа, разделение фаз, электроспиннинг, выщелачивание порошена, волоконная сетка, быстрое прототипирование и сублимационная сушка, чтобы удовлетворить требования различных применений. Существует несколько биополимеров для микробной инкапсуляции в пористые матрицы для удержания микроорганизмов для очистки воды, производства биомолекул и производства этанола. Предпринимались попытки удалить тяжелые металлы и органические загрязнители из загрязненной воды с помощью пористых биоматриц. Пористые материалы на биологической основе используются для включения противомикробных агентов в упаковочные материалы для пищевых продуктов для консервирования пищевых продуктов. Пористые материалы, полученные из биополимеров, также играют ключевую роль в энергосбережении и снижении тепла, выступая в качестве теплоизоляторов в строительных конструкциях [5].

Включение биомедицинских и биосенсорных приборов в перечень ведущего медицинского оборудования имеет свои преимущества по сравнению с традиционными методами обнаружения, поскольку это селективные, чувствительные, надежные, удобные и быстрые методы обнаружения, используемые в медицине, сельском хозяйстве и пищевой промышленности. Внедрение наноматериалов открывает возможности для создания нового поколения биомедицинских технологий. Применение наноматериалов привлекает большое внимание в управлении технологическими процессами, анализе пищевых продуктов, биомедицине и промышленности. В будущем огромный интерес будет представлять разработка эффективных технологий быстрого производства больших объемов наноматериалов на основе высоких качественных характеристик и относительно низкой стоимости. Кроме того, дальнейшие исследования должны быть сосредоточены на разработке многофункциональных наноматериалов и повышении биомедицинских технологий и их доступности.

#### **Список использованных источников**

1. Wang, Y. Modification of the antibacterial activity of Zn/TiO<sub>2</sub> nano-materials through different anions doped / Y. Wang, X. Xue, H. Yang. // *Vacuum*. – 2014. – Vol. 10. – P.193-199.
2. Nel, A. Toxic potential of materials at the nanolevel / A. Nel, T. Xia, L. Madler, N. Li // *Science*. – 2006. – Vol. 311. – P.622-627.
3. Johnston, H. J. (2010) A review of the in vivo and in vitro toxicity of silver and gold particulates: particle attributes and biological mechanisms responsible for the observed toxicity / H. J. Johnston, G. Hutchison, F. M. Christensen, S. Peters, S. Hankin // *Critical Reviews in Toxicology*. – 2010. – Vol. 40. – P.328-346.
4. Roy, I. Ceramic-based nanoparticles entrapping water-insoluble photosensitizing anti-cancer drugs: a novel drug-carrier system for photodynamic therapy / I. Roy, T. Y. Ohulchansky, H. E. Pudavar, E. J. Bergey, A. R. Oseroff // *J Am Chem Soc*. – 2003. – Vol. 125. - P.7860-7865.
5. Thevenot, D. R. Electrochemical Biosensors: Recommended Definitions and Classification / D. R. Thevenot, K. Toth, R. A. Durst, G. S. Wilson // *Pure Appl Chem*. – 1999. – Vol. 71. – P.2333.

## Использование пассивации нержавеющей стали для повышения коррозионной стойкости

Студентка группы 10401121 Калинина А.В.  
Научный руководитель – Астрейко Л.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

При неправильной обработке детали или при нарушенной эксплуатации, ржавчина может появиться даже на самой качественной нержавеющей стали. Нержавейка получает свои улучшенные качества при добавлении легирующих элементов в состав сплава. В основном этими добавками служит хром, никель, молибден. В первую очередь за антикоррозионные свойства отвечает хром, чем больше его в составе, тем лучше формируется антикоррозионный слой на поверхности металла.

Добавление различных легирующих элементов в состав нержавеющей сталей позволяет придать им требуемые физико-химические характеристики, но именно хром отвечает за коррозионную устойчивость стального сплава. Различают:

- Хромистые стали имеют повышенную коррозионную стойкость, жаростойкость.
- Хромо-никелевые стали с содержанием от 18% Cr и 8% Ni устойчивы к действию кислот; Мо повышается устойчивость к действию серной и уксусной кислоты, Cu улучшается устойчивость к коррозии в слабоагрессивных средах при нагрузках на растяжение, Si повышает стойкость в серной и соляной кислотах.
- Хромо-марганцево-никелевые стали устойчивы к действию молочной и уксусной кислоты.

Несмотря на то, что в химическом составе нержавеющей сталей содержатся элементы повышающие ее коррозионную устойчивость, ее поверхность и внутренняя структура могут подвергаться коррозии.

Основными разновидностями коррозии являются:

1. Общая коррозия;
2. Щелевая коррозия;
3. Питтинг;
4. Гальваническая коррозия;
5. Межкристаллитная коррозия;
6. Эрозионная коррозия.

Внешний слой сплава может начать корродировать от контакта с железом: это возможно при неправильной сварке, когда на поверхность попадают частички железа. [1]

**Пассивация** - процесс, направленный на появление на поверхности металлического изделия оксидной пленки, то есть происходит поверхностное окисление металлов. [2]

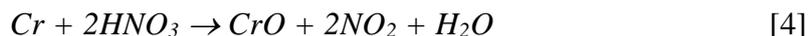
Пассивация как технологический процесс имеет ряд преимуществ [3]:

- Улучшает коррозионную стойкость без нанесения покрытия;
- Обеспечивает превосходную чистоту поверхности;
- Отсутствие цвета ржавчины;
- Без изменения размеров;
- Восстанавливает повреждение естественного слоя оксида хрома;
- Не дорогая технологическая операция.

Химическая пассивация нержавеющей стали применяется для повышения стойкости металла в местах, подверженных коррозии: сварных швах, участках, прошедших механическую обработку, а также участках после термической обработки.

Нержавеющие стали устойчивы к коррозии и легко пассивируются за счет высокого процентного содержания хрома. Хром распределен равномерно в структурной кристаллической решетке и в процессе пассивации подвергается окислительному воздействию, образуя

очень тонкий (около 130 Å) непроницаемый слой оксида (в основном CrO), который останавливает дальнейшую коррозию:



**Пассивацию нержавеющей стали** проводят, когда свободное железо, оксидная окалина, ржавчина, металлическая стружка или другие нелетучие отложения могут отрицательно повлиять на металлургическое или санитарное состояние, стабильность поверхности или механическую работу детали, узла или системы. Нержавеющая сталь пассивируется с использованием азотной, серной, ортофосфорной и лимонной кислот.

Химической пассивации подвергаются литые, кованные, штампованные и сварные заготовки, детали и узлы арматуры, изготовленные из нержавеющей сталей. [5]

Химическая пассивация швов нержавеющей стали – это процесс регенерации исходных характеристик нержавеющей стали в отношении коррозионной стойкости. Химический состав подбирается в зависимости от особенностей стали, и требуется подобрать наиболее эффективное вещество, так называемый пассиватор для нержавеющей стали. [4]

Рассматривая технологический процесс пассивирования, можно выделить следующие технологические операции [3]:

1. Подготовка изделия к процедуре пассивации;
2. Химическое обезжиривание;
3. Травление;
4. Пассивация;
5. Промывка.

Процесс пассивации позволяет вернуть нержавеющей стали ее первоначальные свойства, дополнительно защищая ее от воздействия различных факторов, таких как контакт с агрессивными средами или длительный контакт металлов между собой. Пассивация нержавеющей стали также используется в качестве защиты для долговечной эксплуатации металлического оборудования, используемого на производстве. Для дополнительного предохранения нержавеющей стали используется метод пассивации в различных областях металлоизделия, таких как: медицинские приборы и оборудование, аэрокосмическая промышленность и авиация, фармацевтическая индустрия, производство продуктов питания и напитков, нефтяная и газовая промышленность, химическая обработка, автоматизированная индустрия, производство электроники, морская промышленность, точное машиностроение.

В этих отраслях пассивация играет жизненно важную роль в повышении коррозионной стойкости металлических компонентов, обеспечении их долговечности, безопасности и надежности в сложных условиях. Конкретные типы деталей, подвергающихся пассивации, широко варьируются: от небольших медицинских имплантатов до крупного промышленного оборудования. [6]

Таким образом, разрушение защитного слоя на нержавеющей стали и возникновение коррозии обусловлено несколькими факторами:

1. Неправильная обработка поверхности металла. При нарушенной технологии сварки или шлифовки детали образуются микродефекты, которые приводят к разрушению оксидной пленки.
2. Использование некачественных материалов. Это относится к низкосортной стали, когда экономия денег сказывается на качестве сплава.
3. Неправильная эксплуатация.

Обеспечить условия эксплуатации изделий из нержавеющей стали, так чтобы они не контактировали с другими металлами и агрессивными средами, а также не подвергались механическим повреждениям, практически невозможно. Именно поэтому необходима упомянутая выше технологическая операция – пассивирование. [1]

1.Пассивирование металла: назначение, технология, методы [Электронный ресурс] / Met-all.org– Режим доступа: <https://met-all.org/obrabotka/himicheskaya/passivacija-metalla-passivirovanie-nerzhaveshhej-stali.html> – Дата доступа: 17.11.2023.

2.Пассивация. [Электронный ресурс] / ТОЧИНВЕСТ ЦИНК – Режим доступа: <https://t-zinc.ru/o-kompanii/stati/passivaciya.html>– Дата доступа: 24.09.2023.

3. Этапы процесса пассивации нержавеющей стали. [Электронный ресурс] / INOXGRUP – Режим доступа: <https://inoxgrup.ru/klassicheskie-tehnologii-passivacii-nerzhaveshhej-stali/> – Дата доступа: 14.10.2023.

4. Пассивация сварных швов нержавеющей стали: сравнение химического и электрохимического способов [Электронный ресурс] / ООО Металл Клинер. – Режим доступа: <https://metallcleaner.com/passivacija-svarnyh-shvov-nerzhaveshhej-stali.html#part4> – Дата доступа: 08.11.2023.

5. Букина Я.В., Химическая пассивация фланцев из хромоникелевой стали/ Я.В. Букина – Режим доступа: <https://metallcleaner.com/passivacija-svarnyh-shvov-nerzhaveshhej-stali.html#part4> – Дата доступа: 19.10.2023.

6. PASSIVATION [Электронный ресурс] / Arrow Finishing. – Режим доступа: <https://www.arrowfinishing.com/chemical-processing/passivation/> – Дата доступа: 20.10.2023.

**Коррозионная стойкость материалов и сплавов**

Алимбабаева З.Л.

Филиал РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина в городе Ташкенте  
Республика Узбекистан, г. Ташкент

В настоящее время металлы и сплавы всё ещё остаются основными конструкционными материалами при создании различных машин и аппаратов. Материал часто используется в химических средах. Химическая среда взаимодействует с поверхностью металла и часто вызывает коррозию материала. Коррозия вызвана химическими веществами во внешней среде. Коррозионное разрушение может происходить не только на поверхности металла, но и между кристаллитами. Дефекты, образующиеся в металлах под действием механических сил, ускоряют коррозию старение или коррозия может ускорить механическое разрушение.

Химическая коррозия вызвана окислением металлов под действием температуры, газовой коррозией в паровых условиях или окислительно-восстановительными процессами, возникающими в результате воздействия газов, выделяющихся в результате сгорания топлива на поверхность металла, коррозионного воздействия жидких тел, не проводящих электрический ток или жидкостей. Коррозию под воздействием газовой или жидкой среды, обладающей свойствами электролита, называют электрохимической коррозией. Например, влажный воздух, влажная почва или морская вода, кислота, щелочь и соль. Примером этого является распад под воздействием.

Влияние и видов коррозии на металлургию различны. При равномерном затрагивании поверхности металла, то она вызывает равномерную эрозию по всей поверхности. Такая коррозия называется равномерной или общей коррозионной коррозией. Коррозия может возникать неравномерно по всей поверхности. При этом эрозия возникает только на определенных участках поверхности, то есть в определенных точках поверхности образуются «раны». Коррозия возникает и между кристаллитами (на разделительных поверхностях зерен). Этот тип коррозии называется локальной коррозией. Неравномерная коррозионная коррозия несколько опаснее равномерной, так как приводит к более быстрой коррозии материала.

Этот тип коррозии называется локальной коррозией. Неравномерная точечная коррозия несколько более опасна, чем плоская точечная коррозия, поскольку приводит к более быстрой коррозии материала. Коррозионное разрушение происходит в течение определенного периода времени. Скорость коррозионной эрозии, то есть скорость коррозии, измеряется как отношение числа коррозии (мм) ко времени (с). Скорость коррозии зависит, во-первых, от условий эксплуатации станков, во-вторых, от того, насколько прочно окрашенная масса (тонкая пленка на металле) связана с основанием в результате коррозии. Пленка, образовавшаяся на поверхности металла, также может расплавиться.

При этом в результате коррозионной эрозии могут измениться размеры станков. Часто устойчивость материалов к коррозии и эрозии выражают балльными показателями.

Скорость коррозии между кристаллами можно определить по изменению электропроводности или механических свойств материала. Даже в обычных условиях на поверхности некоторых металлов образуется тонкая пленка оксидов металлов, защищающая их от коррозии. В зависимости от условий формирования оксидного слоя его толщина различна: от 30--40 мкм до 0,5-1 мм. Чем тоньше оксидный слой, тем прочнее он связан с основой.

Структура оксидного слоя различна. Некоторые оксидные слои являются пористыми и позволяют легко проходить через них кислород или другие агрессивные среды. В результате основание под оксидным слоем постепенно разрушается из-за коррозии. Если структура слоя, образующегося на поверхности металла, плотная и не пористая, он имеет лучшую защиту от дальнейшего окисления. Толщина такого слоя не увеличивается. В результате он надолго защищает материал от коррозии. В технической практике в большей степени происходит электрохимическая коррозионная деградация. Такая коррозия представляет собой сложный процесс и объясняется процессом, происходящим в гальванических элементах.

В качестве таких добавок также можно использовать этаноламид. Готовые станки затем заворачивают в бумагу, пропитанную растворами.

В технике поверхность металла покрывают хромом, алюминием, серебром и подобными элементами для защиты станков от коррозии. В настоящее время металлическую поверхность покрывают композиционными материалами на полимерной основе.

#### **Список использованных источников**

1. Сергеев Н.Н. и др. Технология металлов и сплавов: учебник / Тула: Изд-во ТулГУ, 2017. - 490 с.
2. Фетисов Г.П., Гарифуллин Ф.А. Материаловедение и технология материалов: Учебник. - М.: ИНФРА-М, 2014. - 397 с.
3. Гуляев А.П., Гуляев А.А. Металловедение: Учебник для вузов. 7-е изд., пере раб, и доп. М.: ИД Альянс, 2011. – 644 с.
4. Арзамасов В.Б. Материаловедение: учебник для студентов высших учебных заведений / В.Б. Арзамасов, А.А. Черепяхин. – М.: Издательство «Экзамен», 2009. – 350 с.

## **Коррозия металлов в авиационной промышленности**

Студенты группы 10405521 Лепеш В.И., Шевцова А.В.  
Научный руководитель - Астрейко Л.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Материаловедение в авиации направленно на разработку и использование материалов, которые обладают высокой прочностью, легкостью, устойчивостью к коррозии и другим факторам окружающей среды. Воздушные суда подвергаются агрессивным условиям окружающей среды, которые способствуют развитию коррозии металлов. Коррозия приводит к разрушению структуры и повреждению ключевых деталей, что является потенциальной угрозой для безопасности полетов.

Одним из наиболее распространённых материалов, используемых в авиации, является алюминий и его сплавы. Кроме алюминия, в авиации широко используют титан, магний и композиты. Эти материалы имеют низкую плотность, высокую прочность, хорошую коррозионную стойкость.

Основными провоцирующими факторами, влияющими на развитие коррозии, являются влажность и температура.

Влага создает электролитическую среду, способствующую развитию коррозии на металлических поверхностях.

Высокие и низкие температуры изменяют скорость химических реакций, происходящих в металле, и способствуют развитию коррозии.

В авиационной промышленности наиболее распространёнными типами коррозии, для алюминиевых компонентов, являются: [1]

– Контактная коррозия: возникает при контакте алюминия с другими металлами или материалами в присутствии электролита, начинается процесс электрохимической коррозии, где более активный металл (анод) будет корродировать в пользу менее активного металла (катод). Алюминий в конструкциях контактирует со сталью, медью, композитными материалами, что провоцирует контактную коррозию.

– Межкристаллитная коррозия (МКК) - происходит по границам зерен или по объёму зерна. Приводит к выкрашиванию зёрен металла.

– Расслаивающая коррозия - коррозия вдоль границ зерен или внутри зерен материала, приводит к образованию трещин, отслаиванию слоев материала и снижению его механических свойств.

Самолёт имеет ряд критических зон, где наиболее часто возникает коррозия: [2]

– подпольная часть фюзеляжа, где скапливается конденсационная влага, а также попадают агрессивные жидкости из санузлов и буфетов;

– напольная часть фюзеляжа в местах установки санузлов и буфетов;

– ниши установки аккумуляторных батарей;

– зоны, представлявшие собой границу между герметичной и негерметичной частями фюзеляжа, где имеет место перепад температур и, как следствие, конденсация влаги;

– участки контакта разнородных в электрохимическом отношении металлов в местах разрушений защитных покрытий;

– внутренняя поверхность центроплана и крыльев;

– наружная поверхность обшивки планера и другие детали, находящиеся под воздействием атмосферных факторов.

Детали, выполненные из алюминиевых, магниевых, стальных материалов и работающие в данных условиях болты и гайки, узлы, кронштейны, каркас фонаря кабины штурмана, балки пола, трубопроводы, стрингеры, шпангоуты, лонжероны, компенсаторы, активно подвергаются коррозии.

Поэтому эти зоны и работающие в них конструкции подвергают регулярному осмотру и контролю. Для этого применяют следующие методы:

– Визуальный осмотр; Позволяет вовремя определить образование трещин; коррозионные пятна и пузырьки; изменение размеров и формы компонента; состояние соединений и сварных швов;

– Ультразвуковой метод контроля: Позволяет определить размеры, форму и местоположение дефектов.

– Радиография: используют для получения изображений, для оценки наличия дефектов, трещин и коррозии.

Своевременный контроль конструкции позволяет оценить степень повреждения материалов, идентифицировать типы коррозии, определить факторы, способствующие коррозии, и разработать эффективные стратегии предотвращения и контроля коррозии.

Самый эффективный способ предотвращения и защиты от коррозии - применение специальных покрытий на поверхности материалов:

– Горячее цинкование обеспечивает высокую степень коррозионной защиты, создаёт прочное и стойкое покрытие, которое может выдерживать механические нагрузки, удары и износ. Используется для защиты заклёпок и болтов, подвески колёс и кронштейнов. Цинк обладает высокой анодной активностью и предпочтительно окисляется вместо других металлов.

– Для защиты фюзеляжа изготовленного из алюминия используются цинкнаполненные краски. При наличии повреждений на поверхности фюзеляжа, цинковые частицы в краске действуют как аноды и защищают алюминий который выступает в роли катода. Данные краски обладают хорошей адгезией и способностью к пассивной регенерации, что делает их эффективными в условиях авиационной эксплуатации [3].

– Покрытия на основе полимеров, такие как эпоксидные, полиуретановые или полиэстеровые покрытия: Они образуют защитную пленку на поверхности металла или композитных материалов, предотвращая контакт с агрессивными средами. Полимерные покрытия обладают хорошей химической стойкостью и могут специально разрабатываться для соответствия требованиям авиационной промышленности, включая устойчивость к ультрафиолетовому излучению, высоким температурам и механическим нагрузкам. Данные покрытия используются для защиты фюзеляжа, крыльев, закрылков, элеронов, шасси, нагревательных кожухов изготовленных из алюминия, титана, магния и стали.

Выбор покрытий зависит от конкретных требований и условий эксплуатации. В некоторых случаях могут применяться антикоррозионные покрытия на основе хрома, которые наносятся для защиты турбинных лопаток, впускных и выпускных клапанов, поршней, изготовленных из стали и титана. Покрытия на основе хрома улучшают износостойкость, адгезию других покрытий. Процесс выбора оптимального покрытия в авиационной технике должен учитывать такие факторы, как химическая совместимость с другими материалами, технические требования и безопасность [4].

Применение соответствующих условиям эксплуатации покрытий, регулярный мониторинг и предупредительные меры помогут минимизировать риски, связанные с коррозией, и продлить срок службы самолетов. Борьба с коррозией имеет высокое значение для обеспечения безопасности и надежности авиационных конструкций.

#### **Список использованных источников**

1. Вульф Б. К. Коррозия авиационных сплавов / Б. К. Вульф. — М.: Изд-во ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1950. — 123 с.

2. Бочериков Я. Н. Анализ конструкции планера воздушного судна с целью определения критических зон по коррозионному состоянию и разработка программы контроля коррозионного состояния // Секция “Эксплуатации и надёжность авиационной техники”. Красноярск, СГАУ им. акад. М. Ф. Решетнева, 2007. С. 207.

3. Садков В. В., Миркин И. И. Обеспечение коррозионной стойкости конструкций из алюминиевых сплавов и перспективы их применения в самолётах ТУ / В. В. Садков, И. И. Миркин // Цветные металлы. — 2006. — № 11. — С. 73-76.

4. Крениг В. О. Коррозия металлов в авиации. Коррозия авиационных материалов, защита от коррозии и антикоррозионные технологические процессы / В. О. Крениг, Р. С. Амбарцумян. — М.: Гос. Изд-во оборонной промышленности, 1941. — 175 с.

**Материалы, применяемые для изготовления режущих инструментов**

Алимбабаева З.Л.

Филиал РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина в городе Ташкенте  
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Камилова Г.М.

Ташкентский Государственный Технический Университет им. Ислама Каримова  
Мамасалиев М.Р.

магистрант кафедры «Материаловедение» Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова

В настоящее время в машиностроении для изготовления режущих инструментов применяют инструментальные углеродистые, легированные и быстрорежущие стали, также применяют пластины твердых металлокерамических и минералокерамических материалов. Режущий инструмент в процессе резания металлов подвергается большому давлению срезаемого слоя и нагреву, что вызывает его износ. Поэтому основным требованием к материалам режущих инструментов является износостойчивость при высокой температуре нагрева в течение продолжительного времени. Это требование обеспечивается большой твердостью материала в нагретом состоянии и его красностойкостью [1-2].

Из инструментальной углеродистой стали марок У10А, У12А изготавливают режущие инструменты, работающие с малыми скоростями резания ( $V \leq 10$  м/мин), например, напильники, ножовочные полотна, метчики, плашки и т. д. Легированная хромокремнистая сталь 9ХС и особенно хромовольфрамовые марок ХВГ и 9ХВГ мало деформируются при закалке, что очень важно при изготовлении таких сложных режущих инструментов, как протяжки, длинные развертки, метчики, сверла, фрезы. Быстрорежущие стали - это хромовольфрамовые стали с содержанием вольфрама от 8,5 до 19% и от 3,8 до 4,4% хрома. Режущий инструмент из быстрорежущих сталей имеет после термообработки твердость HRC 62 - 65, повышенную сопротивляемость износу и сохраняет режущие свойства при нагреве до 600 - 650°C. Это позволяет работать инструментом, изготовленным из быстрорежущей, стали со скоростями, в 2 - 4 раза большими, чем инструментами, изготовленными из инструментальной углеродистой стали [3-4].

В настоящее время широко применяют быстрорежущие стали марок Р9 и Р18 с содержанием вольфрама в среднем соответственно 9 и 18%. Кроме этих основных марок, при обработке жаропрочных и других сплавов применяют кобальтовые и ванадиевые инструментальные быстрорежущие стали марок Р9Ф5, Р14Ф4, Р18Ф2, Р8К5, Р9К10, Р10К5Ф5, Р18К5Ф2. Например, марка стали Р10К5Ф5 содержит десять процентов вольфрама, пять процентов кобальта и пять процентов ванадия.

Быстрорежущая сталь относится к классу ледебуритовых чугунов, поэтому хорошо куется. Для улучшения режущих свойств сталей послековки их нагревают до 800-800°C и размягчают, затем закалывают и отпускают. В результате сталь обладает необходимой жаростойкостью. Для ее получения сталь нагревают в растворах солей. Таким образом можно предохранить поверхность инструмента от окисления и нагревать его медленно или поэтапно. При нагреве стали до 450°C выжидают, пока температура станет одинаковой по всему объему, затем нагревают до температуры 850°C. Иногда быстрорежущие стали цианируют при низких температурах для повышения коррозионной стойкости. Коррозионную стойкость стали повышают паровой обработкой при температуре отжига (550-570°C) [5-6].

Твердые сплавы представляют раствор карбидов вольфрама и карбидов титана в металлическом кобальте. Их изготавливают в виде пластин необходимой формы путем спекания при температуре около 1900°C. Получающиеся пластины обладают очень высокой твердостью

HRC 88 - 92, большой износостойкостью и красностойкостью (900 - 1000°C). Пластины твердых сплавов припаивают или механически крепят специальными прижимами к корпусу из конструкционной или инструментальной углеродистой стали (У7А, У8А) [7].

Режущие инструменты с пластинами из твердых сплавов применяют для обработки самых твердых металлов, включая закаленную сталь и неметаллические материалы (стекло, фарфор, пластмассы) при скоростях резания в 3- 4 раза больше, чем скорость обработки инструментом из быстрорежущей стали. В настоящее время заводы твердых сплавов выпускают две основные группы этих сплавов: вольфрамовая группа, основные марки которой ВК2, ВК3, ВК4, ВК6, ВК6М, ВК8, ВК8В, и титановольфрамовая с основными марками Т5К10, Т5К12В, Т14К8, Т15К6, Т30К4 и Т60К6, и тантало-титановольфрамовая ТТ7К12. Они предназначены для обработки резанием металлов и неметаллических материалов и по ряду свойств — твердости, эксплуатационной прочности и износоустойчивости — превосходят некоторые старые марки твердых сплавов (ВК3, ВК6, ВК8) [8].

Минералокерамический материал для изготовления пластин к режущим инструментам состоит из окиси алюминия ( $Al_2O_3$ ) и получается методом прессования с последующей термообработкой. Минералокерамические пластины крепят механически к металлическим державкам или же припаивают их, предварительно подвергая металлизации. В промышленности применяют минералокерамические пластины марок Т-48 и ЦМ-332. Эти материалы, обладая очень большой твердостью (HRC 91 - 93) и красностойкостью 1200°C, позволяют обрабатывать металлы резанием со скоростью до 2000 м/мин, т. е. превышающую скорость резания твердыми сплавами в 1,5 - 2 раза. Но существенным недостатком минералокерамического материала является высокая хрупкость, препятствующая его широкому внедрению в промышленность [9-10].

Важными свойствами таких сталей являются устойчивость к коррозии и жаростойкость. Твердость материала с такой характеристикой должна быть выше твердости обрабатываемого материала. Эти материалы, из которых изготовлен инструмент, должны обладать высокой прочностью и вязкостью. Работоспособность режущего инструмента зависит от его термостойкости.

#### Список использованных источников

1. Аверьянов, О.И. Режущий инструмент: Учебное пособие / О.И. Аверьянов, В.В. Клепиков. - М.: МГИУ, 2007. - 144 с.
2. Alimbabaeva, Z.L., Bektemirov, B. Sh. Composite materials production technology for machining materials. Lityo i metallurgiya 2020: sbornik nauchnih rabot III Mejdunarodnoy nauchnoprakticheskoy internet konferenciy studentov i magistrantov, 18-19 noyabrya 2020 g./sost. AP Bejok.–Minsk: BNTU, 2021.–S. 92-93.
3. Аверьянов, О.И. Режущий инструмент / О.И. Аверьянов. - М.: МГИУ, 2007. - 144 с.
4. Адашкин, А.М. Современный режущий инструмент: Учебное пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / А.М. Адашкин, Н.В. Колесов. - М.: ИЦ Академия, 2012. - 224 с.
5. Аликулов, А. Х., Норхуджаев, Ф. Р., & Бектемиров, Б. Ш. (2019). Повышение работоспособности твердосплавного режущего инструмента при восстановлении профиля железнодорожных колес. In *ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ* (pp. 204-207).
6. Кожевников, Д. Режущий инструмент: Учебник для ВУЗов / Д. Кожевников. - М.: Машиностроение, 2014. - 520 с.
7. Рыжкин, А.А. Режущий инструмент: Учебное пособие / А.А. Рыжкин, К.Г. Шучев, А.Г. Схиртладзе. - Рн/Д: Феникс, 2009. - 405 с.
8. Аверьянов, О.И. Режущий инструмент / О.И. Аверьянов, В.В. Клепиков. - М.: МГИУ, 2007. - 144 с.
9. Bektemirov, B.S., Ulashov, J.Z., Akhmedov, A.K., Gopirov, M.M.: Types of advanced cutting tool materials and their properties. Euro-Asia Conf. 5(1), 260–262 (2021).
10. Risbekov, S.S., Bektemirov, B.Sh. Zirconia toughened alumina (zta). Lityo i metallurgiya 2019: sbornik nauchnih rabot IV Mejdunarodnoy nauchno-prakticheskoy internet konferenciy studentov i magistrantov. Minsk: BNTU, 2019. Pp. 85-86.

**Имеет ли силицен будущее?**

Студенты группы 10405520 Монжос Ю.С., Стасенко А.С.

Научный руководитель - Дашкевич В.Г.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

В течение последнего десятилетия наблюдается значительный интерес исследователей к использованию двумерных материалов для реализации электронных устройств. Основной движущей силой являются улучшение характеристики, предлагаемые этими 2D-материалами для работы электронных устройств в наномасштабном режиме. Среди этих материалов силицен (2D-кремний) стал предпочтительным выбором из-за его ожидаемой интеграции с технологией на основе кремния. Интеграция силицена с кремниевой технологией является одним из основных преимуществ силицена как материала для будущих электронных устройств при наличии инфраструктуры получения и обработки объемного кремния.

Ряд преимуществ заставляют оценивать силицен по перспективности в электронике на уровне графена. Какие это преимущества, об этом частично проанализировано в настоящей статье. Во-первых, силицен, что очень важно, в своей основной форме является проводником, поскольку образует нулевую запрещенную зону проводимости. К слову, в зарубежной литературе описано несколько методов формирования запрещенной зоны в силицене. Именно поэтому силицен используется при создании ряда электронных устройств: от транзисторов до фотодетекторов. Во-вторых, уникальные упруго-пластические свойства силицена [1-2]. Известно, что механические свойства имеют решающее значение для понимания надежности, прочности и конструкции изделий. В литературе отмечается, что упругие постоянные второго порядка и упругие постоянные третьего порядка для силицена получены с использованием метода гомогенной деформации. Эти константы применимы для описания нелинейной и линейной упругости силицена и используются для определения модуля Юнга и коэффициента Пуассона [3]. В третьих, низкий коэффициент теплопроводности в сравнении, например, с графеном, что кардинально отличает такой материал и создает дополнительные признаки уникальности. Как отмечают исследователи, именно по этой причине полупроводники в составе электронных и оптоэлектронных устройств из него обладают высокой надежностью и производительностью [4].

Приведенные расчеты теплопроводности в зарубежной литературе основаны на теоретическом моделировании с использованием потенциала Терсоффа [5-6] и потенциала Стиллингера-Вебера [7]. Что касается значений, то при комнатной температуре и при использовании вышеуказанных методов расчета теплопроводности составила 3-25 Вт/м·К [5-8].

Одним из важнейших свойств силицена является электропроводность. Скорость Ферми носителей в силицене в общем виде, что отражено в литературе, можно оценить из линейной дисперсии характеристических  $\pi$  полос вблизи уровня Ферми путем линейной подгонки волнового вектора ( $K$ ) и пренебрежения членами второго и более высокого порядка:

$$v_f = \frac{1}{h} \frac{dE}{dK},$$

где  $E$  – модуль Юнга;

$h$  – высота профиля атомной плоскости с учетом изгиба.

Согласно традиционным расчетам, скорость составляет около  $5 \cdot 10^5$  м·с<sup>-1</sup>, что меньше, чем у графена ( $8,29 \cdot 10^5$  м·с<sup>-1</sup>), но не на много.

В завершении отметим применение силицена. Что на данный момент реализовано с точки зрения производства? В настоящее время силицен используются в различных транзисторах, а именно, в силиценовом полевом транзисторе с двойным затвором, в силиценовом полевом транзисторе с адсорбцией щелочи, в силиценовом полевом транзисторе с наносеткой,

в наносеночном полевом транзисторе, в силициновом полевом транзисторе с совместной декорацией Li-Si и т.д. Что особо интересно, это попытки использовать силицен для элементов питания (аккумуляторы), но пока промышленных образцов не получено [8-9].

**Выводы.** Исходя из проведенного анализа можно сказать, что силицен один из перспективных материалов будущего, но период научно-исследовательских и опытных работ действительно очень продолжительный. Отмечено, что силицен похож по электропроводности на графен, но в отличие от него силицен имеет относительно низкую теплопроводность и в этом его уникальность. Предполагается, что после перехода на промышленное производство материал будет эффективно заменять существующие и его потенциал раскроется максимально.

#### Список использованных источников

1. Changgu Lee X. W. Measurement of the elastic properties and intrinsic strength of monolayer graphene / X. W. Changgu Lee, Jeffrey W. Kysar, James Hone // *Science*, №321. – 2008. – p. 385.
2. Peng Q. Mechanical stabilities of silicene / Q. Peng, X. Wen, S. De // *RSC Adv.*, №3. – 2013. – p. 13772.
3. Zhao J. Rise of silicene: a competitive 2d material / J. Zhao et al. // *Prog. Mater Sci.*, №83. – 2016. – p. 24.
4. Pei Q. X. Effects of temperature and strain rate on the mechanical properties of silicone / Q. X. Pei, Z. D. Sha, Y. Y. Zhang, Y. W. Zhang // *J. Appl. Phys.*, №115. – 2014. – p. 023519(1).
5. Liu B. Thermal conductivity of silicene nanosheets and the effect of isotopic doping / B. Liu, C. D. Reddy, J. Jiang, H. Zhu, J. A. Baimova, S. V. Dmitriev, K. Zhou // *J. Phys. D: Appl. Phys.*, №47. – 2014. – p. 165301(1).
6. Ng T. Y. Molecular dynamics simulation of the thermal conductivity of shorts strips of graphene and silicene: a comparative study / T. Y. Ng, J. Yeo, Z. Liu // *Int. J. Mech. Mater. Des.*, №115. – 2013.
7. Zhang X. Thermal conductivity of silicene calculated using an optimized / X. Zhang, H. Xie, M. Hu, H. Bao, S. Yue, G. Qin, G. Su // *Stillinger–Weber potential Physical Review B*, №89. – 2014. – p. 054310(1).
8. Zhao, Y. C. Spin-semiconducting properties in silicene nanoribbons / Y. C. Zhao, J. Ni // *Phys. Chem. Chem. Phys.*, №16. – 2014. – p. 15477.
9. Malik G. F. A. Spin field effect transistors and their applications / G. F. A. Malik, M. A. Kharadi, F. A. Khanday, N. Parveen // *A survey Microelectron. J.*, №106. – 2020. – p. 104924.

**Повышение стойкости чугуна методом термической обработки**

Алимбабаева З.Л.

Филиал РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина в городе Ташкенте, Республика Узбекистан, г. Ташкент

Камилова Г.М.

Ташкентский Государственный Технический Университет им. Ислама

Каримова

Детали, используемые в производстве, подвергаются различным механическим нагрузкам. Если свойства детали не соответствуют этой нагрузке, срок службы деталей не будут соответствовать уровню спроса или экономическим показателям [1].

Масштабный комплекс методом литья чугуна снижение внутренних напряжений при приобретении станков, для облегчения работы по резке чугуна снижение твердости и улучшение механических свойств, для повышения стойкости к истиранию используется метод термической обработки.

Термическая обработка чугуна отличается от термической обработки сталей. Не только в чугунах, кроме того, распад до графита можно продолжить, что означает изменение свойств [2].

Часто внутренние термические напряжения в чугуне с целью его снижения нагреванием до 500-600 °С и при этой температуре выдерживают 6-8 часов, затем они охлаждаются медленно, чтобы не возникали новые термические напряжения. Также предусмотрен высокотемпературный отжиг. Больше чем это основная цель отпуска – снижение твердости чугуна и предназначен для облегчения резки. Чугун для этого его нагревают до 850-950°С и при этой температуре несколько часы сохранились.

Для улучшения механических свойств, а также фрикционного износа нормализация проводится для увеличения долговечности. В этом случае материал нагревают до 850-950°С и при этой температуре его выдерживают 1-2 часа, затем охлаждают на воздухе. На структуру и свойства чугуна сильно влияют технологические факторы, особенно скорость охлаждения, которая зависит от толщины стенки отливки. Чем больше толщина стенки, тем медленнее охлаждается отливка и тем полнее проходит процесс графитизации. С увеличением скорости охлаждения создаются условия для первичной кристаллизации: из жидкой фазы выделяется цементит, вследствие распада которого при дальнейшем охлаждении образуется графит. Иногда ледебурит не разлагается полностью, а остается в структуре чугуна. Механические свойства серого чугуна зависят от свойств металлической основы, но главным образом от количества, формы и размеров графитовых включений. Графит играет роль надрезов в металлической основе чугуна. Поэтому независимо от структуры основы относительное удлинение при растяжении серого чугуна не превышает 0,5 %. Чем меньше и разобщеннее графитные включения, тем меньше их отрицательное влияние на прочность. Сопротивление разрыву, твердость и износостойкость чугунов растут с увеличением количества перлита в структуре. Значительно слабее влияние графита при изгибе и особенно при сжатии [3].

В результате литья прочность чугуна несколько снижается так же может быть увеличено, поскольку в чугунной конструкции наряду с мартенситом существует еще графит. Выяснить нагревают до 840-900°С и охлаждают в масле. Низкотемпературные (200-250°С) сыпучие если ему дать зуб, он устойчив к износу твердость сохраняется. Разряд имеет более высокую температуру (300-500°С), твердость снижается незначительно, пластичный и твердость увеличивается, структура состоит из троостита или сорбита [4-5].

Недостатками способа являются: относительно высокая стоимость сплава, обусловленная повышенным содержанием никеля и меди; медленное охлаждение в песке после нормализации или отпуск после непрерывного охлаждения из литого состояния приводят к выделению мелкодисперсных карбидов, которые уменьшают пластичность и ударную вязкость чугунов [6-8].

В машиностроении применяют отливки из серого, ковкого и высокопрочного чугуна. Эти чугуны отличаются от белого чугуна тем, что у них весь углерод или большая его часть находится в свободном состоянии в виде графита. Структура указанных чугунов состоит из металлической основы аналогично стали и неметаллических включений — графита.

Прочность при сжатии и твердость определяются в основном структурой металлической основы чугунов. Они близки к свойствам стали с той же структурой и составом, что и металлическая основа чугуна. Серый чугун обладает способностью гасить механические колебания, не чувствителен к надрезам, хорошо обрабатывается резанием. Из него изготавливают детали разного назначения – от нескольких граммов (поршневые кольца двигателей) до отливок в десятки тонн (станины станков). Выбор марки чугуна для конкретных условий работы определяется совокупностью технологических и механических свойств. Значения механических свойств некоторых марок серых чугунов с различной структурой приведены в таблице 1.

Таблица 1. Механические свойства и структура марок серого чугуна (ГОСТ 1412–85)

Марка	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	НВ, МПа	Структура
СЧ15	150	-	1630–2100	Ф
СЧ25	250	-	1800–2500	Ф+П
СЧ35	350	-	2200–2750	П

Требуемая скорость охлаждения чугуна для отделения углерода от аустенита зависит от химического состава чугуна. Чем больше количество графитизирующих элементов (Al, S, Si, Ti и Ni) в чугуне, тем выше скорость охлаждения. Скорость разложения цементита в перлит связана также с химическим составом чугуна: кремний ускоряет процесс, хром и марганец замедляют его. Другим методом термической обработки чугуна является метод плавления свободного углерода. Этот метод применяют для повышения содержания углерода в химическом соединении серых или ковких чугунов, состоящих из феррита и графита или феррита, графита и перлита.

#### Список использованных источников

1. Bektemirov, B. S. Advanced ceramic coating methods B. Sh. Bektemirov, R. Kh. Saydakhmedov, A. Kh. Alikulov Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Tashkent, Uzbekistan The article is dedicated to put together on data associated with researches.
2. Norkhudjayev, F. R., Mukhamedov, A. A., Tukhtasheva, M. N., Bektemirov, B. Sh., & Gopirov, M. M. Influence of nitrocementation modes on the change in the hardness of the surface layer of structural steels. Journal NX- A Multidisciplinary Peer Reviewed Journal ISSN No: 2581 - 4230 Volume 7, Issue 11, Nov. -2021. Pp: 75-77.
3. Лахтин, Ю. М. Материаловедение : учебник для студентов вузов / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1990. – 528 с.
4. Лахтин, Ю. М. Материаловедение и термическая обработка металлов : учебник для студентов вузов / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева. – М. : Металлургия, 1984. – 360 с.
5. Гуляев, А. П. Металловедение : учеб. для вузов / А. П. Гуляев. – 6-е изд., перераб. и доп. – М. : Металлургия, 1986. – 544 с.
6. Материаловедение: учеб. для вузов / Б. Н. Арзамасов, В. И. Макарова, Г. Г. Мухин [и др.]. – 8-е изд., стер. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. – 646 с.
7. Конструкционные материалы: справочник / Б. Н. Арзамасов, В. А. Брострем, Н. А. Буше [и др.]; общ. ред. Б. Н. Арзамасов. – М. : Машиностроение, 1990. – 687 с.
8. Musaevich, S. S., Shukhratugli, B. B., Latipovna, A. Z., & Kh, T. T. (2020). Formation of Structure at Thermodiffusion Chroming of Porous Permeable Materials Based on Iron Powder.

## Применение искусственных шероховатых поверхностей теплообмена как средства для уменьшения солеотложений

Курбанбаев Ж.С.,

Студент гр. УТП 21-08, Филиал РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина в городе Ташкенте

Научный руководитель - Алимбабаева З.Л.

Филиал РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина в городе Ташкенте  
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Теплообменные аппараты широко применяются в химической, нефтеперерабатывающей, пищевой промышленности и в холодильной технике. Актуальным становится вопрос по уменьшению массы и габаритов применяемых теплообменных аппаратов. Наиболее перспективный путь решения этой проблемы – интенсификация теплообмена. Для промышленных теплообменников защита от накипи – один из главных факторов снижения энергетической эффективности нагревательного оборудования. В нефтегазовой отрасли, как и во многих областях промышленности серьёзным вопросом является борьба с солевыми отложениями на поверхности теплообмена. Использование в качестве охлаждающей среды воды, содержащей частицы минеральных неорганических солей, при повышении ее температуры приводит к выпадению их в осадок на поверхности теплообмена. Поэтому при разработке поверхностных теплообменных аппаратов с водяным охлаждением необходимо одновременно с интенсификацией теплообменных процессов обеспечить предотвращение или уменьшение роста солевых отложений на поверхности переноса теплоты.

Наиболее перспективным путем решения проблемы уменьшения солеотложений на поверхностях теплообмена при переходных режимах движения теплоносителя является, на наш взгляд трубы с кольцевыми турбулизаторами [1], которые не только способствуют увеличению коэффициента теплоотдачи от теплообменной поверхности к теплоносителю, но в результате повышенной турбулизации пристенного слоя жидкости уменьшают толщину слоя солеотложений.

В данной статье рассмотрен способ уменьшения солеотложений путем применения эффективной поверхности теплообмена (накатанных труб), определены тепловые потоки в отдельных элементах сложной термодинамической системы. Всё это может служить основой для дальнейшей работы как по усовершенствованию системы в целом так и отдельных её составляющих [2].

В качестве экспериментальной установки был взят двухтрубный теплообменник водяного охлаждения с течением охлаждающей воды в межтрубном пространстве. Температура горячей воды  $t_2 = 50^\circ\text{C}$ . Теплообменник типа труба в трубе имеет следующие параметры: площадь внутренней теплопередающей поверхности  $F = 0.139\text{ м}^2$ ; диаметр внешней трубы  $d_1 = 20$  мм; Диаметр внутренней трубы:  $d_2 = 0.016$  м, длина трубы  $L = 2.45$  м. Температура воды на входе в теплообменник  $t_{w1} = 20^\circ\text{C}$ , на выходе  $t_{w2} = 25^\circ\text{C}$ . Значение температурного напора  $\Delta t_{cp} = 22,5^\circ\text{C}$ .

В качестве эффективной поверхности теплообмена была выбрана труба с кольцевыми турбулизаторами со следующими параметрами накатки  $d/D = 0,85$ ;  $t/D = 0,5$ ;  $t/D = 0,5$ ;  $\frac{\xi}{\xi_{zl}} = 1,97$

;  $\frac{Nu}{Nu_{zl}} = \frac{\alpha}{\alpha_{zl}} = 1,65$

Применение труб с кольцевыми поперечными турбулизаторами приведет к интенсификации теплообмена, которая вызывается не только в результате роста коэффициента теплоотдачи от стенки трубы к воде, но и в результате уменьшения термического сопротивления слоя солеотложений [1].

Количество теплоты, передающей от более нагретого тела к менее нагретому посредством теплопередачи для гладких и накатанных труб приведем в графическом виде рис. 1

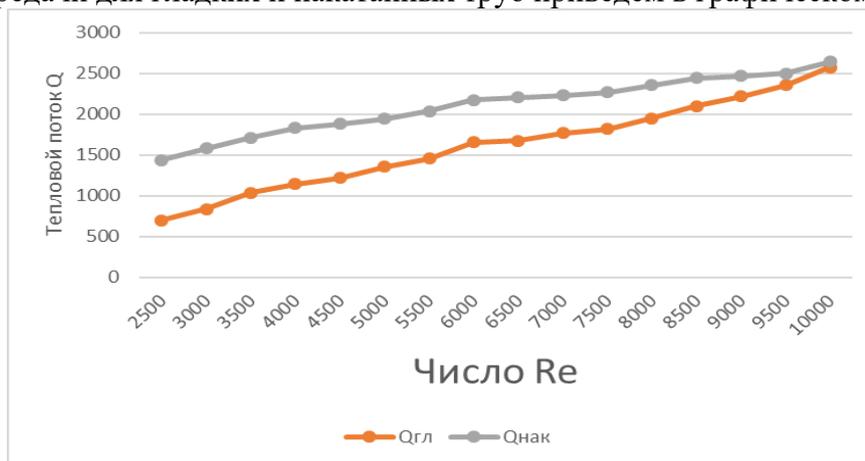


Рисунок 1 - Зависимость теплового потока и числа RE

**Выводы:** таким образом, интенсификация теплообмена с применением накатанных труб, как средства уменьшения термического сопротивления солеотложений, позволила уменьшить потери эксергии в теплообменнике на 51,6% при одинаковых расходах теплоносителей, объемах и поверхностях теплообмена, а также тепловых потоков теплообменников.

#### Список использованных источников

1. Калинин Э.К. Дрейцер Г.А. Копп И.З. Мякочин А.С. Эффективные поверхности теплообмена. Москва Энергоатомиздат, 1998 г.
2. Эксергетические расчеты технических систем. Справочное пособие под редакцией Долинского А.А. и Бродянского В.М. Киев. Наукова думка. 1991 г.
3. Богданов С.Н. Иванов О.П. Куприянова А.В. Холодильная техника. Свойства веществ. Москва Агропромиздат, 1985 г.

**Применение полимерных материалов в машиностроении**

Студент Отаниёзова Максуда Бахромбек кизи

Научный руководитель - Камилова Г.М.

Ташкентский Государственный Технический Университет им. Ислама Каримова Республика Узбекистан, г. Ташкент

Полимеры как самостоятельный конструкционный материал или композиционный материал в сочетании с другими материалами, а также лак, волокно, краска и клей широко используется. В настоящее время наиболее широко используемый полимер материалы включают полиолефины, поливинилхлориды, полиамиды, полиацетали, фторопласты, поликарбонаты, полиуретаны и фенол формальдегид, эпоксид, полиэстер, кремний, органические соединения и полиамидные смолы [1].

К простым полиэфирам относятся полиэтилен, полипропилен и многие другие можно привести в качестве примера. Устойчивость полиэтилена к химической среде, хорошая обладающие механическими и технологическими свойствами и дешёвой отличается от других полимеров Полиолефины наиболее широко используемые конструкционные материалы в машиностроении в радиотехнике, химической промышленности, сельском хозяйстве Он широко используется в промышленности. Из них в промышленных масштабах такие продукты, как пленки, трубы, шланги, кабельные оболочки, волокна производится [2-3].

Полипропилен – синтетически полученный полимер с относительно высокой твердостью, светопрозрачностью в тонком слое, молочным цветом в толстом слое, высокой кристаллизацией (75%). Его температура сжижения составляет 170 °С, он обладает большей прочностью, вязкостью и стойкостью к истиранию, чем полиэтилен. Имеет высокие диэлектрические свойства. Он плохо пропускает пар и газы, не растворяется в органических соединениях, устойчив к воздействию щелочей и кипящей воды, но недостаточно устойчив к воздействию температуры и солнечных лучей [4-6].

Средняя молекулярная масса поливинилхлорида (ПВХ) составляет 14000-85000. ПВХ широко применяется в машиностроении, в кабельной и химической промышленности, в сельском хозяйстве, особенно как строительный материал, при производстве различных пленок. Конструктивные инструменты изготовлены из твердого ПВХ (винипласта). Устойчивость фторопластов в коррозионно-агрессивных средах (кислотах, щелочах, высокотемпературных средах) сравнительно высока. Фторопласты, такие как политетрафторэтилен, политрифторэтилен, политрифторхлорэтилен, поливинилфторид, устойчивы к температуре, термоокисление начинается при температуре выше 400 °С.

Первый тип фторопластов – политетрафторэтилен (ПТФЭ), который еще называют фторопластом-4, тефлоном, флюоном.

Среди конструкционных материалов ПТЭФ является материалом, обладающим высокой устойчивостью к воздействию коррозионно-агрессивных сред, а также к воздействию погоды и микроорганизмов.

Пленки для конденсаторов и электропроводников изготавливают из фторопласта-4, его применяют как антифрикционные и клеящие (Материалы. В настоящее время известно множество модификаций фторопласта-4. Технологические свойства таких материалов также хороши, их можно применяют в производстве станков методом обжига под давлением. Фторопласты его недостаток в том, что он мало стоек к износу, растягивается (деформируется) в холодном состоянии под действием постоянной силы [7].

При производстве пленки, лака, волокна, ткани и других подобных материалов его перерабатывают из фторопласта-3. Фторопласт-3 еще называют флуоротеном. К элементоорганическим полимерам относятся полимеры на основе кремнийорганических смол. Такие полимеры стабильны при высоких температурах, устойчивы к окислительным и агрессивным средам, обладают высокими диэлектрическими свойствами. На основе этих смол производят

клей, лак, эмаль, смазку и строительные материалы. Помимо лаков и эмалей для повышения адгезионных свойств добавляют эпоксидные, полиэфирные и фенольные смолы.

В результате взаимодействия фенола и формальдегида получается фенолформальдегидная смола. Такие полимеры чаще используются при производстве непроводящих материалов (электроизоляторов), устойчивых к воздействию погоды и температуры. Их также можно использовать в качестве связующего материала для композиционных материалов и при производстве клеев и лаков.

### Список использованных источников

1. Технология конструкционных материалов: Учебник для студентов машиностроительных ВУЗов / А.М. Дальский, Т.М. Барсукова, Л.Н. Бухаркин и др.; Под общ. ред. А.М. Дальского. – 5-е изд., испр. – М. Машиностроение, 2003. - 511с.: ил.
2. Соколова Е.Н. Материаловедение. Контрольные материалы. М.: Академия, 2010
3. Электронный ресурс «Все о материалах и материаловедении». Форма доступа: [materiall.ru](http://materiall.ru)
4. Материаловедение и технология металлов: Учебник для ВУЗов по машиностроительным специальностям / Г.П. Фетисов, М.Г. Карпман, В.М. Матюнин и др. – М.: Высшая школа, 2000. – 637с.: ил.
5. Ziyamukhamedova Umida Alijanovna, Bakirov Lutfillo Yuldoshaliyevich, Miradullaeva Gavkhar Bakpulatovna, & Bektemirov Begali Shukhrat Ugli (2018). Some Scientific and technological principles of development of composite polymer materials and coatings of them for cotton machine. European science review, (3-4), 130-135.
6. Bektemirov, B. S. Advanced ceramic coating methods B. Sh. Bektemirov, R. Kh. Saydakhmedov, A. Kh. Alikulov Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Tashkent, Uzbekistan The article is dedicated to put together on data associated with researches.
7. Musaevich, S. S., Shukhratugli, B. B., Latipovna, A. Z., & Kh, T. T. (2020). Formation of Structure at Thermodiffusion Chroming of Porous Permeable Materials Based on Iron Powder.

**Особенности радиационной стойкости сталей и сплавов**

Студенты группы 10405520 Ткачёва А.А., Макаревич В.О.

Научный руководитель – Корнеева Е. К.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Особенность радиационно-стойких материалов заключается в сохранении стабильности структуры и свойств в условиях нейтронного облучения. Под воздействием радиоактивного облучения у металлов заметно возрастает предел текучести, например, у нержавеющей стали в 3 раза, у углеродистой стали и алюминиевых сплавов уменьшается пластичность, у керамических материалов уменьшается плотность и теплопроводность, проявляются признаки аморфизации структуры, стекло окрашивается. [1]

Конструкционные материалы под действием облучения испытывают структурные превращения, оказывающие отрицательное влияние в первую очередь на механические свойства и коррозионную стойкость. Из всех видов облучения (нейтроны,  $\alpha$ - и  $\beta$ -частицы,  $\gamma$ -излучение) наиболее сильное влияние оказывает нейтронное облучение. [1]

Нейтронное облучение материалов приводит к таким изменениям характеристик материалов как: упрочнение, низко- и температурное радиационное охрупчивание, радиационной ползучести, радиационному росту и радиационному распуханию, появлению наведенная активность. Поэтому одним из основных требований, предъявляемых к облучаемым материалам является их высокая радиационная стойкость. [1]

*Радиационная стойкость* – способность материала сохранять в определенных допустимых пределах размеры, структуру и свойства при длительном воздействии радиационных излучений. [1]

Высокотемпературное облучение активизирует диффузионные процессы и способствует распаду пересыщенных твердых растворов – старению. Этим объясняется высокотемпературная хрупкость аустенитных хромоникелевых сталей. Активизацией диффузионных процессов также объясняется снижение длительной прочности при облучении. Падение жаропрочности растет с увеличением температуры и интенсивности нейтронного потока. [2]

При высокотемпературном облучении большими нейтронными потоками в аустенитных сталях на основе Ti, Ni, Mo, Zr, Вe зарождаются и растут вакансионные поры, а более подвижные межузельные атомы уходят на данные стоки (краевые дислокации, границы зерен и др.), что приводит к заметному увеличению объема металла – радиационному распуханию. [2]

Материалы под действием облучения испытывают структурные превращения, оказывающие отрицательное влияние в первую очередь на механические свойства и коррозионную стойкость. Облучение приводит к образованию точечных и линейных дефектов структуры материала. Один нейтрон способен создать в алюминии более 6000 вакансий;  $\alpha$ -частица при этом создает около 80 вакансий, а протон – 48. На рисунке 1 представлена модель радиационных повреждений, возникающих при соударении нейтронов с атомами кристаллической решетки. Следовательно, из всех видов излучений наиболее опасно нейтронное. [2]

Структурные изменения приводят к изменению механических свойств. В результате при температуре ниже температуры рекристаллизации (низкотемпературное облучение) металл упрочняется, но теряет вязкость и пластичность (как при холодной пластической деформации). [2]

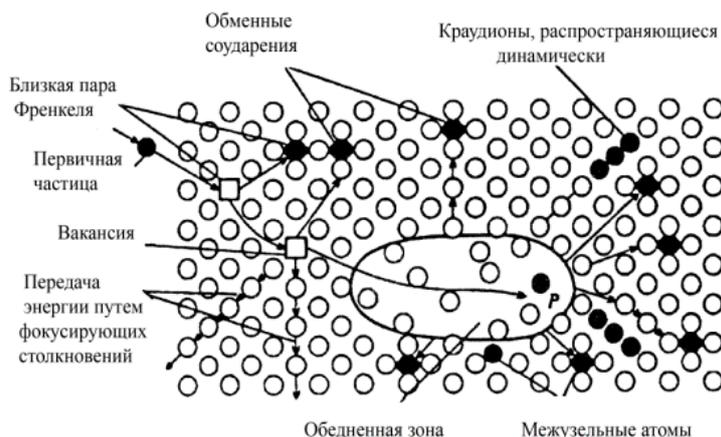


Рисунок 1 – Модель радиационных повреждений, возникающих при соударении нейтронов с атомами кристаллической решетки (модель Зеегера)

### ***Принципы легирования радиационно-стойких сталей и сплавов***

**Бериллий и его соединения:** бериллий имеет наименьшее из всех металлов сечение поглощения тепловых нейтронов, большое сечение рассеяния и высокую температуру плавления, поэтому является отличным замедлителем и отражателем. Сечения взаимодействия нейтронов с ядрами характеризуют вероятность ядерной реакции (например, поглощения) или изменения энергии нейтронов (рассеяния). [3]

Прочность оксида бериллия падает с ростом флюенса нейтронов в тем большей степени, чем выше плотность образца. Повышение температуры облучения до 350–400 °С заметно уменьшает влияние нейтронного потока, но оно остается еще значительным. Отжиг при 1300 °С полностью восстанавливает прочностные свойства. [3]

**Магний и его сплавы:** являются низкотемпературными (температура плавления магния 650 °С) конструкционными материалами, коррозионно-стойкими на воздухе и в среде углекислого газа (до ~ 400 °С), но имеющими низкое сопротивление коррозии в водной среде, жидкометаллическом натрии и эвтектиках Mg–Na и Mg–K. По ядерным свойствам магний уступает лишь бериллию. Его существенным недостатком является высокое термическое сопротивление. Теплопроводность магния и его сплавов более чем в 100 раз ниже, чем сплавов алюминия. [3]

При температурах ниже 500 °С в среде углекислого газа сплавы магния показали хорошую радиационную стойкость: никаких существенных радиационных дефектов (распухания, радиационной ползучести, изменения прочности и пластичности) не наблюдалось. [3]

**Цирконий и его сплавы:** цирконий получил широкое распространение благодаря своей высокой механической прочности при повышенных температурах, хорошей коррозионной стойкости в воде и паре, технологичности. По ядерным параметрам цирконий является третьим после бериллия и магния элементом. Низкая теплопроводность циркония компенсируется относительно низким тепловым расширением. Невысокая коррозионная стойкость при высоких температурах и относительная дороговизна сдерживают применение сплавов циркония. [3]

**Алюминий и его сплавы:** основными радиационными дефектами для алюминия является радиационное распухание и увеличение предела длительной прочности. Радиационное распухание обусловлено реакциями взаимодействия быстрых нейтронов с ядрами алюминия, при которых образуются кремний, водород и гелий. Длительная прочность алюминиевого сплава 1100 после облучения нейтронами с флюенсом возрастает, что является следствием радиационного упрочнения материала. Значительные дозы облучения не приводят к радикальному изменению механических свойств. [3]

Сталь марки 15Х2МФА постоянно совершенствовалась (рисунок 2), и в настоящее время является лучшим конструкционным материалом по радиационной стойкости. [4]

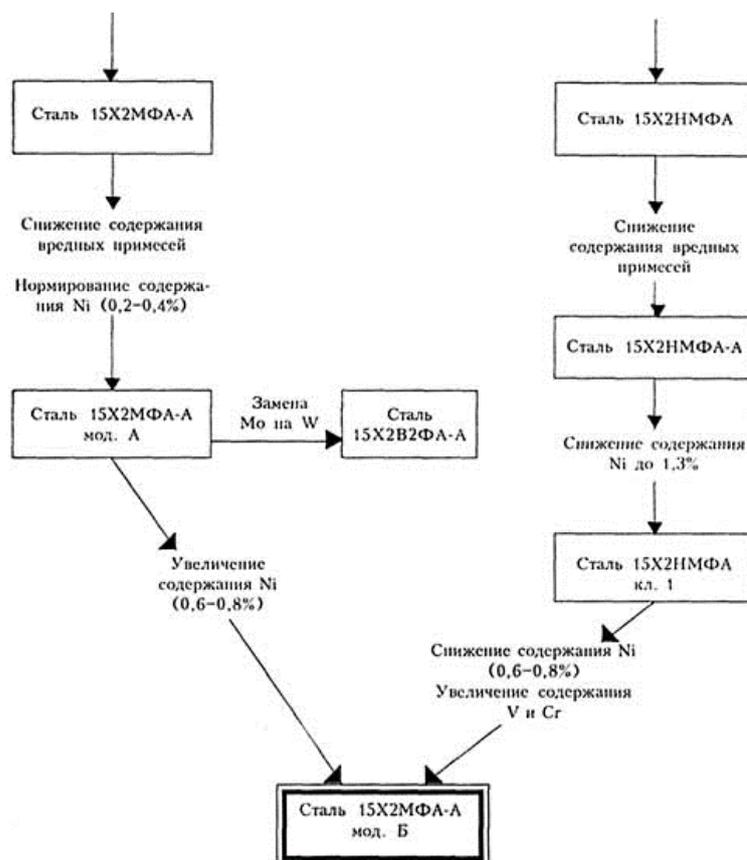


Рисунок 2 – Эволюция химического состава сталей для корпусов атомных реакторов

Аналоги зарубежных радиационно-стойких сталей самых распространенных марок 15X2MΦA-A мод А и 15X2MΦA-A мод. Б по своим механическим и служебным характеристикам превосходят отечественные и зарубежные аналоги. При сравнении характеристик данных сталей и зарубежного аналога (сталь А533В-1) видно существенное превосходство аналогичных показателей сталей (таблица 1). [4]

Таблица 1 – Сравнение показателей стали марок 15X2MΦA-A мод. А и 15X2MΦA-A мод. В с зарубежными аналогами

Марка стали	15X2MΦA-A мод. А 15X2MΦA-A мод. Б	A533B-1 (США)
Толщина поковок	до 660 мм	До 200-300 мм
Механические свойства при растяжении при комнатной температуре	$\sigma_B \geq 610$ МПа $\sigma_{0,2} \geq 490$ МПа	$\sigma_B \geq 590$ МПа $\sigma_{0,2} \geq 345$ МПа
Критическая температура хрупкости	Не выше минус 35 °С	Не выше 0°С
Коэффициент радиационного охрупчивания	Не выше 9	23

Усовершенствованные теплоустойчивые радиационно стойкие стали марок 15X2MΦA-A мод. А и 15X2MΦA-A мод. Б, обладают конкурентными преимуществами:

- Обеспечение категории прочности КП45 в крупногабаритных заготовках с толщиной стенки под термическую обработку до 660 мм при исходном значении критической температуры хрупкости не выше минус 35°С.

- Высокое сопротивление радиационному и тепловому охрупчиванию в процессе эксплуатации, обеспечивающее проектный ресурс корпуса реактора не менее 60-80 лет с возможностью его пролонгации.

- Обеспечение стабильности рабочих характеристик в течение длительного срока эксплуатации.

- Превосходит отечественные и зарубежные аналоги при сопоставлении значений рабочих характеристик.

Области применения радиационно-стойких сталей и сплавов преимущественно использование в ядерных электрических установках, которые в свою очередь используются на атомных электростанциях. [4]

#### Список использованных источников

1. Радиационная физика металлов и сплавов [Электронный ресурс] / Радиационная физика металлов и сплавов. – Режим доступа: <http://irbiscorp.spsl.nsc.ru>. – Дата доступа: 12.11.2023.

2. Радиационностойкие материалы [Электронный ресурс] / Радиационностойкие материалы. – Режим доступа: <https://www.naukaspb.ru>. – Дата доступа: 12.11.2023.

3. Радиационностойкие Материалы [Электронный ресурс] / Радиационностойкие Материалы. – Режим доступа: <https://telegra.ph>. – Дата доступа: 12.11.2023.

4. Прикладное материаловедение: металлы и сплавы [Электронный ресурс] / Прикладное материаловедение: металлы и сплавы. – Режим доступа: <https://elar.urfu.ru>. – Дата доступа: 15.11.2023.

**Роль карбидов в медицинских сплавах системы Co-Cr-Mo**

Студент группы 10405520 Стасенко А.С.

Научный руководитель – Корнеева Е.К.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Сплавы на основе кобальта обязаны своей износостойкостью твердым макроскопическим карбидам, присутствующим в микроструктуре. Карбиды тверже, чем окружающий сплав, и поэтому более устойчивы к двух- и трехкомпонентному абразивному износу, который может наблюдаться в имплантах «металл-на-металле» [1]. Скорость износа зависит от объемной доли карбидов, а также от их размера и распределения, на которые, как известно, влияет термическая обработка сплава. Распределение карбидов по их размерам относится к различным морфологиям, таким как блочные, агломерированные в виде частиц или пластинчатые эвтектоидные карбиды, в зависимости от подвергнутой термической обработке [2]. Например, карбиды литого сплава CoCrMo обладают крупной, неправильной блочной морфологией внутри и на границах зерен, тогда как те сплавы, которые подверглись более интенсивной термообработке, демонстрируют агломерацию твердых частиц карбидов, которые тонко диспергированы на границах зерен [2, 3]. Те, которые не подвергались обработке после литья, имеют более высокую объемную долю карбида, а также большую стойкость к абразивному износу по сравнению со сплавами, прошедшими «одинарную» или «двойную термообработку» [2]. Это происходит потому, что в процессе литья углерод концентрируется с молибденом и хромом, образуя эти карбиды. Термообработка варьируется в зависимости от производственного процесса, но очевидно, что комбинация обработки на твердый раствор и горячего изостатического прессования приводит к уменьшению размера карбидов и уменьшению количества видимых карбидов в матрице [3]. Размер и распределение карбидов уменьшается после термообработки образцов [1].

Карбиды сами по себе очень хорошо противостоят коррозии. В процессе затвердевания сплава карбиды поглощают хром из матрицы, что лишает его элемента с высокой коррозионной стойкостью. Такое преимущественное выщелачивание хрома приводит к образованию зоны, обедненной хромом, рядом с карбидом, что известно как сенсбилизация. Эти окружающие области карбида затем становятся открытыми для локального воздействия [4]. В матрице могут образовываться ямки и щели, что может ускорить скорость коррозии. Поскольку матрица начинает корродировать быстрее, чем карбиды, на поверхности из-за неравномерного разрушения образуются участки с небольшими неровностями. Такие неровности (коррозионностойкие карбиды) выступают наружу и могут вызвать появление глубоких канавок на более мягкой матрице противоположной поверхности, что называется двухкорпусным абразивным износом. Большая неровность может привести к выходу меньшей неровности за пределы шарнирной поверхности. Более твердый карбид может оставаться в середине двух поверхностей или внедряться в более мягкую матрицу противоположной поверхности, нарушает подповерхностные слои, а также защитную оксидную пленку, позволяя раствору вступить в контакт с оголенным металлом и ускорить процесс коррозии. После того, как сплавы CoCrMo прошли термическую обработку, карбиды остаются богатыми хромом и молибденом, что лишает более мягкую матрицу этих важных коррозионностойких элементов [2, 3].

**Список использованных источников**

1. Kauser, F., Corrosion of CoCrMo alloys for biomedical applications, in Department of Metallurgy and Materials, School of Engineering. 2007, Univeristy of Birmingham: Birmingham. p. 4-285.
2. NHS, Hip Replacements: Getting it right first time, C.a.A. General, Editor. 2000, National Audit Office: London. p. 11-31.

3. McMinn, D. and J. Daniel, History and modern concepts in surface replacement. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part H-Journal of Engineering in Medicine, 2006. 220(H2): p. 239-251.
4. Placko, H.E., S.A. Brown, and J.H. Payer, Effects of microstructure on the corrosion behavior of CoCr porous coatings on orthopedic implants. Journal of Biomedical Materials Research, 1998. 39(2): p. 292-299.

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

## Исследования влияния водорода и азота на свойства металла сварного шва при автоматической дуговой сварке под слоем флюса

Ст. гр. 117-20 ПТЖр А. Божко

Научный руководитель доц., PhD Л.В. Гальперин

Ташкентский государственный технический университет,  
Узбекистан, г. Ташкент

В основном при сварке водород всегда имеется в газовой фазе, взаимодействующей с металлом. Водород в сварных соединениях в силу его большой подвижности в условиях сварочного цикла распределяется неравномерно и при средней допустимой концентрации водорода могут создаваться локальные концентрации (линия сплавления для металлов, не образующих гидридов, или зона термического влияния для гидридообразующих металлов), вызывающие возникновение дефектов сварного соединения (поры, трещины) или его замедленное разрушение. [1,2]

Водород образует растворы внедрения с металлами в жидком и твердом состояниях. С некоторыми металлами водород может вступать в соединения гидриды. Процесс растворения водорода состоит из отдельных стадий [3,4]:

1. Диссоциация молекул водорода на отдельные атомы ( $\Delta H > 0$ ).
2. Сорбция атомов водорода и образование раствора.
3. Образование гидридов с некоторыми металлами ( $\Delta H < 0$ ).

Для металлов, не образующих гидридов, растворимость водорода будут определять две первые стадии; требующие для своего развития значительных затрат энергии.

Растворимость водорода в металлах этого типа подчиняется закону распределения

$$[H] = k' p_{H_2}, \quad (1)$$

а давление атомарного водорода можно найти из следующих формул:

$$H_2 \leftrightarrow 2H; K_p = p_H^2 / p_{H_2} = f(T); p_H = \sqrt{K_p p_{H_2}}; [H] = k_T \sqrt{p_{H_2}} \quad (2)$$

Зависимость от температуры определяется через константу растворимости

$$k_T = k_0 e^{-\Delta H / (RT)} \quad (3)$$

где  $\Delta H$  — разность энтальпий растворения.

Наибольшее изменение растворимости происходит в процессе кристаллизации металла, следовательно, водород, который был растворен в жидком металле, должен выделиться и уйти из сварочной ванны. При неблагоприятных режимах сварки и теплофизических свойствах металла этот выделяющийся водород может образовать поры и несплошности в металле. Вероятность образования пор будет тем больше, чем больше различие растворимости в жидком и твердом состояниях.

Водород в твердом металле может быть в различных состояниях:

а) диффузионно-подвижный водород, находящийся в состоянии твердого раствора внедрения. Он относительно свободен и может покидать металл, диффундируя к границе раздела и десорбируясь из него при «вылеживании», но в легированных сталях этот процесс идет медленно и требует повышенных температур или вакуума.

б) остаточный водород — водород, адсорбированный на границах раздела или в зоне скопления дислокаций, уменьшает их подвижность. диффузионно-подвижный и остаточный водород могут переходить друг в друга. Остаточный водород покидает металл при  $\sim 900$  К в вакууме;

в) связанный водород, удаляющийся из металла при вакуумном плавлении, находится в несплошностях металла (раковины и поры) в молекулярном состоянии. Переход связанного водорода в диффузионно-подвижный сильно затруднен, так как процесс диссоциации молекул  $H_2$  на атомы требует большой затраты энергии.

К снижению содержания в металле водорода приводит его окисленность металла. Поэтому хорошо раскисленный металл весьма чувствительным к газообразному водороду, что

требует использования более сильных мер защиты, введение фторидов, прокатки сварочных материалов и т.д.

При высоких температурах в присутствии кислорода частично образуются и окислы азота. В Fe (и железных сплавах) азот растворяется и образует химические соединения — нитриды ( $Fe_2N$  и  $Fe_4N$ ) Нитриды - соединения металлов и других элементов непосредственно с азотом. Азот, составляющий основную часть воздуха, всегда в какой-то степени участвует в процессах сварки металлов плавлением, и так как его присутствие легко определяется спектральным анализом, то по содержанию азота в наплавленном металле можно судить о степени защиты зоны сварки от окружающей воздушной атмосферы.

Семейство d-металлов (железо, кобальт, никель и другие) образует с азотом многочисленные соединения; d-металлы, не имеющие на подуровне d парных электронов, дают очень устойчивые соединения с высокой температурой плавления и большой твердостью. Такие металлы, как железо, кобальт, никель, образуют малоустойчивые нитриды, разлагающиеся при высоких температурах, но обладающие также повышенной твердостью в кристаллическом состоянии. Образование нитридов железа при сварке низкоуглеродистых конструкционных сталей приводит к выпадению кристаллов  $Fe_3N$  (температура плавления 900 К) при кристаллизации или при распаде твердых растворов. В результате наплавленный металл теряет пластичность, а сварное соединение становится склонным к образованию горячих и холодных трещин.

При постоянной температуре растворимость азота в жидких металлах определяется соотношениями:

$$[\% N] = K_1 p_N; [\% N_2] = K_2 p_{N_2} . \quad (4)$$

где  $K_1$  и  $K_2$  коэффициенты, зависящие от температуры;

$p_1$  и  $p_2$  — парциальные давления атомарного и молекулярного азота.

Растворимость азота ступенчато уменьшается при переходе железа из жидкого состояния в твердое; нитриды при этих температурах не образуются и газ стремится выйти из раствора в виде газовой фазы, что приводит к образованию пор в определенных условиях.

#### Список использованных источников

1. Ermatov Z., Dunyashin N., Yusupov B., Saidakhmatov S., Abdurakhmonov M. Modelling the chemical composition process concerning formation of metals from manual arc surface on the basis of the electrode coating charge components classification// International Journal Of Mechatronics and Applied Mechanics – Romania, 2022. – № 12 – pp. 170 – 176
2. Походня И. К., Явдошин И. Р., Пальцевич А. П. и др. Металлургия дуговой сварки. Взаимодействие металла с газами. - Киев: Наукова думка, 2004. - 441 с.
3. Дунышин Н.С. Разработка многокомпонентного покрытия электродов для ручной дуговой сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей. Монография – Т.: Fan va texnologiya, 2019 – 160с.
4. Dunyashin N.S., Galperin L.V., Ermatov Z.D. On the development of a physical simulation of the cast metal weld chemical composition formation during manual arc welding on the basis of the electrode coating mixture components classification//Austria. European Sciences review. Scientific journal, 2019. - № 1 - 2 (January–February). – pp. 56 – 58

**К вопросу исследования взаимодействия наплавленного металла с газовой фазой при разработке состава покрытий электродов основного типа для получения слоя низколегированной стали с высокой износостойкостью в условиях трения металла о металл**

Ст. гр. 25s-20 ТМЖр Ёкубов И.

Научный руководитель асс. Абдурахмонов М.М.

Ташкентский государственный технический университет,  
Узбекистан, г. Ташкент

При восстановлении деталей машин широко используют наплавку, металлизацию напылением, хромирование, электроискровое нанесение металла и др. Из всех способов восстановления деталей наибольшее распространения получила наплавка. За последние годы наплавка превратилось в отдельную отрасль сварочной техники. Этот способ даёт возможность сравнено быстро, получить, слой наплавленного металла значительной толщины, что особенно важно при восстановлении сильно изношенных деталей. Средняя стоимость восстановления ручной дуговой наплавкой составляет 25÷35% от стоимости изготовления новых деталей. [1].

Во время наплавки металл ванны находится в расплавленном состоянии, а прилегающая к ней часть основного металла нагревается до температур, превышающих критические точки. Это приводит к резкому увеличению скорости охлаждения нагретого металла и возникновению в нем различных структур. Таким образом, в месте наплавки происходит не только кристаллизация наплавленного металла, но и перекристаллизация основного металла с абразивным зоны термического влияния (ЗТВ).

Газовая фаза, образующаяся при ручной дуговой наплавке, состоит в основном из смеси газов (кислорода, азота, водорода, углекислого и угарного газов) и паров воды. Они являются продуктами диссоциации и разложения входящих в состав покрытия газообразующих компонентов, а также компонентами попавшего в область дуги воздуха [2].

Источником водорода в основном является попадающая в зону дуги влага. Пары воды, образующиеся в процессе сварки при высоких температурах, диссоциируют с образованием молекул кислорода и водорода. Таким образом, водород присутствует в газовой фазе и в молекулярном виде, и в атомарном. При контакте с расплавленным металлом водород растворяется в нем. Его растворимость зависит от парциального давления, температуры и агрегатного состояния металла. При температуре до 100-200°C водород в железе практически нерастворим. В твердом железе при температуре его плавления и парциальном давлении 101 кПа водород растворяется в количестве 13,6 мл на 100 г железа. При этих же условиях в жидком железе растворимость водорода скачкообразно возрастает более чем в два раза и составляет 27,5-28 мл/100 г. Дальнейшее повышение температуры до 2400-2500°C сопровождается увеличением растворимости водорода до 42,5 мл/100 г. Растворению водорода в металле капель и сварочной ванны препятствует связывание его кислородом и фтором. Для этого в состав покрытия вводят плавиновый шпат, который позволяет активизировать реакции связывания водорода во фтористое соединение, химически прочное и не растворимое в расплавленном металле.

Наличие щелочноземельных элементов в покрытии препятствует образованию и способствует увеличению содержания водорода в металле шва, за счет связывания фтора в устойчивые химические соединения [3-4]. Введение в покрытие электрода карбонатов или высших оксидов марганца и железа либо кислорода в смесь газов приводит к снижению парциального давления водорода в атмосфере дуги и содержания водорода в металле шва. Также на растворимость водорода в металле может оказывать влияние легирующие элементы, однако заметно оно проявляется только при высоких концентрациях данных элементов. Так, например, титан, цирконий, ванадий повышают растворимость водорода в металле, а углерод, кремний и алюминий – понижают ее.

Важнейшей проблемой дуговой наплавки является предупреждение пористости швов. Причиной пористости при наплавке электродами с рутиловым и кислым покрытиями является в основном присутствие водорода, который диффундирует в газовый пузырек из жидкого и закристаллизовавшегося металла. Предупреждение пористости, вызванной водородом, достигается за счет снижения содержания водорода в покрытии путем высокотемпературной прокалки, изъятия из покрытия веществ, содержащих кристаллизационную влагу, выбора композиций покрытия, обеспечивающих связывание водорода в дуге фтором либо снижения его парциального давления, улучшения защитных свойств шлаков, увеличения массы покрытия, использования двухслойной конструкции электродного покрытия

Источниками кислорода в газовой фазе могут являться карбонаты кальция и магния в составе покрытия электродов, которые в ходе диссоциации образуют углекислый газ, который в свою очередь диссоциирует с образованием кислорода:



Также кислород образуется в ходе диссоциации паров воды по реакции:



При контакте молекул кислорода с поверхностью капле расплавленного металла происходит его растворение в железе.

Часть образовавшихся оксидов поступает в шлак, а часть в виде оксидных дисперсных включений, различных по форме и размерам, остается в металле шва. Эти неметаллические включения, часто располагаясь по границам зерен, приводят к ухудшению характеристик металла шва, снижению его прочности и пластичности, особенно при отрицательных температурах.

Газовая фаза является важным компонентом в процессе наплавки. Она играет защитную роль, предохраняя наплавленный металл от поглощения кислорода, азота воздуха. Очевидно, что необходимо защищать сварочную ванну от воздействия воздуха и предохранять полезные элементы от выгорания.

### Список использованных источников

1. Dunyashin N.S., Galperin L.V., Ermatov Z.D. On the development of a physical simulation of the cast metal weld chemical composition formation during manual arc welding on the basis of the electrode coating mixture components classification//Austria. European Sciences review. Scientific journal, 2019. - № 1 - 2 (January–February). – pp. 56 – 58

2. Верхотуров А.Д. Методология создания сварочных материалов: монография/ А.Д. Верхотуров, Э.Г. Бабенко, В.М. Макиенко; под ред. чл.-корр. РАН Б.А. Воронова. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2009. – 128 с.

3. Ermatov Z., Dunyashin N., Yusupov B., Saidakhmatov S., Abdurakhmonov M. Modelling the chemical composition process concerning formation of metals from manual arc surface on the basis of the electrode coating charge components classification// International Journal Of Mechatronics and Applied Mechanics – Romania, 2022. – № 12 – pp. 170 – 176

4. Дунышин Н.С., Эрматов З.Д. К вопросу разработки сварочных электродов с использованием минерально-сырьевой базы месторождений Республики Узбекистан// «Техника и технология машиностроения» Материалы VI Международной научно-технической конференции. – Тольяти, 21-23 мая 2018 года, С.43-46.

**К вопросу исследования рафинирования металла при разработке  
состава покрытий электродов кислого типа для получения низко-  
легированного среднеуглеродистого износостойкого наплавлен-  
ного металла**

Ст. гр. 25s-20 ТМЖр И.Ёкубов  
Научный руководитель асс. Саидахматов А.С.  
Ташкентский государственный технический университет,  
Узбекистан, г. Ташкент

Присутствие значительного количества неметаллических включений в составе металла шва отрицательно влияет на механические и технологические параметры сварных соединений, особенно на хладостойкость и склонность к хрупкому разрушению металла шва. Вблизи неметаллических включений происходит концентрация напряжений, в результате образуются области сосредоточенной пластической деформации [1-2].

С увеличением общего количества таких включений повышается число одновременно возникающих трещин и облегчается их слияние. Степень участия неметаллических включений в процессах вязкого и хрупкого разрушения различна. Влияние включений на вязкое разрушение металла шва проявляется в механизме образования и слияния микропор. Напряженное состояние вокруг включений усугубляется существующими в металле температурными напряжениями. Хрупкие разрушения связаны с наличием внутренних дефектов критического размера. Загрязненность неметаллическими включениями является определяющим фактором для сопротивляемости металла хрупкому разрушению [3-4].

Рафинирование металла шва заключается в его очистке от вредных примесей, для стали главным образом серы и фосфора. Присутствие примесей фосфора в составе покрытий электродов оказывает влияние, подобное влиянию серы, то есть повышает склонность наплавленного металла к появлению горячих трещин. Фосфор, в отличие от серы, не только образует легкоплавкие фосфиды железа  $Fe_2P$ ,  $Fe_3P$  и фосфидные эвтектики, но и растворяется в железе и может находиться в металле шва в растворенном виде. Появление таких включений ведет к образованию горячих трещин. Возможность их образования тем выше, чем выше концентрация фосфора и ниже его растворимость в металле. Так, растворимость фосфора в кристаллической решетке аустенита меньше, чем в кристаллической решетке феррита, что приводит к увеличению возможности образования горячих трещин при сварке высоколегированных сталей. Уменьшения концентрации фосфора добиваются жесткими техническими условиями по содержанию этого элемента в компонентах сварочных материалов, а также связыванием его в ходе сварки в шлакующиеся комплексные соединения:



Следует также отметить, что при сварке углеродистых и низколегированных сталей технические условия на содержание фосфора не такие жесткие, так как обычные концентрации фосфора в этом случае не вызывают появления горячих трещин.

Немаловажно, что влияние серы и фосфора на образование горячих трещин взаимно усиливается, так как места ликвации соединений этих элементов в металле шва совпадают. Добиться низкого содержания серы во флюсе и наплавленном металле легче, чем низкого содержания фосфора, так как в процессе выплавки и сварки сера окисляется и ее содержание уменьшается. Уменьшить содержание фосфора в самом флюсе и наплавленном металле практически невозможно, поэтому применение чистого флюса является необходимым условием для получения сварных швов с высокими технологическими характеристиками.

Отрицательным влиянием примесей серы является образование в металле шва горячих трещин. Их появление связано с образованием сульфида железа с температурой плавления

ниже температуры плавления стали [1-3]. К тому же с расплавленным железом сульфид железа образует еще более легкоплавкую эвтектику. Таким образом, при кристаллизации металла шва эвтектические включения долгое время находятся в жидком состоянии, препятствуя образованию связей между зернами металла [4-6].

Для получения качественного шва содержание серы необходимо снизить до минимального. С этой целью ограничивают содержание серы во всех компонентах сварочных электродов, а также и в основном металле. Непосредственно в процессе сварки проводят специальную рафинирующую обработку расплава, которая заключается в переводе серы в виде нерастворимых в основном металле соединений в шлак.



Степень вредного влияния сегрегирующих примесей серы и фосфора на низкотемпературную хрупкость металла шва в основном зависит не от их общего содержания, а от степени сегрегации фосфора в зеренной структуре металла шва, размера, формы и распределения сульфидных включений.

На основе термодинамических расчетов проанализированы различные способы удаления серы из жидкого железа. Определено, что наиболее эффективно это осуществлять, используя шлаки с высокой сульфидной емкостью. Исследования кинетики процесса перехода серы из металла в шлак показали, что при сварке можно создать такие условия, при которых возможна глубокая десульфурация металла даже в течение короткого, сравнимого с длительностью существования сварочной ванны, промежутка времени.

#### Список использованных источников

1. Дунышин Н.С., Эрматов З.Д. К вопросу разработки сварочных электродов с использованием минерально-сырьевой базы месторождений Республики Узбекистан// «Техника и технология машиностроения» Материалы VI Международной научно-технической конференции. – Тольяти, 21-23 мая 2018 года, С.43-46.

2. Брусницын Ю.Д., Баранов А.В., Кащенко Д.А., Дикарев В.В., Лившиц И.М., Воронова О.В. Разработка сварочных электродов с использованием плавных миналов// Сборник докладов IV Междунар. конф. по сварочным материалам стран СНГ, г.Краснодар, 18-21 июня 2007 г. – Краснодар, 2007.

3. Ermatov Z., Dunyashin N., Yusupov B., Saidakhmatov S., Abdurakhmonov M. Modelling the chemical composition process concerning formation of metals from manual arc surface on the basic of the electrode coating charge components classification// International Journal Of Mechatronics and Applied Mechanics – Romania, 2022. – № 12 – pp. 170 – 176

4. Dunyashin N.S., Galperin L.V., Ermatov Z.D. On the development of a physical simulation of the cast metal weld chemical composition formation during manual arc welding on the basis of the electrode coating mixture components classification//Austria. European Sciences review. Scientific journal, 2019. - № 1 - 2 (January–February). – pp. 56 – 58

## Определение мощности, необходимой для разогрева кромок трубной заготовки до температуры сварки

Магистр гр. 88м-21 ПТЖр Хошимов Б.Х.  
Научный руководитель ст. преп. Заиркулов Э.Ё  
Ташкентский государственный технический университет,  
Узбекистан, г. Ташкент

В Республике Узбекистан высокочастотная сварка широко используется на трубных заводах при изготовлении труб малого диаметра. Известны два способа передачи энергии к свариваемым кромкам: контактный и индукционный. Каждый способ имеет ряд особенностей, которые необходимо учитывать при проектировании и эксплуатации сварочных устройств. При индукционном способе на расстоянии 30—300 мм от места схождения кромок устанавливается кольцевой индуктор, охватывающий трубную заготовку. Под действием поля индуктора в поверхностном слое заготовки наводится ток [1,2].

При расчете мощности принимались следующие допущения: тепловые потери за счет теплопередачи с поверхности и вдоль кромок весьма малы; энергия, выделяющаяся на боковых поверхностях кромок, не подлежащих сварке, на температуру свариваемой поверхности не влияет.

Расчет мощности производился для двух крайних случаев.

1. Тепловой поток от углов к середине кромок весьма мал и на распределение температуры на свариваемых поверхностях не влияет. В этом случае средняя часть кромок разогревается до сварочной температуры, а их углы перегреваются. Полезная мощность определяется из условия, что поверхностная плотность тока на свариваемых поверхностях постоянна и равна плотности тока в середине кромок. При этом полезная мощность равна полной мощности, выделяющейся на кромках при  $h/d = 0$  или  $b/d = 0$ , когда тепловой поток направлен по нормали к свариваемым поверхностям. Отношение полной мощности к полезной обозначим  $k_{P1}$  и назовем максимальным коэффициентом увеличения мощности.

2. Тепловой поток от углов к середине кромок настолько велик, что несмотря на неравномерное распределение тока на свариваемых поверхностях, температура за счет теплопроводности выравнивается. В этом случае вся энергия, выделяющаяся неравномерно на свариваемых поверхностях, полезна. Отношение полной мощности, подведенной к кромкам, к мощности, выделившейся на свариваемой поверхности, назовем минимальным коэффициентом увеличения мощности  $k_{P2}$ .

Очевидно, истинное значение коэффициента увеличения мощности  $k_P$  лежит в пределах от  $k_{P1}$  до  $k_{P2}$  и зависит от времени нагрева, свойств материала, толщины кромок и других параметров, учесть которые довольно трудно. Поэтому этот коэффициент можно принять

$$k_P = (k_{P1} + k_{P2})/2. \quad (1)$$

Таким образом, мощность  $P_{кр}$ , необходимую для сварки, находим по формуле

$$P_{кр} = k_P p_0 2d 2l_{кр} \quad (2)$$

где  $p_0$  – удельная мощность, определяемая по методике для полубесконечной среды;  $l_{кр}$  – длина кромок на участке нагрева.

Эта формула, строго говоря, применима, если  $p_0$  не изменяется на участке от контактов или индуктора до места схождения кромок. Но в реальном случае  $p_0$  не постоянна на участке нагрева. При сварке изделий из немагнитного материала она растет по закону, близкому к линейному. При сварке изделий из ферромагнитного материала она растет от нуля до максимального значения, затем на участке потери магнитных свойств падает и потом снова растет на участке до места схождения кромок. Ошибка при расчетах  $P_{кр}$ , если пренебречь изменением  $p_0$  на участке нагрева, не превышает 10 %.

Ниже приведены формулы для расчета коэффициентов увеличения мощности  $k_{P1}$  и  $k_{P2}$ , полученные с использованием распределения поверхностной плотности тока для кромок с острыми и скругленными углами при различном расположении магнитопроводов.

1. Кромки с острыми углами и одним магнитопроводом:

$$k_{P1} = \frac{2K - F(k, \tau) + K' - F(k_1 S_1)}{\frac{nt_0^2 - 1}{(t_0^2 - 1)(1 - k^2 t_0^2)} \int_1^{1/k} \frac{\sqrt{(t^2 - 1)(1 - k^2 t^2)}}{nt^2 - 1} dt}; \quad (3)$$

$$k_{P2} = [2K - F(k, \tau) + K' - F(k, S_1)] / K'. \quad (4)$$

2. Кромки с острыми углами без магнитопроводов:

$$k_{P1} = \frac{K' + 2K - 2F(k, S)}{(1 + k^2)K' - 2E'}; \quad (5)$$

$$k_{P2} = [K' + 2K - 2F(k, S)] / K'. \quad (6)$$

3. Кромки с острыми углами и двумя магнитопроводами:

$$k_{P1} = \frac{n(1 - k^2)}{k^2(1 - n)} \frac{K' + K - F(k, \nu)}{K' - \Pi(n', k')}; \quad (7)$$

$$k_{P2} = [K' + K - F(k, \nu)] / K'. \quad (8)$$

При минимальном угле между кромками мощность может быть еще снижена, если внутри и снаружи трубной заготовки расположить магнитопроводы, эффективность применения которых увеличивается при уменьшении зазора между магнитопроводами и кромками. При весьма малых зазорах между кромками вблизи их места схождения влияние магнитопроводов незначительно, и поэтому располагать их в этой зоне не следует.

### Список использованных источников

1. Заиркулов Э.Ё., Дуняшин Н.С. К вопросу определения мощности, поглощаемой проводящей средой, при высокочастотной сварке прямошовных труб // Актуальные вопросы в области технических и социально-экономических наук. Республиканский межвузовский сборник. - Ташкент: ТХТИ, 2019 - С.255-257

2. Заиркулов Э.Ё., Дуняшин Н.С. К вопросу исследования влияния параметров режима высокочастотной сварки на качество сварных соединений // Материалы республиканской научно-технической конференции «Ресурсо- и энергосберегающие, экологически» - Т.: ГУП «Фан ва тарракиёт», 2019 - С. 162-164

# **Охрана труда, про- мышленная безопас- ность и ЭКОЛОГИЯ**

## Современное искусственное освещение в охране труда

Студенты группы 11201322 Сацута С.В., Халецкий И.Н.

Научный руководитель - Вершеня Е.Г.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

### Введение

Современное искусственное освещение имеет важное значение для охраны труда. Оно может быть специально разработано и адаптировано для обеспечения безопасности работников в различных сферах деятельности.

Во-первых, правильное освещение рабочих мест помогает предотвратить возникновение травм и несчастных случаев. Оно обеспечивает достаточную яркость и равномерность освещения, что позволяет работникам лучше видеть свои задачи и избегать опасных ситуаций.

Во-вторых, современное искусственное освещение может быть сконфигурировано таким образом, чтобы минимизировать негативное воздействие на зрение работников. Оно может быть настроено на оптимальную цветовую температуру и уровень освещенности, чтобы уменьшить усталость глаз и повысить комфорт работы.

Кроме того, системы управления освещением могут быть интегрированы с другими системами безопасности, такими как системы пожарной сигнализации или системы эвакуации. В случае возникновения аварийной ситуации, освещение может автоматически реагировать и предоставить необходимое освещение для эвакуации или действий по охране труда.

Современное искусственное освещение представляет собой передовые технологии и инновации, применяемые для создания оптимальных условий освещения в различных сферах жизни. Оно объединяет в себе эффективность, энергосбережение, долговечность.

### Светодиодные (LED) источники света

Светодиодные (LED) источники света являются одним из наиболее популярных и эффективных способов искусственного освещения в современном мире. Они обладают рядом преимуществ, которые делают их идеальным выбором для обеспечения безопасности и охраны труда.

Светодиодные лампы имеют высокую эффективность и долгий срок службы, что позволяет снизить затраты на энергию и обслуживание. Это особенно важно для рабочих мест, где требуется постоянное освещение, так как это позволяет сэкономить деньги и ресурсы.

Светодиодные лампы обладают высокой цветопередачей, что означает, что они могут точно воспроизводить цвета объектов. Это очень важно для работников, которым необходимо видеть и различать различные оттенки или цветовые коды. Например, в медицинских учреждениях или лабораториях, где точность цветопередачи играет важную роль.

Кроме того, светодиодные лампы не содержат опасных веществ, таких как ртуть или свинец, что делает их экологически безопасными и безопасными для использования. Они также не излучают ультрафиолетовое или инфракрасное излучение, что делает их безопасными для здоровья работников.

### Интеллектуальное управление искусственным освещением

Еще одной важной особенностью современного искусственного освещения является возможность интеллектуального управления. Оно является дополнительным преимуществом светодиодных источников света. С помощью специальных систем управления можно настроить яркость, цветовую температуру и режимы работы светодиодных ламп в соответствии с конкретными потребностями рабочего пространства. Например, можно создать эффект дневного света или регулировать яркость в зависимости от времени суток. Это позволяет создать комфортные условия работы и повысить производительность работников. Кроме того, интеллектуальное управление освещением может быть интегрировано с другими системами управления здания, такими как системы безопасности или автоматизации, что повышает уровень безопасности и эффективности работы.

## **Вывод**

В целом, современное искусственное освещение представляет собой симбиоз передовых технологий, эстетики и функциональности. Оно играет важную роль в повышении комфорта, безопасности и энергоэффективности в различных областях человеческой деятельности, в обеспечении безопасности и охраны труда. Оно помогает предотвратить травмы, улучшает условия работы и способствует повышению производительности и эффективности работников. Использование светодиодных источников света и систем управления освещением позволяет достичь эффективного и экологически устойчивого решения.

## **Список использованных источников**

1. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Светодиодное\\_освещение](https://ru.wikipedia.org/wiki/Светодиодное_освещение)
2. [https://dg-home.ru/blog/diodnoe-osveshchenie-v-kvartire\\_b525028/](https://dg-home.ru/blog/diodnoe-osveshchenie-v-kvartire_b525028/)
3. <https://emitter.pro/blog/intellektualnoe-upravlenie-svetom/>
4. [https://dg-home.ru/blog/umnyj-svet-sistema-upravleniya-osveshcheniem\\_b565145/](https://dg-home.ru/blog/umnyj-svet-sistema-upravleniya-osveshcheniem_b565145/)
5. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Светодиодная\\_лампа](https://ru.wikipedia.org/wiki/Светодиодная_лампа)

**Анализ опасных и вредных производственных факторов, влияющих на условия труда водителя электрического городского транспорта**

Студент группы 10112220 Жук А.А.

Научный руководитель - Фасевич Ю.Н.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Тема охраны труда при эксплуатации электрического транспорта является актуальной и имеет важное значение для обеспечения безопасности процессов, связанных с формированием профессиональных навыков, на которых влияют специально организованные упражнения, включенные в систему профессиональной подготовки.

Основным рабочим местом водителя является кабина транспортного средства, поэтому здесь и концентрируются вредные производственные факторы: повышенный уровень шума и вибрации, инфразвук, напряженность внимания, неблагоприятный микроклимат.

Работа водителя соответствует категории Па, к которой относятся работы с интенсивность энергозатрат 151-200 ккал/час, связанные с ходьбой, перемещением мелких изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения. В кабине поддерживается микроклимат с параметрами, соответствующими допустимым согласно СанПиН «Требования к условиям труда водителей автомобильного транспорта» утвержденные Постановлением Министерства здравоохранения № 47 от 14.06.2013.

Влияние микроклимата на организм человека зависит от его возраста, состояния здоровья, а также рабочей одежды. Показателями, характеризующими микроклимат на рабочем месте водителя, являются: температура воздуха (в градусах Цельсия, °С; относительная влажность воздуха (в процентах, %), скорость движения воздуха (в м/с).

Температура воздуха в кабине зависит от температуры окружающего воздуха. Наиболее комфортная температура 19-21 °С [2]. При более высокой температуре уменьшается внимание и объем оперативной памяти, плохо улавливается изменение обстановки, увеличивается время реакции, быстрее наступает усталость. При пониженной температуре снижается работоспособность мышц, их работа вызывает усталость, наблюдается скованность и неточность движений. Теплая же одежда и обувь стесняют движения и нарушают передачу обратной связи.

Для условий летних температур используются кондиционеры. Для условий холодного климата кабины имеют термоизоляционные стенки и отопители.

Терморегуляция организма человека зависит от влажности и подвижности воздуха. При слишком высокой влажности терморегуляция нарушается, так как пот не испаряется с поверхности тела. Наиболее неблагоприятное сочетание влажности более 70 % и температуре более 30 °С. Подвижность воздуха человек начинает ощущать при его скорости равной 0,25 м/с. Рекомендуемая скорость движения воздуха в кабине 1 м/с [2].

Во время движения водитель подвержен воздействию различного рода шумов [1]. Основными его источниками являются ходовая часть, техническое состояние и конструкция дорожных покрытий. Они воздействуют на орган слуха и кору головного мозга. Шум ухудшает условия работы водителя троллейбуса, отвлекает его, снижает внимание, увеличивает время реакции, снижает звуковую информативность самого транспортного средства и звуковые сигналы других участников движения. Результаты многочисленных исследований влияния шума на организм человека позволяют сделать заключение, что шумы могут вызывать у водителей городского транспорта снижение слуховой чувствительности, изменения в сердечно-сосудистой, эндокринной, центральной и вегетативной нервных системах и так далее.

Интенсивность шума на рабочем месте водителя снижается следующими мероприятиями: внутренней обивкой кузова, звукопоглощающими прокладками на дверях, амортизационной подвеской различных деталей и плотной подгонкой стекол.

Вибрация является одним из основных неблагоприятных факторов, действующих на водителя. Для уменьшения вибрации применяют динамическую балансировку деталей, увеличивают жесткость вибрирующих элементов, используют вибропрокладки, вибропоглощающие элементы и смазки.

Перечисленные мероприятия обеспечивают уровень шума и уровень вибрации ниже предельно-допустимых норм согласно Гигиеническим нормативам «Показатели безопасности и безвредности шумового воздействия на человека» и «Показатели безопасности и безвредности вибрационного воздействия на человека», утвержденные Постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 37 от 25.01.2021.

Напряженный характер работы, а в отдельных случаях и неблагоприятные условия труда определяют повышенные требования к психофизиологическим характеристикам водителей. Для водителей характерен также сменный график работы, предусматривающий необходимость работать в разное время суток.

Инфразвук, действуя на центральную нервную систему, вызывает чувство сонливости у водителя, что увеличивает вероятность совершения им ДТП. При действии инфразвуковых колебаний возможны изменения со стороны нервной, сердечно-сосудистой, дыхательной, эндокринной и других систем организма. Инфразвук – это механические колебания упругой среды, имеющие одинаковые с шумом физическую природу, но распространяющиеся с частотами менее 20 Гц [2]. Уровни инфразвука нормируются Гигиеническим нормативом «Предельно допустимые уровни инфразвука на рабочих местах, допустимые уровни инфразвука в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки», утвержденный Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь 06.12.2013 № 121.

Известно, что любая профессиональная деятельность представляет собой сложный процесс и требует обеспечения режимов труда и отдыха, направленных на снижение нервно-эмоционального напряжения и производственного утомления водителями городского транспорта.

При составлении графиков используется принцип равноценного распределения работ (предусмотренных расписанием движения) между водителями городского транспорта в течение месяца. Этим обеспечилось равенство условий труда. При составлении графиков работ каждый водитель обеспечен работой в соответствии с нормой по производственному календарю, при этом рабочие дни водителей назначаются таким образом, что их число достаточно для обеспечения выпуска на линию в каждый день месяца в соответствии с установленным расписанием [1]. Работа в ночное время создаёт особые трудности. Несовпадение ранее усвоенного и вновь навязываемого суточного ритма может быть причиной нарушения сна, появления усталости, понижения работоспособности и других проявлений, лишаящих организм возможности выполнять работу на должном профессиональном уровне.

В заключении, охрана труда при эксплуатации электрического транспорта – это важнейший аспект деятельности любой организации, в которой применение передовых методов и технологий помогут минимизировать риски и обеспечить безопасные условия труда для всех участников дорожного движения.

### **Список использованных источников**

1. Правила по охране труда при эксплуатации автомобильного и городского электрического транспорта, утверждены Постановлением Министерства труда и Министерства транспорта Республики Беларусь от 06.12.2022 № 78/104

2. Электронный учебно-методический комплекс Охрана труда (в области транспорта и транспортной деятельности)/ Лазаренков А.М., Фасевич Ю.Н. – Регистр. № БНТУ-ЭУМК-МТФ 35-878. Регистр. свид-во Государственное предприятие «ЦЦР» № 1862334033 от 11.04.2023 г.

**Анализ применения концепции «устойчивого развития» белорусскими предприятиями (на примере ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК»)**

Студенты группы 10507120 Скрашук Н. Д., 10508120 Аференок В.К.

Научный руководитель - Шрубенко Т. П.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

В настоящее время мир переживает период сильной турбулентности. Восстановление после пандемии COVID-19, экономическая нестабильность и социальная напряженность в различных регионах мира добавляют сложности в неустойчивую глобальную обстановку. Несмотря на вызовы, с которыми планета сталкивается в данный момент, тема устойчивого развития продолжает быть актуальными и необходимой. Устойчивое развитие – это неотъемлемая часть нашего будущего, так как действия, предпринимаемые сегодня, имеют долгосрочные последствия для всей планеты.

Впервые термин «устойчивое развитие» был использован в 1987 году в докладе Всемирной комиссии по окружающей среде и развитию Генеральной Ассамблеи ООН «Наше общее будущее». Согласно ему, концепция «устойчивого развития» – это «развитие, которое удовлетворяет потребности настоящего времени, но не ставит под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности. Дальнейшее развитие концепции произошло в 2000 году, когда были установлены Цели развития тысячелетия, и в 2015 году, когда Организация Объединенных Наций сформулировала Цели устойчивого развития (ЦУР). Данные цели способствуют установлению баланса между текущими требованиями и потребностями будущих поколений.

Цели устойчивого развития (ЦУР) – это комплекс из 17 глобальных целей, направленных на решение всеобщих проблем и обеспечение устойчивого развития. Цели устойчивого развития Организации Объединенных Наций служат важным руководством для всего общества, в том числе бизнеса, который является неотъемлемым и наиболее важным стейкхолдером, оказывающим значительное влияние на экономику, общество и окружающую среду. Компании все чаще включают в свои стратегии инициативы по устойчивому развитию, ориентируясь на ЦУР ООН в качестве основы для своих действий.

Крупнейшей корпоративной инициативой в области устойчивого развития является Глобальный договор ООН, основная цель которого состоит в призыве компаний к содействию в достижении Целей устойчивого развития (ЦУР) и выстраиванию своей деятельности в соответствии с Десятью универсальными принципами. На данный момент, к 2023 году, более 23 тысяч компаний и около 3 тысяч некоммерческих организаций из более чем 160 стран присоединились к Глобальному договору ООН.

История становления инициативы ООН «Глобальный договор» в Республике Беларусь началась в 2006, когда 26 белорусских организаций (ОАО «Савушкин продукт», холдинг «Автохаус Атлант-М», СП ЗАО «Торговая компания «Милавица», ЗАО «Минский транзитный банк», ОАО «Пинскдрев» и другие), взяли на себя обязательства следовать Десяти универсальным принципам Глобального договора и содействовать выполнению Целей устойчивого развития. В 2023 году число участников не изменилось (26 компаний), однако изменился их состав, так, например, добавились ООО «СТАТУСКВО» (Vetera), ОАО «Пивоваренная компания Аливария», ООО «БИК Рейтингс» и другие.

С 2008 года одним из членов инициативы ООН «Глобальный договор» является компания ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», занимающаяся производством металлпродукции. Государственная компания БМЗ расположена в г. Жлобине и насчитывала в 2021 более 11 тысяч сотрудников, общая численность холдинга «БМК» составила более 22

тысяч человек. Продукция компании поставлялась в 53 страны. Стоит отметить, что предприятие является основообразующим для металлургии Беларуси, а также крупнейшим заводом данного профиля не только в стране, но и в Европе.

Целью политики устойчивого развития компании является безопасное, эффективное и высокотехнологичное производство металлопродукции. Основные ценности компании ориентированы на защиту окружающей среды, безопасность персонала и энергоэффективность. БМЗ стремится поддерживать доверительные и уважительные отношения со всеми стейкхолдерами. Компания нацелена на поддержание и поощрение принципов устойчивой социальной и экологической ответственности в отношении своих сотрудников, компаний в цепочке поставок и всех других заинтересованных сторон. В своей деятельности компания БМЗ стремится к содействию выполнения всех 17 Целей устойчивого развития и вносит всесторонний вклад для их достижения. В таблице 1 приведен вклад ОАО «БМЗ» в достижение некоторых ЦУР ООН.

Таблица 1 – Вклад ОАО «БМЗ» в достижение некоторых ЦУР ООН

Цель устойчивого развития	Мероприятия по достижению
 <p data-bbox="363 831 564 1010">Повсеместная ликвидация нищеты во всех ее формах</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="620 772 1386 936">— БМЗ создает более 11 тысяч рабочих мест, активно привлекая местное население. Работники завода составляют 32,7% от общего числа экономически активного населения региона;</li> <li data-bbox="620 936 1386 1064">— средняя заработная плата рабочих и служащих БМЗ в 1,3 раза больше, чем средняя заработная плата в Беларуси;</li> </ul>
 <p data-bbox="363 1140 564 1252">Ответственное потребление и производство</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="620 1095 1386 1207">— БМЗ активно продвигает принцип рационального потребления всех видов ресурсов (топливо, вода, энергия);</li> <li data-bbox="620 1207 1386 1319">— для повышения экологической ответственности персонала проводятся лектории, конференции и тренинги;</li> </ul>
 <p data-bbox="363 1373 564 1529">Партнерство в интересах устойчивого развития</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="620 1350 1386 1462">— БМЗ является участником различных международных и национальных объединений, которые занимаются реализацией ЦУР;</li> <li data-bbox="620 1462 1386 1574">— для увеличения эффективности в достижении устойчивого развития БМЗ активно взаимодействует со всеми стейкхолдерами.</li> </ul>

Завод БМЗ осознаёт, что его промышленная деятельность имеет негативное воздействие на окружающую среду, и предпринимает всевозможные инициативы для минимизации данного воздействия на регион присутствия. В сфере рационального потребления ресурсов предприятие в процессе производства в том числе использует переработанное сырье. Так, в 2021 году 99,5% отходов черных металлов (окалина) было повторно направлено в производство, что больше на 5,5 п.п. по сравнению с 2018 годом.

БМЗ осуществляет постоянный контроль за выбросами парниковых газов и вредных веществ в атмосферу. Негативным фактом деятельности предприятия является увеличение валового выброса загрязняющих веществ в атмосферу в 2021 по сравнению с предыдущим годом на 114 т. (+1,33%), что вызвано увеличением работы определенных источников выбросов. В то

же время, в последние 4 года (2018-2021 годы) компания неуклонно снижает выбросы озоноразрушающих веществ R22 (количество озоноразрушающего вещества R22 снижено на 11,4% в 2021 году по сравнению с 2020).

На предприятия внедрена система рециркуляции воды для водоснабжения основных потребителей (технологического оборудования). Для возмещения необратимых потерь в системе водоснабжения вода забирается из поверхностных источников (р. Днепр). В целях сокращения забора воды из р. Днепр в БМЗ функционирует система сбора дождевой воды. В процессе производства, технологические сточные воды направляются на специальные очистные сооружения на территории завода, где они проходят очистку и подготовку для повторного использования. Важно отметить, что производственная деятельность завода не оказывает значительного влияния на водные объекты.

Одной из основных стратегических целей БМЗ в сфере социальной деятельности является развитие и улучшение корпоративной системы социальной ответственности. Гендерный состав работающих на конец 2021 года на предприятии делится в соотношении 72,4% мужчин и 27,6% женщин. Преобладание мужчин среди работников предприятия объясняется тем, что металлургия является отраслью с трудными и часто опасными условиями труда. Тем не менее, предприятие нацелено на достижение гендерного равенства, несмотря на эти факторы.

Компания стремится к постоянному улучшению условий труда своих работников. В 2021 году были улучшены рабочие места для 1439 сотрудников (12% от всех работников БМЗ). К 2022 году была поставлена цель снижения уровня производственного травматизма на 9% по сравнению с 2021 годом. В 2021 году почти половина сотрудников компании (4672 человека) была вовлечена в программы профессионального обучения. Фонд учебного центра предприятия насчитывает 240 образовательных программ.

Таким образом, белорусский бизнес, осознавая важность устойчивого развития и социальной ответственности, принимает участие в Глобальном договоре и придерживается принципов, заложенных в данной инициативе. БМЗ является примером организации, которая выступает сторонником концепции «устойчивого развития». Предприятие осознает свое негативное воздействие на окружающую среду и предпринимает инициативы для его минимизации. Активное внедрение данной концепции позволяет БМЗ снизить риски возможных конфликтов с законодательством и общественностью, а также способствует формированию социально и экологически ответственного имиджа компании.

**Анализ производственного травматизма в ГПО «Белэнерго» и основные мероприятия по профилактике и предупреждению производственного травматизма за 2022 год**

Студенты гр.10603220 Халецкий Е.С., Буйвол А.П.  
 Научный руководитель - Абметко О.В.  
 Белорусский национальный технический университет  
 г. Минск

На основе анализа производственного травматизма в организациях, входящих в состав ГПО «Белэнерго», были сделаны выводы, что в 2022 году наблюдается снижение производственного травматизма в сравнении с 2021 годом:

- общее количество несчастных случаев уменьшилось на 2;
- общее количество потерпевших уменьшилось на 6;
- количество потерпевших с тяжелыми последствиями уменьшилось на 4;
- количество потерпевших без тяжелых последствий уменьшилось на 1;
- количество групповых несчастных случаев уменьшилось на 2;
- количество несчастных случаев со смертельным исходом уменьшилось на 1.

Наиболее часто встречающимися видами несчастных случаев стали:

– падение потерпевшего во время передвижения, с высоты, в колодцы, ямы, траншеи, емкости и т.п.;

- воздействие экстремальных температур;
- дорожно-транспортное происшествие на транспорте организации;
- воздействие движущихся, вращающихся, разлетающихся предметов, деталей и т.п.;

За 2022 год наблюдается 4 случая со смертельным исходом, а за 2021 – 5 со смертельным исходом.

Распределение несчастных случаев в 2022 г. по видам происшествий в процентном соотношении приведен на рис. 1.



Рисунок 1 – Процентное соотношение травмирующих факторов

Оценка причин травматизма показала, что наиболее часто встречающимся видом несчастных случаев стало: падение потерпевшего с высоты и падение потерпевшего во время передвижения – 29%.

Причины несчастных случаев обусловлены:

- нарушением трудовой и исполнительской дисциплины, требований НПА, ТНПА, ЛНА по охране труда;
- личной неосторожностью пострадавших;
- невыполнением руководителями и специалистами обязанностей по охране труда;
- нарушением правил дорожного движения потерпевшим;
- нарушением требований по охране труда другими работниками;
- неудовлетворительным содержанием и недостатками в организации рабочих мест;
- отсутствием либо некачественной разработкой проектной документации на строительство, реконструкцию производственных объектов, сооружений, оборудования;
- прочими нарушениями.

Наиболее распространенной причиной несчастных случаев является нарушение потерпевшим трудовой дисциплины, требований НПА, ТНПА, ЛНА по охране труда (рис. 2).

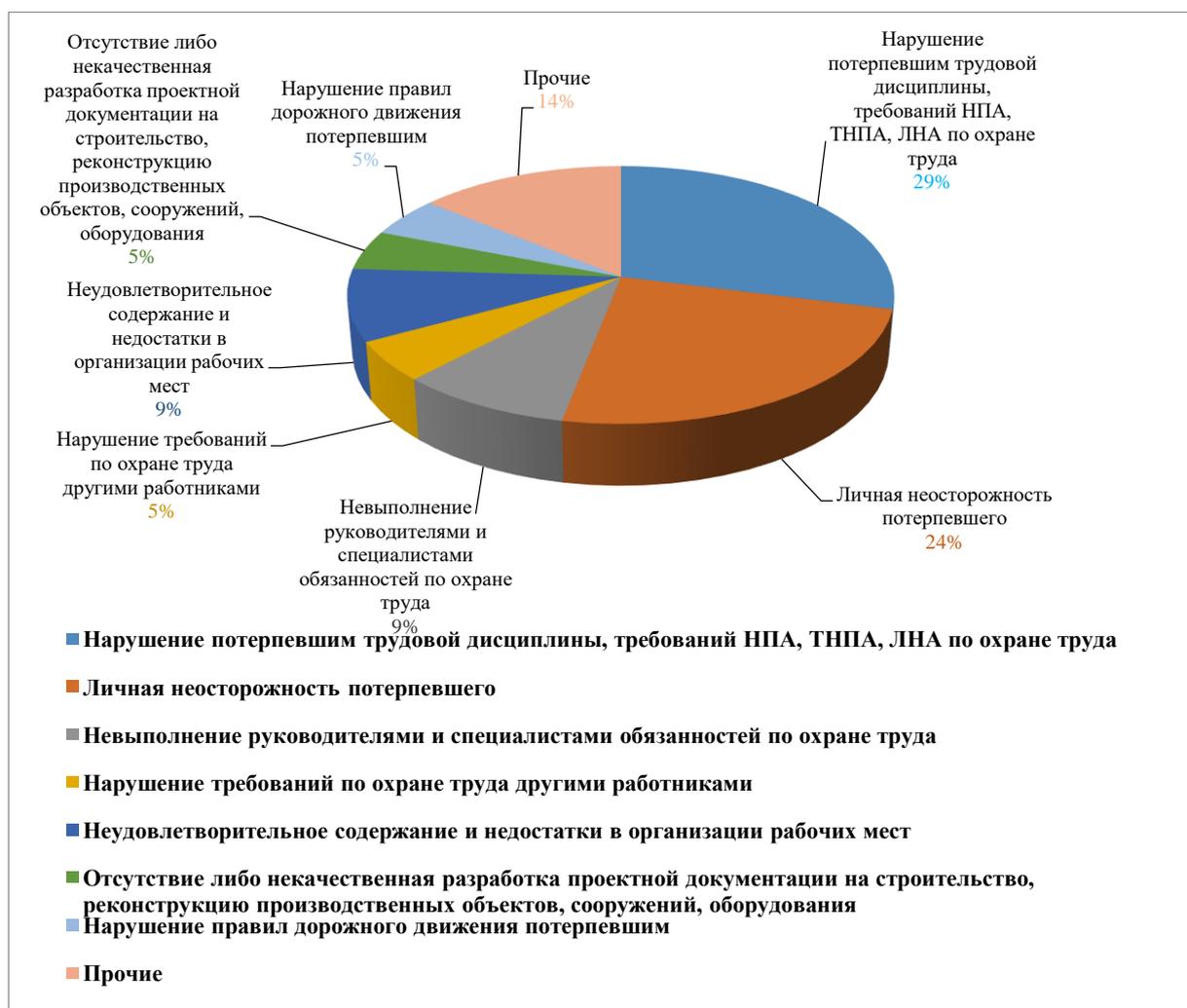


Рисунок 2 – Причины несчастных случаев

При анализе причин несчастных случаев наблюдается прямая зависимость от личной ответственности и мотивированности на выполнение норм и требований охраны труда среднего руководящего звена и персонала организаций.

Положительным результатом работы считается соблюдение персоналом организаций, входящих в состав ГПО «Белэнерго», требований норм и правил, а также проведение «Недель нулевого травматизма» шесть раз в год.

Основные мероприятия по профилактике и предупреждению производственного травматизма:

- пересмотр карт оценки опасностей и рисков с учетом обстоятельств произошедших несчастных случаев;
- проведение внепланового инструктажа всему электротехническому персоналу по темам: «Требования безопасности при работах на опорах и с опорами воздушных линий электропередач», «Меры безопасности при передвижении по территории», «Меры безопасности при производстве работ на теплообменных аппаратах и трубопроводах», «Меры безопасности при производстве работ в определённых погодных условиях»;
- проведение по обстоятельствам дорожно-транспортного происшествия разъяснительной работы с водительским составом и трактористами-машинистами сельскохозяйственного производства;
- проведение инвентаризации оборудования;
- проведение осмотров рабочих мест на соответствие нормам безопасности;
- обеспечение применения средств видеофиксации при проведении целевых инструктажей по нарядам-допускам повышенной опасности;
- проведение обследований вращающихся механизмов на наличие защитных экранов (решеток) и их установка при отсутствии;
- для проведения обследования сельскохозяйственных филиалов созданы комиссии с включением в их состав специалистов других филиалов (электрических и тепловых сетей, станций высокого давления). По результатам составлен план мероприятий с указанием выявленных несоответствий требованиям НПА, ТНПА и сроков устранения несоответствий;
- проведение обследования оборудования, работающего под избыточным давлением. Организовано оборудование дренажными устройствами всех не дренируемых зон, «застойных зон» оборудования, работающего под избыточным давлением;
- в инструкции по охране труда оперативного (оперативно-ремонтного) персонала внесены требования о комплектности и порядке применения средств защиты от термического воздействия электрической дуги;
- проводится внеплановое обследование электрооборудования до 1000 В электростанций, на предмет дефектов. Разработаны графики устранения дефектов;
- использование современного оборудования для проведения очистных работ;
- организовано исключение выполнения работ на высоте без проектной документации. Запрещен допуск работников к выполнению строительно-монтажных, ремонтно-строительных и электромонтажных работ на высоте без профессиональной подготовки, медицинского осмотра, инструктажа, стажировки и проверки знаний по вопросам охраны труда, без средств индивидуальной защиты;
- перед началом работ обеспечивается предварительный осмотр несущих конструкций крыш и ограждений для определения их состояние и меры безопасности;
- и т.п.

Подводя итог, следует отметить, что, несмотря на прослеживающую тенденцию к снижению производственного травматизма необходимо вести усиленную работу по осуществлению принципов концепции «нулевого травматизма», стремиться к нему. Охрана труда обязана быть гораздо больше, чем просто охраной труда. Эта работа начинаться до рабочего места с образования, семьи и общества.

#### Список использованных источников

1. Государственное производственное объединение электроэнергетики «Белэнерго» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.energo.by>. – Дата доступа: 29.10.2023.
2. Государственное учреждение «Государственный энергетический и газовый надзор» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gosenergogaznadzor.by/novosti/informatsiya-ponechastnym-sluchayam/perechen-i-kratkoe-opisanie-obstoyatelstv-neschastnykh-sluchaev/>

**Безопасность жизнедеятельности в области охраны труда на территории Республики Узбекистан**

Студенты группы 11405221 Стафеева В., Захидов Р.  
Научный руководитель - Шрубенко Т. П.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Безопасность жизнедеятельности – отражает знания человечества об объективном, материальном и реально существующем в мире, в котором все элементы и все стороны связаны между собой многообразными причинно-следственными связями. Причины могут являться в виде рисков для здоровья человека на производстве, а следствие – это травмы, профессиональные заболевания или смерть.

Трудовая деятельность человека, осуществляющаяся в производственных условиях, является одной из форм деятельности. В процессе труда работники взаимодействуют с различными элементами производственной среды: предметами и орудиями труда, средствами производства, состоянием воздушной среды. Участвуя в производственном процессе, работники подвергаются преимущественно опасностям и вредностям, непосредственно связанным с природой технологических процессов, оборудования, технических устройств. Техногенные опасности, создаваемые техническими средствами, способны причинять ущерб здоровью работников. Вредные факторы преимущественно оказывают негативное воздействие на работников, которое приводит к ухудшению самочувствия или заболеванию.

По данным Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ), ежегодно в мире в результате травм и других несчастных случаев погибает около 5 млн. человек, что составляет почти 9 % от общего числа смертностей и занимает 3-е место после сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний. По статистике Международной организации труда (МОТ), каждые три минуты в результате несчастного случая или профессионального заболевания в мире погибает один человек, а в каждую секунду четверо работающих получают травму. Производственный травматизм считается «болезнью» XXI века.

В Республике Узбекистан организован порядок учета несчастных случаев согласно «Положению о расследовании и учете несчастных случаев». Расследованию и учету подлежат следующие несчастные случаи:

- травмы, отравления, тепловые удары, взрывы, аварии, разрушения зданий, сооружений и конструкций, ожоги, обморожения, утопления, поражения электрическим током и молнией, повреждения в результате контакта с животными, насекомыми и пресмыкающимися, террористических актов, а также иные повреждения здоровья при землетрясениях, оползнях, наводнениях, ураганах и др., происшедшие при выполнении трудовых обязанностей на территории предприятия и за ее пределами;

- при совершении каких-либо действий в интересах предприятия, хотя и без поручения работодателя, по выполнению своих функциональных обязанностей, а также с целью предотвращения аварий, гибели людей и сохранения имущества предприятия;

- в пути на работу или с работы на транспорте, предназначенном для перевозки людей, специально выделенном приказом работодателя для перевозки работников из дома на работу и с работы домой, а также на транспорте сторонней организации, предоставленном для этих целей согласно договору;

- в рабочее время на личном транспорте при наличии письменного приказа работодателя о разрешении на использование его для служебных поездок;

- в рабочее время на транспорте или по пути следования пешком с работником, передвигающимся для выполнения задания работодателя, а также с работником, чья деятельность связана с передвижением между объектами обслуживания;

- в рабочее время нанесение телесных повреждений другим лицом при выполнении трудовых обязанностей – на основании сведений органов внутренних дел [1].

В течении 2022 года на территории Республики Узбекистан было проведено более 3000 государственных проверок и более 8400 контроль-профилактических мероприятий по промышленной, радиационной и ядерной безопасности на предприятиях и в организациях. В результате было выявлено более 53 тысяч случаев нарушений в сфере промышленности и требований радиационной безопасности.

Всего за прошедший 2022 год на предприятиях и в организациях произошел 81 несчастный случай, из них 28 с летальным исходом, 5 групповых инцидентов, 48 человек получили телесные повреждения различной степени тяжести.

Анализ произошедших несчастных случаев показал, что их основными причинами в более чем 60 % случаев являются неправильная организация труда на производстве и недостаточная квалификация работников в области промышленной безопасности, разработки в технических и технологических процессах, отсутствие дисциплины и склонность к риску. В 30 % случаев причинами являются выход из строя технических средств и устройств, нарушение их конструкции, несоответствие требованиям нормативного документа и проекта, недостатка в обслуживании технических устройств.

За истекший период 2023 года было проведено 70 государственных проверок и 195 контрольно-профилактических мероприятий на предприятиях и в организациях. В результате было выявлено 531 нарушение в сфере промышленности и требований радиационной безопасности. Всего за этот период на предприятиях и в организациях произошел 21 несчастный случай [2].

#### **Список использованных источников**

1. Положение о расследовании и учете несчастных случаев на производстве и иных повреждений здоровья работников
2. Статистические данные несчастных случаев на производстве

**Безопасность при эксплуатации оборудования котельной, работающей на твердом топливе (торфе)**

Студентка группы 10302220 Михнюк А.Ю.

Научный руководитель - Свистун А.Л.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Торф – это горючее полезное ископаемое, которое используется как экологически чистое топливо. Торф имеет ряд преимуществ по сравнению с другими видами топлива: подходит для любых типов твердотопливных котлов; торфяные брикеты и пеллеты продаются в большом ассортименте; дает больше энергии, чем дрова и уголь (если быть точнее, то на 800 кКал больше, по сравнению с дровами, и на 1100 больше – по сравнению с бурый углем); быстро разгорается, дает мало дыма, не искрит, обладает низкой плотностью, и ему нужно меньше времени на возгорание, чем другим видам твердого топлива; выгорает равномерно, что является большим преимуществом; торф удобно хранить и транспортировать (брикеты и пеллеты); торф - экологически чистый продукт, содержит минимальное количество серы.

Торф активно внедрен в промышленность. Многие котельные установки работают на торфе. Безопасность при эксплуатации оборудования котельной, работающей на торфе, очень важна.

Основным нормативным актом, который необходимо соблюдать при использовании торфа, являются Правила по обеспечению промышленной безопасности при эксплуатации паровых котлов с давлением пара не более 9,97 Мпа (0,7бар) и водогрейных котлов с температурой нагрева воды не выше 115 С, утвержденные МЧС 20.12.2006г (Правила). Данные Правила распространяются на паровые котлы, водогрейные котлы, котлы утилизаторы, экономайзеры независимо от видов топлива, в том числе и твердых видов топлива, таких как торф.

Котлы до пуска в работу регистрируются в органе Госпромнадзора. Автономные экономайзеры и пароперегреватели регистрируются как отдельные котлы. Регистрация котла производится на основании письменного заявления владельца котла или арендующей организации.

Каждый котел подвергается техническому освидетельствованию экспертом органа Госпромнадзора до пуска в работу, периодически в процессе эксплуатации и в необходимых случаях – внеочередному освидетельствованию. Техническое освидетельствование котла состоит из оценки технического состояния котла и его несущих металлоконструкций, наружных и внутренних осмотров, гидравлического испытания, организации надзора, обслуживания и ремонта, проверки соответствия их Правилам. Гидравлическое испытание имеет целью проверку прочности элементов котла и плотности соединений. В случае снижения рабочего давления по результатам технического освидетельствования пробное давление при гидравлическом испытании определяется исходя из разрешенного рабочего давления. Первичное, периодическое и внеочередное техническое освидетельствование производится экспертом органа Госпромнадзора.

Необходимо проводить наружный и внутренний осмотры после каждой очистки внутренних поверхностей или ремонта элементов, но не реже чем через 12 месяцев, а также перед предъявлением котла для технического освидетельствования эксперту органа Госпромнадзора. Результаты осмотра записываются в паспорт котла. На тепловых электрических станциях допускается проведение внутренних осмотров котлов в период их капитального ремонта, но не реже одного раза в четыре года.

В зданиях котельной не разрешается размещать бытовые и служебные помещения, которые не предназначены для персонала котельной, а также мастерские, не предназначенные для ремонта котельного оборудования. Уровень пола нижнего этажа котельного помещения располагается не ниже планировочной отметки земли, прилегающей к зданию котельной.

Помещения котельной обеспечены достаточным естественным светом, а в ночное

время — электрическим освещением. Места, которые по техническим причинам нельзя обеспечить естественным светом, имеют искусственное освещение. Помимо рабочего освещения, в котельных есть аварийное освещение. Аварийным освещением оборудуются следующие места: фронт котлов, а также проходы между котлами, сзади котлов и над котлами; щиты и пульты управления; водоуказательные и измерительные приборы; зольные помещения; вентиляторные площадки; дымососные площадки; помещения для баков и деаэраторов; оборудование водоподготовки; площадки и лестницы котлов; насосные помещения.

Перед фронтом котлов допускается установка котельного вспомогательного оборудования и щитов управления. При этом ширина свободных проходов вдоль фронта не менее 1,5 м и установленное оборудование не мешает обслуживанию котлов.

При установке котлов, для которых требуется боковое обслуживание топки или котла (шуровка, обдувка, очистка газоходов, барабанов и коллекторов, обслуживание горелочных устройств, реперов, элементов топки, обслуживание периодической продувки и т. д.), ширина бокового прохода достаточная для обслуживания и ремонта, но не менее 1,5 м для котлов паропроизводительностью до 4 т/ч и не менее 2 м для котлов паропроизводительностью 4 т/ч и более.

В тех случаях, если не требуется бокового обслуживания топок и котлов, обязательно устройство проходов (шириной не менее 1 м) между крайними котлами и стенами котельной. Ширина прохода между отдельными выступающими на обмуровки частями котлов (каркасами, трубами, сепараторами и т. д.), а также между этими частями и выступающими частями здания (кронштейнами, колоннами, лестницами, рабочими площадками и т. п.) составляет не менее 0,7 м. Проходы в котельной имеют свободную высоту не менее 2 м.

Котлы и турбоагрегаты электростанций могут устанавливаться в общем помещении или в смежных помещениях без сооружения разделительных стен между котельной и машинным залом.

При эксплуатации котлов обеспечиваются: надежность и безопасность работы всего основного и вспомогательного оборудования; возможность достижения номинальной производительности котлов, параметров и качества пара и воды; экономичный режим работы, установленный на основе испытаний и заводских инструкций; регулировочный диапазон нагрузок, определенный для каждого типа котла и вида сжигаемого топлива; минимально допустимые нагрузки. При неисправности блокировок и устройств защиты, действующих на останов котла, пуск его запрещается. Пуск котла организуется под руководством начальника цеха или его заместителя.

Котел немедленно останавливается и отключается в случаях: недопустимого повышения или понижения уровня воды в барабане или выхода из строя всех водоуказательных приборов; быстрого снижения уровня воды в барабане, несмотря на усиленное питание котла; выхода из строя всех расходомеров питательной воды прямоточного парового и водогрейного котлов (если при этом возникают нарушения режима, требующие подрегулировки питания) или прекращения питания любого из потоков прямоточного котла более чем на 30 с; прекращения действия всех питательных устройств (насосов); недопустимого повышения давления в пароводяном тракте; прекращения действия более 50% предохранительных клапанов или других заменяющих их предохранительных устройств; недопустимого повышения или понижения давления в тракте прямоточного котла до встроенных задвижек; недопустимого снижения давления в тракте водогрейного котла более чем на 10 с; разрыва труб пароводяного тракта или обнаружения трещин, вспучин в основных элементах котла, в паропроводах, питательных трубопроводах и пароводяной арматуре; погасания факела в топке.

До работы внутри барабана котла открываются оба люка. Перед допуском рабочих в барабан котла после его кислотной промывки необходимо провести вентиляцию и проверку воздуха в барабане на достаточность кислорода ( $Q_2 = 20\%$  по объему) и содержание водорода и сернистого газа. Наружные осмотры дымовых труб и газоходов проводят не менее двух человек, внутренние осмотры и ремонт — не менее трех человек.

При монтаже технологического оборудования приходится работать на высоте и выполнять верхолазные работы, в неудобных положениях, с большой затратой физических сил как на рабочие операции, так и на сохранение равновесия в опасных и стесненных условиях. К работам на высоте относятся работы, выполняемые на высоте 1,3 м и более от земли, уровня пола, перекрытий, конструкций, оснований, фундаментов. Верхолазными считаются работы, которые выполняются на высоте более 5 м от поверхности грунта, перекрытия или рабочего настила. При этом основным средством защиты, предохраняющим от падения с высоты, является предохранительный пояс.

Основными причинами травматизма при выполнении верхолазных работ или на высоте являются: падение людей с высоты из-за отсутствия или неисправности ограждений проемов, перекрытий; неиспользование средств индивидуальной защиты, предохранительных устройств и приспособлений; плохое закрепление монтируемых конструкций и оборудования; падение с высоты различных предметов, инструментов, деталей, конструкций; неисправность средств подмащивания и замена их случайными предметами; непродуманная технология производства работ.

Теплоизоляционные работы на горячих поверхностях выполняются по наряду-допуску. Перед началом работ на объектах, подлежащих изоляции и находящихся в рабочем состоянии, руководитель и производитель работ должны убедиться в отсутствии парения течи и других неисправностей оборудования. Изолировщик должен надеть спецодежду, застегнуть или завязать обшлага рукавов, надеть головной убор. Брюки должны надеваться поверх сапог (навыпуск). Работать с засученными рукавами запрещается.

Работы с минеральной, шлаковой и стеклянной ватой и изделиями из них должны производиться в защитных очках, респираторе и рукавицах из плотной ткани. Работы с жидким стеклом, с теплоизоляционными и другими материалами в виде мастики, в состав которой входит жидкое стекло, а также работы по нанесению изоляции и штукатурок с использованием известково-асбоцементных, перлитовых, вермикулитовых растворов и мастик должны производиться в резиновых (антикислотных) перчатках и защитных очках.

Выполнение теплоизоляционных работ напротив смотровых лючков действующего котла, водоуказательных стекол, у зольных бункеров во время спуска золы, у предохранительных клапанов, фланцевых соединений и арматуры без устройства защитных ширм запрещается.

Выполнение термоизоляционных работ разрешается рабочим, прошедшим медосмотр, специальное обучение и сдавшим экзамены по правилам обращения с тем или иным материалом.

Наиболее часто встречающиеся работы с применением синтетических материалов — это окраска трубопроводов, газовоздуховодов различными лаками. При использовании лакокрасочных материалов и растворителей запрещается: использовать их, если в их состав входят хлорированные углеводороды и метанол; производить работы без усиленной вентиляции; хранить лакокрасочные материалы в кладовых и на рабочих местах в неисправной или в негерметичной таре; производить окраску внутренних поверхностей емкостей и отсеков, если не обеспечен (как минимум) четырехкратный обмен воздуха; при нанесении краски на внутренние поверхности резервуаров, баков и т. д. применять кисти (разрешается применять только бесшумные пистолеты-распылители, а для окраски труднодоступных мест — пистолеты-распылители со специальными насадками); выполнять окраску без применения работающими средств индивидуальной защиты; хранить и принимать пищу, а также курить и пользоваться открытым огнем; нахождение посторонних лиц в зоне окраски.

Рассмотренные меры безопасности при эксплуатации оборудования котельной, работающей на твердом топливе (торфе) позволят избежать аварий, несчастных случаев и инцидентов.

**Вредные вещества и их влияние на человека**

Студент группы 11201222 Мордич И.И.

Научный руководитель - Вершеня Е. Г.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Вещества, применяемые и образующиеся в технологическом процессе на предприятиях отрасли, при неправильной организации труда и несоблюдении определенных профилактических мероприятий способны оказывать вредное воздействие на здоровье работающих, приводить к острым или хроническим отравлениям и профессиональным заболеваниям, называются вредными веществами (промышленными ядами). Воздействие вредных производственных факторов приводит к заболеванию работающего или снижению его работоспособности.

Вредными веществами, это такие вещества, которые при контакте с организмом человека могут вызвать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами как в процессе работы, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Вредные вещества могут проникать в организм человека через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт, а также кожу и слизистые оболочки.

В производственных условиях отравления могут быть острыми и хроническими. Острые отравления возникают быстро при наличии относительно высоких концентраций вредных газов и паров. Эти отравления встречаются сейчас очень редко, в основном в аварийных ситуациях. Хронические отравления развиваются медленно, в результате накопления в организме токсичных веществ или суммирования функциональных изменений, вызванных действием таких веществ. В санитарно-гигиенической практике принято разделять вредные вещества на химические вещества и производственную пыль.

Действие вредных химических веществ на организм человека обусловлено их физическими и химическими свойствами. Группа химических опасных и вредных производственных факторов по характеру воздействия на организм человека подразделяется на следующие подгруппы: общетоксические, раздражающие, канцерогенные, мутагенные, влияющие на репродуктивную функцию.

Большинство промышленных вредных веществ обладает общетоксическим действием. К ним можно отнести ароматические углеводороды и их амино- и нитропроизводные (бензол, толуол, ксилол, нитробензол, анилин и др.). Большой токсичностью обладают ртутьорганические соединения, тетраэтилсвинец, фосфорорганические вещества, хлорированные углеводороды (тетрахлорид углерода, дихлорэтан и др.).

Раздражающим действием обладают кислоты, щелочи, а также хлор-, фтор-, серо- и азотсодержащие соединения (фосген, аммиак, оксиды серы и азота, сероводород и др.). Все эти вещества объединяет то, что при контакте с биологическими тканями они вызывают воспалительную реакцию, причем в первую очередь страдают органы дыхания, кожа и слизистые оболочки глаз.

Канцерогенные (бластомогенные) вещества, попадая в организм человека, вызывают развитие злокачественных опухолей. К их числу прежде всего относят полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), которые могут входить в состав сырой нефти, но в основном образуются при термической (выше 350 °С) переработке горючих ископаемых (каменного угля, древесины, нефти, сланцев) или при неполном их сгорании.

Яды, обладающие мутагенной активностью, влияют на генетический аппарат зародышевых и соматических клеток организма. Мутационной активностью обладают, например, этиленамин, уретан, органические перекиси, иприт, оксид этилена, формальдегид, гидроксилламин.

К веществам, влияющим на репродуктивную функцию (функцию воспроизведения потомства), относят бензол и его производные, сероуглерод, хлоропрен, свинец, сурьму, марганец, ядохимикаты, никотин, этиленамин, соединения ртути и др.

Существуют и другие разновидности классификаций вредных веществ, например, по преимущественному действию на определенные органы или системы организма человека, по основному вредному воздействию (удушающие, раздражающие, нервные (нейротропные), кровяные яды, печеночные и т. д.), по взаимодействию с ферментными системами, по величине средней смертельной дозы и др.

По степени воздействия на организм человека все вредные вещества подразделяются на четыре класса:

1 - вещества чрезвычайно опасные (ртуть, свинец, озон, фосген и др.);

2 - вещества высокоопасные (оксиды азота, бензол, йод, марганец, медь, сероводород, едкие щелочи, хлор и др.);

3 - вещества умеренно опасные (ацетон, ксилол, сернистый ангидрид, метиловый спирт и др.);

4 - вещества малоопасные (аммиак, бензин, скипидар, этиловый спирт, оксид углерода и др.).

Необходимо заметить, что и вещества малоопасные при длительном воздействии могут при больших концентрациях вызывать тяжелые отравления.

Производственная пыль также является очень распространенным опасным и вредным производственным фактором. Пыль может оказывать на организм человека фиброгенное, раздражающее и токсическое действие. Пыль некоторых веществ и материалов (стекловолокна, слюды и др.) оказывает раздражающее действие на верхние дыхательные пути, слизистую оболочку глаз, кожи.

Пыли токсичных веществ (свинца, хрома, бериллия и др.), попадая через легкие в организм человека, оказывают характерное для них токсическое действие в зависимости от их физических, химических и физико-химических свойств. Фиброгенным называется действие пыли, при котором в легких происходит разрастание соединительной ткани, нарушающее нормальное строение и функции органа.

Степень опасности пыли также зависит от формы частиц, их твердости, волокнистости, электрозаряженности, удельной поверхности и т. п.

Решающее влияние на степень поражения организма человека вредными химическими веществами и пылью имеет концентрация их в воздухе рабочей зоны и продолжительность воздействия.

Следует учитывать, что в производственных условиях работающие обычно подвергаются одновременному воздействию нескольких вредных веществ. При этом возможно потенцирование (непропорциональное усиление вредного действия), суммация, «антагонизм» (уменьшение вредного эффекта) и «независимое» действие ядов.

На токсическое действие вредных веществ оказывают также влияние другие вредные и опасные производственные факторы. Например, повышенная температура и влажность воздуха, так же как и сильное мышечное напряжение, в большинстве случаев повышают чувствительность организма к токсическому действию вредного вещества.

Определенное значение имеют индивидуальные особенности человека.

Для того, чтобы произвести оценку качества воздуха рабочей зоны, используются расчёты сразу по нескольким показателям:

1) индексу загрязнения атмосферы (ИЗА):

$$\text{ИЗА} = \sum_{i=1}^n \left( \frac{q_i}{\text{ПДК}_{\text{МР}}} \right)^{q_i},$$

где  $n$  – количество примесей, учтенных при расчете;

$q_i$  – концентрация  $i$ -го вещества, мг/м<sup>3</sup>;

ПДК<sub>МР</sub> – максимальная разовая ПДК  $i$ -го вещества, мг/м<sup>3</sup>;

$\alpha$ , – коэффициент соотношения вредности  $i$ -го вещества ( $\alpha$ , I класса равен 1,7;  $\alpha$ , II класса – 1,3;

$\alpha$ , III класса – 1,0;

$\alpha$ , IV класса – 0,9),

2) стандартному индексу (СИ):

значение максимальной концентрации примеси, приведенное к ПДК. Определяется из данных наблюдений на посту за одной примесью или на всех постах района за всеми примесями за месяц, или год. СИ характеризует степень кратковременного загрязнения.

$$\alpha = C_{\max}/\text{ПДК}_{\text{сс}},$$

3) превышению предельной допустимой концентрации (ПДК),

4) комплексному показателю загрязнения атмосферного воздуха (Р).

Наиболее точным показателем уровня загрязнённости воздуха является индекс качества воздуха (AQI). Данная числовая шкала помогает сформировать вывод о качестве воздуха с точки зрения здоровья человека и окружающей среды. AQI демонстрирует, в какой степени чист или загрязнён воздух, а также какие риски для здоровья человека он представляет.

При работе со всеми вредными веществами необходимо соблюдать меры предосторожности:

1) Выполнять правила личной гигиены.

2) Готовить, принимать, хранить пищу и курить - только в специально отведенных для этого местах (но ни в коем случае не на рабочем месте!).

3) В рабочих помещениях должны быть устранены все источники воспламенения: открытое пламя, раскаленные поверхности, искры от электронагревателей. Обязательна защита от статического электричества.

4) Помещения, в которых проводятся работы с вредными веществами, должны быть оснащены общей приточно-вытяжной вентиляцией, а в особых случаях - и местной вентиляцией.

5) Работы с вредными веществами нужно проводить в вытяжном шкафу при действующей приточно-вытяжной вентиляции.

6) Обязательно пользоваться средствами индивидуальной защиты: перчатками, респираторами, очками и т.п.

## Лучшие практики и инновации в области безопасности на строительной площадке

Студенты группы 11005120 Пашкевич Я.А., Соколдынская К.Д.  
Научный руководитель - Батяновская И.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Выполнение работ на строительной площадке (к примеру, с использованием электричества, работа на высоте или в пыльном помещении), эксплуатация инструмента и оборудования в процессе, сопряжено с вероятностью несчастного случая, последствия которого могут быть существенными или даже смертельными. Не стоит экономить на соответствующей организации рабочего места и обеспечении безопасности, ведь затраты на инвестиции в охрану труда всегда окупаются. Наша тема посвящена рассмотрению вариантов о лучших практиках по обеспечению безопасности, применяемых на строительной площадке.

**Идентификация риска.** Рабочие, которые приступают к работе на строительной площадке, должны быть полностью осведомлены обо всех возможных опасностях. Это означает, что они должны уметь определять строительные риски, связанные с их работой, а также знать, как их предотвращать. Бригадир (мастер) участка несет ответственность за то, чтобы каждый трудящийся был проинформирован обо всех производственных рисках, с которыми он сталкивается в процессе труда. Мастер следит за тем, чтобы каждый был полностью подготовлен к работе, не подвергая себя или других опасности. В случае, если работник не полностью подготовлен, он не допускается на площадку.

**Обучение технике безопасности.** При всем при том, что работники могут многому научиться на месте или перед входом на площадку, всё равно необходимо приобрести навыки выполнения работ с соблюдением всех требований по безопасности. Даже опытного работника следует регулярно проверять для закрепления знаний о безопасности на рабочем месте.

Этот тренинг учит рабочих, как выявлять и предотвращать риски (например, с помощью средств защиты от удара током, падений с высоты, при недостаточной освещённости на рабочем месте и т.д.). Это также напоминание о важности установления и соблюдения правил безопасности при производстве работ и эксплуатации оборудования, которые предусмотрены нормами.

И бригадир, и строительная организация (работодатель) несут ответственность за то, чтобы рабочие не допускались к работе без прохождения надлежащего обучения безопасным методам и приемам труда.

**Оборудование на месте.** Каждый работник должен иметь возможность выполнять задачу, используя оборудование, наилучшим образом подходящее для работы. Кроме того, оборудование должно соответствовать всем требованиям безопасности. Таким образом, строительная компания (работодатель) несет ответственность как за предоставление подходящего, исправного оборудования для выполнения задач, так и за его техническое обслуживание.

Это означает, что всё оборудование, материалы, инструменты и прочее инвентаризируются и идентифицируются. Также должен быть организован контроль за инвентарём с целью гарантии сохранности, а также выявления, в какой момент необходимо техническое обслуживание. А знание о том, кто отвечает за соответствующее состояние оборудования, приспособлений, инструментов в конкретный период, опять же является активным способом снизить риск несчастных случаев.

Техническое обслуживание, местонахождение и право собственности на оборудование, инструменты, оснастку, материалы регулируется с помощью особого программного обеспечения для строительства, которое дает возможность контролировать применение любого материального актива в производственном процессе.

**Надзор.** Несмотря на то, что каждый работник должен уметь определять опасности и избегать их на месте, на практике это часто бывает сложнее. Например, рабочий может быть

недостаточно бдительным или не осознавать все возможные риски. Поэтому каждый объект контролируется квалифицированным мастером с особыми навыками контроля. Бригадир должен обеспечить соблюдение всех мер безопасности, без исключения.

К основным причинам несчастных случаев на производстве относятся:

- неудовлетворительная организация производства работ;
- нарушение технологического процесса;
- нарушение работником трудового распорядка и дисциплины труда;
- нарушение правил дорожного движения;
- неудовлетворительное содержание и недостатки в организации рабочих мест;
- недостатки в подготовке работников по охране труда;
- неприменение или неправильное применение работником средств индивидуальной и коллективной защит;
- нарушение требований охраны труда при эксплуатации транспортных средств;
- эксплуатация неисправных машин, механизмов, оборудования.

При этом к самым частым видам происшествий относятся:

- падение с высоты;
- зажатие между предметами;
- дорожно-транспортные происшествия;
- травмы от падения предметов;
- падение на ровной поверхности;
- поражение электрическим током.

В каждой строительной организации разрабатываются мероприятия по профилактике несчастных случаев, включающие:

- организацию безопасных условий подъема на высоту и спусков.
- контроль за состоянием перил, ограждений, защитных козырьков или иных устройств;
- применение защитных ограждений и защитной блокировки движущихся и вращающихся частей оборудования;
- проведение мероприятий, обеспечивающих безаварийную работу водителей;
- обеспечение соответствующего нормативным требованиям хранения на складе инструментов, оборудования и прочих предметов, которые могут отлететь, упасть на работников;
- контроль за содержанием полов и лестниц. Пол должен быть без повреждений, пролитых жидкостей и посторонних предметов;
- контроль за использованием работниками инструментов с защитой от поражения электрическим током и средств индивидуальной защиты.

**Формула безопасного труда.** Чтобы оценить условия безопасного труда конкретного работника, применяется следующая формула (рис. 1).

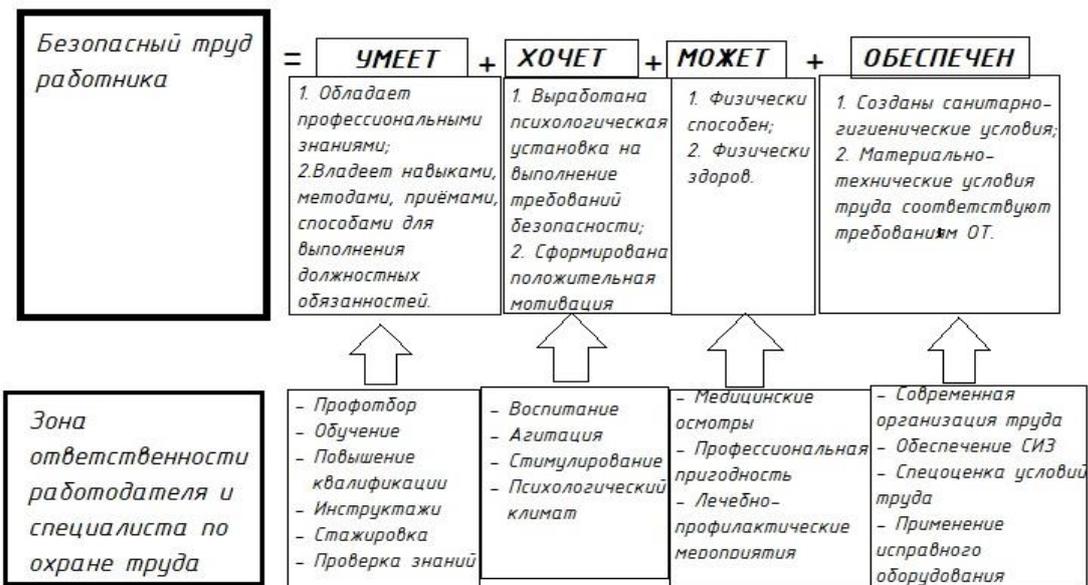


Рисунок 1 - Формула безопасного труда

## Опасные и вредные факторы воздействия на человека в метрополи- тене

Студентка группы 11101520 Мартинович П.А.  
Научный руководитель Ушакова И.Н.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Иногда некоторая часть пассажиров во время поездки ощущает непонятное нервное напряжение и незначительное ухудшение общего самочувствия, но на поверхности сразу все проходит. Обычно это связано с тем, что на человека в метро негативно воздействует ряд опасных и вредных факторов.

В метро пассажиры подвержены таким видам воздействия факторов: естественный радиационный фон от строительных элементов, таких как гранит, мрамор, бетон; радиоактивный инертный газ радон; рентгеновское излучение при досмотре пассажиров и багажа, где используются интроскопы, оборудование с рентгеновским излучением; электромагнитное излучение (ЭМИ) от высоковольтных линий электропередач в тоннелях метро; ЭМИ от работы электродвигателей поезда; электромагнитное излучение от антенн сотовой связи; излучение от wi-fi роутеров, установленных в каждом вагоне состава; излучение от сотовых телефонов, которыми пользуются пассажиры во время поездки на метро; шумовая нагрузка.

Наиболее опасным является рентгеновское излучение. По своей природе рентгеновское излучение – это электромагнитная волна определенной длины и энергии. Как правило, доза облучения багажа не превышает 0,1 мГрей. Поэтому вещи, одежда, продукты питания после сканирования остаются неизменными и не становятся радиоактивными.

Рентгеновское оборудование для досмотра багажа и товаров допущено к использованию, и его работа регламентирована гигиеническим нормативом Санитарные правила и нормы «Гигиенические требования к производству, эксплуатации и контролю рентгеновских установок для досмотра багажа и товаров».

На ленте интроскопа образец клеток получает дозу излучения, которая в 10 раз меньше, чем на рентгене грудной клетки. Это слишком мало, чтобы разрушить ДНК или любые другие молекулы в биологическом образце.

Людам, которые пропускают свои вещи через интроскоп, и персоналу, который каждый день работает с прибором, интроскоп тоже вреда не причиняет.

Теоретически даже небольшие дозы рентгеновского излучения, если они воздействуют на человека каждый день, в будущем могут увеличить риск онкологических заболеваний. Чтобы защитить людей, прибор спроектирован так, чтобы излучение не выходило за его пределы. Место, куда выезжают и из которого выезжают сумки, занавешено толстыми шторками из полимера с включениями свинца. Этот материал не выпускает рентгеновское излучение из интроскопа и защищает от него людей так же, как свинцовый фартук защищает сотрудников рентгенлаборатории.

Пассажиры метро подвергаются воздействию радиоактивного газа – радон.

Радон – инертный, радиоактивный газ, который не имеет ни запаха, ни цвета (слегка флюоресцирует). Стабильных изотопов нет, период полураспада – 3,8 дней. Радон бесцветный инертный газ; радиоактивен, стабильных изотопов не имеет, может представлять опасность для здоровья и жизни. Наиболее стабильный изотоп ( $^{222}\text{Rn}$ ) имеет период полураспада 3,8 суток. Накапливается радон под землей, в подвалах, где нет нормальной системы вентиляции. Радон быстро разлагается, кроме того, он регулярно просачивается сквозь стены и накапливается в помещении. Также накапливается и в метро. Если вентиляционная система метро работает плохо, то радон, попадая в организм, краткосрочно ухудшает состояние человека. Газ радон выступает источником альфа-излучения, от которого защитит даже обычный лист картона. Однако, несмотря на низкую проникающую способность альфа-частиц, биологическое воздействие на организм очень высокое. А все потому, что газ проникает вместе с воздухом в

легкие, где напрямую контактирует с внутренними тканями, вызывая химический ожог. Газ радон официально признан второй по частоте случаев причиной, вызывающих рак легких. Первую строчку занимает курение.

Самым эффективным способом борьбы с радоном в метро выступает хорошая вентиляция и проветривание помещений.

На всех объектах общественного транспорта – вокзалах, аэропортах и метрополитене – работают металлоискатели. Они могут быть: рамочными, через которые проходят все пассажиры; ручными (для личного досмотра).

В металлоискателях находятся арочные металлодетекторы, создающие электромагнитное поле, которое и обнаруживает наличие металлического предмета. Световые индикаторы оповещают о том, на какой высоте находится металл, и подает соответствующий звуковой сигнал. Вполсилы рамка среагирует на пистолет, гранату, нож или пули, а чтобы она заработала на полную мощность, у человека с собой должно быть около 8 кг железа. Через металлоискатели запрещено проходить пассажирам с кардиостимулятором, поскольку из-за электромагнитных волн на медицинском аппарате могут сбиться настройки.

В метро все технологические электрические кабели экранированы бронированной защитной оболочкой, поэтому, несмотря на наличие в них большого тока, очень слабо облучают. А токоведущие рельсы расположены далеко от пассажиров. По этим причинам уровень электромагнитного излучения на платформах ожидания не выходит за пределы границ, установленных гигиеническими допусками для метрополитена

**Основы техники безопасности**

Студент гр.11505122 Михалицын А.А.

Научный руководитель - Вершеня Е.Г.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

**Введение.** Техника безопасности – важнейший аспект на который необходимо в первую очередь обращать внимание. Тема, которая раскрыта в данном реферате, имеет достаточно большую актуальность, так как предотвращение травматизма и несчастных случаев всегда и везде ставятся на главный план. Во избежание таких случаев необходимо соблюдать некоторые требования, которые более подробно раскрыты в работе. Объектом моего исследования стали требования техники безопасности. Предметом исследования стали виды травм, которые можно получить при работах и что нужно делать для сохранения своего здоровья.

**Основная часть.** В первую очередь хочу выделить работу с “электричеством”. Для соблюдения электробезопасности нужно выполнять ряд мероприятий по снижению вероятности получения травм при работе с электрооборудованием. Мы все знаем, что человек – хороший проводник тока, поэтому при работе с какими-либо электроприборами необходимо использовать специальные средства индивидуальной защиты, которые препятствуют проходимости тока. Не стоит забывать, что все электроприборы и оборудования требуют соблюдения требований эксплуатации. Электрические ожоги самые распространённые виды электрических травм. Такие ожоги могут вызывать покраснение кожи и появление пузырей, а могут вызывать омертвление кожи, в зависимости от степени поражения. Бывают и летальные исходы, когда ток поражает сердце или мышцы грудной клетки, что вызывает остановку сердца или прекращение дыхания. Согласно ГОСТ 12.1.019 «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты», электробезопасность и действие мер защиты от опасности поражения электрическим током обеспечиваются: конструкцией электроустановки, техническими способами и средствами защиты, организационными и техническими мероприятиями.

Для защиты от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, используют следующие средства: заземление, зануление, отключение, выравнивание потенциала, электрическое разделение сети изоляция токоведущих частей, низкое напряжение, средства индивидуальной защиты. При работе с электроустановками, напряжение в которых выше 1000В используются дополнительные средства защиты (диэлектрические перчатки, боты и ковры, индивидуальные экранирующие комплекты, изолирующие подставки и накладки, диэлектрические колпаки, переносные заземления, оградительные устройства, плакаты и знаки безопасности). Для защиты электротехнического персонала от падения с высоты применяются вспомогательные защитные средства - предохранительные пояса, страхующие канаты, от световых, тепловых или химических воздействий - защитные очки, респираторы, противогазы, брезентовые рукавицы, шума - противощумные наушники, шлемы, вкладыши, для безопасного подъёма на опоры - монтёрские когти, лазы для подъёма на бетонные опоры.

Однако, как показывает практика, этого бывает недостаточно для предотвращения всех несчастных случаев. Каждый работодатель обязан создать для работников безопасные условия труда. Для этой цели предусматривается комплекс требований: использование оборудования и конструкций, соответствующих требованиям стандартов и другой нормативной документации; соблюдение сроков периодических ремонтов и обслуживания оборудования; соблюдение требований пожарной и электробезопасности при оснащении производственных и офисных помещений; установка необходимых защитных приспособлений и конструкций; обеспечение достаточной освещенности, вентиляции, поддержание оптимального температурного режима на рабочих местах; своевременное устранение пыли и отходов производства; обеспечение работников спецодеждой и спец обувью, а также другими средствами индивидуальной защиты

в соответствии со спецификой производства; обеспечение работников актуальными инструкциями по ТБ, наглядными материалами; создание на рабочих местах и в производственных помещениях всех необходимых систем сигнализации, размещение знаков безопасности и т.д. А также все работники, независимо от должности обязаны: знать особенности технологического процесса на своем рабочем месте; знать и соблюдать все действующие требования по безопасной эксплуатации оборудования на своем рабочем месте; обладать в полном объеме знаниями в рамках инструктажей по охране труда; носить принятую на предприятии униформу, спецодежду, использовать средства индивидуальной защиты; соблюдать требования техники безопасности, действующие в производственном подразделении; знать и соблюдать требования, которые предписываются знаками безопасности, установленным на рабочем месте; соблюдать требования пожарной безопасности и электробезопасности.

Также хочу выделить внимание микротравмам, так как это самый распространённый вид травматических повреждений кожи рабочих. Такие травмы незначительны по размеру и практически не приводят к потере трудоспособности, но являются основной причиной возникновения острых гнойно-воспалительных процессов кистей – панариция, абсцесса, флегмоны и т.д. Если вовремя не принять меру по лечению, то они приводят к длительной нетрудоспособности рабочих, иногда даже к инвалидности.

Если взять годовой отчет о работе хирургического кабинета любой поликлиники, то можно увидеть, что значительный удельный вес среди посещений занимают больные с гнойно-воспалительными процессами кистей. Из этого следует делать вывод о состоянии микротравматизма.

Непосредственной причиной микротравм бывают острые металлические предметы и отходы (стружка, проволока и т.п.), куски породы и угля, деревянные изделия. Микротравмы возникают вследствие нарушения правил техники безопасности, засорения и недостаточного освещения рабочего места, отсутствие индивидуальных средств защиты (рукавиц), безразличия рабочих по защите рук, недостаточного надзора за соблюдением правил по технике безопасности.

Не стоит забывать об организме человека, который тоже может подвергаться заболеваниям. К профессиональным заболеваниям, обусловленным физическими факторами, относят вибрационную болезнь, возникшую при воздействии на организм человека вибрации; пояснично-крестцовые радикулиты, возникающие при тяжелых физических работах, напряжениях, связанных с вынужденным положением тела или с частыми наклонами, а также с воздействием охлаждений; хронические артриты, остеохондрозы – при систематическом давлении и перенапряжении в области суставов, при резких сменах температур, длительном охлаждении и др.; снижение слуха при систематическом и интенсивном воздействии шума

Для того чтобы травматизм на производстве был сведен к минимуму, на предприятии должен быть организован безопасный трудовой процесс с использованием охраны труда. Важную роль в профилактике травматизма играют пропаганда вопросов техники безопасности, внедрение новых, передовых методов организации безопасной работы на каждом производственном участке. Необходимо поддерживать рабочие места, производственную и технологическую дисциплину на таком уровне, который полностью исключает несчастные случаи и заболевания на производстве.

Стоит не забывать про личностные причины: психологические и психофизиологические причины, к которым условно можно отнести физические и нервно-психические перегрузки работающего, приводящие к ошибочным действиям человека. Человек может совершать ошибочные действия из-за утомления, вызванного большими физическими (статическими и динамическими) перегрузками, умственным перенапряжением, перенапряжением анализаторов (зрительного, слухового, тактильного), монотонностью труда, стрессовыми ситуациями, болезненным состоянием и другие.

Чтобы снизить и свести к нулю показатели травматизма работодатель должен постоянно проводить профилактику травматизма. Профилактика производственного травматизма — это организационный процесс, который включает в себя несколько этапов, позволяющих

предотвратить несчастные случаи на работе. Не важен род деятельности предприятия, будь то школа, гостиница, офис или торговый комплекс, руководители обязаны защитить своих работников.

**Вывод:** Производственный травматизм и мероприятия по его профилактике необходимы, потому что даже самые квалифицированные сотрудники не всегда понимают, какой опасности могут подвергаться, если не соблюдать правила безопасности. Чтобы исключить возможность получения заболевания, стоит понимать, что травматизм — это не случайность, а чаще всего неорганизованность рабочего процесса или халатность сотрудников.

#### **Список использованных источников**

1. Лазаренков, А. М. Охрана труда : учебно-методическое пособие для практических занятий / А. М. Лазаренков, И. Н. Ушакова ; Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Охрана труда". – Минск : БНТУ, 2011. – 204 с.
2. Михнюк Т.Ф. Охрана труда. Учебное пособие для вузов. – Мн.: Вышэйшая школа, 2007. – 335 с

## Охрана труда, промышленная безопасность и экология

Студенты группы 10405322 Клименок У.Б., Патенко Н.А.

Научный руководитель - Довнар Г.В.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Охрана труда (ОТ) — это система обеспечения безопасности жизни и здоровья, работающих в процессе трудовой деятельности, включающая правовые, социально-экономические, организационные, технические, психофизиологические, санитарно-гигиенические и иные мероприятия.

Мероприятия по охране труда и промышленной безопасности включают в себя оценку и управление рисками, обучение и подготовку работников, медицинский менеджмент, организацию технической безопасности и другие мероприятия. Важно отметить, что эти вопросы особенно актуальны в зависимости от отраслевой принадлежности предприятия.

Промышленная безопасность (ПБ) — это состояние защищенности жизненно важных интересов личности и общества от аварий и катастроф на производственных объектах и последствий указанных аварий.

Основные факторы промышленной безопасности:

- **Обучение и повышение квалификации:** работники должны быть обучены правилам безопасности, а также основам работы с опасными веществами и оборудованием. Регулярное обучение и курсы повышения квалификации позволяют повысить уровень знаний и навыков сотрудников в области безопасности.
- **Использование надежного оборудования:** промышленные предприятия должны быть оснащены безопасным и надежным оборудованием, сертифицированным и соответствующим техническим стандартам. Регулярное техническое обслуживание и проверка оборудования — ещё один из важных аспектов безопасности.
- **Управление рисками:** промышленные предприятия должны анализировать и оценивать возможные риски, связанные с разными видами деятельности. На основе этих оценок должны быть разработаны планы и мероприятия по предотвращению и снижению рисков.
- **Системы аварийного реагирования:** в случае аварии на производстве промышленные предприятия должны иметь системы и механизмы для быстрого реагирования и максимального ограничения последствий. К ним относятся системы пожаротушения, планы эвакуации, системы оповещения и связи.
- **Регулярные проверки и инспекции:** помимо соблюдения требований безопасности, промышленные предприятия должны регулярно проводить проверки и инспекции технического состояния своего оборудования. Это позволит выявить возможные проблемы, дефекты и принять меры по их устранению.

Экология — это наука, изучающая взаимодействие между живыми организмами и их окружающей средой. Она также фокусируется на поиске путей сохранения и улучшения состояния природы для благополучия всех живых существ.

Природа — основной источник удовлетворения материальных и духовных потребностей человека.

Природа и общество имеют как свои специфические способности, так и общие черты. Вся общественная жизнь, производство, человек и его сознание существуют на основе природных материалов и действуют по природным законам. В этом отношении общество является частью природы. Однако имеет свою социальную сущность потому, что оно построено на природных материалах и использует их закономерности.

Общество окружено природой. Оно постоянно с ней взаимодействует в самых разных направлениях. Общество не может существовать без природной среды. Часто бывает трудно

провести границу между природой как частью общества и природой как средой обитания общества.

Материальная практика одновременно и связывает человека с природой так и отделяет его от неё. Основой существования человека, является материальное производство, т.е. общественно практикуемые отношения человека с природой, в которых происходит естественный обмен материалами между человеком и природой.

Изучая законы природы, можно своевременно предотвратить нежелательные последствия, неизбежно возникающие в результате деятельности общества. Существующие законы запрещают хищническое использование природных ресурсов, однако в процессе хозяйственной деятельности допускаются отклонения от этих законов, что зачастую приводит к необратимым негативным изменениям природных условий. Чтобы избежать подобной ситуации, любое серьёзное вмешательство в природу требует тщательного научного обоснования. Кроме того, необходимо чёткое понимание значения самой природы для человеческого общества.

#### **Список использованных источников**

1. [https://www.yaneuch.ru/cat\\_19/vliyanie-promyshlennosti-na-okruzhajushhu-jusredu/120220.1745343.page1.html](https://www.yaneuch.ru/cat_19/vliyanie-promyshlennosti-na-okruzhajushhu-jusredu/120220.1745343.page1.html)
2. <https://core.ac.uk/download/pdf/250048763.pdf>

**Охрана труда в цехах предприятия БелАЗ**

Студентка группы 10507220 Новицкая Я.В.

Научный руководитель - Новик А.А.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Охрана труда на БелАЗе, как и на любой другой промышленной площадке, является важной составляющей обеспечения безопасности работников. Для БелАЗа, который специализируется на производстве грузовых автомобилей и специальной техники, соблюдение мер охраны труда особенно важно, так как производство и эксплуатация тяжелой техники связаны с повышенными рисками для работников.

Вредные составляющие в цехах производства БелАЗа могут различаться в зависимости от конкретных процессов и операций, которые выполняются в разных цехах. Однако обычно среди потенциальных вредных факторов, с которыми могут столкнуться работники, можно выделить следующие:

1. Шум: в цехах, где производится сборка и обработка металлических деталей, шум может достигать очень высоких уровней. Это может привести к повреждению слуха и требует использования защиты от шума.

2. Пыль и металлические частицы: металлообрабатывающие цеха часто связаны с образованием металлической пыли и частиц, что может представлять риск для дыхательных путей и здоровья.

3. Химические вещества: в некоторых процессах могут использоваться химические реактивы или растворы, которые могут быть вредными при контакте с кожей, дыханием или попаданием в глаза.

4. Тяжелые металлы: в процессе металлообработки могут использоваться или выделяться тяжелые металлы, такие как свинец, кадмий или ртуть, которые могут представлять токсическую опасность.

5. Тепло и радиация: в зависимости от производственных процессов, работники могут подвергаться тепловым нагрузкам или радиационным рискам.

6. Вибрация: в цехах, где используется тяжелое оборудование, работники могут подвергаться вибрации, что может вызывать проблемы с суставами и центральной нервной системой.

7. Механические риски: работа с металлическими деталями и машинами может представлять риск для травм и порезов.

Для соблюдения мер безопасности и охраны труда в цехах, где присутствуют вредные факторы, следует проводить адекватную оценку рисков, предоставлять необходимые средства индивидуальной защиты и обеспечивать обучение работников в отношении безопасных методов работы. Также важно регулярно проводить мониторинг вредных факторов и соблюдать стандарты и нормативы, регулирующие использование опасных веществ и оборудования.

В дополнение к упомянутым вредным составляющим и мерам охраны труда, которые связаны с производством грузовых автомобилей на заводе БелАЗ, можно также рассмотреть следующие аспекты:

8. Электробезопасность: во многих цехах присутствует электрическое оборудование. Это может создавать риски в виде электротравм и коротких замыканий. Работники должны соблюдать правила безопасности при работе с электричеством, а также обеспечиваться средствами защиты.

9. Эргономика рабочих мест: важно обеспечивать комфортные и безопасные условия работы, чтобы предотвратить травмы, связанные с плохой организацией рабочих мест и неправильными рабочими позами.

10. Работа на высоте: в некоторых цехах работники могут подниматься на высоту для монтажа и обслуживания частей грузовых автомобилей. Это может потребовать специальных мер безопасности и обучения.

11. Грузоподъемное оборудование: использование кранов и другого грузоподъемного оборудования представляет опасность для работников, и требуется обучение и строгое соблюдение правил безопасности.

12. Пожарная безопасность: важно соблюдать правила пожарной безопасности в цехах, где могут использоваться легковоспламеняющиеся материалы и горючие жидкости.

13. Управление стрессом: работа в производстве может быть физически и эмоционально напряженной. Работодатели должны обеспечивать поддержку для работников и меры по снижению стресса и усталости.

14. Защита окружающей среды: завод должен соблюдать стандарты по утилизации отходов и минимизации воздействия на окружающую среду.

15. Организация первой помощи: обученные работники должны быть готовы оказать первую помощь в случае несчастного случая до прибытия медицинской помощи.

Все эти аспекты важны для обеспечения безопасности и здоровья работников на заводе БелАЗ и требуют регулярного обучения, мониторинга и соблюдения соответствующих стандартов и нормативов.

Вот некоторые общие меры охраны труда, которые могут применяться на БелАЗе:

На БелАЗе применяются определенные меры по охране труда. Самое первое и основное - это обучение и инструктаж работников. Это обязательное мероприятие, на котором работники ознакамливаются с правилами безопасности в производстве и охране труда. Инструктаж должен проводиться регулярно, обучая правилам безопасности при работе с определёнными видами техники.

Следующей мерой считается использование средств индивидуальной защиты (СИЗ). Все рабочие должны быть обеспечены необходимыми СИЗ, к ним относятся специальная одежда, очки, респираторы, защитные каски, перчатки и респираторы.

Немаловажной мерой по охране труда также считается регулярный контроль состояния машин и оборудования. Здесь проверяются машины, станки, краны и производится обслуживание для обеспечения безопасности и надежной работы оборудования. Необходимо также упомянуть обязательное использование защитных устройств на машинах. К ним относят ограждения (стационарные и подвижные) и аварийные системы останова.

Такое мероприятие как соблюдение технологических процессов также необходимо для безопасного функционирования работы предприятия БелАЗ. Здесь должны соблюдаться все технологические процессы и инструкции по эксплуатации и ремонту техники. Опять же обязательно проводятся регулярные проверки по соответствию стандартам и нормам безопасности.

При работе в экстремальных условиях должны соблюдаться дополнительные меры безопасности. К экстремальным условиям обычно относят плохую видимость и работу в условиях пыли и шума.

На предприятии регулярно проходит медицинский контроль и осмотры здоровья рабочих.

Также нельзя исключать вероятность аварийных ситуаций на производстве. Рабочие должны быть проинструктированы, подготовлены и обучены всем необходимым действиям в случае аварий или нестандартных ситуаций.

Последнее, что стоит упомянуть, это составление отчетности по охране труда. Здесь оформляются доклады и расследования о произошедших несчастных случаях и инцидентах. Такие моменты фиксируются, а именно производят их регистрацию и анализ для последующего предотвращения их повторения.

Эти меры охраны труда должны соответствовать местным и национальным нормативам и законодательству о безопасности на производстве. Подробные требования могут различаться в зависимости от конкретных условий работы на БелАЗе и региональных нормативов. Важно, чтобы работодатель и работники строго соблюдали эти меры для обеспечения безопасности всех вовлеченных в работу.

**Охрана труда на горнодобывающем предприятии**

Студенты гр. 10205519 Лихадиевская В.А., Коваленок В.Д.

Научный руководитель - Калиниченко М. Л.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Работа на горнодобывающем предприятии, особенно в подземных горных условиях, является опасной, как следствие, повышение уровня безопасности охраны труда является важнейшим аспектом культуры производства. При формировании культуры производства на горнодобывающем предприятии, как правило, должен учитываться человеческий фактор. Для этого на предприятиях формируются группы специалистов по безопасности труда, которые в дальнейшем проводят периодические тренинги с работниками. Ещё одним способом является мотивация работников путём вознаграждения в виде премий и надбавок к заработной плате за выполнение требований по безопасности. Также на некоторых предприятиях делают комнаты отдыха. Данные методы весьма эффективны, но также следует повышать качество технологического процесса и оборудования, обеспечивающих безопасность на горном производстве, то есть введение новейших технологий, ремонт или усовершенствование имеющихся. На данный момент травматизм на горнодобывающих предприятиях заметно снижен. Для того, чтобы данный показатель и далее падал необходимо постоянно дополнять и развивать систему обеспечения безопасности труда (СОБТ); повышать уровень эффективности и надёжности СОБТ. Улучшать положения системы управления охраной труда (СУОТ), правила безопасности (ПБ); путем разработки и реализации организационно-технических мер; по средством управления производственными рисками; повышения профессиональных навыков персонала, что предполагает дополнительное обучение по каждому нововведению и подготовку к ним работников предприятия.

Для контроля требований охраны труда на горнодобывающих предприятиях существуют СУОТ, ПБ и горноспасательных работ – это структурное подразделение, осуществляющее координацию работ по вопросам производственного контроля, требований охраны труда, промышленной и пожарной безопасности на опасных производственных объектах. В управление входят: отдел охраны труда и промышленной безопасности, военизированный горноспасательный отряд, отдел по чрезвычайным ситуациям и гражданской обороне. Данные подразделения выполняют работы по созданию безопасных условий труда и выполнение требований Закона Республики Беларусь «Об охране труда» на рабочих местах, обеспечивают организацию, планирование и выполнение работ по обеспечению пожарной безопасности на производственных объектах, а аварийно-спасательные подразделения ВГСО поддерживают высокий уровень готовности к выполнению мероприятий, предусмотренных планами ликвидации аварий рудников.

Помимо инструктажей по охране труда на горнодобывающем предприятии, где проводятся работы в шахте, введен еженедельный контроль по четвергам. В этот день специалисты по ОТ и ТБ проводят комиссии на рабочих местах на производстве, фиксируют нарушения и далее производят оценку каждой промплощадки.

С целью снижения уровня производственных рисков, возникающих при производстве продукции, специалистами управления была переработана действующая на предприятии «Система управления охраной труда» в соответствии с требованиями стандартов СТБ ISO 45001-2020. Данная работа завершилась получением сертификата соответствия.

Руководство предприятия ОАО «Беларуськалий» берет на себя ответственность за реализацию политики в области охраны труда и выделение средств, ресурсов для полного функционирования и постоянного совершенствования управлением охраной труда. Целью является обеспечение промышленной безопасности производственных объектов, процессов и оборудования, последовательное улучшение условий труда и повышение безопасности труда на про-

изводстве, снижение риска возникновения производственных травм, профессиональных заболеваний, аварий и инцидентов. Для реализации поставленной цели работники обязуются следовать следующим принципам:

1. соблюдать требования действующего законодательства Республики Беларусь, отраслевых, локальных и других нормативных правовых актов в области охраны труда и промышленной безопасности, распространяющихся на деятельность общества, и требовать их соблюдения у подрядчиков и поставщиков общества;

2. обеспечивать соответствие действующей Системы управления охраной труда и промышленной безопасности требованиям СТБ 45001-2020 и ее постоянное совершенствование;

3. устанавливать и реализовывать цели в области охраны труда и промышленной безопасности на уровне общества и его структурных подразделений;

4. определять персональную ответственность и совершенствовать мотивацию персонала для привлечения каждого работника к решению задач и выполнению обязанностей в области охраны труда и промышленной безопасности, обеспечивать надлежащий уровень компетентности, персональное обучение и систематическое повышение квалификации персонала;

5. проводить регулярную работу по идентификации опасностей, оценке производственных рисков и внедрению необходимых мер управления ими, применять современные технологии, материалы и оборудование, обеспечивающие безопасность производства и улучшение условий труда;

6. проводить систематический контроль и мониторинг за состоянием санитарно-гигиенических условий и безопасностью труда, оценку соответствия применимым законодательным и другим требованиям;

7. выполнять комплекс мер, направленных на предупреждение возникновения травм и профессиональных заболеваний, аварий и инцидентов;

8. проводить регулярный анализ и оценку результативности действующей Системы управления охраной труда и промышленной безопасностью;

9. обеспечивать прозрачность результатов деятельности в области охраны труда промышленной безопасности и открытость для всех заинтересованных сторон.

ОАО «Беларуськалий» - ведущее предприятие горнохимической промышленности Республики Беларусь объявляет сохранение жизни и здоровья работников одним из основных приоритетов производственной деятельности и одним из определяющих факторов своего развития. Однако ответственность за безопасность, за свое здоровье и жизнь в целом лежит на каждом работнике и заключается в добросовестном соблюдении техники безопасности и охраны труда в целом.

**Оценка условий труда работающих в цехах металлопокрытий**

Студенты группы 10405520 Стасенко А.С., Ткачева А.А.

Научный руководитель - Лазаренков А.М.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Профессии работающих в цехах металлопокрытий относятся к Списку № 2 (дающих право на пенсию по возрасту за работу с особыми условиями труда). В табл. 1 представлены результаты проведенных исследований параметров производственной среды и комплексной оценки условий труда работающих. Классы условий труда приведены с учетом фактических значений факторов производственной среды, времени воздействия их на работающих, показателей тяжести и напряженности трудового процесса.

Таблица 1 - Классификация рабочих мест по условиям труда в гальванических цехах

Участок цеха термической обработки металлов, профессии работающих	Класс условий труда на рабочих местах (с учетом времени воздействия)								
	производственные факторы						тяжесть трудового процесса	напряженность трудового процесса	общая оценка
	шум	вибрация	пыль	вредные вещества	инфракрасные излучения	микроклимат			
гальваник	3.1	-	2	2 (3.1)	-	3.1	3.1	2	3.2
корректировщик ванн	3.1	-	2	2 (3.1)	-	3.1	3.1	2	3.2
травильщик	3.2	-	2	2 (3.1)	-	3.1	3.1	2	3.2
контролер работ по металлопокрытиям	3.1	-	2	2 (3.1)	-	3.1	3.1	2	3.2
мастер (старший) участка	3.1	-	2	2 (3.1)	-	3.1	2	3.2	3.2

Учитывая, что в цехах металлопокрытий используется значительное количество технологических процессов в таблице указаны усредненные классы условий труда. Поэтому необходимо на практике учитывать применяемые технологические процессы и производственное оборудование, характер производства и другие факторы, определяющие отдельно взятые подразделения цехов металлопокрытий.

Рабочее место гальваника оценивается комплексом производственных факторов, определяющих условий труда на участке, в который входят уровень шума (класс 3.1 за счет работы используемого технологического оборудования), запыленность воздуха и содержание в воздухе рабочей зоны вредных веществ (класс 2, возможен класс 3.1 при содержании вредных веществ выше предельно допустимых концентраций и нахождении в этих условиях более 50 % времени смены), микроклимат (класс 3.1 за счет повышенной относительной влажности воздуха). По тяжести трудового процесса вышеуказанная профессия оценивается классом 3.1 (вынужденные наклоны корпуса при навеске и съеме деталей на подвески или укладке в корзины), а по напряженности трудового процесса – классом 2. Общая оценка условий труда на рабочем месте гальваника оценивается классом 3.2, который дает работающим право на пенсию по возрасту за работу с особыми условиями труда по списку № 2.

Условия труда на рабочем месте корректировщика ванн оценивается комплексом производственных факторов, в который входят уровень шума (класс 3.1), запыленность воздуха и содержание в воздухе рабочей зоны вредных веществ (класс 2, возможен класс 3.1 при содержании вредных веществ выше предельно допустимых концентраций и нахождении в этих условиях более 50 % времени смены), микроклимат (класс 3.1 за счет повышенной относительной влажности воздуха). По тяжести трудового процесса вышеуказанная профессия оценивается классом 3.1 (периодическое, до 50 % времени смены, нахождение в неудобной и/или фиксированной позе), а по напряженности трудового процесса – классом 2. Общая оценка условий труда на рабочем месте корректировщика ванн оценивается классом 3.2, который дает работающим право на пенсию по возрасту за работу с особыми условиями труда по списку № 2.

Рабочее место травильщика оценивается комплексом производственных факторов, в который входят уровень шума (класс 3.2 за счет работы дробеструйных и пескоструйных установок, находящихся рядом с помещением травильщиков), запыленность воздуха и содержание в воздухе рабочей зоны вредных веществ (класс 2, возможен класс 3.1 при содержании вредных веществ выше предельно допустимых концентраций и нахождении в этих условиях более 50 % времени смены), микроклимат (класс 3.1 за счет повышенной относительной влажности воздуха в помещении травильщиков). По тяжести трудового процесса вышеуказанная профессия оценивается классом 3.1 (вынужденные наклоны корпуса при взятии и укладке деталей в короба), а по напряженности трудового процесса – классом 2. Общая оценка условий труда на рабочем месте травильщика оценивается классом 3.2, который дает работающим право на пенсию по возрасту за работу с особыми условиями труда по списку № 2. Если травильщик осуществляет травление металла в растворах, содержащих вредные вещества 1 и 2 классов опасности, то он может иметь право на пенсию по возрасту за работу с особыми условиями труда по списку № 1 при условии, что комплексная оценка условий труда будет определяться классом 3.3.

Условия труда контролера работ по металлопокрытиям характеризуется уровнем шума (класс 3.1 за счет работы технологического оборудования), запыленностью воздуха рабочей зоны (класс 2), содержанием в воздухе рабочей зоны вредных веществ (класс 2, возможен класс 3.1 при содержании вредных веществ выше предельно допустимых концентраций и нахождении в этих условиях более 50 % времени смены), микроклиматом (класс 3.1 за счет повышенной относительной влажности воздуха). По тяжести трудового процесса указанные профессии оцениваются классом 3.1 (периодическое, до 50 % времени смены, нахождение в неудобной и/или фиксированной позе). По напряженности трудового процесса все рассматриваемые профессии оцениваются классом 2. Общая оценка условий труда определяется классом 3.2, который дает право на пенсию по списку № 2.

Условия труда мастер участка определяются уровнем шума (класс 3.1 за счет работы технологического оборудования), запыленностью воздуха рабочей зоны (класс 2), содержанием в воздухе рабочей зоны вредных веществ (класс 2, возможен класс 3.1 при содержании вредных веществ выше предельно допустимых концентраций и нахождении в этих условиях более 50 % времени смены), микроклиматом (класс 3.1 за счет повышенной относительной влажности воздуха). По тяжести трудового процесса оцениваются классом 2. По напряженности трудового процесса оцениваются классом 3.2 с учетом интеллектуальных (единоличное руководство в сложных ситуациях, комплексная оценка всей производственной деятельности, контроль и предварительная работа по распределению заданий другим лицам и др.) и эмоциональных (несет ответственность за функциональное качество конечной продукции, работы, задания; ответственность за безопасность других лиц) нагрузок. Общая оценка условий труда определяется классом 3.2, который дает право на пенсию по списку № 2.

Таким образом, комплексная оценка условий труда на рабочих местах цехов металлокерамики может быть проведена объективно только при учете всех этапов применяемых технологических процессов, типов используемого оборудования, времени нахождения в различ-

ных условиях и воздействия всего комплекса производственных факторов, тяжести и напряженности трудового процесса. Это позволит объективно определить право работника на пенсию по возрасту за работу с особыми условиями труда, на дополнительный отпуск за работу с вредными и (или) опасными условиями труда, на сокращенную продолжительность рабочего времени; на оплату труда в повышенном размере путем установления доплат за работу с вредными и (или) опасными условиями труда и разработать и реализовать мероприятия по улучшению условий труда работающих в цехах металлокерамики.

## Оценка условий труда работающих в цехах термической обработки металлов

Студентки группы 10405520 Змачинская И.А., Монжос Ю.С.  
Научный руководитель - Лазаренков А.М.  
Белорусский национальный технический университет  
г.Минск

Профессии работающих в цехах термической обработки металлов в основном относятся к Спискам № 1 и № 2 (дающих право на пенсию по возрасту за работу с особыми условиями труда). В табл. 1 представлены результаты проведенных исследований параметров производственной среды и комплексной оценки условий труда работающих. Классы условий труда приведены с учетом фактических значений факторов производственной среды, времени воздействия их на работающих, показателей тяжести и напряженности трудового процесса.

Учитывая, что в цехах термической обработки металлов используется значительное количество технологических процессов в таблице указаны усредненные классы условий труда. Поэтому необходимо на практике учитывать применяемые технологические процессы и производственное оборудование, характер производства и другие факторы, определяющие отдельно взятые подразделения цехов термической обработки металлов.

Термист, работающий на загрузке и выгрузке деталей из печей и ванн с применением ручного труда, обслуживает различные термические печи (цементации, шахтные закалочные, нагревательные и др.). В комплекс производственных факторов, определяющих условий труда термиста на печах, входит уровень шума (класс 3.2 при работе дробеструйных и пескоструйных установок), уровень вибрации (в основном класс 2), запыленность воздуха рабочей зоны (в основном класс 2), содержание в воздухе рабочей зоны вредных веществ (как правило класс 3.1 за счет образования вредных веществ однонаправленного действия – оксида углерода и оксидов азота), микроклимат (класс 3.2 по температуре воздуха рабочей зоны и класс 3.1 по интенсивности теплового излучения за счет работы у термических печей и от нагретых деталей). По тяжести трудового процесса профессия термиста оценивается классом 3.1 (по массе поднимаемого и перемещаемого груза вручную и вынужденным наклонам корпуса), а по напряженности трудового процесса классом 2. Общая оценка условий труда определяется классом 3.3, который дает работающим данной профессии право на пенсию по списку № 1, на дополнительный отпуск (продолжительностью 14 календарных дней) и на доплаты в размере 0,20 % от тарифной ставки первого разряда за час работы.

Аналогично оценивается рабочее место термиста, работающего на цианистых и свинцовых ваннах и с расплавленными солями, за исключением фактора по содержанию вредных веществ, которые выделяются от ванн с солями и при закалке нагретых деталей в масле.

В комплекс производственных факторов, определяющих условий труда термиста на установках ТВЧ, входит уровень шума (класс 3.1), уровень вибрации (класс 2), запыленность воздуха рабочей зоны (в основном класс 2), содержание в воздухе рабочей зоны вредных веществ (как правило класс 3.1 за счет образования вредных веществ однонаправленного действия – оксида углерода и оксидов азота, сумма отношений фактических и допустимых которых превышает единицу), микроклимат (класс 3.1 по интенсивности теплового излучения от нагреваемых деталей). По тяжести трудового процесса профессия термиста оценивается классом 3.1 (вынужденные наклоны корпуса), а по напряженности трудового процесса классом 2. Общая оценка условий труда определяется классом 3.2, который дает работающим данной профессии право на пенсию по списку № 2, на дополнительный отпуск (продолжительностью 7 календарных дней) и на доплаты в размере 0,14 % от тарифной ставки первого разряда за час работы.

При аттестации этих профессий следует особенно тщательно проводить фотохронометражные наблюдения рабочего времени на отдельных технологических операциях, так как абсолютные значения вышеуказанных производственных факторов будут иметь различные величины.

Рабочее место чистильщика металла, отливок, изделий и деталей характеризуется комплексом производственных факторов, таких как уровень шума (класс 3.2 за счет работы дробеструйных и пескоструйных установок), уровень общей технологической вибрации (класс 3.1 за счет нахождения у работающих установок), запыленность воздуха рабочей зоны (класс 3.1 за счет повышенного содержания пыли диоксида железа триоксида), содержание в воздухе рабочей зоны вредных веществ (класс 2), микроклимат (класс 2). По тяжести трудового процесса вышеуказанные профессии оцениваются классом 3.2 (вынужденные наклоны корпуса). По напряженности трудового процесса вышеуказанные профессии оцениваются классом 2. Общая оценка условий труда чистильщика металла, отливок, изделий и деталей определяется классом 3.3, который дает право на пенсию по списку № 2, на дополнительный отпуск (продолжительностью 14 календарных дней) и на доплаты в размере 0,20 % от тарифной ставки первого разряда за час работы.

Условия труда на рабочем месте правильщика на машинах определяются уровнем шума (класс 3.2 при правке деталей на прессе и вручную), уровень общей технологической и локальной вибрации (класс 2), запыленность воздуха рабочей зоны (класс 2), содержание в воздухе рабочей зоны вредных веществ (класс 2), микроклимат (интенсивность тепловых излучений оценивается классом 3.1, но с учетом временного фактора принимается класс 2). По тяжести трудового процесса вышеуказанные профессии оцениваются классом 3.2 (вынужденные наклоны корпуса при взятии деталей и укладке их в короба, но при небольшом количестве заготовок возможен класс 3.1). По напряженности трудового процесса вышеуказанные профессии оцениваются классом 2. Общая оценка условий труда данной профессии определяется классом 3.2, который дает работающим право на пенсию по списку № 2, на дополнительный отпуск (продолжительностью 14 календарных дней) и на доплаты в размере 0,20 % от тарифной ставки первого разряда за час работы.

Условия труда контролера по термообработке характеризуются уровнем шума (класс 3.1 при работе технологического оборудования), запыленностью воздуха рабочей зоны (класс 2), содержанием в воздухе рабочей зоны вредных веществ (класс 3.1 за счет образования вредных веществ однонаправленного действия – оксида углерода и оксидов азота, сумма отношений фактических и допустимых которых превышает единицу), температурой воздуха и интенсивностью тепловых излучений (класс 3.1 за счет нахождения у источников тепловых излучений, при меньшем времени нахождения у источников тепловых излучений – класс 2). По тяжести трудового процесса указанные профессии оцениваются классом 3.1 (периодическое, до 50 % времени смены, нахождение в неудобной и/или фиксированной позе). По напряженности трудового процесса все рассматриваемые профессии оцениваются классом 2. Общая оценка условий труда названных профессий определяется классом 3.2, который дает работающим право на пенсию по списку № 2, на дополнительный отпуск (продолжительностью 7 календарных дней) и на доплаты в размере 0,14 % от тарифной ставки первого разряда за час работы.

В комплекс производственных факторов, определяющих условия труда мастера участка, входит уровень шума (класс 3.1, у мастера участка термообработки класс 3.2 с учетом времени нахождения у работающего оборудования), запыленность воздуха рабочей зоны (класс 2), содержание в воздухе рабочей зоны вредных веществ (класс 2, возможен класс 3.1 за счет образования вредных веществ однонаправленного действия – оксида углерода и оксидов азота, сумма отношений фактических и допустимых которых превышает единицу и с учетом времени нахождения в этих условиях), температуры воздуха и интенсивность тепловых излучений (класс 3.1 за счет нахождения у источников тепловых излучений, при меньшем времени нахождения у источников тепловых излучений – класс 2). По тяжести трудового процесса указанные профессии оцениваются классом 2. По напряженности трудового процесса

все рассматриваемые профессии оцениваются классом 3.2 с учетом интеллектуальных (единоличное руководство в сложных ситуациях, комплексная оценка всей производственной деятельности, контроль и предварительная работа по распределению заданий другим лицам и др.) и эмоциональных (несет ответственность за функциональное качество конечной продукции, работы, задания; ответственность за безопасность других лиц) нагрузок. Общая оценка условий труда определяется классом 3.2, который дает право на пенсию по списку №2, на дополнительный отпуск (продолжительностью 7 календарных дней) и на доплаты в размере 0,14 % от тарифной ставки первого разряда за час работы.

При аттестации рабочих мест вышеуказанных профессий необходимо особенно тщательно проводить фотохронометражные наблюдения рабочего времени, так как работники вышеуказанных профессий пребывают в течение рабочего дня на различных участках термического цеха, где имеют место производственные факторы с абсолютными значениями относящимся к различным классам по условиям труда.

Таким образом, комплексная оценка условий труда на рабочих местах цехов термической обработки металлов может быть проведена объективно только при учете всех этапов применяемых технологических процессов, типов используемого оборудования, времени нахождения в различных условиях и воздействия всего комплекса производственных факторов, тяжести и напряженности трудового процесса. Это позволит объективно определить право работника на пенсию по возрасту за работу с особыми условиями труда, право работника на дополнительный отпуск за работу с вредными и (или) опасными условиями труда, право работника на сокращенную продолжительность рабочего времени; право работника на оплату труда в повышенном размере путем установления доплат за работу с вредными и (или) опасными условиями труда и разработать и реализовать мероприятия по улучшению условий труда работающих в цехах термической обработки металлов.

Таблица 1. Классификация рабочих мест по условиям труда в цехах термической обработки металлов

Профессии работающих	Класс условий труда на рабочих местах (с учетом времени воздействия)								
	производственные факторы						тяжесть трудового процесса	напряженность трудового процесса	общая оценка
	шум	вибрация	пыль	вредные вещества	инфракрасные излучения	температура воздуха			
термист (на печах)	3.2	2	2	3.1	3.1	3.2 (3.1)	3.1	2	3.3
термист (на соляных ваннах)	3.2	2	2	3.1	3.1	3.2 (3.1)	3.1	2	3.3
термист на установках ТВЧ	3.1	2	2	2	3.1	3.1 (2)	3.1	2	3.2
чистильщик металла, отливок, изделий и деталей	3.2	(3.1) 2	3.1	2 (3.1)	2	2	3.2	2	3.3
правильщик на машинах	3.2	2 (3.1)	2	2	3.1 (2)	2 (3.1)	3.1 (3.2)	2	3.2 (3.3)
мастер (старший) участка	3.2 (3.1)	2	2	2 (3.1)	3.1 (2)	3.1	2	3.2	3.3 (3.2)

**Оценка характера трудовой деятельности инструктора контраварийной подготовки водителей транспортных средств**

Студенты группы 10104120 Гайшун В.Н., Радюк А.А.  
Научный руководитель - Фасевич Ю.Н.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Охрана труда на дороге имеет особое значение в современном мире, где автомобильное движение является неотъемлемой частью повседневной жизни. Водители, пассажиры и другие участники дорожного движения подвергаются ряду опасностей и рисков, связанных с дорожными происшествиями, стрессом, физическими и психологическими нагрузками [1,2].

Скорость движения определяется пространством, которое движущийся объект проходит в единицу времени, следовательно, восприятие движения есть одновременное восприятие пространства и времени. При восприятии движущегося автомобиля или пешехода водитель одновременно воспринимает место его нахождения и время, в течение которого происходит сближение с ним. Скорость восприятия движения зависит от скорости движущегося объекта и от расстояния до него. Чем дальше движущийся объект, тем медленнее воспринимается скорость его движения. Низкая интенсивность движения ночью вызывает у водителя чувство ложной безопасности и самоуверенности. В условиях плохой видимости проявляется постоянный недостаток информации о дорожно-транспортной обстановке. Ночью деятельность водителя затрудняет недостаток зрительной информации. В связи с этим *время реакции водителя*, является одним из *важнейших показателей профессиональной подготовленности и надежности* – это и является анализом в настоящей работе. [1, 3]

Работа по обучению и контраварийной подготовке управлению автомобилем относится к разряду наиболее напряженных и требует постоянного и значительного нервноэмоционального напряжения, углубляемого сознанием ответственности за жизнь людей и материальных ценностей. Быстрота реакции и точность рабочих движений инструктора являются важнейшими факторами обеспечения безопасности движения. Эти качества в большой степени зависят от удобства рабочего места, которое должно создавать благоприятные условия труда и исключать возможность возникновения аварий, вызываемых перенапряжением при работе [1, 4, 5].

Шумом называют беспорядочное сочетание звуков, состоящих из большого количества тонов различной частоты и силы. При движении автомобиля основными источниками шума являются качение колеса, работа двигателя, карданного вала, подвески и т.п. Шум из внешней среды проникает в кабину через окна, стенки, пол, а также распространяется по металлическим конструкциям [4]. Во время обучения вождению, на обучаемого и инструктора воздействует звуковая среда, которая проникает через кабину или салон от работающего двигателя, скрипа шин и тормозов, сигналы от других автомобилей и оказывает вредное влияние на органы слуха и нервную систему человека. На рисунке 1 показан анализ влияния шума на концентрацию внимания при подготовке водителей транспортных средств. Частота звуковых колебаний определяет высоту звука и измеряется в герцах (Гц). Ухо воспринимает частоты в пределах от 17 до 20 тыс. Гц. Уровень звукового давления зависит от амплитуды колебаний и измеряется в децибелах (дБ). Допустимым пределом шума в кабине автомобиля принято считать 74...75 дБ при частоте 1000 Гц [1, 5].

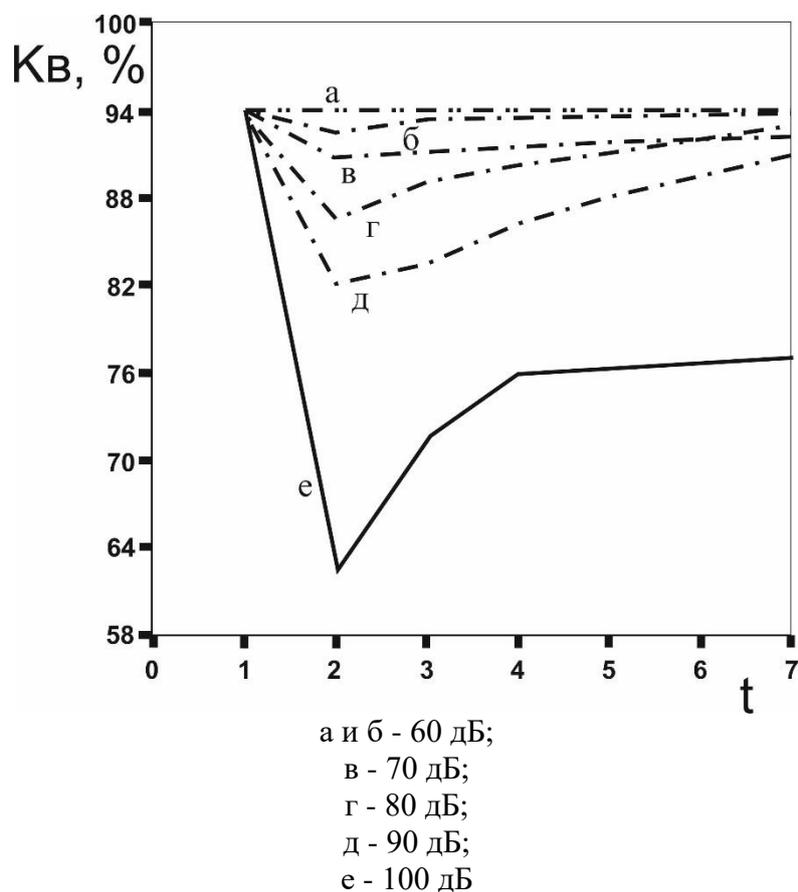


Рисунок 1 - Анализ влияния шума на концентрацию внимания при контраварийной подготовке водителей транспортных средств

Шум для водителя транспортного средства опасен тем, что он приводит к снижению устойчивости ясного видения, ослаблению сумеречного зрения, замедлению скорости протекания нервных реакций. Это имеет значение при езде в трудных условиях, особенно в ночное время, при длительном обучении. Шум может ослаблять и даже нарушать координацию движений, ухудшать деятельность вестибулярного аппарата, воздействовать на ритм сердечных сокращений и давление крови. Так, вождение автомобиля в обычных условиях на городских линиях сопровождается увеличением частоты пульса на 11—29%, по сельским дорогам — на 20%. Более частый пульс во время работы отмечается у водителей, как раз с небольшим стажем вождения. Усложнение дорожной обстановки (плохие погодные условия, поездки по горным дорогам, выполнение обгонов, проезд нерегулируемых перекрестков) приводит к увеличению частоты пульса на 30—40%, а в критических ситуациях — на 42—50% [1].

Оценка неровностей дорожного покрытия на характер трудовой деятельности инструктора и обучаемого прежде всего происходит по качеству состояния покрытия. Идеально гладкое покрытие дороги является серьезным недостатком, так как при этом сильно снижается коэффициент сцепления колес с дорогой. Поэтому покрытие автомобильных дорог должно иметь шероховатость с выступами и углублениями в пределах 3-5 миллиметров. С такой шероховатостью покрытия дорога зрительно воспринимается как совершенно ровная, и ее можно считать в наибольшей степени отвечающей требованиям безопасности и достаточно высокой комфортабельности движения [6].

Для определения коэффициента сцепления (см. таблицу 1) используют портативные приборы, а также передвижные установки. При отсутствии этих приборов коэффициент сцепления определяют по длине тормозного пути или замедлению (отрицательному ускорению) автомобиля.

Таблица 1 - Коэффициент сцепления определяют по длине тормозного пути или замедлению

(отрицательному ускорению) автомобиля

Коэффициент сцепления, ф	Тормозной путь, м	Замедление автомобиля, м/с	Характеристика покрытия
Менее 0,3	Более 19	Менее 3,7	Очень скользкое
0,3-0,4	19-14,5	3,7-4,9	Скользкое
0,4	Менее 14,5	Более 4,9	Отвечает требованиям по шероховатости

Плавность хода и минимальные затраты мощности на сопротивление качению автомобиля, особенно при движении с высокими скоростями, достигаются на идеально ровной и гладкой дороге. Сила удара колес о неровности дороги возрастает пропорционально квадрату скорости. Поэтому, например, при движении со скоростью 50 км/ч отдельные неровности высотой до 10 мм практически не сказываются на плавности хода автомобиля, при скорости же 90 км/ч они вызывают ощутимое подбрасывание колес. Дорожное покрытие приобретает иногда излишнюю гладкость вследствие износа. В результате длительной эксплуатации шероховатости срезаются трением шин о поверхность дороги, и коэффициент сцепления шин с дорогой на таком покрытии резко уменьшается. Для восстановления прежнего качества покрытие посыпают мелкораздробленным каменным материалом – клинцом, поливают гудроном и слегка укатывают дорожными катками. Сразу же после такого восстановительного ремонта покрытие доставляет немало неприятностей, например, плохо укатанный клинец вырывается из-под колес и часто наносит удары по лобовым стеклам и фарам обгоняемых и встречных автомобилей. Поэтому на подобных участках необходимо уменьшать скорость, выдерживать большую безопасную дистанцию и воздерживаться от обгона и обучению водителей, дабы не подвергать их чрезмерной опасности. После достаточной укатки клинца такая поверхность покрытия обеспечивает наилучшее сцепление колес с дорогой и на ней можно вновь проводить обучение.

Контроль ровности приведён в таблице 2.

Таблица 2 - Требуемые показатели ровности асфальтобетонных покрытий при скорости движения автомобилей 50 км/ч

Оценка покрытия по ровности	Ровность асфальтобетонного покрытия, см/км	
	Улицы 1-3 категории	Дороги и улицы 4-5 категории
Отлично	До 45	До 45
Хорошо	45-80	45-110
Удовлетворительно	80-110	110-120
Требуется ремонт	Более 110	Более 120

Осведомленность водителей о правилах безопасности, регулярные медицинские осмотры и обучение по охране труда, направленные на контраварийную подготовку водителей с учетом определённых решений, предложенных в настоящей работе, а также эффективные меры профилактики и информационные кампании, способствуют повышению осознания водителями категории В значимости охраны труда и их ответственности за безопасность на дороге.

### Список использованной литературы

1. Лазаренков, А.М. Электронный учебно-методический комплекс Охрана труда (в области транспорта и транспортной деятельности)/ А.М. Лазаренков, Ю.Н. Фасевич – Регистр. № БНТУ-ЭУМК-МТФ 35-878. Регистр. свид-во Государственное предприятие «ЦЦР» № 1862334033 от 11.04.2023 г.
2. Лазаренков, А.М. Охрана труда: учебник с грифом МО РБ (3-е издание). / А.М. Лазаренков, Г.А. Вершина, М.Н. Мусаев. – Минск: ИВЦ «Минфин», 2022. – 584 с.
3. Круглик К.С. Особенности психологического восприятия водителем дорожных условий /К.С. Круглик, П.А. Лабанов// Наука – образованию, производству, экономике: материалы 15-й Международной научно-технической конференции. – Минск: БНТУ, 2017. – Т. 3.

– с. 32 - 35.

4. Требования к условиям труда водителей автомобильного транспорта», Гигиенический норматив «Оптимальные и допустимые значения параметров микроклимата на рабочих местах водителей автомобильного транспорта», утвержденные постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь №47 от 14.06.2013.

5. Правила по охране труда при эксплуатации автомобильного и городского электрического транспорта, утверждены Постановлением Министерства труда и Министерства транспорта Республики Беларусь от 06.12.2022 № 78/104.

6. ТКП 636-2019 (33200/33040) Обустройство мест производства работ при строительстве, реконструкции, ремонте и содержании автомобильных дорог и улиц населенных пунктов, утвержден и введен в действие Министерством транспорта и коммуникации Республики Беларусь и Министерства жилищно-коммунального хозяйства от 28.08.2019 №46/10.

## Современные подходы к повышению работоспособности у персонала предприятий и преодолению утомления

Студент группы 11201222 Казак А.А.  
Научный руководитель - Вершеня Е.Г.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

В наше время, руководители многих предприятий стали всё больше обращать внимание на работоспособность своих сотрудников, ведь, как известно, чем выше работоспособность, тем больше прибыль у компании.

В результате этого формировались новые подходы к организации труда и к увеличению работоспособности персонала.

*Подходы к повышению работоспособности.*

*Работоспособность* – это способность человека выполнять конкретную деятельность в рамках заданных временных лимитов и параметров эффективности.

Работоспособность зависит как от внешних, так и от внутренних факторов.

К внешним факторам относятся: микроклимат на рабочем месте, содержание вредных веществ в воздухе, освещение и другое. Если с этим относительно нетрудно справиться, например, поставить кондиционер, обогреватель, или же просто заменить лампочку на более яркую, то с внутренними факторами справиться намного сложнее.

Учёные выделяют несколько подходов, помогающие справляться с внутренними факторами, о которых пойдёт речь ниже.

Основная проблема, которая приводит к уменьшению работоспособности – отсутствие концентрации и внимания. Учёными доказано, что человек может концентрировать своё внимание на какой-либо вид деятельности без перерыва на время 20-25 минут. В результате непрерывной работы в течение продолжительного времени концентрация падает, что приводит к уменьшению работоспособности. Самый эффективный метод сохранять концентрацию, это после каждых 25 минут работы делать 5 минутный перерыв, это поможет удерживать фокус внимания, не переутомляться, и повысить свою работоспособность. Ещё один способ сохранять концентрацию заключается в том, чтобы грамотно распределять своё время, ведь, как известно, в разные периоды времени концентрация тоже разная. Наибольшая концентрация наблюдается в период с 10 до 12 часов утра. Именно в это время стоит выполнять работу, которая требует максимальной концентрации. А в период времени с 12 до 16 часов наблюдается спад концентрации. Также, чтобы сохранять концентрацию, необходимо выполнять конкретно поставленную задачу, и не расплываться одновременно на другие.

Ещё одна проблема, которая способствует снижению работоспособности это стресс. *Стресс в традиционном понимании* – это физиологическое состояние, вызванное активацией симпатической нервной системы, которая вместе с парасимпатической составляет вегетативную нервную систему. Стресс в наше время довольно распространённая проблема не только среди сотрудников компании, но и среди её управляющих. Согласно аналитическому центру «Битрикс24» стресс на работе ощущают 92% сотрудников компаний в Беларуси. Из-за проблем со стрессоустойчивостью стали формироваться подходы к уменьшению и устранению стресса. Стресс на рабочем месте может возникать из-за ряда причин: начальник требует работать быстрее, когда рабочие процессы не налажены и нет ресурсов для выполнения поставленной задачи, конфликты на рабочем месте с начальником или с коллегами, отсутствие сильного и умного руководителя, личные проблемы и многое другое. Стресс также плохо влияет на здоровье человека: возникают сильные головные боли, повышается риск инфаркт миокарда, обостряется язвенная болезнь, снижается иммунитет. Для успешной борьбы со стрессом, начальники многих компаний держат в штате работников психолога, который помогает спра-

виться со стрессом рабочему персоналу. Чтобы уменьшить стресс у сотрудника, важно не критиковать его, а указывать на недостатки, причём делать это не слишком эмоционально, важно хвалить сотрудника за его достижения и не перегружать работой.

Зачастую одной из проблем пониженной работоспособности является отсутствие мотивации. Многие работодатели ошибочно полагают, что мотивацию к работе коллектива и отдельных сотрудников может вызвать только повышение зарплаты или обещание о её повышении, но зачастую это не так. Из-за отсутствия мотивации, стресса и многого другого, сотрудники очень много времени тратят на дела, не связанные с работой в рабочее время. Один из подходов поднятия мотивации к работе заключается в том, чтобы платить заработную плату рабочим не за часы, которые сотрудник провёл на своём рабочем месте, а за объём работы, который он выполнил, тем самым сотрудник будет заинтересован в скором выполнении поставленной задачи. Ещё один способ поднять мотивацию заключается в том, чтобы вовлекать своих сотрудников в постановку целей и задач компании, так как научно доказано, что когда человек принимает участие в этом процессе, он больше вовлечён в сам процесс и способен работать продуктивнее на благо компании. Многие компании мира ежегодно отправляют своих рабочих на курсы по повышению квалификации, благодаря этому сотрудник ощущает свою значимость для компании и способен трудиться намного эффективнее.

Следует отметить, что одним из наиболее важным фактором, для повышения работоспособности, является здоровье человека. За последние 100 лет воздух существенно загрязнился, было несколько ядерных катастроф, загрязнение мирового океана стало более серьёзной проблемой, всё это, несмотря на быстрое развитие медицины, приводит к ухудшению здоровья человека, что в последующем сказывается на его работоспособности. Это более глобальные проблемы, которые так или иначе влияют на работоспособность, и с этими проблемами, человек также активно борется, но этот вопрос рассматривает экология.

#### *Преодоление утомления*

Утомление и переутомление также негативно сказывается на состоянии человека, что приводит к снижению работоспособности. Утомление может быть обусловлено медицинскими причинами, к ним можно отнести железодефицитная анемия, анемия вследствие нехватки фолиевой кислоты или витамина В12, сахарный диабет, инфекционный мононуклеоз и многое другое. В этом случае потребуются вмешательство врачей. Но, в 21 веке всё большую популярность набирает такое понятие как “хроническая усталость”. *Синдром хронической усталости (СХУ)*- это синдром усталости, которая нарушает качество жизни, не объясняется видимыми причинами и сопровождается рядом сопутствующих симптомов. На развитие синдрома хронической усталости влияют: быстрый ритм жизни (особенно в больших населённых пунктах), режим труда и отдыха, время приёма пищи и другое. По данным Всемирной Организации Здравоохранения, в мире синдромом хронической усталости болеют порядка 17 миллионов человек. Учёные выделяют несколько методов борьбы с СХУ, о которых сейчас пойдёт речь.

Учёные советуют отдыхать в течение двух недель, хотя бы 2 раза в год. Человеку, страдающему СХУ, необходимо как можно чаще бывать на свежем воздухе. Этому также может способствовать руководство на работе. Например, каждый день выделять по 15 минут для прогулки рабочих на свежем воздухе, это не только поможет преодолеть СХУ, но также будет отличной профилактикой к предотвращению таких заболеваний. Учёные также советуют заниматься спортом и вести активный образ жизни.

В заключении хотелось бы сказать, что при повышении работоспособности человека нужно рассматривать не отдельно взятый пункт, а требуется подходить к этому вопросу комплексно, так как только комплексное рассмотрение всех проблем будет способствовать существенному повышению работоспособности.

УДК 331.

### **Специалист в области охраны труда – самая востребованная профессия**

Студент группы 24в-20 Маматкаримов О.А.

Научный руководитель - Петросова Л.И.

Ташкентский государственный технический университет  
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Охрана труда – это важнейший элемент социальной политики современного государства, которая имеет огромное значение в связи с интенсивным развитием производственной сферы.

В апреле 2017 года при участии Фонда реконструкции и развития Республики Узбекистан и иностранного инвестора создано ООО «Toshkent Metallurgiya Zavodi» для реализации инвестиционного проекта «Строительство Ташкентского металлургического завода». Данный завод стал одним из крупнейших и современнейших промышленных предприятий Узбекистана. Основной целью строительства завода было обеспечение рынка потребителей металлопродукции высококачественной импортозамещающей продукцией, способной конкурировать с производителями ближнего и дальнего зарубежья. Продукцию ТМЗ планируется использовать в строительной индустрии (производство металлочерепицы, воздуховодов, сэндвич-панелей, гнутого профиля, лёгких стальных тонкостенных конструкций), в производстве бытовой техники (изготовление корпусов) и машиностроении (производство деталей кузовов автомобилей), что в свою очередь позволит отечественным производителям строительной, промышленной и прочих отраслей производства серьезно сократить свои расходы и цены. Одновременно ведётся строительство литейно-прокатного комплекса на АО «Узметкомбинат». С его вводом в эксплуатацию вкупе с ТМЗ планируется создать «металлургический кластер».

Ташкентский металлургический завод -современное предприятие с безопасными условиями труда. На Предприятии, регулярно проводятся мероприятия, направленные на повышение безопасности труда работников. Тренинги, семинары в области охраны труда и промышленной безопасности, наглядная агитация на стендах, учебно – методические материалы, а также пожарно-тактические учения, приближенные к реальной обстановке с привлечением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Узбекистан, способствуют повышению уровня знаний работников. Предприятия в области охраны труда, повышают уровень ответственности и дисциплинированности своих работников, увеличивают производительность труда, снижают количество аварийных и иных нештатных ситуаций.

Опыт крупнейших мировых компаний показывает, что охрана труда является одной из главных приоритетных задач. Из десятков показателей деятельности предприятия современные руководители ставят охрану труда и безопасность работников на первые места.

Ни размер заработной платы, ни уровень рентабельности Предприятия, ни ценность производимого продукта – не могут служить основанием для пренебрежения правилами безопасности и оправданием угроз жизни или здоровью человека.

Мы, студенты 4 курса Ташкентского государственного технического университета (ТашГТУ) факультета «Геолого-разведка и горная металлургия» кафедры БЖД, будущие специалисты в области охраны труда и промышленной безопасности, периодически посещаем современный завод. Руководитель отдела охраны труда объяснил нам полностью структуру охраны труда. Перед посещением завода нам раздали средства индивидуальной защиты (СИЗ) – каски и жилетки, провели вводный инструктаж.

Каждый четверг на предприятии проводят день охраны труда. В этот день они вместе руководителями каждого отделения проверяют, как работают сотрудники, соблюдают ли они правила техники безопасности. Те недостатки, которые они замечают во время проверки отправляют в группу завода и дают определенное время для исправления. Отличительной особенностью данного завода, что там разработали брошюрки по правилам безопасности, они такие маленькие, что можно носить в кармане. Это сделано для того, чтобы работники никогда не

забывали о своей безопасности. Завод относится к опасным производственным объектам. В связи с этим на объекте полностью используются инновационные технологии, точнее завод полностью автоматизирован. С целью уменьшения травматизма специалисты завода разработали свою программу Vision Zero, что означает "Нулевой травматизм". Для успешного решения этой проблемы каждый специалист по охране труда в первую очередь должен стать лидером.

Нам очень интересно проведение таких интегрированных занятий, т.к. на практике познаем все сложности и преимущества нашей специальности. У нас на кафедре БЖД работает кружок «Исследователи охраны труда», мы разработали свою эмблему кружка (фото) и везде ее пропагандируем.



а)

б)

### Фото - Посещение металлургического завода:

а) логотип группы Исследователей; б) общий состав в фойе завода

После окончания экскурсии специалисты по охране труда задавали нам вопросы, проверили наше внимание – кто и сколько обнаружил опасностей и профессиональные риски. Какие мероприятия Вы предложите? Таким образом, студенты вовлекаются в процесс идентификации опасностей, которые могут произойти в процессе выполнения рабочих обязанностей, а также их источников.

Основными результатами процедуры являются структурированные качественные или количественные данные о существующих опасностях и рисках для здоровья работников на всех рабочих местах в организации. На основе этих данных руководство принимает решения по улучшению условий труда, снижению рисков, внедрению культуры безопасности на рабочем месте и в целом по охране труда. С каждым посещением завода меняется программа обучения, что приводит к более глубокому изучению специальности. В процессе обучения студенты находят ответы на все интересующие вопросы.

В заключении хочется сказать, что благодаря таким выездным интегрированным занятиям мы приобретаем практические навыки и у нас появляется мотивация заниматься научными исследованиями, предлагать мероприятия по улучшению условий труда работников и стать достойными специалистами в области охраны труда и промышленной безопасности.

## Способы прекращения горения на строительном производстве

Студенты группы 11201422 Пыков А.А., Паречин Е.Д.

Научный руководитель - Вершеня Е.Г.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Пожар – это нежелательное и неконтролируемое горение, которое может привести к разрушению материальных ценностей, угрозе жизни людей и животных, а также нанесению ущерба окружающей среде.

Нежелательное горение – это горение, которое происходит в непредназначенных для этого местах или в непреднамеренных условиях, и может привести к негативным последствиям. Например, нежелательное горение может происходить при перегреве электроприборов, утечке газа, несоблюдении правил пожарной безопасности и т.д. Для предотвращения нежелательного горения и, следовательно, пожара необходимо знать способы прекращения горения.

Под такими способами понимают специальные методы и техники, которые применяются для тушения пожаров и предотвращения распространения огня. К ним могут относиться использование огнетушителей, воды, пены, песка, а также специальных химических веществ. Также существуют способы создания барьеров для остановки распространения огня, такие как прокладка контрольных полос и создание преград с помощью земли или других материалов. Основные способы прекращения горения представлены на рисунке 1.

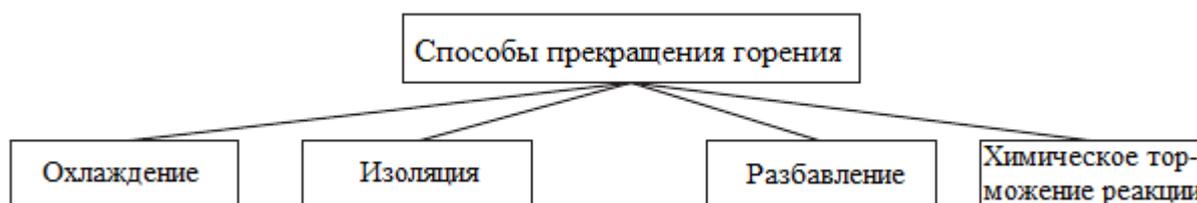


Рисунок 1 - Основные способы прекращения горения

Каждый из таких способов можно выполнить различными приёмами или их комбинациями.

Приёмы, используемые при различных способах прекращения горения:

– Охлаждение зоны горения:

1. Использование огнетушащих веществ для охлаждения (вода, твердая углекислота).
2. Перемешиванием горящих веществ.
3. Разборка горящих материалов для их охлаждения.

– Изолирование горящих материалов от зоны горения:

1. Изоляция горючих материалов с применением огнетушащих веществ (пена, песок, земля).
2. Изолирование помещений, где происходит пожар (водяные завесы перемычки).
3. Изолирование горючих материалов путём разборки, сжигания или опашки их.
4. Срыв пламени.

– Разбавление горящих материалов:

1. Введение в воздух негорючих паров и газов (углекислый газ, азот, водяной пар).
2. Разбавление горящих материалов легкоиспаряющимися или разлагающимися негорючими материалами (тонкораспылённая вода, углекислота).
3. Разбавление газовойдынными струями от АГВТ.

– Химическое торможение реакции горения:

1. Использование ингибиторов либо для прямого тушения очага, либо для распыления в воздух, поступающий в зону горения (галоидированные углеводороды, бромэтиловая эмульсия).

При использовании вышеперечисленных приёмов отдельное внимание уделяется таким показателям огнетушащих веществ, как их плотность, теплопроводность, теплоемкость, способность к горению, стоимость, доступность и др., так как не все вещества могут использоваться в каждой ситуации.

Также стоит отметить то, что большая часть приведённых приёмов по предотвращению горения может быть выполнена только службами МЧС при наличии специального оборудования и необходимых веществ. Но даже при среднем времени реагирования и прибытия служб МЧС по Республике Беларусь в 6-8 минут горение может стать критическим и перерасти в пожар. Поэтому каждый человек должен уметь вовремя среагировать и попытаться предотвратить горение. Рассмотрим несколько примеров: 1. При возгорании электроприборов следует по возможности отключить их от цепи питания и воспользоваться огнетушителем или накрыть плотной тканью (одеждой) для прекращения поступления кислорода. 2. В случае возгорания древесины или горючего утеплителя на открытой строительной площадке следует в первую очередь вынести ещё незагоревшие материалы из зоны поражения огнём и произвести их окопку, при этом выкопанную землю или песок можно использовать в качестве средства тушения. 3. В случае возгорания масла в небольшой ёмкости по возможности необходимо накрыть его металлическим или асбестовым листом или воспользоваться порошковым огнетушителем, но ни в коем случае не использовать для тушения воду, так как это приведёт к поднятию масла парами воды и усилению горения.

Если проанализировать рассмотренные примеры, то можно выявить, что изолирующий способ преобладает в использовании над другими. Из этого следует, что для своевременного тушения изолирующий способ является более простым и доступным.

## Средства индивидуальной защиты

Студент гр.11505122 Радьков А.А.  
Научный руководитель - Вершеня Е.Г.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

### **Введение.**

Актуальность средств индивидуальной защиты обусловлена образованием вредных производственных факторов. В промышленности, особенно в химической, металлургической и нефтеперерабатывающей отраслях безопасность труда может быть нарушена различными вредными факторами. Для обеспечения комфортных и безопасных условий труда разрабатываются средства индивидуальной защиты.

Целью реферата является ознакомление с назначением, конструктивными особенностями и классификаций СИЗ.

### **Основная часть. Одежда специальная защитная.**

Одежда специальная защитная – средство индивидуальной защиты (СИЗ), используемое рабочими для предотвращения или уменьшения воздействия внешних факторов на организм человека. Спецодежда обеспечивает безопасность труда и разрабатывается в соответствии со сферой деятельности рабочего.

Спецодежда классифицируется по следующим защитным свойствам: от механических воздействий, повышенных температур, пониженных температур, радиоактивных загрязнений, электрического тока, пыли, токсичных веществ, воды и растворов, кислот, щелочей, нефтепродуктов, вредных микроорганизмов и насекомых.

По назначению спецодежду делят на подгруппы для защиты от:

- *общих производственных загрязнений (З);*
- *возможного захвата движущимися частями механизмов (Мд);*
- *истирания (Ми) ;*
- *проколов и порезов (Мп).*

Для обозначения марки спецодежды применяют символы или шевроны с обозначением области применения одежды.

В настоящее время специальную одежду разрабатывают с новыми конструктивными решениями. Например, рукав с цельнокроеной спинкой и полочкой, потайные застёжки, перемещение швов для минимизации воздействия производственных факторов; использование накладок, напульсников, клапанов на карманах для препятствования проникновения вредных веществ под одежду, а также герметизации швов, вентиляционных отверстий, герметичных швов и других конструктивных решений.

### **Обувь специальная защитная.**

Специальная обувь предназначена для защиты ног от механических воздействий, погодных явлений и производственных факторов.

В процессе производственных работ сотрудники могут получить травмы различного рода, от которых необходимо применение специальной обуви. Причинами таких повреждений могут быть:

- падение на ногу тяжелых деталей или предметов и сдавливание ноги;
- попадание на ногу расплавленного металла;
- постоянное воздействие повышенной или пониженной температуры;
- работа во взрывоопасных условиях;
- постоянное воздействие жиров и нефтепродуктов;
- попадание на ногу активных химических веществ;
- работа на вибрирующих поверхностях;
- воздействие сверхвысоких частот, повышенной радиации;
- постоянное воздействие влаги.

На сегодняшний день спецобувь должна иметь ряд свойств таких, как комфортность, влагозащита, износостойкость, влагообмен, электропроводность, амортизация, гибкость или жёсткость, ремонтпригодность и теплозащита.

По способу защиты СИЗ ног делятся на специальную обувь и щитки.

В соответствии с назначением спецобувь подразделяется на: производственную, медицинскую, спортивную.

Специальная обувь классифицируется по следующим защитным свойствам от: механических воздействий, скольжения, повышенных или пониженных температур, радиоактивного загрязнения, электрического тока, нетоксичной пыли, вибраций, растворов и кислот, щелочей, общих производственных загрязнений и вредных биологических факторов.

Существуют различные виды спецобуви. Среди них можно выделить сапоги, полусапоги, ботинки, полуботинки, туфли, галоши, боты, бахилы.

Щитки предназначаются для защиты: всей стопы, пальцев, подъёма, голени, коленного сустава (наколенники), бедра, лодыжки.

Хочу отметить, что у специальной обуви большой спектр конструктивных особенностей, из них можно выделить штаферку (внутренняя деталь верха обуви, применяемая для укрепления верхнего канта заготовки), подошву с крокулем (подошва, пяточная часть которой имеет форму фронтальной поверхности каблука), рант или бизик (наружная деталь обуви, скрепляющая стельку с подошвой и верхом) и накладку (наружная деталь низа обуви, скрепляемая с нижней частью подошвы по всей поверхности для повышения противоскользящих, теплозащитных свойств и износостойкости изделия).

Материалом для изготовления специальной обуви служат:

- натуральная кожа (материал выработанный из шкуры животного, бывает трёх видов: юфть (обладает мягкостью, пластичностью, водостойкостью, устойчивостью к многократным изгибам, потостойчивостью), кожа хромового дубления, спилкок;

- искусственная кожа (материал близкий по свойствам к натуральной коже, делится на кирзу (плотная хлопчатобумажная ткань из кручёной пряжи), юфтин (искусственная кожа на ткани ПВХ) и венилискожа(материал получаемый обработкой ПВХ пластиком).

Материалы для изготовления подошв:

- термоэластопласт (ТЭП) – всесезонный материал, обладающий прочностью, устойчивостью к морозам, хорошую амортизацию и сцепление. Недостатки: при высоких и очень низких температурах утрачивает свои свойства.

- термопластическая резина (ТПР) – резина из синтетического каучука, при этом прочнее и эластичнее натурального. Материал обладает небольшой массой, влагонепроницаемостью и хорошей амортизацией, облегчающей нагрузку на позвоночник и ноги. Из недостатков: низкая теплоизоляция, легко замерзает и в последствии скользит.

- Кожа – материал, который позволяет ноге дышать, но имеет ряд минусов значительно сужающих спектр применения в рабочих зонах.

- Тунит – резина с добавлением кожаных волокон. Большинство свойств тунит схож с кожей, но требует меньше ухода и имеет большее сцепление. Из-за повышенного скольжения по гладким поверхностям подходит только под летний период.

Следовательно, можно сделать вывод, что обувь необходимо тщательно выбирать в соответствии со сферой деятельности рабочего, учитывая условия труда и все факторы воздействия на его организм.

### **Средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД).**

СИЗОД обеспечивает защиту органов дыхания от воздействия окружающей воздушной среды. Бывают двух типов: изолирующие и фильтрующие.

СИЗОД изолирующего типа подаёт пользователю воздух из источника, независимого от окружающей среды, а фильтрующего обеспечивает очистку воздуха, вдыхаемого пользователем из окружающей среды.

Фильтрующие СИЗОД используются при содержании кислорода не менее 17% в воздухе, если известно количество содержания газов и паров вредных веществ, и оно не превышает 1%, при отсутствии особо опасных веществ в воздухе. В остальных случаях используются изолирующие СИЗОД.

Виды изолирующих СИЗОД: респираторы, противогазы, самоспасатели.

Респиратор – средство, защищающее органы дыхания от газов.

По типу крепежа бывают: четверть маски (закрывает нос, рот и подбородок), полумаски (от переносицы до подбородка), полные маски (всё лицо).

Противогаз – средство индивидуальной защиты органов дыхания, лица и глаз человека от вредных веществ, находящихся в атмосфере в виде паров, газов, аэрозолей. По принципу действия различают изолирующие и фильтрующие.

#### **Заключение.**

В своём реферате я рассмотрел основные средства защиты и их назначение. В качестве вывода хочу отметить, что универсальной защиты для всего на данный момент не существует и работодателю необходимо правильно подбирать СИЗ, прорабатывая все возможные риски трудящегося, не мало важно следить не только за безопасностью труда, но и за комфортом рабочего. Поэтому я подготовил реферат, в котором изложил общее представление об средствах индивидуальной защиты с целью ознакомления с ними как работодателям, так и трудящимся.

## Техника безопасности при работе на ЛЭП

Студент группы 10609121 Падрез А.  
Научный руководитель - Автушко Г.Л.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Воздушная линия электропередач (ЛЭП) представляет собой систему, используемую для передачи электрической энергии по воздуху от электростанций к потребителям. Она состоит из нескольких основных компонентов.

ЛЭП поддерживается на опорах, которые могут быть выполнены из различных материалов, таких как сталь, бетон или дерево. Опоры устанавливаются на определенном расстоянии друг от друга и обеспечивают необходимую высоту проводов для безопасной передачи энергии.

Электрическая энергия передается по проводам, которые могут быть выполнены из алюминия, стали или их сочетания. Провода имеют определенную толщину и прочность, чтобы выдерживать нагрузку и ветровые нагрузки. Они могут быть подвешены на изоляторах, чтобы предотвратить короткое замыкание и обеспечить безопасность.

Изоляторы используются для поддержки проводов и предотвращения их контакта с опорами. Они обычно изготавливаются из керамики или стекла и обеспечивают электрическую изоляцию проводов от земли и опор.

Подвески и арматура используются для поддержки проводов и обеспечения их надежности. Они могут быть выполнены из металла и обеспечивают необходимую жесткость и прочность для удержания проводов в нужном положении.

Заземление воздушной ЛЭП необходимо для безопасной работы системы. Заземляющие провода и заземляющие электроды используются для отвода электрического тока в землю и предотвращения опасных перенапряжений.

В Беларуси, где возможно образование льда на проводах, применяются противообледенительные устройства. Они могут быть в виде специальных покрытий на проводах или механических устройств, которые предотвращают образование льда.

Воздушная ЛЭП является широко распространенным способом передачи электрической энергии, благодаря своей простоте и экономической эффективности. Она позволяет передавать энергию на большие расстояния и обеспечивает электроснабжение для множества потребителей. Однако, она также имеет свои ограничения, такие как влияние погодных условий и возможность повреждения проводов при сильных ветрах или непогоде.

Требования, приводимые для ремонта на действующих ЛЭП, приводятся не только к людям, но и к самой технике, и к ее надежности и защите. Все электроустановки должны находиться в технически исправном состоянии, обеспечивающем безопасные условия труда при проведении работ в этих установках. Так же необходимо, чтобы электроустановки были укомплектованы техническими средствами противопожарной защиты, которые прошли технические испытания и готовы к использованию электротехническими средствами, а также средствами оказания первой доврачебной помощи в соответствии с действующими правилами и нормами.

Особое внимание уделяется электротехническому персоналу, который должен иметь соответствующую группу по электробезопасности. В соответствии с ТКП 427–2022 (33240), требования для присвоения групп по электробезопасности являются минимальными и могут быть дополнены решением работодателя. Это означает, что работодатель может устанавливать дополнительные требования для персонала, чтобы обеспечить безопасность при работе с электроустановками.

Важным аспектом является возраст работников. Лица, не достигшие 18-летнего возраста, не могут быть допущены к самостоятельным работам в электроустановках. Однако практикантам учреждений образования разрешается пребывание под постоянным надзором лица из электротехнического персонала с соответствующей группой по электробезопасности.

Также отмечается необходимость прохождения медицинских осмотров работниками, занятыми в электроустановках, в соответствии с соответствующими нормативными актами. Обучение, стажировка, инструктаж и проверка знаний, работающих в электроустановках по вопросам охраны труда, должны проводиться в соответствии с соответствующими нормативными актами. Проверка знаний должна проводиться не реже 1 раза в год для персонала, непосредственно обслуживающего электроустановки или производящего в них работы, так же проверки могут проходить гораздо чаще по усмотрению руководителя предприятия.

Работа на ЛЭП должна выполняться с использованием специальных средств защиты от электрического тока, предназначенных для данного вида работ. Запрещается использование основных средств защиты, которые не соответствуют классу напряжения ЛЭП. Запрещается прикасаться к изоляторам, находящейся под напряжением, без использования средств защиты. Работаящим следует помнить, что после снятия напряжения на ЛЭП оно может быть подано снова без предупреждения.

На ЛЭП запрещается работать в согнутом положении, если при выпрямлении расстояние до токоведущих частей будет меньше допустимого расстояния до токоведущих частей, находящихся под напряжением.

Капитальные и текущие ремонты электрооборудования с напряжением выше 1000 В, а также воздушных линий электропередачи (ВЛ) независимо от класса напряжения, должны быть выполнены в соответствии с технологическими картами или проектом производственных работ (ППР). При выполнении работ на одном присоединении двумя или более бригадами должен быть разработан проект организации работ с назначением ответственного за координацию работ.

Работа по обслуживанию участков высоковольтных линий, которые находятся на территории распределительных устройств (РУ), должна осуществляться в соответствии с нарядами, выдаваемыми организациями, занимающимися обслуживанием этих линий. При работе на конечных опорах высоковольтных линий в оборудовании с постоянным оперативным персоналом данный персонал обязан предоставить целевое руководство по охране труда членам бригады и провести их к указанной опоре. В случае отсутствия постоянного оперативного персонала в оборудовании, производителю работ линейной бригады разрешается получить ключи от РУ и самостоятельно подходить к опоре высоковольтной линии.

При работе на порталах распределительных устройств, зданиях рэковых устройств и крышах кабельных распределительных устройств, допуск линейной бригады с правильным заполнением наряда должен быть осуществлен ответственным лицом из оперативного персонала, обслуживающего РУ.

Производитель работ с линейной бригадой может самостоятельно покинуть РУ, а отдельные члены бригады – в соответствии с процедурами, предусмотренными ТКП 427-2012

Работы по обслуживанию высокочастотных кабелей и фильтров подключения, связанных с конденсаторами и высокочастотными ограждениями, должны выполняться в соответствии с нарядами, выдаваемыми работающими организациями, занимающимися обслуживанием указанного оборудования. Подготовку рабочих мест и доступ к проведению работ должны осуществлять работники, обслуживающие РУ.

Работы на высоковольтных линиях, проходящих по территории и в кабельных сооружениях РУ, а также на конечных муфтах и заделках высоковольтных линий, которые находятся в РУ, должны выполняться в соответствии с нарядами, выдаваемыми работающими организациями, занимающимися обслуживанием высоковольтных линий.

Допуск к проведению работ осуществляют работники, обслуживающие РУ.

В заключение, работа на ЛЭП под напряжением представляет собой сложную и ответственную задачу, требующую высокой квалификации и соблюдения строгих мер безопасности. Эта работа выполняется специалистами, обладающими специализированными знаниями и опытом.

Работа на воздушных ЛЭП под напряжением требует строгого соблюдения процедур и правил безопасности. Это включает использование специальной защитной одежды и средств индивидуальной защиты, проведение специальной подготовки и тренировок, а также соблюдение всех инструкций и регламентов.

Основные задачи, связанные с работой на воздушных ЛЭП под напряжением, включают проведение технического обслуживания, диагностику и испытания системы, ремонт и замену компонентов, а также устранение неисправностей. Эти работы выполняются с использованием специального оборудования и инструментов, а также с применением специальных техник и методов.

Работа на воздушных ЛЭП под напряжением является важной и неотъемлемой частью обеспечения надежной передачи электроэнергии. Она позволяет минимизировать простои в работе электросетей и обеспечивать непрерывность энергоснабжения. Однако, в связи с высокими рисками, связанными с работой на высоте и при наличии электрического тока, строгое соблюдение правил и мер безопасности является необходимым условием для успешной и безопасной работы.

В целом, работа на воздушных ЛЭП под напряжением требует высокой профессиональной подготовки, строгого соблюдения мер безопасности и внимательного отношения к деталям. Она играет важную роль в обеспечении электрической энергии и поддержании электросетей в рабочем состоянии.

**Технологии IoT – современный подход к работе**

Студент гр.11505122 Мудрак А.В.  
Научный руководитель - Вершенин Е.Г.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

**Введение**

Оптимизация эффективности производства – первостепенная задача, которую преследует каждое производственное предприятие. Как фабрики автоматизируют сбор данных и обмен данными, IoT создает сеть взаимосвязанных машин и систем, чтобы сделать заводы более эффективными и экономичными, она же повышает эффективность производства за счет бережливого производства, профилактического обслуживания и интеграция с ИИ.

Использование технологий IoT и искусственного интеллекта предоставляет возможность эффективного мониторинга работы оборудования в режиме реального времени, что является значимым шагом в современных промышленных и технических процессах.

Сила IoT заключается в способности связать между собой физические объекты, измерять их состояние и передавать данные через интернет, что в свою очередь позволяет собирать информацию о работе оборудования. Искусственный интеллект, в свою очередь, обеспечивает анализ этих данных и определение отклонений от нормы.

Таким образом, при помощи IoT и искусственного интеллекта можно реализовать мониторинг работы оборудования в режиме реального времени, делать детекцию отклонений и производить автоматическое предупреждение о возможных рисках или аварийных ситуациях. Это обеспечивает более высокую степень безопасности и эффективности в различных отраслях, таких как промышленность, медицина, транспорт и т.д.

В данной работе мы рассмотрим примеры и преимущества использования технологий IoT и искусственного интеллекта, а также их потенциал для улучшения производительности и безопасности в различных сферах деятельности.

**Мониторинг работы оборудования в режиме реального времени**

С помощью IoT и ИИ можно осуществлять мониторинг работы оборудования в режиме реального времени. Датчики, установленные на оборудовании, собирают данные о его состоянии и передают их в систему анализа данных, которая использует алгоритмы машинного обучения для определения нормального и аномального функционирования. Это позволяет оперативно отслеживать состояние оборудования, выявлять проблемы на ранних стадиях и принимать соответствующие меры.

**Детекция отклонений и автоматические предупреждения о возможных рисках**

На основе данных, собранных с помощью датчиков, алгоритмы ИИ могут определить отклонения от нормального функционирования оборудования. Например, если температура или давление превышают допустимые значения, система может автоматически предупредить о возможных рисках и проблемах. Это позволяет оперативно реагировать на потенциально опасные ситуации и предотвращать аварии и непредвиденные простои.

**Управление и оптимизация работы систем**

Использование технологий IoT и ИИ также позволяет автоматически управлять и оптимизировать работу систем. Например, на основе данных о состоянии оборудования и параметров производства, алгоритмы ИИ могут автоматически оптимизировать процессы, регулировать нагрузку и распределять ресурсы. Это позволяет повысить эффективность работы системы, сократить затраты и улучшить качество продукции.

Примерами основных задач, которые может выполнять IoT : мониторинг и управление потреблением энергии в городских зданиях и объектах; умные парковки, позволяющие автоматически определять доступные места и направлять водителей к ним; мониторинг и управление потреблением энергии в городских зданиях и объектах; автоматическое управление поливом растений в парках и на улицах в зависимости от погодных условий; мониторинг уровня шума в городе и контроль за соблюдением норм шумового режима и многое другое; умные

системы управления трафиком для обеспечения безопасности пешеходов и велосипедистов; мониторинг и управление состоянием инфраструктуры, такой как дороги, мосты и туннели и т.п.

### **Заключение**

В заключение, использование технологий IoT и искусственного интеллекта предоставляет значительные преимущества в мониторинге работы оборудования в режиме реального времени. Они позволяют наблюдать за его состоянием и функционированием, обнаруживать отклонения и автоматически предупреждать о возможных рисках или аварийных ситуациях.

Эти технологии существенно улучшают эффективность и безопасность производственных и промышленных процессов, сокращают потери времени и ресурсов за счет своевременного реагирования на проблемы. Они позволяют прогнозировать возможные поломки или отказы оборудования, что позволяет производить профилактическое обслуживание и предотвращать простои и потери производства.

Более того, IoT и искусственный интеллект способны анализировать большие объемы данных, которые генерирует оборудование, и выявлять зависимости и тенденции, которые помогают оптимизировать процессы и улучшить качество производства. Это приводит к более эффективному использованию ресурсов и повышению конкурентоспособности предприятий.

Таким образом, использование технологий IoT и искусственного интеллекта имеет огромный потенциал для автоматизации и оптимизации производственных процессов, улучшения безопасности и снижения затрат. Эти технологии должны быть внедрены в различных отраслях, чтобы компании могли оставаться конкурентоспособными и успешными на рынке.

### **Список использованных источников**

- 1.Что такое Интернет вещей (Internet of Things, IoT) [Электронный ресурс]. URL: <http://tadviser.ru/a/135141>
2. Kevin Ashton. That 'Internet of Things' Thing. In the real world, things matter more than ideas // RFID Journal, 22 June 2009.
3. О классификации Интернета вещей [Электронный ресурс]. URL: <http://rusbases.com/opinion/iot-classes/>
4. Новостной портал ИТС. ua [http://m.its.ua/articles/m2m\\_-\\_ot\\_mashiny\\_k\\_mashine\\_19417/](http://m.its.ua/articles/m2m_-_ot_mashiny_k_mashine_19417/)
5. Интернет-журнал «Открытые системы. СУБД» № 10, 27.10.2004, Джордж Лоутон «Перспективы технологии межмашинного взаимодействия» <http://www.osp.ru/os/2004/10/184661/>
6. Дэйв Эванс (Dave Evans) Интернет вещей: как изменится вся наша жизнь на очередном этапе развития Сети <http://www.cisco.com/web/RU/news/releases/txt/2011/062711d.html>
7. Проблемы и перспективы Интернета вещей [Электронный ресурс]. URL: <http://rusbases.com/opinion/russian-iot/>

## Требования к системам вентиляции для улучшения условий труда на рабочем месте

Студентка группы 11201222 Пузанова А.С.  
Научный руководитель - Вершеня Е.Г.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Система вентиляции предусматривается для обеспечения правильных санитарно-гигиенических условий воздушной среды в рабочих, производственных и жилых помещениях, не вредящих здоровью, самочувствию человека и отвечающих всем требованиям. В настоящее время требования к системам вентиляции устанавливаются СН 4.02.03-2019 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха».

Классификация вентиляционных систем происходит по следующим параметрам:

*1. По способу создания давления и перемещения воздуха* вентиляционные системы бывают с естественным побуждением и искусственным (оно же механическое).

В первом случае воздухообмен происходит в связи с различным давлением внутри здания и снаружи. Этот процесс можно объяснить более простым словом – вытяжка. Данное описание всасывающей вентиляции будет понятно каждому.

Искусственное побуждение осуществляется с помощью установок нагнетательного типа. Например, вентиляторы и воздуходувки являются нагнетательными установками. Благодаря им газозвдушная смесь может перемещаться на немалые, необходимые в конкретном случае, расстояния. Также данные установки позволяют захватить большой объём воздушных масс. Часто подобный вид вентиляции применяется на производственных предприятиях, так как достаточно трудно без стимуляции прогнать весь воздух, например, в цеху. Система приточной вентиляции включает в себя: воздухоприёмное устройство, нагреватель, охладитель, фильтры для очистки, устройства подачи воздуха в помещение

Также не стоит забывать про комбинированный способ создания давления воздуха.

*2. Вентиляционные системы различают и по назначению:*

Если воздух в помещение нужно подать, система называется приточной, если наоборот производится отведение, система уже будет выполнять вытяжную функцию. Естественно будет и комбинированный класс, приточно-вытяжной. Он является самым распространённым, так как обеспечивает одновременный приток и вытяжку воздуха в пространстве, что является наиболее эффективным и удобным способом вентиляции помещения.

*3. Воздухообмен организовывается различными способами среди которых:*

1. Общеобменные способы предназначены для создания воздухообмена по всему помещению. В комнату или здание поступает воздух более низкой температуры, чем есть изначально, и, как следствие, из-за разницы в давлении, тёплый воздух поднимается вверх, где и расположена система вентиляции. После чего «старый» воздух покидает помещение и заменяется новым, более свежим.

2. Местная вентиляция подает воздух на определенные участки. Фактически, этот вид вентиляции используется в отдельно рассматриваемом месте, так как нужна данная система для обеспечения уникального микроклимата, отличающегося от общей массы. В офисах чистый воздух подается непосредственно к постоянным рабочим местам для снижения температуры воздуха и обдува рабочих, если такая надобность имеется.

3. Если в помещении существует вероятность неожиданного выброса чрезвычайно опасных вредных веществ в значительных количествах, превышающих нормы, аварийная вентиляция там однозначно будет. Так как её функция – это предотвращение подобных ситуаций. В случае, когда такое всё же происходит, в помещение поступает воздух с целью перенаправления веществ к открытым окнам или в места, где они могут покинуть сооружение. Таким образом, чаще всего аварийная вентиляция рассчитана на выход газа через кухни и санузлы.

4.Очень схожа по принципу работы противодымная вентиляция. Только она в большинстве случаев встречается именно в производственных зданиях. Принцип практически аналогичен аварийной системе: воздух подается в определенном количестве, однако, уже не для перенаправления газа, а для сдерживания дыма и не допущения его распространения в помещении.

*4.По конструктивному исполнению* вентиляции делятся на 2 типа:

Системы канального типа и бесканальные. Первые включают в себя сети разветвленных воздухопроводов как подающие свежий воздух, так и удаляющие загрязненный. Бесканальная вентиляция устроена проще: она представляет собой отверстие в стене или, например, в перекрытии (также существует вариант установки на крыше, в дверных и оконных проемах в больших промышленных помещениях).

Крайне важны профилактические меры. Чтобы вентиляционная система служила долго и не подвела в нужный момент, всегда соглашайтесь на предлагаемые услуги очистки и профилактики вашей вентсистемы. Если же предложения не поступают, значит иницируйте приезд мастера самостоятельно в рекомендованные сроки.

*Новейшие разработки в области охраны труда*

По сей день множество людей предпочитают привычную естественную вентиляцию, однако в холодное время года это становится серьёзной проблемой: тепло «уходит» на улицу и появляется сквозняк, что является причиной достаточного количества заболеваний. Для предотвращения данных ситуаций была придумана *вентиляция с рекуперацией тепла*.

Типичная приточно-вытяжная принудительная вентиляция часто является неэффективной, если потребляет много энергии для создания тепла. Причина происходящего процесса заключается в следующем: поток воздуха нагревается специальной установкой, однако практически сразу же этот теплый воздух выходит в вытяжку, таким образом, счёт за электричество есть, а результата нет.

В свою очередь рекуператор является установкой возврата, а вентсистема с рекуперацией работает на возвращение теплого воздуха.

Принцип работы рекуперационной установки: и вытяжной воздухопровод, и воздухопровод притока находятся рядом и через поверхность большой площади, проводящую тепло, нагретый воздух, идущий вдоль вытяжки по пути из помещения на улицу, передает свою энергию воздухопроводу притока, выходя на улицу уже холодным и позволяя экономить на процессе нагрева.

Вентиляционная установка с рекуперацией позволяет избежать теплотерь путём нагревания прибывающего воздуха за счёт уходящего. Пожалуй, главный фактор, влияющий на качество работы рекуператора – это размеры помещения. Ведь, чем больше площадь – тем больше электроэнергии экономится.

*Гибкие воздухопроводы*

Использование новых, более экономически выгодных материалов сначала стало набирать популярность в Европе, а после уже и в странах СНГ. Ярким представителем конструкции из таких материалов являются гибкие воздухопроводы, они имеют многослойную структуру, весят немного и обладают большим запасом прочности. Такая вентиляция очень устойчива к обычному давлению, иногда защищается покрытием из тепловаты, легко интегрируется в систему жёстких воздухопроводов. С определенными интервалами (не менее 4 метров) воздухопровод фиксируется держателями во избежание провисов. Есть ограничение для использования такого материала: высокие температуры в помещении.

В жилых помещениях хозяева сами могут управлять системой вентиляции, однако, когда речь заходит о промышленных или же общественных объектах прибегают к помощи научного прогресса. Такие случаи требуют наличия *автоматизированной системы вентиляции*, которая может без прямых действий человека самостоятельно поддерживать работу в нужном режиме и на основании датчиков изменять климатические условия. Также автоматизированная вентиляция отвечает за изменение условий в помещении в критических ситуациях.

Так как от вентиляции зависит качество воздуха, а от него в свою очередь здоровье населения, к вентиляционным системам предъявляется множество требований. К ним можно отнести удаление из помещения воздушных масс с вредными примесями и избыточным теплом и, как следствие, приток новых свежих, соответствующих ГОСТам и СанПиНам. *Монтаж вентиляции* также должен удовлетворять множеству требований совместно с условиями её дальнейшей эксплуатации. К ним относятся:

1. Монтажные (архитектурные)

Отвечают за звуко- и виброизоляцию, пожарную безопасность самого оборудования и его отдельных элементов; уменьшение времени и количества затраченных сил на ввод в эксплуатацию и монтаж.

2. Эксплуатационные

Удобство в использовании и доступность в случае ремонта.

3. Экономические

Максимальное уменьшение затрат на установку и последующее использование систем.

4. Санитарно-гигиенические, они же особо важные

Должны выполняться условия, соответствующие безопасности здоровья людей и их комфортного нахождения в помещении. К санитарно-гигиеническим условиям также относятся следующие пункты: воздух подается в помещение в точки, где загрязнение минимально, а удаляется из мест с максимальным количеством загрязнения; не должно быть некомфортной для тела человека температуры (перегрева или охлаждения); допустимый уровень шума не должен быть превышен; условия труда и микроклимат обязаны находиться на уровне нормы (в частности к ним относятся влажность, температура воздуха в помещении, скорость движения воздушных масс).

## СОДЕРЖАНИЕ

### **Производство чёрных и цветных металлов и сплавов на их основе. Машины и технология литейного производства. Аддитивные технологии в литейном производстве**

<b>Татарлы Д.Д., Пугачевич М.В., Демидчук Н.В., Морская Е.А.</b> Технологические особенности процесса изготовления заготовок катодов-мишеней из титаносодержащего сплава, полученного металлургической технологией.....	<b>5</b>
<b>Бойко Д.С., Безбородько П. Д., Котляренко И. В., Крицкая О.А.</b> Использование быстроохлажденных металлических материалов для изготовления композитов на основе полимеров .....	<b>9</b>
<b>Рукина К.А., Ключко Д.А., Меркуль И.Д.</b> Анализ аварийных ситуаций при плавке алюминиевых сплавов .....	<b>13</b>
<b>Лешок Д.И.</b> Рецептура ПГС с применением бентонитов различных марок .....	<b>16</b>
<b>Рипинский М.А.</b> Влияние противопопригарного покрытия на температурные расширения стержней, изготовленных по cold-box-amine процессу .....	<b>19</b>
<b>Миронович М.Ю., Волощук Д.А.</b> Выполнение автоматического расчета валов в системе КОМПАС-3D .....	<b>22</b>
<b>Моргунов Е.А.</b> Влияние добавок на металлической основе на физико-механические свойства стержневых песчано-смоляных смесей .....	<b>25</b>
<b>Усович Н.П., Самойленко Н.Д., Мышковец Д.А.</b> Основные принципы автоматизированного построения разрезов в КОМПАС-3D .....	<b>28</b>
<b>Лешок Д.И.</b> Исследование изменений технологических свойств бентонита при смешивании глин различных месторождений .....	<b>30</b>
<b>Илюкевич Е.С., Соловенок Э.А., Новик С.О.</b> Изменение и настройка оформления программы КОМПАС-3D.....	<b>32</b>
<b>Письменкова Ю.А.</b> Сравнение технологий SLS и BJ для изготовления литейных форм .....	<b>34</b>
<b>Мелюх Д.В., Апанасевич М.С., Колодей А.И.</b> Основные принципы работы с видами КОМПАС-3D.....	<b>37</b>
<b>Микулич А.Д., Оленцевич А.А., Фармонова Г.Б.</b> Повышение рафинирующей способности серы в алюминиевых сплавах.....	<b>40</b>
<b>Ткач Н.В.</b> Зависимость прочности стержневой смеси по Cold-box-amine процессу от соотношения компонентов.....	<b>42</b>
<b>Франчук А.А., Ткач Н.В.</b> Влияние термической обработки на свойства литой мартенситностареющей стали .....	<b>44</b>

### **Обработка материалов давлением**

<b>Олимжонов Ж.О.</b> Сравнительный анализ результатов моделирования процесса прокатки горячекатаного листового проката в среде «QFORMVX» с техническими характеристиками ЛПК АО «УЗМЕТКОМБИНАТ».....	<b>48</b>
<b>Коробов Д. В., Савицкий М. В., Сакович М. Г., Кудравец М. Н.</b> Волочение. Применение холодного волочения на металлообрабатывающих предприятиях. Продукция в условиях современного производства .....	<b>51</b>
<b>Мусский А.А.</b> Изучение вариантов штамповки деталей катушечной формы.....	<b>56</b>
<b>Дун Ифань, Яо Линь, Юй Чжуофу</b> Исследование состояния развития и проблем технологииковки и штамповки.....	<b>59</b>
<b>Юнчиц А.А.</b> Магнитно-импульсная штамповка .....	<b>62</b>
<b>Петрушенко М.М.</b> Модернизация процесса волочения .....	<b>64</b>
<b>Гиринский А.И.</b> Обзор инноваций в технологии прокатки металлов .....	<b>66</b>

<b>Силичев В. В., Скокова О. А., Мироевский Е. А., Ковалевич А. А.</b> Продольная прокатка разделения при производстве арматурных профилей на стане 320 ОАО «БМЗ» в условиях современного производства .....	<b>69</b>
<b>Ян Юньминь, Чжан Екунь</b> Технология бесформенной многоточечной формовки .....	<b>72</b>
<b>Дан Маолинь, Ма Инкэ</b> Технология изготовления и обработки металлических материалов .....	<b>75</b>
<b>Хромых А.А., Селюк Д.С., Сергеенко Д.В.</b> Устройство и принцип работы гидравлического пресса.....	<b>79</b>
<b>Якубчик Н.Г., Комар А.В.</b> Возможности практического применения дискретной динамической системы для моделирования процесса обработки металлов давлением.....	<b>83</b>
<b>Буримский С.В., Стафейчук Н.В., Копейко В.Д.</b> Анализ методов получения биметаллов обработкой давлением .....	<b>86</b>
<b>Заренок В.Д., Янь Цзюньвэй</b> Нанотехнологии в обработке металла .....	<b>89</b>
<b>Мороз В. И., Лебедев А. Г.</b> Экструзия в обработке металлов давлением .....	<b>90</b>
<b>Завольский М.К., Хаозе Ян, Зенько А.А., Борисовец И.</b> Объемная холодная штамповка металла .....	<b>92</b>
<b>Прохино А.Д., Булга М.А., Гао Цзинчжо</b> Горизонтально-ковочная машина.....	<b>94</b>
<b>Коротченко К.Г., Снежко А.В.</b> Технологические особенности волочения проволоки в монолитной волоке .....	<b>96</b>
<b>Евстратовский А.В.</b> Горячая объемная штамповка на молотах .....	<b>98</b>
<b>Лыщик Е. Н.</b> Исследование зависимости стойкости разделительных штампов от величины перемычки в заготовке.....	<b>101</b>
<b>Кусиков А.С.</b> Высокоточная горячая объемная штамповка .....	<b>102</b>
<b>Багнюк Н.А.</b> Магнитно-импульсная обработка как перспективный метод повышения износостойкости металлорежущего инструмента .....	<b>104</b>
<b>Вашкевич А.А.</b> Прокатка с наклонными вальцами .....	<b>107</b>
<b>Зарбиев Е.В.</b> Особенности прокатного стана .....	<b>109</b>
<b>Лебедев Д.В.</b> Штампы (матрицы и пуансоны).....	<b>111</b>
<b>Лукашевич В.В.</b> Особенности разработки штампованных дисков для автомобиля....	<b>113</b>
<b>Василевская Е.Д.</b> Методы выявления следов коррозии на заготовках для листовой штамповки методами технического зрения .....	<b>117</b>
<b>Германович М.С.</b> Сверхпластичные материалы и их использование в обработке материалов давлением .....	<b>119</b>
<b>Мартынов А.Л.</b> Холодное волочение и его использование в обработке материалов давлением.....	<b>121</b>
<b>Чёрный А.Г.</b> Изготовление металлокорда для автомобильных шин на ОАО «БМЗ» – управляющая компания холдинга «БМК».....	<b>123</b>
<b>Яцукевич В.А.</b> Дополнительные операции по подготовке металла к волочению.....	<b>125</b>

### **Современные проблемы материаловедения и нано материалы**

<b>Шматова А.А., Матюков И.М.</b> Актуальность применения термоциклической обработки для псевдо $\alpha$ -титановых сплавов .....	<b>129</b>
<b>Будилович И.В.</b> Биосенсоры. Применение оксида титана как связующее звено между анализатором и биоматериалом.....	<b>132</b>
<b>Змачинская И.А., Монжос Ю.С., Стасенко А.С.</b> Влияние комплексной обработки получения композиционного покрытия «термодиффузионный слой – ионно-плазменное покрытие» на механические свойства .....	<b>134</b>
<b>Ботиров Б.Б., Сан А.В.</b> Значение толщины стенок в нефтепроводе .....	<b>138</b>
<b>Будилович И.В.</b> Использование наноматериалов на основе металлов в биомедицинских технологиях .....	<b>140</b>
<b>Калинина А.В.</b> Использование пассивации нержавеющей стали для повышения коррозионной стойкости .....	<b>142</b>

Алимбабаева З.Л. Коррозионная стойкость материалов и сплавов.....	145
Лепеш В.И., Шевцова А.В. Коррозия металлов в авиационной промышленности.....	147
Алимбабаева З.Л., Камилова Г.М., Мамасалиев М.Р. Материалы, применяемые для изготовления режущих инструментов .....	150
Монжос Ю.С., Стасенко А.С. Имеет ли силицен будущее?.....	152
Алимбабаева З.Л., Камилова Г.М. Повышение стойкости чугуна методом термической обработки .....	154
Курбанбаев Ж.С. Применение искусственных шероховатых поверхностей теплообмена как средства для уменьшения солеотложений .....	156
Отаниёзова М.Б. Применение полимерных материалов в машиностроении.....	158
Ткачёва А.А., Макаревич В.О. Особенности радиационной стойкости сталей и сплавов .....	160
Стасенко А.С. Роль карбидов в медицинских сплавах системы Co-Cr-Mo .....	164

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

Божко А. Исследования влияния водорода и азота на свойства металла сварного шва при автоматической дуговой сварке под слоем флюса .....	167
Ёкубов И. К вопросу исследования взаимодействия наплавленного металла с газовой фазой при разработке состава покрытий электродов основного типа для получения слоя низколегированной стали с высокой износостойкостью в условиях трения металла о металл .....	169
Ёкубов И. К вопросу исследования рафинирования металла при разработке состава покрытий электродов кислого типа для получения низколегированного среднеуглеродистого износостойкого наплавленного металла.....	171
Хошимов Б.Х. Определение мощности, необходимой для разогрева кромок трубной заготовки до температуры сварки .....	173

### **Охрана труда, промышленная безопасность и экология**

Сацута С.В., Халецкий И.Н. Современное искусственное освещение в охране труда .....	176
Жук А.А. Анализ опасных и вредных производственных факторов, влияющих на условия труда водителя электрического городского транспорта .....	178
Афренюк В.К. Анализ применения концепции «устойчивого развития» белорусскими предприятиями (на примере ОАО «БМЗ –управляющая компания холдинга «БМК»).....	180
Халецкий Е.С., Буйвол А.П. Анализ производственного травматизма в ГПО «Белэнерго» и основные мероприятия по профилактике и предупреждению производственного травматизма за 2022 год .....	183
Стафеева В., Захидов Р. Безопасность жизнедеятельности в области охраны труда на территории Республики Узбекистан .....	186
Михнюк А.Ю. Безопасность при эксплуатации оборудования котельной, работающей на твердом топливе (торфе) .....	188
Мордич И.И. Вредные вещества и их влияние на человека .....	191
Пашкевич Я.А., Соколдынская К.Д. Лучшие практики и инновации в области безопасности на строительной площадке .....	194
Мартинюк П.А. Опасные и вредные факторы воздействия на человека в метрополитене.....	197
Михалицын А.А. Основы техники безопасности .....	199
Климёнок У.Б., Патенко Н.А. Охрана труда, промышленная безопасность и экология .....	202
Новицкая Я.В. Охрана труда в цехах предприятия БелАЗ.....	204
Лихадиевская В.А., Коваленок В.Д. Охрана труда на горнодобывающем предприятии .....	206

<b>Стасенко А.С., Ткачева А.А.</b> Оценка условий труда работающих в цехах металлопокрытий .....	<b>208</b>
<b>Змачинская И.А., Монжос Ю.С.</b> Оценка условий труда работающих в цехах термической обработки металлов .....	<b>211</b>
<b>Гайшун В.Н., Радюк А.А.</b> Оценка характера трудовой деятельности инструктора контраварийной подготовки водителей транспортных средств.....	<b>214</b>
<b>Казак А.А.</b> Современные подходы к повышению работоспособности у персонала предприятий и преодолению утомления .....	<b>218</b>
<b>Маматкаримов О.А.</b> Специалист в области охраны труда – самая востребованная профессия.....	<b>220</b>
<b>Пыков А.А., Паречин Е.Д.</b> Способы прекращения горения на строительном производстве.....	<b>222</b>
<b>Радьков А.А.</b> Средства индивидуальной защиты .....	<b>224</b>
<b>Падрез А.</b> Техника безопасности при работе на ЛЭП.....	<b>227</b>
<b>Мудрак А.В.</b> Технологии IoT – современный подход к работе .....	<b>230</b>
<b>Пузанова А.С.</b> Требования к системам вентиляции для улучшения условий труда на рабочем месте .....	<b>232</b>