

Министерство образования Республики Беларусь

Белорусский национальный технический  
университет

Механико-технологический факультет



Сборник научных работ  
XXIII Республиканской студенческой  
научно-технической конференции

# НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ИХ ОБРАБОТКИ



21 –22 апреля 2022 года

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

Механико-технологический факультет

## НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ИХ ОБРАБОТКИ

Сборник научных работ  
XXIII Республиканской студенческой научно-технической конференции

21–22 апреля 2022 года

Минск  
БНТУ  
2022

## ОРГКОМИТЕТ

### ПРЕДСЕДАТЕЛЬ:

**Иванов И.А.**, декан механико-технологического факультета, д-р техн. наук, профессор.

### ЧЛЕНЫ ОРГКОМИТЕТА:

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

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

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

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

**Ровин С.Л.**, д.т.н., доцент;

**Томило В.А.**, д.т.н., профессор;

**Бежок А.П.**, к.т.н., доцент.

### РАБОЧАЯ ГРУППА:

**Гольцова М.В.**, д.т.н., доцент;

**Одиночко В.Ф.**, к.т.н., доцент;

**Слуцкий А.Г.**, к.т.н., доцент.

### ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ

**Раков Илья Григорьевич**

### СЕКРЕТАРЬ РАБОЧЕЙ ГРУППЫ

**Хорольский Павел Дмитриевич**

### СОСТАВИТЕЛИ

**Бежок Александр Павлович**

**Иванов Игорь Аркадьевич**

В настоящий сборник включены материалы докладов XXIII Республиканской студенческой научно-технической конференции «Новые материалы и технологии их обработки», участники которой выступали последующим направлениям: «Металлургия чёрных и цветных сплавов», «Материаловедение в машиностроении», «Машины и технология литейного производства», «Машины и технология обработки металлов давлением», «Порошковые и композиционные материалы, покрытия и сварка», Охрана труда и промышленная безопасность.

© Белорусский национальный  
технический университет, 2022

# **Металлургия чёрных и цветных сплавов**

## Создание организационных структур в среде Excel для управления металлургическим производством

Студент группы 10405220 Ключко Д.А.  
 Научный руководитель к.т.н. Арабей А.В.  
 Белорусский национальный технический университет  
 г.Минск

Производственная структура металлургического предприятия – это совокупность взаимосвязанных производственных подразделений: цехов, участков, различных хозяйств и специальных службы, прямо или косвенно участвующие в производственном процессе и связи между ними.

Организационная структура предприятия – это система взаимоотношений структурных подразделений в процессе производства [1].

Элементами такой системы выступают:

1. отношения управления;
2. внутренние нормы и правила;
3. личная ответственность каждого подразделения за выполнение той или иной работы;
4. распределение полномочий персонала и руководителей.

Общая структура металлургического предприятия включает в себя:

- производство;
- обслуживающие подразделения;
- структуры руководства.

В процессе работы металлургического предприятия особое внимание уделяется формированию металлофонда, представляющего собой длительный процесс, связанный с насыщением металлосодержащей продукцией всех сфер экономики (рис. 1).

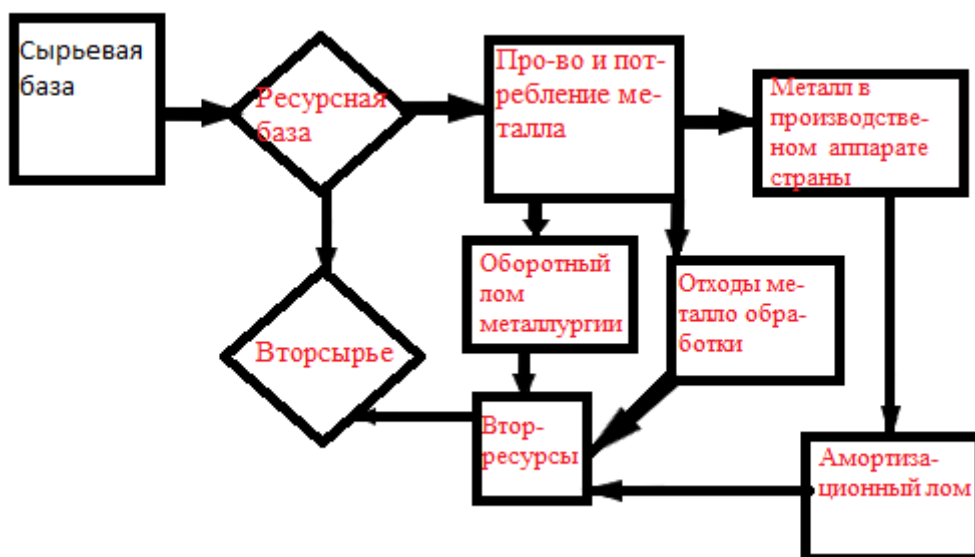


Рисунок 1 – Основные элементы оборота металла [2]

Для организации и управления металлургическим предприятием широко используют базы данных, разработанные в среде Excel.

Excel – это универсальный инструмент для сложных расчетов, вычислений и сортировки данных. Excel позволяет: сортировать, форматировать, фильтровать, редактировать, систематизировать и структурировать информацию.

Например, при планировании закупки расходных материалов для производства, имея несколько заводов-поставщиков и широкой номенклатуры материалов, на выходе плановый отдел обязан предоставить руководителю информацию по тому, какие материалы в каких количествах и когда следует закупать и куда поставить. Для этих целей удобно использовать умные таблицы, именованные диапазоны, формулы: ИНДЕКС, ЕСЛИ, ПОИСКПОЗ, СТОЛБЕЦ, СТРОКА, ЧСТРОК и др., а также сводные таблицы.

Основные возможности электронных таблиц Excel:

- автоматизация вычислений;
- обработка результатов экспериментов;
- решение путем подбора значений с различными параметрами;
- вычисление значений функций и формул;
- подготовка табличных документов (отчетов);
- поиск значений для выбранных параметров;
- построение графиков и диаграмм.

Для создания качественной и эффективно работающей структуры металлургического предприятия требуется ее постоянный анализ и своевременное внесение корректировок на основе полученных данных. Стандартный пакет MS Excel позволяет создать качественную и удобную базу данных, которая дает возможность руководителю подразделения или участка постоянно проводить анализ и вносить своевременные организационные корректировки.

Например, производственная структура металлургического завода характеризуется своими специфическими особенностями, и прежде всего к ним относятся [3]:

1. Огромный объем производства, в процессе которого транспортируется и перерабатывается большое количество сырья, различных материалов, сменного оборудования, огнеупоров, полуфабрикатов и отходов и др. С помощью таблиц Excel возможно создать сводную таблицу расходной и приходной части, которая позволит быстро корректировать итоговые затраты материалов и оборудования.

2. Большие территории, занимаемые металлургическими предприятиями. Excel позволит создать оптимальный расчет транспортных и логистических перемещений сырья и готовой продукции, а также учет их прихода/отгрузки на складе.

3. Современные металлургические заводы имеют в своем составе основные агрегаты с большой единичной мощностью, требующие для размещения на территории завода удобной площадки плотного грунта и глубокого залегания грунтовых вод. Основные агрегаты имеют тесную производственную, технологическую и энергетическую связь, потребляют большое количество различных видов энергии (воды, газа, кислорода, электроэнергии). Перебои в подаче их не только нарушают ход процесса в целом, но и могут привести к аварии. С использованием баз данных Excel возможно организовать эффективный учет потребления и необходимого запаса используемых видов энергии.

#### **Выводы:**

Правильно выстроенная, отлаженная и продуманная структура организации предприятия гарантирует стабильное и динамичное развитие бизнеса и полноценное функционирование учреждения в целом [4]. Для достижения удобства, скорости и эффективности работы структурных подразделений предприятия зачастую используют широкодоступный программный пакет MS Excel.

### Список использованных источников

1. <https://sprintinvest.ru/organizacionnaya-struktura-predpriyatiya-ponyatie-i-tipy>
2. <https://ecfor.ru/wp-content/uploads/books/uch/28.pdf>
3. <https://financial-opp.ru/lektzii-po-organizatsii-proizvodstva/228-proizvodstvennaya-struktura-predpriyatiya.html>
4. <https://peomag.by/number/2020/5/Organizatsionnaya-struktura-predpriyatiya-i-sposoby-ee-sovershenstvovaniya/>

УДК 621.74

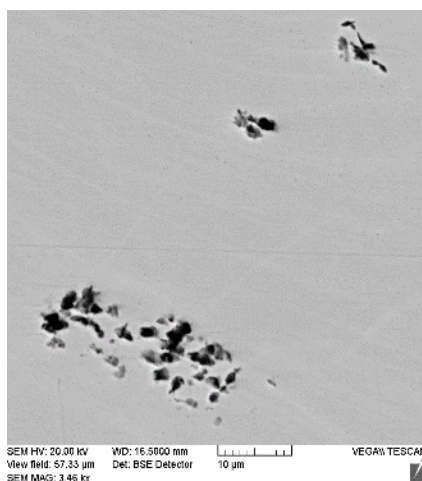
**Улучшение формы неметаллических включений в сталях за счет модифицирования**

Студенты гр. 10405220 Подласенко И.А., Форнель А.Д.  
Магистрант Мухтаров Д.Р.,  
Студенты гр. 10403121 Маршалковский Р.С., Пузынин Я.С.  
Научные руководители Барановский К.Э., Урбанович Н.И.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Повышение механических свойств - одна из основных задач при выплавке сталей. Наиболее эффективным методом решения этой задачи является модифицирующая обработка расплава, влияющая на процесс кристаллизации и формирования структуры. В качестве модификаторов для обработки сталей (в том числе марганцовистых) используются добавки на основе щелочноземельных металлов (ЩЗМ). Ввод в состав стали кальций-барий-стронциевых карбонатов позволяет одновременно раскислить металл, изменить форму неметаллических включений, при этом ЩЗМ связывают примесные элементы, находящиеся в расплаве, а образующиеся пузырьки газа при разложении карбонатов способствуют удалению неметаллических включений. Двух стадийный ввод модифицирующей присадки в печь в конце восстановительного периода и в ковш при его заполнении позволяет повысить механические и эксплуатационные свойства. Использование модификаторов позволяет улучшить структуру, улучшить форму неметаллических включений, уменьшить размер отдельного включения, измельчить структуру.

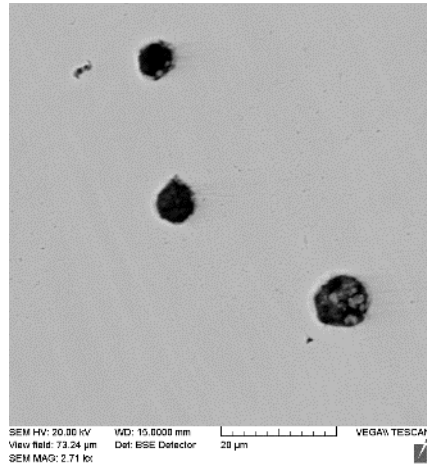
Из образцов марганцовистой стали 110Г13Л (с модифицирующей обработкой расплава карбонатами щелочноземельных металлов и без нее) были изготовлены небольшие шлифы без травления для изучения неметаллических включений, с определением их химического состава на электронном микроскопе при больших увеличениях.

Исследование шлифов также осуществлялось с использованием рентгенофлуоресцентного микроанализатора INCA 350 сканирующего электронного микроскопа Vega II LMU и детектора сканирующего электронного микроскопа – BSE. Данный детектор позволяет качественно различать частицы образца с разным химическим составом – более темные участки имеют малый атомный номер в периодической системе элементов, более светлые – большой атомный номер. Обработка полученных результатов проводилась с использованием программного обеспечения, поставляемого совместно с рентгенофлуоресцентным микроанализатором INCA 350 (рисунок 1).





а



б

а – без модифицирования; б – модифицирование карбонатами  
щелочноземельных металлов

Рисунок 1 – Неметаллические включения х 3000

Исследование шлифов при больших увеличении показало, что модифицирование привело к уменьшению размеров неметаллических включений и изменению их формы. Без модифицирующей обработки неметаллические включения представляют собой конгломерат из большого числа остроугольных мелких включений. Модифицирование переводит форму неметаллических включений в шаровидную, отдельные мелкие остроугольные включения отсутствуют. На рисунке 2 показаны неметаллические включения без модифицирования, а в таблице 1 их химический состав.

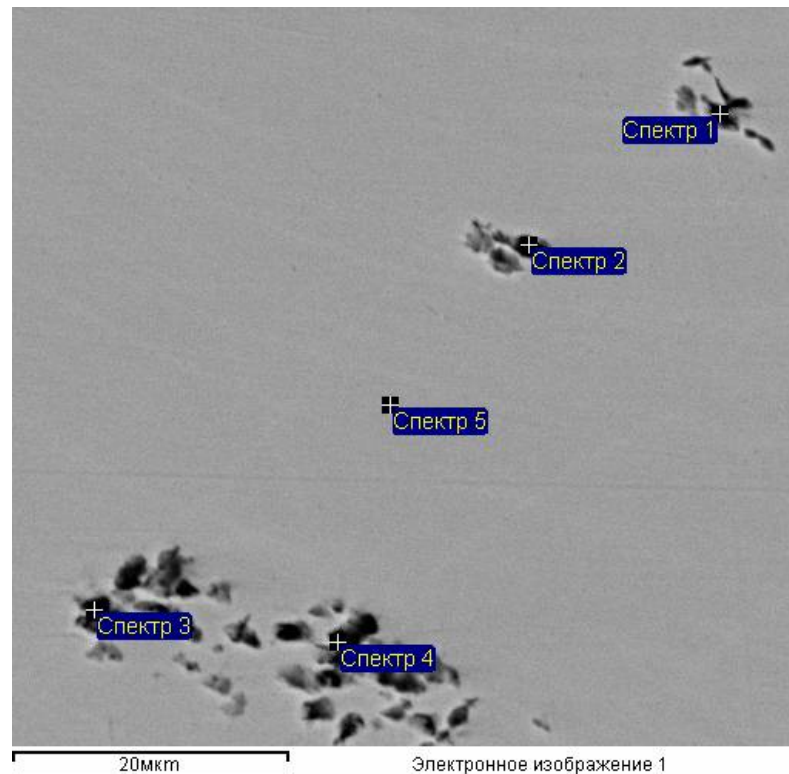


Рисунок 2 – Неметаллические включения без модифицирования

Таблица 1 – Химический состав неметаллических включений без модифицирования

Спектр	O	Si	P	S	Ca	Cr	Mn	Fe	Итого
Спектр 1	5.80	9.54	0.18	0.21	0.09	0.56	11.27	72.35	100.00
Спектр 2	7.14	0.60	0.11	0.35	0.17	0.67	11.61	79.35	100.00
Спектр 3	10.63	0.70	0.19	0.22	0.58	0.85	11.28	75.53	100.00
Спектр 4	9.80	0.71	0.24	0.31	0.36	1.66	11.24	75.69	100.00
Спектр 5		0.59	0.03	0.05		0.43	13.31	85.59	100.00

Включения, образующиеся без модифицирования, представляют собой конгломерат из примесей оксидов алюминия, титана, марганца и железа. На рисунке 3 показаны неметаллические включения после модифицирующей обработки, а в таблице 2 их химический состав.

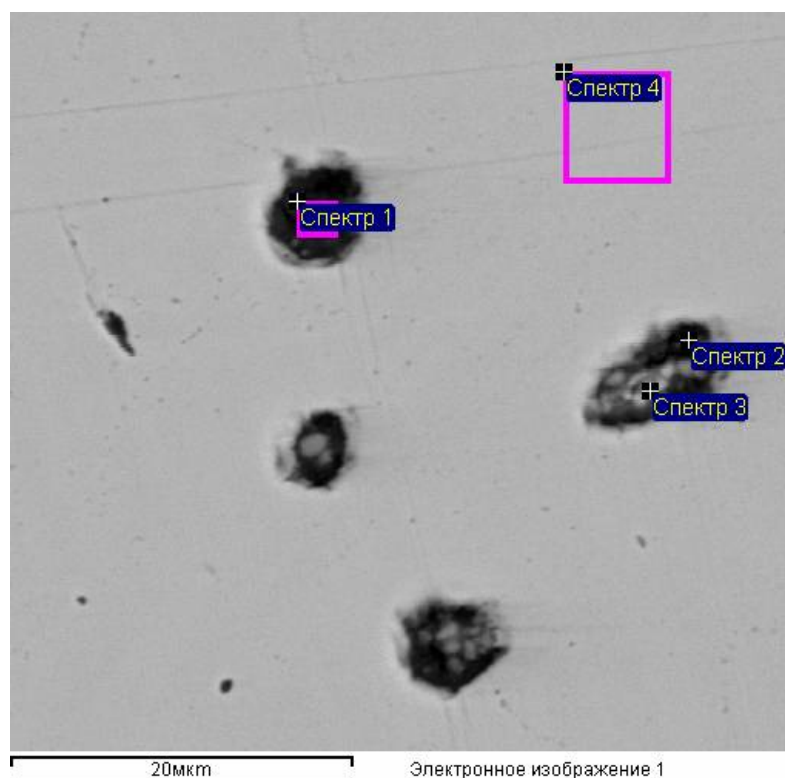


Рисунок 3 – Неметаллические включения после модифицирования

Таблица 2 - Химический состав неметаллических включений после модифицирования

Спектр	O	Al	Si	P	S	Ca	Cr	Mn	Fe	Sr	Ba
Спектр 1	13.12	0.53	1.44	0.34	0.23	1.91	1.41	9.72	70.84	0.18	0.28
Спектр 2	7.16	--	0.88	0.21	0.19	1.69	3.37	9.70	76.38	0.22	0.21
Спектр 3	12.02	--	1.21	0.23	0.50	3.46	1.08	10.29	70.21	0.39	--
Спектр 4	--	--	0.71	0.09	0.05	--	0.39	14.28	84.49	--	--

Включения, образующиеся после модифицирования, представляют собой отдельные округлые включения из оксидов марганца, железа в своем составе дополнительно содержащие барий, кальций, стронций из модификатора.

Наиболее благоприятными с точки зрения повышения механических и эксплуатационных свойств металла являются неметаллические включения, которые при

формировании из расплава приобретают преимущественно сферическую форму (глобули). Для этого проводится первичное модифицирование, на зеркало металла, и вторичное, при выпуске металла в ковш. Вторичное модифицирование осуществляется на желобе печи в количестве 50% (от всего количества модификатора) и в ковше в количестве 50%. Модифицирование проводится модификатором L-cast разных фракций. Как показала оценка механических свойств и структуры отливок, полученных при использовании смесового комплексного раскислителя (РКС) и модификатора L-cast возможно получение более высоких механических свойств, лучшей структуры и глобулярной формы неметаллических включений.

## Изучение возможности обогащения пылевидных железоцинкосодержащих отходов систем газоочистки способом гидрометаллургии

Студенты гр. 10405119 Федорович Д.С., Логонюк И.И.,  
гр. 10403121 Смирнов Д.П., Якубов М.М.  
Научные руководители Урбанович Н.И., Барановский К.Э.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Решение проблемы отходов производства является приоритетным направлением деятельности в области ресурсосбережения и охраны окружающей среды. В процессе производственной деятельности металлургического и литейного производства в Республике Беларусь образуется большое количество разнообразных отходов, многие из которых являются ценными вторичными ресурсами. К ценным вторичным ресурсам, например, можно отнести такие отходы, как железосодержащие пыли газоочисток электросталеплавильных печей. Следует отметить, что аспирационная пыль сталеплавильных печей содержит в своем составе цветные металлы, в частности, цинк из-за применения в составе шихты значительной доли оцинкованного лома. Такие пыли из-за высокого содержания цинка, которое может достигать от 10 до 40 %, а также их тонкодисперсности весьма проблематично использовать в качестве шихты для переплава в сталь, так как это приведет к нарушению технологического цикла.

Основной целью обогащения железоцинкосодержащих отходов металлургического производства является извлечение содержащегося в них железа с получением железорудного концентрата.

В настоящее время разработано и эффективно используется много способов извлечения ценных элементов из пыли сталеплавильных печей с содержанием цинка не менее 10 %. Эти способы можно разделить на гидрометаллургические и пирометаллургические. Гидрометаллургические – направлены на выщелачивание цинка, свинца и других примесей цветных металлов в раствор, а затем их извлечение путем электролиза [1]. Выделяют при гидрометаллургической технологии кислотное и щелочное выщелачивание. Щелочной метод требует применение повышенных температур (100 °С), при этом происходит избирательное извлечение цинка, свинца и др. цветных металлов в раствор, но зато щелочной метод не обеспечивает извлечение цинка из ферритной формы цинка. Твердый остаток, состоящий в основном из оксидов железа и ферритов цинка, высушивают, окомковывают с углем и вводят в шихту дуговой печи. Кислотные методы позволяют извлечь даже очень стойкие соединения, такие как ферриты цинка. Одним из самых распространенных растворителей гидрометаллургии является серная кислота [2].

Для обогащения железосодержащих отходов плавильных печей изучали возможность использования гидрометаллургического способа. Опробование данного способа обогащения проводили на плавильной пыли от индукционной печи, проба которой была взята на УПП «Универсал-Лит», г. Солигорска. Определение химического состава пыли осуществляли методом сканирующей электронной микроскопии с электронно-зондовым химическим анализом. Результаты химического состава пыли индукционной печи, представленные в таблице 1, показали высокое содержание в ней цинка.

Таблица 1 – Содержание основных элементов в плавильной пыли

Содержание основных элементов						Источник пыли	Размер частиц, мкм
№ п/п	Fe	Si	O	Mn	Zn		
1	31	22	7	16	11	Индукционная печь	0,2–3

Так как одним из самых распространенных растворителей гидрометаллургии является серная кислота, в данной работе для обогащения плавильной пыли использовали её 20 % раствор. Вычисление количества серной кислоты, необходимого для растворения данных химических элементов, исключив из расчета оксид кремния, так как он стоек к кислотам, проводили в соответствии с законом эквивалентов. Выщелачивание осуществляли в течение 1 часа, после чего полученный раствор осаждали в растворе щелочи с образованием осадка (преципитата). На рисунке 1 показан полученный преципитат после отстаивания его в течение 24 часов в натриевой щелочи.



Рисунок 1 – Преципитат после отстаивания его в течение 24 часов в натриевой щелочи

Результаты химического анализа показали, что данный метод позволил извлечь порядка 80 % цинка, но в раствор перешло и частично железо.

Таким образом, результаты исследования по применению кислотного метода выщелачивания железозинксодержащей пыли раствором серной кислоты показали, что одинаково интенсивно протекает растворение и железа, и цинка. Очистка таких растворов от железа дорогостоящий и проблематичный процесс и требует специального оборудования.

В связи с этим представляет интерес в дальнейшей работе изучение пирометаллургического метода обогащения с последующей отгонкой цинка из железозинксодержащих отходов, образованных в результате пылегазоочистки плавильных печей.

#### Список использованных источников

1. Снурников, А.А. Гидрометаллургия цинка: учебник / А.А. Снурников. – М.: Metallurgy, 1981. – 384 с.
2. Оустадакис П., Тсакиридис П.Е., Катслапи А., Агатзини-Леонардоу С. Гидрометаллургический процесс извлечения цинка из пыли электродуговой печи (ПЭДП), Часть 1: Характеристика и выщелачивание разбавленной серной кислотой // Журнал опасных материалов. 2010. №179. С. 5 – 8.

**Контроль влажности в электродуговых печах  
с использованием технологии EFSOP®**

Студенты гр. 10405119 Раков И.Г.,  
Бусел А.А., Рудик А.Г.

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

В настоящее время доля электростали в её мировом производстве составляет примерно 30 %. Для увеличения мощности электродуговых печей и их производительности в конструкции крупнотоннажных печей широко используются водоохлаждаемые элементы свода и стенок, что повышает вероятность попадания влаги в рабочее пространство печи. Поэтому необходимы соответствующие системы контроля, повышающие безопасность труда путём выявления аварийных ситуаций, связанных с избыточной влажностью в печи, и подачи специального сигнала в режиме реального времени для предупреждения аварии при возникновении подобных ситуаций.

Технология EFSOP® [1] основана на системе контроля отходящих из ДСП газов через заслонку с четырьмя отверстиями, обеспечивая контроль хода процесса плавки и работы инжекторной горелки. Анализ отходящих газов в режиме реального времени позволяет операторам плавильного агрегата лучше понять, оценить и управлять ходом процесса в печи, изменяя расположение в печи фурмы и расход кислорода в ней. Система контроля влажности доказала способность определять избыточную влажность в печи, связанную как с попаданием в неё снега с загрузочной корзины, так и с утечками воды из водоохлаждаемых панелей [1]. При фиксировании избыточной влажности система подаёт сигнал о возникновении аварийной ситуации. Определена минимальная доля ложных аварийных сигналов, которая приемлема для операторов промышленных печей.

Система отбирает пробы отходящего газа, анализирует их на содержание  $O_2$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $H_2$  и определяет оптимальные установочные точки с помощью специальной программы SCADA. Параметры оптимальных установочных точек, рассчитанные SCADA, поступают в программируемые логические контроллеры (PLC), которые осуществляют динамическое регулирование печи. В программном обеспечении HMI/SCADA происходит оценка полученных данных и определение оптимальных установочных точек (режимов работы) для оборудования печи (горелок, инжекторов, позиции заслонок и т.д.) для замкнутой цепи динамического регулирования [1].

Методика измерения влажности по результатам анализа отходящих газов не является на 100 % эффективной при определении избыточной влажности, утечек воды или взрывоопасных ситуаций. Конструкция системы предусматривает возможность подачи сигнала тревоги в случае создания условий избыточной влажности в печи, вызванных попаданием большого количества дождя или снега в садку шихты, при утечке воды из водоохлаждаемых панелей или при попадании в шихту большого количества замасленного оборотного металлолома. Избыточный уровень содержания влаги оценивают по уровню содержания водорода и по соотношению водород/монооксид углерода. Вода участвует в реакциях окисления, например, в превращении  $CO$  в  $CO_2$  или в превращении железа в оксид железа. В ходе этих окислительных реакций высвобождается водород, и концентрация его повышается. Вызванное наличием воды окисление  $CO$  в  $CO_2$  приводит к увеличению соотношения водород/монооксид углерода. В типовой плавке будет наблюдаться изменение концентрации водорода и соотношения  $H_2/CO$  [1]. Характер этого изменения одинаковый для

многочисленных плавков с аналогичным тепловым профилем горелок и одним и тем же составом шихты.

Система определения избыточной влажности EFSOP® – это многоуровневая система выявления аварийных ситуаций, которые сигнализирует о вероятности аварии, связанной с изменением влажности. Она включает три уровня тревоги, которые зависят от длительности аварийных условий в ходе плавки или расплавлении садки шихты (калькулятивных измерений концентрации  $H_2$  или  $H_2/CO$ ). Пользователь системы может определять и задавать длительность аварийных условий в процентах от времени работы печи под нагрузкой, при которой включается сигнал в среднем или высоком уровне аварийной опасности. Сигнал об аварийной угрозе низкого уровня включается при любой ненулевой длительности этих условий.

Система EFSOP® проявила себя надежным помощником операторов электродуговых печей при внедрении автоматизированного управления процессом плавки.

#### **Список использованных источников**

1. Мистри, С. Выявление повышенной влажности в электродуговых печах: результаты промышленного использования и преимущества технологии EFSOP® / С. Мистри, М. Хан // МРТ. Metallургическое производство и технология металлургических процессов - 2013. - № 1. - С. 18-26.

## УДК 628.5

### Технология HISARNA – пример «зеленой» технологии в металлургии

Студенты гр. 10405319 Авчинникова М. Д.,  
Мозгов А. А., Ерошевич П. А.  
Научные руководители Немененок Б. М., Румянцева Г. А.  
г. Минск

Сталь является важнейшим материалом современного общества, и в дальнейшем ожидается рост ее потребления по мере увеличения в мире численности населения и развития урбанизации. В случае отсутствия альтернатива производству стали из железной руды, выбросы CO<sub>2</sub> в металлургической промышленности увеличатся на 25 % [1].

Компания Tata Steel (Нидерланды) предложила новую технологию получения стали, позволяющую в будущем сократить выбросы CO<sub>2</sub> металлургическими предприятиями как минимум на 20 %. Новая технология способна внести серьезные изменения с металлургическое производство, повысить его стабильность и улучшить экологические показатели. Данная разработка по своей значимости приравнивается экспертами к непрерывной разливке стали, внедренной в 20 веке.

HIsarna – это совершенно новая технология получения чугуна, базирующаяся на использовании реактора, в который загружается сверху железная руда в порошкообразном виде. В высокотемпературном циклонном конвертере руда переходит в жидкую фазу и стекает на дно реактора, куда вдувается порошок угля. Такая технология позволяет значительно сократить число энергоемких переделов, характерных для традиционной выплавки стали.

Опытные плавки подтвердили возможность значительного снижения совокупного объема выбросов CO<sub>2</sub> в процессе металлургического производства. При проведении опытных плавки с использованием скрапа и биомассы, установлено, что в этом случае возможно снижение выбросов CO<sub>2</sub> более чем на 50 %. Технология HIsarna позволяет уменьшить выбросы CO<sub>2</sub> и энергопотребление несколькими путями, в том числе и за счет использования в шихте железной руды и порошкообразного угля, что не требует подготовительных операций на установках для получения кокса, агломерата и окатышей [2]. Эксперименты на реакторе HIsarna с использованием скрапа показали, что до 53 % шихтовых материалов может составлять металлический скрап, что уменьшает расход шихтовых материалов по сравнению с доменным процессом.

По мнению разработчиков, технология HIsarna имеет хорошие перспективы как альтернатива доменному производству, требующего предварительной подготовки шихтовых материалов (железной руды и коксующихся углей) для получения агломерата или окатышей и кокса.

Технология HIsarna была предложена горнодобывающей компанией Rio Tinto, но циклонный конвертер (верхняя часть установки) был разработан компанией Tata Steel, а плавильный газификатор Hismelt (нижняя часть установки) создан компанией Rio Tinto. Компания Tata Steel является полным патентовладельцем на процесс HIsarna.

Данная технология базируется на использовании реактора, температура во всем объеме, которого выше температуры плавления железа, поэтому вдуваемая в реактор железная руда мгновенно расплавляется с образованием жидкого чугуна. Образующиеся в конвертере в процессе плавления газы также имеют высокую температуру, а в верхней части реактора (циклона) происходит дальнейшее повышение температуры после добавления чистого кислорода, который вступает в реакцию с присутствующим монооксидом углерода.

Турбулентность, возникающая в циклонном конвертере, обеспечивает продолжительный контакт между горячими газами и расплавленной рудой, вдуваемой сверху. Отходящие из установки HIsarna газы почти на 100 % состоят из CO<sub>2</sub>, поэтому появляется



возможность их полного сбора и дальнейшего использования. Еще одним преимуществом данного процесса можно считать уменьшение выбросов пыли тонких фракций, а также диоксида серы и оксида азота.

#### **Список использованных источников**

1. HYBRIT: металлургическое производство без использования природного топлива в Швеции // МРТ. Металлургическое производство и технологии. – 2018. – № 2. – С. 8-11.

2. Новая технология HIsarna компании Tata Steel повышает надежды на более экологическое металлургическое производство // МРТ. Металлургическое производство и технологии. – 2019. – С. 36-39.

## УДК 669.131.7

### Получение слитков из износостойкого хромокремниевого чугуна для защитных покрытий

Студенты гр.10405119 Хорольский П.Д. Раков И.Г. Бусел А.А.  
Научный руководитель – Шейнерт В.А. А.Г.Слуцкий  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Для нанесения защитных покрытий многофункционального назначения с использованием высокоэнергетических тепловых потоков (плазма, лазер) используются различные составы износостойких материалов, содержащих в том числе тугоплавкие металлы.

Главным критерием применимости материала в качестве покрытия является возможность перевода его частиц в расплавленное или высокопластичное состояние и последующая деформация их при встрече с подложкой. Высокие температуры в сочетании с возможностью широкого регулирования состава струи (инертная, восстановительная, окислительная) и скорости ее истечения обеспечивают большое разнообразие материалов, напыляемых газотермическими методами, - от самых тугоплавких металлов, оксидов, карбидов и т.п. до пластмасс.

Практический опыт применения газотермических покрытий, накопленный за последние 20-30 лет в различных отраслях промышленности показывает, что таким путем можно, как правило, в 2-5 раз уменьшить износ деталей машин, эксплуатируемых в самых разных условиях, а также эффективно восстанавливать изношенные детали [1].

Средний размер частиц порошков для газотермического напыления и широта диапазона используемой фракции являются одной из важнейших характеристик материал. Известные в настоящее время способы получения порошков для газотермического получения покрытий делятся на две группы: первичные (формирование исходно частицы порошка) и вторичные (модифицирование полученного исходного порошка в тех случаях, когда использование его позволяет получить покрытие с заданным комплексом свойств)

Другим распространенным способом получения порошков для напыления является механическое измельчение (дробление) компактных материалов. Этот способ применим для хрупких металлов и сплавов, природных минералов, отходов металлургической и металлообрабатывающей промышленности. Такими материалами могут быть высокохромистые износостойкие чугуны [1].

Механическое измельчение осуществляют в барабанах, молотковых, вибрационных и других мельницах. При этом получают так называемые осколочные порошки с частицами неправильной угловатой формы.

Целью настоящей работы является исследование технологических особенностей плавки износостойких хромокремниевых чугунов и изготовление на их основе слитков, легко поддающихся измельчению и размолу до требуемой фракции.

В ранее выполненных работах показана реальная возможность получения таких слитков металлотермическим восстановлением легирующих элементов из оксидной фазы [2-3].

В качестве основного материала для получения слитков использовался высокоуглеродистый сплав, предварительно выплавленный в индукционной тигельной печи ИСТ006 из шихты на основе ваграночного чугуна и карбюризатора. Разливка расплава осуществлялась через специальный металлоприемник в бассейн с холодной водой. Химический анализ полученной дроби показал следующие результаты: С-4,02%; Si-1,25%; Mn-0,24; P-0,095; S-0,096; В дальнейшем на базе этого сплава, на высокоскоростной индукционной печи (инверторе) выплавливали специальный износостойкий хромо-кремниевый

чугун. В качестве дополнительных шихтовых и легирующих материалов использовали: стальной лом, хром металлический Хр1, кремний кристаллический Кр1 из расчета получения в готовом сплаве: С-3,3%; Si-5%; Mn-0,3%; Cr-16%. На рисунке 1 представлены фотографии шихтовых материалов.

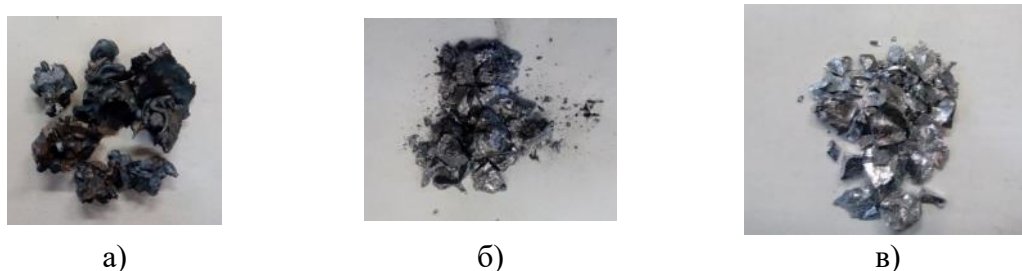


Рисунок 1 – Шихтовые материалы для плавки хромосилицистого чугуна:  
а – синтетический чугун; б – кремний кристаллический; в – хром металлический

На рисунке 2 (а, б, в, г) представлены основные этапы плавки и разливки хромосилицистого чугуна. Вначале в графито-шамотном тигле расплавляли навеску синтетического чугуна (а) затем вводили расчетное количество металлического хрома и кристаллического кремния (б). После растворения присадок сплав перегревали и осуществляли его разливку в холодный металлический кокиль (в) с получением слитков в виде пластин размером 2х4х150мм. Затем отливалась проба на химический анализ (г).



Рисунок 2 – Этапы плавки и заливки хромосилицистого чугуна:  
а – расплавление основной шихты; б – доводка по химическому составу; в – разливка в металлическую форму (кокиль); г-заливка пробы на химический анализ

В дальнейшем полученные слитки (рисунок 3) подвергались дроблению и размолу по методике, описанной в работе [4-5].



а)



б)

Рисунок 3 – Металлическая форма (а) и готовые слитки хромосилицевого чугуна (б )

Установлено что, полученный сплав плохо поддаётся дроблению и дисперсный порошок требуемой фракции из него получить оказалось проблематично. В этой связи, произвели корректировку состава чугуна по кремнию, увеличив его концентрацию до 10%. Это обеспечило получение более хрупкого материала, что подтвердили результаты дробления и размола (рисунок 4,5).



а)



б)

Рисунок 4 – Результаты дробления и размола хромосилицевого чугуна (10% кремния):

а) – фракция  $>0,315$  мм после размола; б) – фракция  $<0,315$  мм, после отсева.

В дальнейшем порошок фракции менее 0,315 мм подвергался последующему ситовому анализу с использованием более мелких ячеек.



а)



б)

Рисунок 5 – Порошок хромосилицевого чугуна после более мелкого отсева на фракции:

а) – менее 0,1 мм; б) – 0,1-0,3 мм

Исходная навеска предварительно дробленного чугуна составляла 315 г. Использовались шары диаметром 8, 25, 40 мм и весом 2,6 кг, а время помола составляло 5 минут. Получены следующие результаты: фракция менее 0,315 – 25 г, более 0,315 – 290 г. Затем фракцию более

0,315мм измельчали еще 15 минут и получили следующий результат: менее 0,315 – 52,3 г, более 0,315 – 238 г.

На последнем этапе продолжительность размола оставшейся фракции размером более 0,315мм составляла 40 минут. Получено 73 г порошка фракции менее 0,315 мм. Итого за весь цикл размола получено 150 г, что составляет примерно 50% от веса дробленого чугуна. Полученные образцы порошка хромкремниевого чугуна переданы для испытаний при нанесении защитных покрытий газопламенным напылением.

Таким образом проведенные экспериментальные исследования показали реальную возможность получения порошков их хромкремниевого чугуна для нанесения защитных покрытий с использованием метода литья.

### **Список использованных источников**

1. Борисов, Ю.С. Газотермические покрытия из порошковых материалов / Ю.С. Борисов, Ю.А. Харламов, С.Л. Сидоренко, Е.Н.Ардатовская. – Киев: Науковая думка, 1987. – 543 с.

2. Энерго- и ресурсосберегающие процессы получения лигатур на основе молибдена, хрома и марганца / А.Г. Слуцкий [и др.] // *Металлургия: Республиканский межведомственный сборник научных трудов.* – 2018. – № 39. – С. 1-15.

3. Слуцкий, А.Г. Энергосберегающая технология получения лигатур на основе молибдена / А.Г. Слуцкий, А.С. Калиниченко, В.А. Шейнерт // *Литье и металлургия.* – 2014. – № 2. – С. 91-94.

4. Слуцкий, А.Г. Способы получения износостойких материалов для защитных покрытий с использованием литейно-металлургических методов / А.Г. Слуцкий, Н.В. Зык, В.А. Шейнерт, И.А. Касперович, Е.А. Малышко // *Металлургия: Республиканский межведомственный сборник научных трудов в 2 ч.* – Минск: БНТУ, 2021. – Вып. 42 с.216-225.

5. Хорольский, П.Д. Способы получения износостойких порошковых материалов для защитных покрытий с использованием плазмы и лазера / Хорольский П.Д., Раков И.Г. В.А. Шейнерт // *Новые материалы и технологии их обработки: материалы XXII Респ. студ. научн.-техн. конф., Минск, 21-22 апреля 2021 г. / Белорус. нац. техн. ун-т: ред. кол.: И.А Иванов [и др.].* – Минск, 2021. – С. 21-25.

**УДК 621.745.669.13**

**Подбор сплавов на основе черных и цветных металлов для получения неравновесных, метастабильных структур методами высокоскоростной кристаллизации.**

Студенты гр.10405119 Хорольский П.Д. Рудик А.Г.  
гр. 10405321 Кондратьев Е.И.  
Научный руководитель – Шейнерт В.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Ранее выполненные исследования [1-2] показали, что использование быстроохлажденных частиц с неравновесной структурой в качестве армирующего материала позволяет заметно повысить физико-механические свойства композитов различного назначения.

Быстроохлажденные материалы можно получать различной формы волокон (нитевидная, ленточная, лепестковая) в зависимости от конструктивных особенностей литейных установок. Это позволяет не только модифицировать структуру литых заготовок, приближая ее к строению композитов, но и использовать их для формирования композиционных материалов с матрицей на основе полимеров и керамики. Важным аспектом является выбор составов сплавов, способных к образованию метастабильных и неравновесных структур в процессе скоростной кристаллизации. Из многих возможных вариантов выбраны наиболее распространенные промышленные сплавы на алюминиевой, медной и железной основе с широкими областями твердых растворов, выраженными эвтектиками типа металл-металл и металл-металлоид которые при скоростном затвердевании из жидкой фазы за счет глубокого переохлаждения расплава обеспечат формирование неравновесных, метастабильных структур, вплоть до аморфного состояния. С этой целью был проведен анализ диаграмм состояния сплавов на основе меди, алюминия и железа[3].

На основании анализа равновесных диаграмм состояния двухкомпонентных металлических систем были отобраны двойные и тройные сплавы, перспективные для получения метастабильных структур способами закалки из жидкого состояния. Выбор композиций обуславливался наличием на диаграммах областей твердых растворов, выраженных эвтектик и высокотемпературных перитектических реакций с участием жидкой фазы. Например анализ диаграммы состояния системы железо – кремний (Fe-Si) показывает ( рисунок 1), что широкие области твердых растворов, а также области твердых растворов с переменной концентрацией в зависимости от температуры, резкое изменение растворимости компонентов в твердом состоянии, стремящееся к нулю при комнатной температуре, глубоко выраженные эвтектики, высокие перитектики с широким интервалом гомогенности позволяющие получить эффект дисперсионного твердения при пониженных температурах при концентрации кремния в сплаве не превышающей 20%.

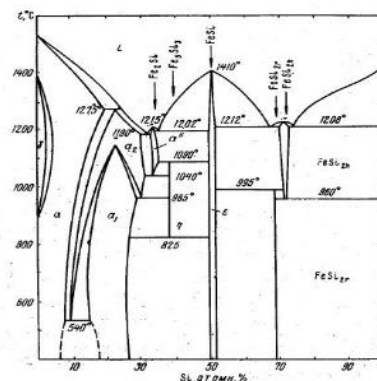
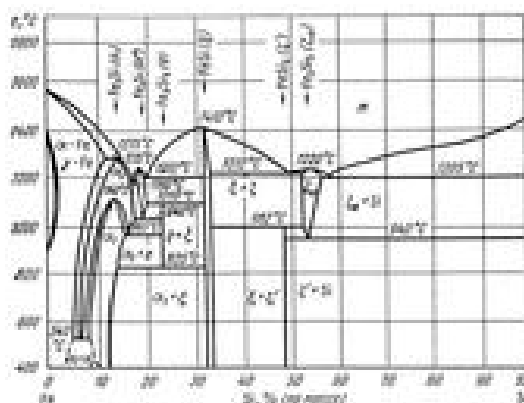


Рис. 5. Наиболее поздний вариант диаграммы состояния системы железо-кремний [54]

Рисунок 1. Диаграмма состояния железо-кремний. [3]

В таблице 1 представлены перспективные сплавы, для получения метастабильных структур при скоростной кристаллизации.

Таблица 1. Сплавы на основе алюминия, меди и железа с рекомендованным концентрационным интервалом по легирующему компоненту.

Система	Концентрационный интервал по легирующему компоненту в % по массе
алюминий - бор	0 - 5
алюминий – кремний	0 – 30
алюминий – хром	0 – 30
алюминий – медь	0 – 50
алюминий – железо	0 – 30
алюминий – магний	0 – 35
алюминий – марганец	0 – 30
алюминий – никель	0 – 95
алюминий – олово	0 – 1
алюминий – титан	0 – 10
алюминий - цинк	0 - 100

Сплавы на основе меди

Система	Концентрационный интервал по легирующему компоненту в % по массе
медь – алюминий	0 – 50
медь - хром	0 – 10
медь – железо	0 – 10
медь – магний	0 – 35
медь - марганец	0 – 30
медь – никель	0 – 50
медь – фосфор	0 – 15
медь – свинец	0 – 35
медь – сурьма	0 – 32
медь – кремний	0 – 30
медь – олово	0 – 30
медь – титан	0 – 60

медь - ванадий	0 – 5
медь – цинк	0 – 100
медь - кальций	0 - 12

#### Сплавы на основе железа

Системы и типы	Концентрационный интервал по легирующему компоненту в % по массе
Железо – алюминий	0 – 25
Железо – алюминий - углерод	0 – 30 алюминий; 0 – 3 углерод
Железо – бор	0 – 8
Железо – бор - углерод	0 – 8 бор; 0 – 4 углерод
Железо – фосфор	0 – 10
Железо – фосфор - углерод	0 – 10 фосфор; 0 – 4 углерод
Железо – сурьма	0 – 50
Железо – сурьма - углерод	0 – 50 сурьма; 0 – 4 углерод
Железо - кремний	0 - 20
Стали с метастабильным аустенитом («МАС») типа X12, Г13 и подобные	12 хром; 13 марганец; 1 -2 углерод
Легируемые чугуны: хромистые, никелевые, марганцевые, ванадиевые	5 – 30 хром; 5 – 35 никель; 5 – 35 марганец; 5 – 12 ванадий

Таким образом определены концентрационные интервалы двойных промышленных сплавов перспективных для реализации эффектов метастабильного состояния в волокнах, полученных способами высокоскоростной кристаллизации для разрабатываемых композиционных материалов на различных основах.

#### Список использованных источников

1. Получение литой стабильной фибры для армирования бетонных конструкций в лабораторных условиях / В.А. Шейнерт [и др.] // Металлургия: Республиканский межведомственный сборник научных трудов. – 2016. – № 37. – С. 132-136.
2. Технология получения быстроохлажденных гранул из сплавов на основе железа / А.С. Калиниченко [и др.] // Металлургия: Республиканский межведомственный сборник научных трудов. – 2016. – № 37. – С. 85-89.
3. Диаграммы состояния двойных металлических систем: Справочник: В 3 т.: / под общ. ред. Н.П.Лякишева – М.: Машиностроение, 1996,-992с.



**Анализ влияние состава исходного расплава на качественные характеристики чугуна с шаровидным графитом.**

Студенты: гр.10405119 Бусел А.А.  
гр. 10405220 Горский Г.А. гр.10405321 Гуренок Е.В.  
Научные руководители – Слуцкий А.Г. Зык Н.В.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Отличительной особенностью высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ) являются его высокие механические свойства, износостойкость и хорошие коррозионную стойкость, теплостойкость, жаростойкость, хладостойкость, антифрикционные свойства и обрабатываемость, что позволяет его использовать взамен углеродистой стали, серого и ковкого чугунов.

Наиболее важным для механических свойств ВЧШГ является получение графита правильной шаровидной формы, которая зависит от ряда факторов (состав металла, условия модифицирования, шихтовые материалы и прочие условия плавки), но в первую очередь она связана с содержанием остаточного Mg, Ce или других сфероидизаторов. Значительное влияние на форму кристаллизующегося графита оказывает также скорость охлаждения отливок: чем больше скорость, тем правильнее шаровидная форма графита. Кроме того, при этом уменьшаются размеры графита (примерно до 50 мкм); при средней скорости охлаждения, размер графита получается около :100 мкм; при малой скорости (в массивных отливках)– достигает 400–500 мкм. [1-2].

Состав металла является одним из основных факторов, определяющих механические свойства ВЧШГ. Углерод в ВЧШГ, в противоположность СЧ, не надо поддерживать на низком уровне для получения высоких механических свойств. Наоборот, он обычно выдерживается для высоких марок в пределах 3,2–3,6%, что облегчает процесс получения металла, повышает литейные свойства чугуна и в то же время не влияет отрицательно на его механические свойства, как это имеет место при пластинчатом графите.

Кремний оказывает значительное влияние как на структуру, так и на механические свойства ВЧШГ, и практически регулирование количества феррита в ВЧШГ в сыром состоянии осуществляют подбором содержания кремния в металле. При содержании 3,0–3,3% кремний способствует получению устойчивой ферритной структуры в сыром состоянии; однако пластичность чугуна при этом все-таки понижается, и при количестве кремния свыше 3,5% он способствует появлению хрупкости, даже при обычном содержании марганца и фосфора. Поэтому с точки зрения пластичности оптимальная его концентрация 2,0-2,4%, а для получения чистого феррита применять термическую обработку. [2].

Марганец оказывает на структуру ВЧШГ влияние, противоположное влиянию кремния, уменьшая количество феррита и увеличивая количество перлита, в связи с чем повышается предел прочности и понижается относительное удлинение. Поэтому для получения высокой пластичности содержание марганца не должно превышать 0,4%, что сокращает, а иногда вообще исключает термическую обработку. Когда же некоторое количество перлита в литой структуре допустимо, как это имеет место в большинстве случаев на практике, количество Mn может находиться в пределах 0,4–0,8%; но для снижения порога хладноломкости следует допускать содержание марганца не выше 0,3%. [2].

Фосфор оказывает весьма существенное влияние на структуру и свойства ВЧШГ, понижая удлинение и ударную вязкость; поэтому его содержание не должно превосходить 0,1% и даже, если возможно, должно быть ниже, особенно в толстостенных отливках, где

широко развивается его ликвация. Если же высокое удлинение в чугунах не обязательно, содержание Р может быть повышено до 0,12–0,15%. [2].

Содержание серы в исходном жидком чугунах до модифицирования должно находиться на низком уровне (не выше 0,02% или даже ниже), так как оно затрудняет процесс модифицирования и получение ШГ и понижает механические свойства ВЧШГ вследствие образования сфероидизаторами сульфидов. [5].

Медь в количестве более 2,0% препятствует образованию ШГ, а при наличии Ti 0,04% даже при 1% Cu образуется ПГ. Кроме того, Cu уже в количестве 1,0–1,6% приводит к образованию перлита, повышая прочность чугуна и понижая его пластичность. [2].

Алюминий, подобно меди, оказывает вредное влияние на ВЧШГ, способствуя образованию ПГ уже при содержании 0,2% и особенно при 0,25–0,6% и медленном охлаждении отливок. Одновременно значительно понижается относительное удлинение, несмотря на увеличение количества Fe. Однако при более совершенных методах модифицирования ШГ образуется в чугунах даже с более высоким содержанием Al. [2].

Никель и марганец в ВЧШГ при совместном легировании (до 2 и 3,5% соответственно) позволяют получать конструкционный чугун с повышенными значениями износостойкости и кавитационной стойкости. При содержании 3% Ni и 0,7% Mn ВЧШГ после нормализации и отпуска при 350–380° С имеет следующие механические свойства: предел прочности при растяжении = 100–135 кгс/мм<sup>2</sup>, предел прочности при изгибе = 150–195 кгс/мм<sup>2</sup> при HB 325–500 и, кроме того, хорошие износостойкость и эрозионную стойкость. [2].

Таким образом, сравнительно небольшое легирование Mn и Ni (а также Cr, Mo и Cu) дает возможность повысить не только механические свойства конструкционного ВЧШГ, но и некоторые его специальные свойства (сопротивление износу, коррозии, эрозии, ползучести и т. п.).

Магний и церий, применяющиеся как сфероидизаторы, обычно остаются в ВЧШГ в количестве не менее 0,03 и 0,02% соответственно, в противном случае графит кристаллизуется в шаровидной форме только частично, вследствие чего механические свойства чугуна понижаются. Однако излишне высокое остаточное содержание Mg и Ce приводит сначала к образованию цементита в сырой структуре, а затем к «перемодифицированию» (образованию пластинчатого графита). Поэтому остаточное содержание Mg и Ce не должно превосходить 0,08 и 0,05% соответственно [2].

Микропримеси, как уже указывалось, оказывают большое влияние на процесс модифицирования, а следовательно, и на свойства ВЧШГ. В большинстве случаев они препятствуют образованию ШГ и понижают свойства чугуна. Поэтому их содержание должно быть ограничено (%): Pb 0,009; Sn – 0,13; Sb – 0,026; Bi – 0,003; Ti – 0,04; Al – 0,3. [2].

Для стабильного получения высокопрочного чугуна необходимо обеспечить минимальную концентрацию серы и осуществить технологические операции, включающие сфероидизирующее и вторичное графитизирующее модифицирование.

При использовании традиционных шихтовых материалов в жидкий чугун вносится не > 0,04% серы, а остальная часть поступает из кокса при ваграночной плавке.

В практике производства ВЧШГ десульфурация осуществляется как в плавильных агрегатах (за счет наводки основного шлака) так и при внепечной обработке расплава. При этом обязательным условием, обеспечивающим снижение концентрации серы до 0,01 – 0,02% является перегрев чугуна до температуры не ниже 1480–1520°С, в противном случае резко снижается степень удаления серы, коэффициент использования реагентов, а также условия удаления продуктов реакции.

В качестве основных реагентов-десульфураторов применяют карбид кальция (CaC<sub>2</sub>), негашеная известь (CaO), соду (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) и др. На рисунке 1а представлен способ десульфурации, включающий продувку расплава чугуна (4) инертным газом (3) через пористую пробку (1) с одновременной подачей через дозатор (2) реагента. Одним из

вариантом является вращение ковша с жидким чугуном и одновременной подачей реагента (рисунок 1 б), либо использование специальной огнеупорной мешалки (рисунок 1 в). [1].

В мировой практике широко используется десульфурация чугуна продувкой инертным газом через пористую огнеупорную пробку. Этот метод позволяет в течении 1,5 -2,0 минут снизить исходную концентрацию серы на 85-90% при расходе реагента (корбида кальция) равному 10 кратному исходному ее содержанию. Для десульфурации больших масс чугуна (>3 тонн) очень эффективна обработка во встряхивающих ковшах.

В целом десульфурация сопровождается значительными потерями температуры, что вызывает необходимость дополнительного перегрева чугуна перед сфероидизирующей обработкой. Кроме того, требуется некоторое время для удаления продуктов реакции и шлака.

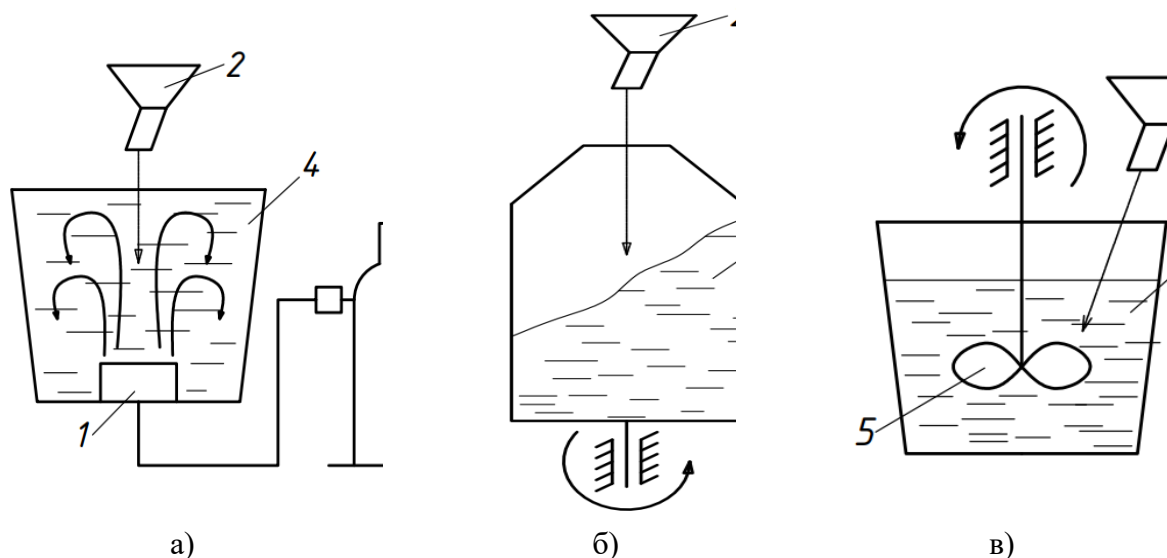
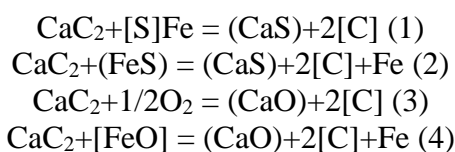


Рисунок 1. Способы десульфурации жидкого чугуна (а) продувка инертным газом, (б) вращением ковша с жидким чугуном, (в) с использованием специальной мешалки.

где: 1 - пористая пробка; 2 – дозатор для подачи реагентов; 3 – баллон с инертными газами; 4 – ковш с жидким чугуном; 5 – мешалка

Например, процесс десульфурации жидкого чугуна карбидом кальция протекает по следующим реакциям.



Степень десульфурации определяют по следующей формуле:

$$\eta = \frac{[\text{S}]_H - [\text{S}]_K}{[\text{S}]_H - 0,004} \cdot 100\%;$$

$\eta$  - степень обессеривания чугуна, %

$[\text{S}]_H$  и  $[\text{S}]_K$  - начальная и конечная концентрация серы в чугуне, %

0,004% не берет анализатор

Для расчета количества карбида кальция используют следующую формулу: [1].

$$q_{\text{CaC}_2} = \frac{\Delta S - 0,83 \cdot [\text{S}]_H + 0,0722}{0,0036};$$

где:  $q$  - расход  $\text{CaC}_2$  кг/т.  
 $\Delta S$  - количество удаленной серы;  
 $[S]_H$  - начальная концентрация серы

В лабораторных условиях были проведены экспериментальные исследования процесса десульфурации чугуна карбидом кальция. Плавка чугуна осуществлялась в графито-шамотном тигле емкостью один килограмм на высокоскоростной индукционной печи [3-4]. После расплавления шихты и перегрева жидкого чугуна вводили в металлической фольге навеску карбида кальция в количестве 16,4 г/кг сплава с учетом начальной концентрации серы 0,04% и конечной-0,02%. После тщательного перемешивания в течении определенного времени печь отключали, извлекали из зоны индуктора тигель с жидким чугуном и отливали пробу на химический анализ. На оставшемся чугуне провели сфероидизирующую и графитизирующую обработку и отлили клиновую пробу на отбел и цилиндрические образцы на микроструктуру и механические свойства. Величина добавки магнийсодержащей лигатуры на основе ферросилиция (ФСМг7) составляла 2,4% от веса жидкого металла, а графитизирующего гранулированного модификатора на основе алюминия с РЗМ – 0,1%.

Анализ полученных результатов показал, что концентрация серы в чугуне перед сфероидизирующей обработкой составила 0,022-0,024%, что близка к расчетной. Металлографический анализ показал наличие в структуре шаровидного графита по форме ШГф4-5, количество ШГ10, диаметр ШГд 25-45, распределение ШГр1. В изломе клиновой пробы отбел составил 2-3мм, что свидетельствует об эффективном графитизированном модифицировании. По механическим характеристикам полученный высокопрочный чугун соответствовал марке ВЧ 50.

Таким образом выполненный анализ литературных источников и экспериментальных данных подтвердил реальную возможность получения ВЧШГ на шихте, содержащую повышенную концентрацию серы при условии проведения предварительной десульфурации карбидом кальция с последующей сфероидизацией графитной фазы магнийсодержащей лигатурой. Это позволит более широко использовать собственную высокосернистую шихту и снизить себестоимость литья за счет отказа от импорта дорогостоящего доменного рафинированного чугуна.

#### Список использованных источников

1. Российская Ассоциация Литейщиков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ruscastings.ru/work/168/2130/2968/8460>. – Дата доступа: 06.04.2021.
2. Бестужев Н.И. Разработка технологического процесса внепечной обработки высокопрочного чугуна при внутриформенном модифицировании: автореф. дис. канд. техн. наук: / Н.И.Бестужев; Белорусский политехнический институт. – Минск, 1986. – 20 с.
3. Слуцкий, А.Г. Технологические особенности получения чугуна с шаровидным графитом / А.Г. Слуцкий, В.А. Шейнерт, И.А. Касперович, П.Д. Хорольский // *Металлургия: Республиканский межведомственный сборник научных трудов в 2 ч.* – Минск: БНТУ, 2021. – Вып. 42 с.173-180.
4. Слуцкий, А.Г. Особенности сфероидизирующего модифицирования высокопрочного чугуна лигатурами на основе меди / А.Г. Слуцкий [и др.]// *Литье и металлургия.* – 2016. – № 2 (83). – С. 110-115.

**Разработка рафинирующих флюсов для плавки  
алюминиевых сплавов и их отходов**

Студент гр. 10405319 Руленков А.Д.  
Научный руководитель Рафальский И.В.  
Белорусский национальный технический университет.  
Республика Беларусь, г.Минск

При плавке алюминиевых сплавов и их отходов широко применяют рафинирующие флюсы для защиты расплава от окисления в процессе плавки, дегазации и удаления неметаллических частиц, прежде всего, оксидов, с образованием при этом на поверхности расплава литейного шлака.

Эффективное рафинирование алюминиевого расплава обеспечивается при условии, что флюс должен хорошо смачивать неметаллические частицы и понижать межфазное натяжение на границе раздела «расплав – жидкий флюс» для коалесценции мелких частиц жидкого металла [1]. При этом в составе флюса целесообразно использовать недорогие, доступные, негигроскопичные компоненты, обеспечивающие возможность безотходной переработки образующихся отходов плавки.

Наибольшее распространение получили флюсы на основе хлоридов натрия и калия, такие соли обладают полной взаимной растворимостью в жидком и твердом состоянии. По отдельности NaCl и KCl имеют высокие температуры плавления - 801°C, 770°C соответственно. Эквимолярная смесь солей 44 % (мас.) NaCl – 56 % (мас.) KCl плавится при температуре 645°C, а плотность жидкого флюса при 700 - 800°C составляет около 1,5-1,6 г/см<sup>3</sup> (плотность алюминия 2,7 г/см<sup>3</sup>).

Для эффективного извлечения Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> из жидкого металла необходимо, чтобы флюс хорошо смачивал Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, а расплав не смачивал, для слияния капель алюминия при плавке в смесь хлоридов натрия и калия добавляют небольшое количество фтористых солей, например, широко применяются флюсы KCl 47%; NaCl 30% с добавками криолита Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub> 23% (мас.) либо CaF<sub>2</sub>[2].

При выплавке алюминиевых сплавов образуется большое количество шлаков, содержащих помимо солевых компонентов флюса соединения оксидов, нитридов, карбидов алюминия и легирующих элементов, частицы металлического алюминия.

Образующийся шлак подлежит дальнейшей переработке или утилизации. Как правило, эти процессы предусматривают операции промывки водой литейных шлаков для выщелачивания солей с последующей переработкой водных растворов и получением сухого солевого осадка.

Эффективность выщелачивания шлаков с целью извлечения солей определяется их растворимостью в воде. На рисунках 1 и 2 представлена информация о растворимости фторидных солевых соединений в воде при температуре 20-25°C [3].

Анализ данных по растворимости солей в воде показывает, что применение фторидов щелочноземельных металлов и криолита является нецелесообразным при разработке безотходных технологий переработки шлаков, поскольку применение таких солей в составе флюса может приводить к проблемам их выщелачивания при промывке шлаков.

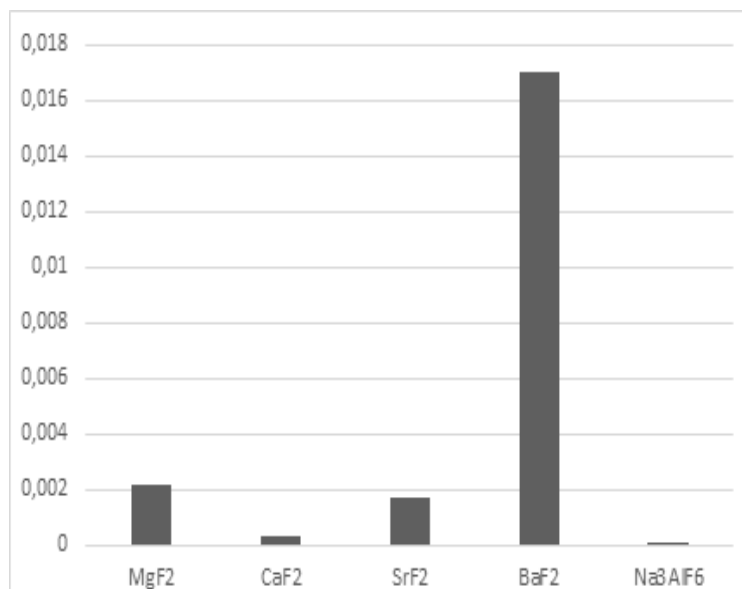


Рисунок 1 - Растворимость фторидов щелочноземельных металлов и криолита, s<sub>x</sub>, % мол.

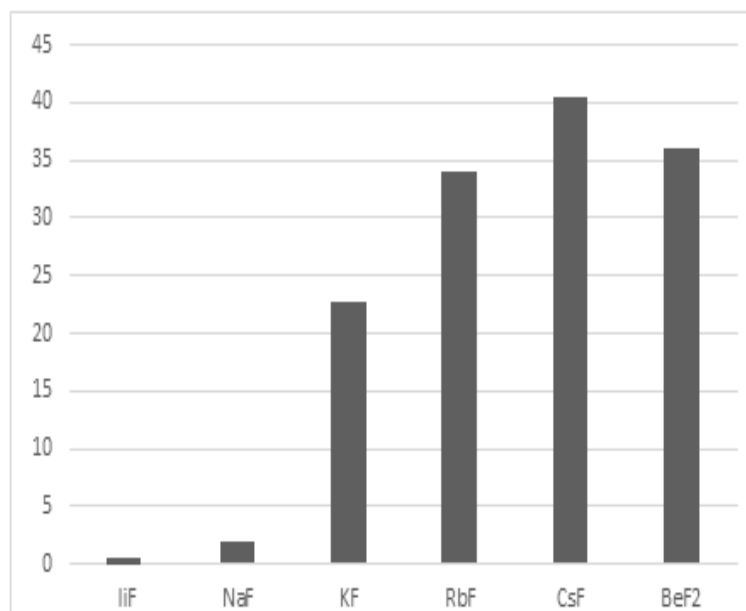


Рисунок 2 - Растворимость фторидов щелочных металлов, s<sub>x</sub>, % мол.

#### Список использованных источников

1. Шмитц, К. Рециклинг алюминия. Справочное руководство / К. Шмитц, Й. Домогала, П. Хааг // Пер. с англ. Под ред. Г.С. Макарова. – М.: ЗАО «Локус Станди». – 510 с.
2. Bolivar, R. The influence of increased NaCl: KCl ratios on metal yield in salt bath smelting processes for aluminium recycling / R. Bolivar, B. Friedrich // World of Metallurgy - ERZMETALL. – 2009. – Vol. 62 (6). – PP. 366–371.
3. Зинченко В.Ф. Взаимосвязь кислотность-основности, растворимости и способности к взаимодействию щелочных и щелочноземельных металлов / В.Ф. Зинченко – Вестник ОНУ. Химия, 2014. – 12 - 17 с

## Исследование процесса кристаллизации алюминиевого сплава АК5М2 при изготовлении отливок в металлической форме

Магистрант Шокиров М.М., студенты гр.10405119 Раков И.Г., Рудик А.Г  
 Научные руководители– А.П.Бежок, А.Г.Слущкий,  
 Белорусский национальный технический университет  
 г. Минск

Литье в металлические формы (кокиль) широко применяется в настоящее время для получения отливок из цветных металлов на алюминиевой, магниевой и медной основах, из чугуна и в несколько меньшей степени из стали. Способ литья в металлические формы по сравнению с литьем в песчаные формы имеет ряд преимуществ, в связи с чем он получил распространение во всех отраслях промышленности. Этот способ литья в зависимости от конструкции отливок может применяться также в комбинации с металлическими или песчаными стержнями.

Повышенная скорость кристаллизации и благоприятные условия для ее направленности, создаваемые металлическими формами, позволяют уменьшить размеры и массу прибылей, а также снизить припуски на механическую обработку отливок. Данный способ литья избавляет от целого ряда дефектов в виде засоров, намывов, ужимин, пригара и других, характерных для отливок, получаемых при литье в песчаные формы. Литые заготовки имеют высокую плотность по всему сечению, что обеспечивает повышение на 10-15 % механических свойств и особенно относительное удлинение (в 1,5-2 раза) [1].

Целью настоящих исследований является совершенствование технологии получения отливки «Втулка» из алюминиевого сплава АК5М2 при литье в металлическую форму. Широкое применение данного сплава обусловлено наличием определенного комплекса механических свойств, обеспечивающего длительную и надежную работу материала, и хорошие технологические свойства. Вместе с тем данный сплав характеризуется значительной литейной усадкой, что в свою очередь ведёт к образованию дефектов в виде раковин и пористости.

Деталь, показанная на рисунке 1, характеризуется переменным сечением, что задает определенный подход к разработке технологии литейной формы.

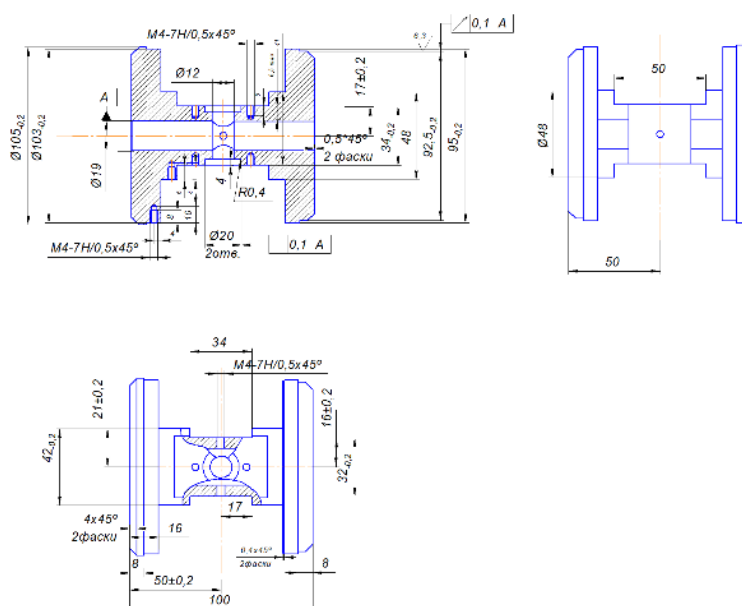


Рисунок 1 - Чертеж детали «Втулка»

За основу был выбран способ литья в одностенную металлическую форму с открытой прибылью и вертикальным разъемом (Рисунок 2).

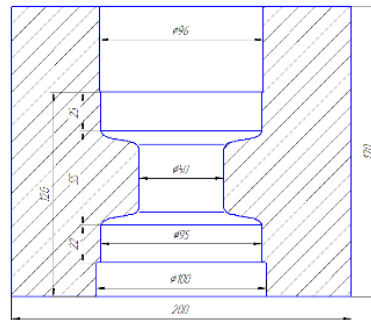


Рисунок 2 – Чертеж кокильной литейной формы

Методом компьютерного моделирования с использованием САПР «Полигон» провели анализ процесса кристаллизации данного сплава.

Использование компьютерного моделирования позволяет без натуральных экспериментов (а значит без дополнительных стоимостных затрат) провести оптимизацию литниковой системы в том числе.

- оптимизировать режимы заливки сплава и затвердевания отливки;
- рассчитать температурный режим формы и ее охлаждение;
- оптимизировать литниково-питающую систему.

В процессе моделирования заполнения полости формы, возможно определить:

- температурные поля отливки и формы;
- вектора скоростей движения сплава в полости формы (направления движения сплава в форме, модуль вектора);
- траекторию движения частиц сплава в полости формы, динамику процесса заполнения, визуализацию линий тока заполнения формы (так называемые "трассеры");
- оптимизировать вентиляционные системы постоянных форм (и проходящие в них процессы, при заполнении формы).

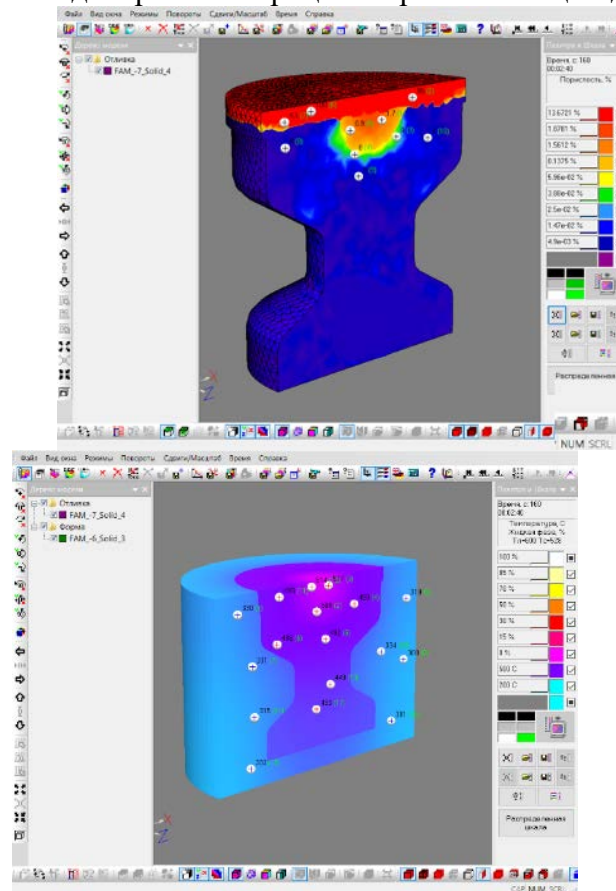
В процессе моделирования кристаллизации отливки, можно определить:

- температурные поля в течение всего времени затвердевания и охлаждения отливки;
- градиенты температур в отливке, форме и элементах литниковой системы;
- время затвердевания сплава в любом месте отливки;
- направление затвердевания сплава;
- скорость затвердевания отливки;
- время фазового перехода;
- эффективность подпитки отливки прибылями;
- протяженность во времени и характер процессов междендритного протекания;
- наличие, величину и расположение микро- и макро-дефектов, усадочные и газовые раковины в теле отливки и незаливки;
- расчетную плотность отливки;
- качество отливки по различным критериям;
- самостоятельно сформированные критерии для оценки качества;
- оптимальную температуру и время удаления отливки из формы;

Различные пакеты обладают различными возможностями и по-разному реализуют свои функции. Но общим для них является то, что они реализуют один и тот же подход: не слепые заливки и опыты, а путь наименьшей трудоемкости отладки нового процесса и выявления причин брака в действующем производстве.



В качестве материала кокиля был выбран серый чугун марки СЧ20, как наиболее дешевый и технологический. Максимальная температура расплава АК5М2 составляла  $720 \pm 10^\circ\text{C}$ . При разработке технологии получения отливки «Втулка» рассматривались различные варианты прибыльной части от 10 мм до 40 мм. На рисунках 3-6 представлены результаты компьютерного моделирования процесса кристаллизации данной отливки.

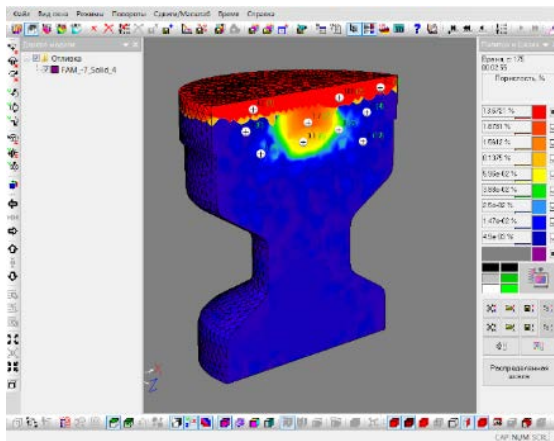


а

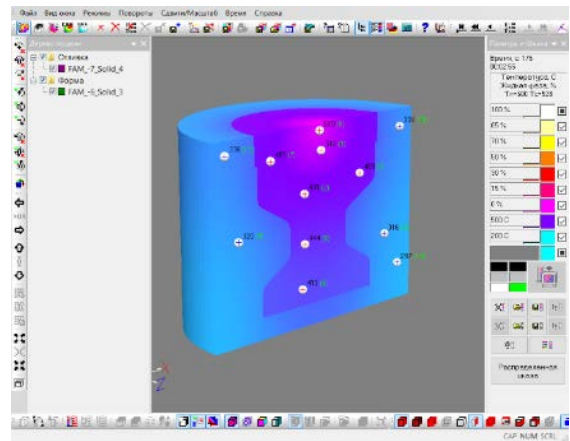
б

а – дефекты в отливке; б – распределение температурных полей  
 Рисунок 3 – Результаты моделирования отливки при высоте прибыльной части 10 мм

Как видно из рисунка 3 прибыльная часть равная 10 мм характеризуется минимальным расходом металла, но была выявлена большая вероятность образования усадочной раковины и пористости в самой отливке, что является браковочным признаком. С целью исключения этого дефекта увеличили высоту прибыльной части соответственно на 20, 30 и 40мм. Результаты моделирования приведены на рисунках 4-6.

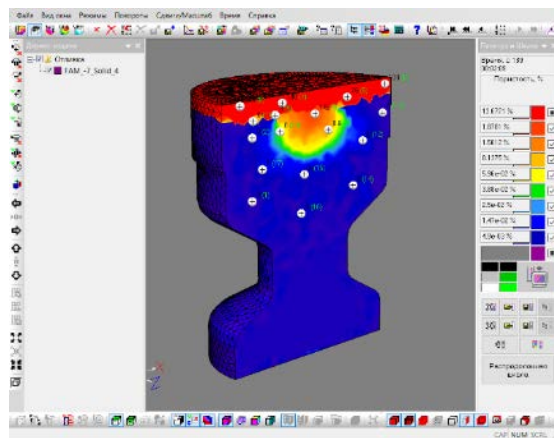


а

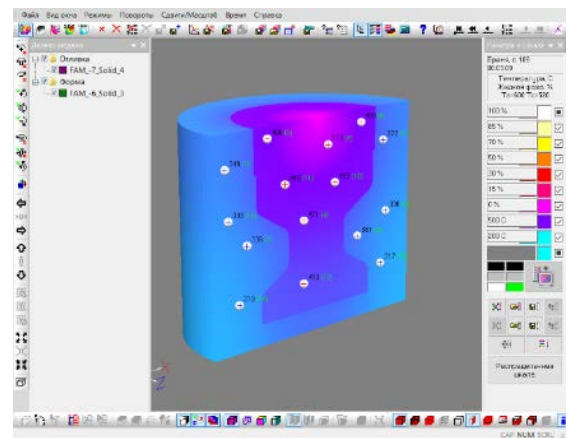


б

а – дефекты в отливке; б – распределение температурных полей  
Рисунок 4. – Результаты моделирования отливки при высоте прибыльной части 20 мм

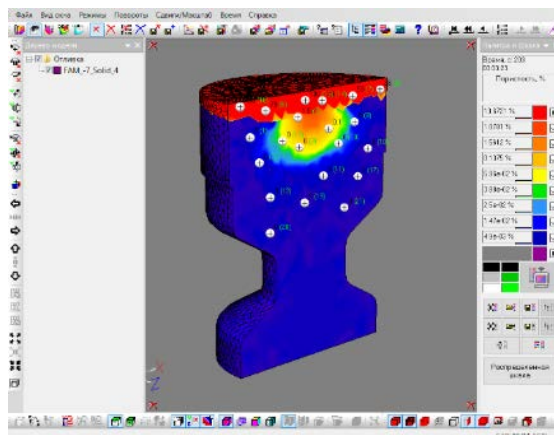


а

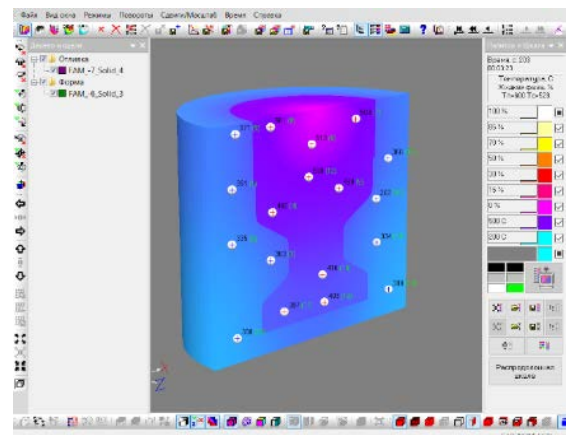


б

а – дефекты в отливке; б – распределение температурных полей  
Рисунок 5 – Результаты моделирования отливки при высоте прибыльной части 30 мм



а



б

а – дефекты в отливке; б – распределение температурных полей  
Рисунок 6 – Результаты моделирования отливки при высоте прибыльной части 40 мм

Анализ полученных результатов показал, что увеличение высоты прибыльной части отливки позволило гарантированно устранить усадочную раковину и пористость в теле

отливки. С точки зрения экономики установили, что максимальный выход годно литья составляет у отливки с высотой прибыльной части 20 мм.

На основании результатов выполненных исследований изготовлена кокильная оснастка и проведены лабораторные испытания технологии литья. Плавка алюминиевого сплава АК5М2 осуществлялась в печи сопротивления в чугунном тигле металлоемкостью 120 килограмм. В качестве шихтовых материалов использовали покупной чушковой алюминиевый сплав АК5М2 и возврат. После расплавления и перегрева сплава до температуры 760°C была проведена технологическая операция рафинирования с добавкой универсального флюса для алюминиевых сплавов следующего состава: 15%  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ , 45%  $\text{NaCl}$ , 40%  $\text{KCl}$ . Заливка сплава осуществлялась при температуре в пределах  $720 \pm 10^\circ\text{C}$  в предварительно прогретую металлическую окрашенную форму. Были изготовлены опытные отливки «Втулка» с различной высотой прибыльной части от 10 до 40 мм (рисунок 7).

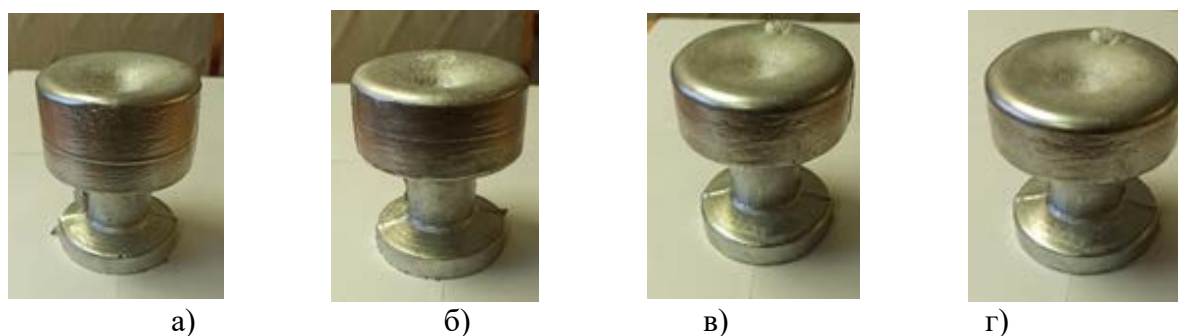


Рисунок 7 – Опытные отливки с различной высотой прибыльной части:  
а – 40 мм; б – 30 мм; в – 20 мм; г – 10 мм

Полученные отливки взвешивались после чего производили обрезку прибыльной части. Установлено, что вес отливок по мере снижения высоты прибыли изменялся от 2,15 кг (40 мм), 1,70 кг (30 мм), 1,62 кг (20 мм). При этом после обрезки прибылей их вес составил соответственно 0,56 кг, 0,45 кг и 0,32 кг. На отливке с минимальной высотой прибыли (10 мм) обнаружена усадка. При высоте прибыли 20 мм в отливке получена плотная однородная макроструктура (рисунок 8).



а – продольный разрез; б – поперечный разрез под прибыльной частью отливки  
Рисунок 8 – Макроструктура опытной отливки с высотой прибыли 20 мм:

Расчеты показали, что на опытных отливках за счет уменьшения размеров прибылей на 10-12% увеличился выход годного металла.

На основании полученных результатов моделирования проведена корректировка кокильной оснастки и в лабораторных условиях при участии студентов была изготовлена опытная партия отливок и проведены исследования качественных характеристик, которые

показали положительные результаты. Отливки в дальнейшем прошли без замечаний весь цикл механической обработки и полученные детали были использованы при сборке приборов учета тепла.

#### **Список использованных источников**

1. Специальные способы литья / В.А. Ефимов [и др.]. – Москва: Машиностроение, 1991. – 74-75 с.

**Связующие для фильтрующих элементов расплавов**

Студент гр. 10405119 Раков И.Г.  
Научный руководитель – Михальцов А.М.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Фильтрующие элементы широко используются в литейной промышленности в течение последних десятилетий [1, 2]. Они разнообразны по своей конструкции (сетчатые, объемные, фигурные), используемым для их изготовления материалам (огнеупорные керамические материалы, стеклоткань, металлические сетки и др.) и способам получения (рис. 1). Сетчатые фильтры изготавливают на основе стекловолокна, скрученного в жгуты и с помощью ткацких станков объединённые в сетку. Само стекловолокно изготавливается по специальной технологии с использованием  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{VO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ . После проведения операции выщелачивания получаемая нить на 95-96% состоит из  $\text{SiO}_2$ . При всем разнообразии способов получения материал фильтрующего элемента должен выдерживать гидравлический и термический удары, чтобы фильтрующий материал не разрушался в процессе заполнения формы расплавом.

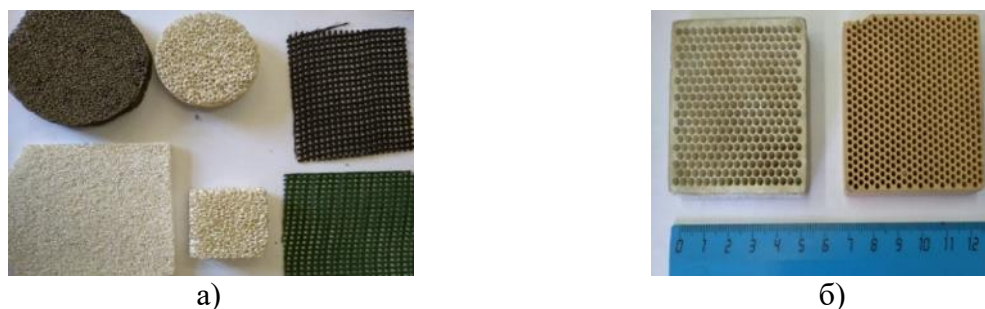


Рисунок 1. Внешний вид фильтрующих элементов: а – сетчатые и пенокерамические; б – прессованные керамические

Оксид алюминия является наиболее распространенным компонентом для получения керамической суспензии и изготовления фильтрующих элементов, используемых при литье алюминиевых сплавов. Для фильтрации чугуна, стали, медных и магниевых сплавов используют преимущественно карбид кремния, диоксид циркония, оксид хрома и магния [1-3].

Наряду с основными, т.е. огнеупорными материалами, при изготовлении фильтрующих элементов могут использоваться те огнеупорные материалы, которые удовлетворяют требованиям высокой физической (термической, механической) и химической (коррозионной) стойкости в диапазоне температур заливки и времени взаимодействия расплава с фильтром.

Для изготовления фильтрующих элементов предлагается новая конструкция фильтра с использованием доступных и сравнительно недорогих стеклотканей (рис. 2), на которые наносится огнеупорный материал, выделенный из шлаковых смесей при плавке алюминиевых сплавов.

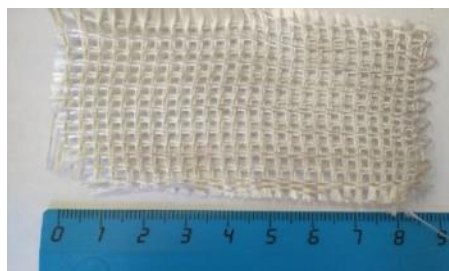


Рисунок 2 – Стеклоткань для изготовления фильтрующего элемента

В настоящей работе выполнена оценка возможности получения фильтрующих элементов с использованием шлаков – отходов металлургической переработки алюминиевых сплавов – с высоким содержанием алюмооксидных фаз (до 95 % мас.).

Внешний вид алюминиевого шлака, образовавшегося при переплавках алюминиевой стружки приведен на рисунке 3, где, а) – исходный шлак, б) – шлак после просева через сито 3×3 мм, в) – шлак после размола в шаровой мельнице.

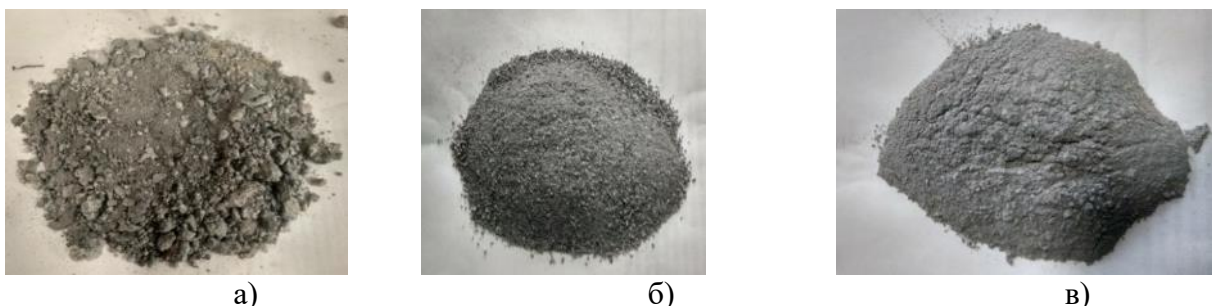


Рисунок 3. а) – исходный шлак, б) – шлак после просева через сито 3×3 мм, в) – шлак размола в шаровой мельнице.

Одной из важных характеристик при использовании алюминиевого шлака для фильтрующих элементов является его фракционный состав. Так как исходный шлак содержит некоторое количество достаточно крупных (5...10 мм) включений его предварительно просеивают через сито с размерами ячейки 3×3 мм. В результате отсева исходного шлака, 80% состоит из зерен с размером 0,4 мм и менее.

Образующиеся в результате рафинирующей обработки расплава алюминия шлаки в исходном состоянии содержат значительное количество компонентов флюса, образованных сплавлением солей. Для их удаления остывшая шлаковая смесь подвергается промывке водой (так называемая операция выщелачивания шлака водой).

Содержание керамических составляющих шлака после гидрообработки, как правило, составляет 95-97% (мас.), основная часть которых (до 85-90% мас.) представлена оксидами алюминия, а также нитридами и карбидами алюминия (5-10% мас), от 3 до 5% (мас.) составляет металлический алюминий.

В связи с изложенным, определенный интерес представляют алюмофосфатное высокотемпературное связующее, которое можно получить, используя шлак как исходное сырье для реакций с ортофосфорной кислотой.

Анализ показывает, что в процессе взаимодействия нитрида алюминия, содержащегося в шлаке, с водой возможно протекание химических реакций с образованием щелочного раствора гидроксида алюминия:





На рис. 4 представлены результаты термодинамического анализа химических реакций (1)-(3). В свою очередь гидроксид алюминия является исходным компонентом для получения алюмофосфата.

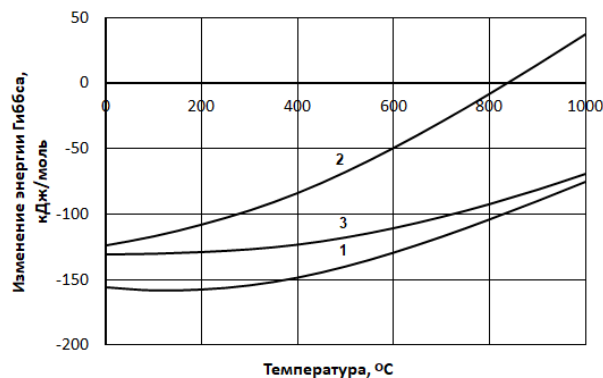


Рисунок 4. Изменение энергии Гиббса от температуры для реакций взаимодействия нитрида алюминия с водой (на один моль образующегося гидроксида): 1 –  $\text{AlN} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_3 + \text{Al}(\text{OH})_3$ ; 2 –  $\text{AlN} + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4\text{OH} + \text{Al}(\text{OH})_3$ ; 3 –  $2\text{AlN} + 5\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NH}_4\text{OH} + \text{Al}_2\text{O}_3$

Термодинамическая вероятность образования алюмофосфатов из полученного щелочного раствора может быть обусловлена отрицательными значениями изменений энергии Гиббса для реакции взаимодействия гидроксида алюминия с ортофосфорной кислотой (рис. 5):

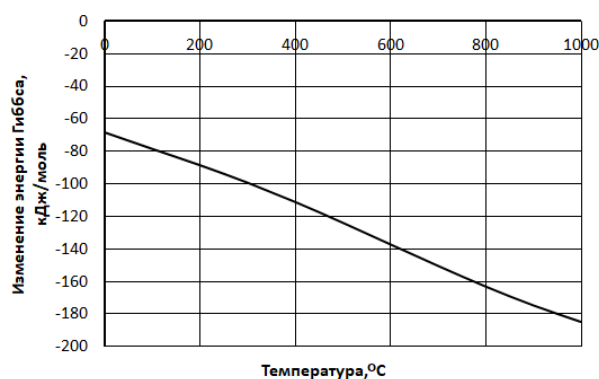


Рисунок 5 – Изменение энергии Гиббса от температуры для реакции взаимодействия гидроксида алюминия с ортофосфорной кислотой

#### Список использованных источников

1. Demir, A. Fabrication of Alumina Ceramic Filters and Performance Tests for Aluminium Castings / A. Demir // Acta Physica Polonica A. – 2018. – Vol. 134, No. 1. – PP. 332–334.
2. Bagherian, E. R. Development of a ceramic foam filter for filtering molten aluminum alloy in casting processes / E.R. Bagherian, M. K. Ariffin, S. Sulaiman // International Journal of Research in Engineering and Technology. – 2015. – Vol. 42, Issue 03. – PP. 27-43.
3. Liang, X. Fabrication of SiC reticulated porous ceramics with multi-layered struts for porous media combustion / Xiong Liang, Yawei Li, Jun Liu [et al.] // Ceramics International. – 2016. – Vol. 42 (11). – PP. 13091-13097.

## Технологические особенности плавки комплексных силицидов

Студенты гр.10405119 Раков И.Г., Хорольский П.Д., Федорович Д.С.  
Научный руководитель – Шейнерт В.А. А.Г.Слуцкий  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Применительно к технологии изготовления катодов-мишеней для установок ионно-плазменного нанесения покрытий и на основании ранее выполненных исследований разработаны основные практические принципы, включающие: металлургические, литейные, деформационные и термические процессы [1-2].

В основу металлургических принципов положен подбор химического состава сплава на основании анализа диаграмм состояния двухкомпонентных и многокомпонентных металлических систем. Для покрытий с высокой износостойкостью, прочностью, тепло- и жаростойкостью, коррозионной устойчивостью выбраны композиции из титана, никеля, хрома и их силицидов.

Примером может служить процесс получения литого комплексного силицида, содержащего: 50 % титана, 20 % никеля, 30 % кремния, состав которого выбран на основании анализа диаграмм состояния соответствующих систем. Установлено, что реакции образования силицидов титана сильно экзотермические, так же у данного состава высоки теплоты растворения элементов друг в друге.

Экспериментальные работы, проведенные на высокоскоростной плавильной установке, позволили получить полностью жидкофазный гомогенный сплав, из которого при охлаждении выделялись вначале кристаллы  $Ti_5Si_3$ , а затем закристаллизовалась матрица в виде эвтектики из твердого раствора кремния в никеле и низшего силицида никеля [3]. Конечная структура такого сплава состоит из матрицы сравнительно мягких никелевых фаз с вкраплениями твердого силицида титана.

Из описанного принципа вытекает, что порядок плавки, время и темп ввода компонентов имеет большое, часто решающее значение для проведения синтеза тугоплавкого силицида. Никель допускает скоростную плавку в любых атмосферах, в том числе воздушной, и начинать синтез с получения исходного никелевого расплава технологически просто, однако требуемый высокий перегрев приводит к значительному газопоглощению. С этой точки зрения, кремний более выгоден как основа исходного расплава, так как его взаимодействие с газами минимально, удельный вес мал, что позволяет иметь большой объем исходного расплава, даже при низких концентрациях кремния в формуле силицидов, к тому же возможно применение графитового тигля без риска загрязнения сплава углеродом. По отношению к кислороду он является сильным раскислителем, что устраняет необходимость промежуточного раскисления. Кремний не растворяет в себе углерод, что позволяет проводить синтез силицидов с разогревом реагирующей смеси до очень высоких температур.

Важным аспектом при формировании конечной структуры комплексного силицида является литейная технология получения слитка. Например, формирование и кристаллизация слитка в поле центробежных сил может быть реализована заливкой расплава во вращающийся кристаллизатор, что обеспечивает формирование плотной мелкокристаллической структуры. Хорошие результаты получены при изготовлении слитков комплексного силицида в металлический кокиль. Благодаря своей технической простоте данный способ литья в составной кокиль с прибыльной надставкой возможно рассматривать как наиболее технологичный.

На основании вышеизложенного и применительно к комплексному силициду титан-



никель-кремний предложена следующая схема синтеза : реактор -графитовый тигель, газовая атмосфера - нейтральная (аргон), первая стадия -получение расплава кремния и его перегрев до 1900 К, вторая стадия – подогрев никеля и титана в пластинах толщиной 0,003-0,005 м до 700 К, третья стадия – последовательный непрерывный ввод никеля затем титана в исходный расплав кремния одновременно с максимальным подводом энергии извне до достижения температуры 2500 К (оптическая пирометрия), четвёртая стадия – по достижении температурного максимума перемешивание полученного расплава при выпуске и охлаждение со скоростной кристаллизацией (закалка из жидкого состояния) Конечной целью данного литейного процесса является получение слитка комплексного силицида с плотной, однородной, термонапряжённой структурой, который легко поддается процессу дробления и измельчения с целью последующей обработки деформационными методами.

Лабораторные методики, основанные на металлургических принципах проведения синтеза, прошли экспериментальное апробирование в процессе плавки комплексного силицида. В качестве плавильного агрегата использовали инвертор электрической мощностью 30 кВт и частой генерации в диапазоне 8-50 кГц, позволяющий развивать удельную тепловую мощность в садке до 250 Дж·с/см<sup>3</sup>. Это обеспечивает скоростное расплавление исходных материалов, что крайне необходимо для синтеза силицидов (фото 1а.).



а)



б)

Фото 1. Инверторная плавильная установка (а) и тигель (б)

Для обеспечения вложения в садку столь высокой мощности использован электродный графит, из которого был изготовлен плавильный тигель с огнеупорной теплоизоляцией на основе карбида кремния, способной работать при температурах до 2500 К минимально необходимое время. Толщину огнеупорной теплоизоляции выбрали из расчёта падения температуры по сечению до 1300-1500 К на внешней поверхности. Для дальнейшего сокращения теплового потока потерь в наружном слое плавильного реактора использовали высокоэффективную среднетемпературную диэлектрическую теплоизоляцию в виде мулитовой ваты с предельной рабочей температурой 1500 К (фото 1 б). Такая теплоизоляция обеспечила минимум тепловых потерь.

Литейные технологические принципы, использованные в разработке, позволили решить серьезную проблему, которой явился процесс разлива жидкого силицида из плавильного тигля в литейную форму. Эту операцию необходимо проводить в кратчайшее время, учитывая высокую скорость снижения температуры с уровня 2500 К. Оптимальная форма слитка для дальнейшей обработки деформационными методами, в частности операциями дробления, это как можно более тонкая протяжённая пластина, к тому же, отвечающая принципу скоростной кристаллизации (закалка из жидкого состояния) для обеспечения изоморфной макро- и микроструктуры.

Такие требования вытекают из необходимости последующего дробления слитка до мелких фракций частиц (менее 10-4 м) при минимизации выкрошивания отдельных фаз и облегчения процесса измельчения за счёт высоких внутренних напряжений в слитке. Высокую скорость теплосъёма от расплава может обеспечить металлическая форма, технология которой разработана достаточно хорошо и не вызывает затруднения. Затруднения вызывает

заполнение такой формы высокотемпературным расплавом. Для практической реализации был использован способ с использованием смыкающегося кокиля. При температурах разливки силицидных сплавов, не смотря на их пониженную теплопроводность развивается огромный температурный перепад между поверхностью расплава и стенкой формы, что может привести к горячей диффузионной сварке в зоне контакта или подплавлению пограничного слоя, поэтому применение теплоизолирующих покрытий рабочих поверхностей кокиля желательна (Фото 3.).

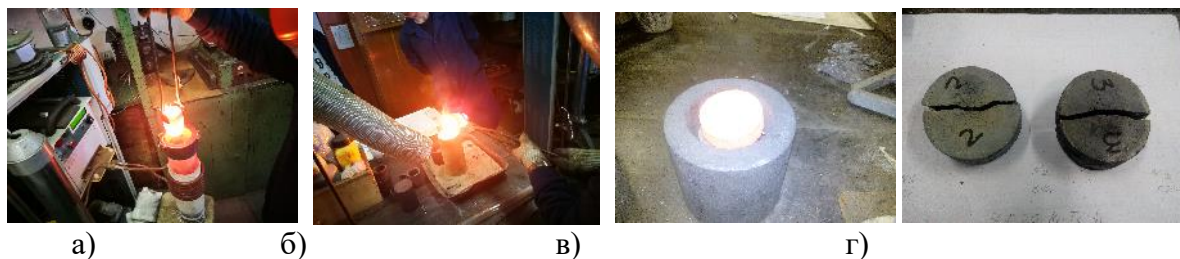


Фото 3. Технология получения слитка комплексного силицида

а - процесс плавки; б – процесс заливки литейной формы; в – процесс термостатирования слитка; г-готовые слитки.

В лабораторных условиях отработан процесс плавки комплексного силицида, содержащего титан и никель и получены быстроохлажденные слитки. Дальнейшее их дробление и размол позволили получить порошок требуемого фракционного состава для последующего использования при изготовлении катодов-мишеней методом прессования.

Таким образом в результате выполненных исследований экспериментально апробирован способ получения порошка из комплексного силицида с использованием литейной технологии.

#### Список использованных источников

1. Иванов И.А., Слуцкий А.Г., Шейнерт В.А. Технологические принципы изготовления катодов-мишеней из комплексных силицидов для вакуумных ионно-плазменных источников Международная научная и научно-техническая конференция «Ресурсо- и энергосберегающие инновационные технологии в литейном производстве» 23-24 марта, 2022, Ташкент, – с. 18-20.

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., Бежок А.П., Костюченко Ю.А., Ковалевич Э.В. Совершенствование процесса получения катодов-мишеней из комплексных силицидов для вакуумных ионно-плазменных источников сб. Металлургия. №41 2020 г. часть 2 – с. 1-15.

# **Машины и технология литейного производства**

Студент гр. 10404128 Мацинов С.А.

Научный руководитель Калиниченко В.А.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

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

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

*In-situ* композиционные материалы представлены классом композиций, при которых армирующая составляющая в матрице образуется не в результате ввода определенных добавок, а в результате самопроизвольно протекающих процессов, связанных как с химическими превращениями, так и с взаимодействием различных металлов при их растворении друг в друге.

Литейные технологии (пропитка матричного каркаса, синтез наполнителя в расплаве и др.) основаны на синтезе второй фазы в результате химического взаимодействия введенных в расплав компонентов (за рубежом получившие название *in-situ*) [2]. Они характеризуются целым рядом преимуществ: доступное и сравнительно недорогое оборудование, короткий технологический цикл, высокая чистота и качество конечных сплавов. Например, наиболее перспективными для упрочнения алюминия являются растворимые в нем тугоплавкие высокомодульные фазы, не содержащие металла растворителя - бориды и карбиды переходных металлов [3].

На современном этапе производства известны различные способы получения *in-situ* композиционных материалов (КМ) триботехнического назначения, например, с помощью расслоения при монотектической реакции в системе Cu-Fe-C с помощью клиновидных

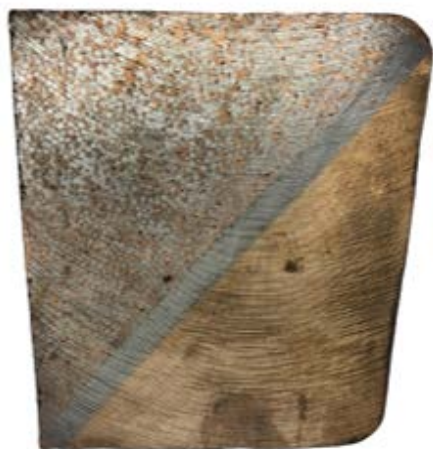
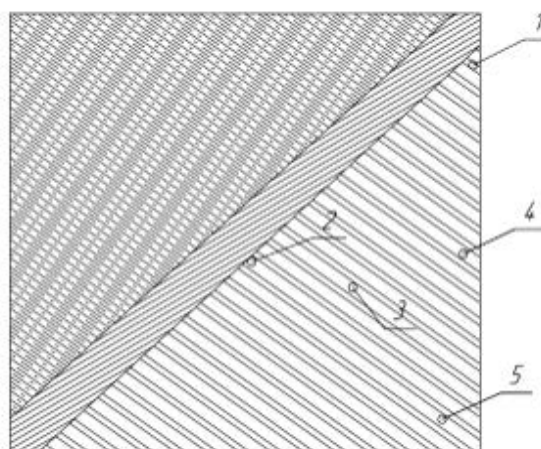
**а****б**

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

пластин, размещенных под различными углами [4]. Подобные методы, несмотря на многочисленность, достаточно трудоемки и требуют специфического оборудования.

Кроме вышеупомянутого процесса, для получения *in-situ* композитов, существует способ, который базируется на подрастворении чугунных частиц в медной матрице с помощью индукционного нагрева смеси исходных материалов в графитовом реакторе.

В результате получается композиционный материал (рис. 2) состоящий из 3 зон: 1-зона чугуна без меди; 2-границная зона железоуглеродистый сплав-бронза, т.е. зона *in-situ*; 3-зона исходной бронзы.



**1**

**2**

**3**

Рисунок 2 - Сечение образца на основе сплавов бронза – чугун с образовавшейся пограничной композиционной структурой.

Из рисунка видно, что все три зоны имеют выраженное отличие, поэтому представляет интерес провести сравнительный анализ распределения элементов по сечению образца КМ, для выявления диффузионных эффектов и анализа стабильности полученных структурных составляющих.

Для оценки химического состава, был применен портативный лазерный спектрометр ЛИС – 01 (рис. 3), произведенный в Российской Федерации. Данный прибор с помощью



Рис 3. - Портативный лазерный спектрометр ЛИС – 01 и пример показаний, выдаваемых прибором.

импульсного DPSS лазера с длиной волны 1064 нм позволяет определять химический состав металлов и сплавов на участках сечением 50 мкм. Исследования проводились в точках указанных на рис. 1б

На основании приведенных данных, касающихся получения IN-SITU, можно сделать вывод о том, что разработка технологий получения композиционных материалов является актуальным направлением развития материаловедения, а сами композиционные материалы демонстрируют широкие функциональные возможности, что еще раз подтверждает их перспективность. А также использование разрабатываемой технологии позволит обеспечить возможность создания передовых типов композиционных материалов для различных скоростей трения и удельных нагрузок.

#### **Список использованных источников**

- 1.Композиционные материалы: справ. / Под. ред. Д. М. Карпиноса. Киев: Наукова думка, 1985. 292 с.
- 2.Тимошкин И.Ю. Луц М.М. Обзор способов in-situ для производства литых алюмоматричных композиционных материалов, упрочненных керамическими частицами // Современные материалы, техника и технологии. – 2018. -№ 4 (19). – С. 77–81.
- 3.Бабкин, В.Г. Литые металломатричные композиционные материалы электротехнического назначения / В.Г. Бабкин, Н.А. Терентьев, А.И. Перфильева // Журнал Сибирского федерального университета. 2014. Т. 7. №4. С. 416-423. 3. Затуловский С. С., Кезик В. Я., Иванова Р. К. Литые композиционные материалы. Киев: Тэхника, 1990. 240 с.
- 4.Щерецкий В.А. Новые литые композиты на основе несмешивающихся компонентов. / В.А. Щерецкий, А.С. Затуловский, Е.А. Набока // Литейное производство. – 2018. – № 9. – С. 14–15.

## Индукционные плавильные тигельные печи

Студенты гр. 10404120 Ткач Н.В., Лешок Д. И.  
 Научный руководитель Садох М. А.  
 Белорусский национальный технический университет  
 г. Минск

Индукционные печи – это разновидность электрических печей, работа которых основана на принципе работы трансформатора. В индукционных печах переменное электромагнитное поле наводится с помощью спиралеобразного, охлаждаемого водой или воздухом индуктора (первичная обмотка), по которому пропускают первичный переменный электрический ток [1-2].

В тигельных печах тигель с рабочим материалом (шихтой) помещают внутрь спиралеобразного индуктора. При пропускании через индуктор переменного тока тигель с шихтой попадает в переменное электромагнитное поле удвоенной силы, которое вызывает возникновение вторичного вихревого тока (тока Фуко).

В наше время существует много различных модели индукционных тигельных печей, которые отличаются друг от друга по ряду признаков:

- емкость тигля;
- типу тигля;
- производительность;
- частота питающего тока;
- характер рабочей атмосферы;
- конструктивные отличительные черты.

По рабочей атмосфере различают индукционные тигельные печи открытого типа и индукционные тигельные вакуумные печи. В отличие от индукционных вакуумных печей, которые работают в вакуумных камерах, открытые печи эксплуатируются в атмосферной среде.

В зависимости от емкости, режима работы и переплавляемой шихты индукционные тигельные печи могут питаться токами разной частоты – от промышленной частоты до 1000000 Гц. В настоящее время наибольшее распространение получили среднечастотные индукционные (частота тока (250 -10000 Гц) тигельные печи (их доля среди вводимых в эксплуатацию в последние годы преобладающая).

Рассмотрим конструкцию типовой индукционной плавильной печи на примере высокочастотной печи ИСТ 006 (рис.1) [2].

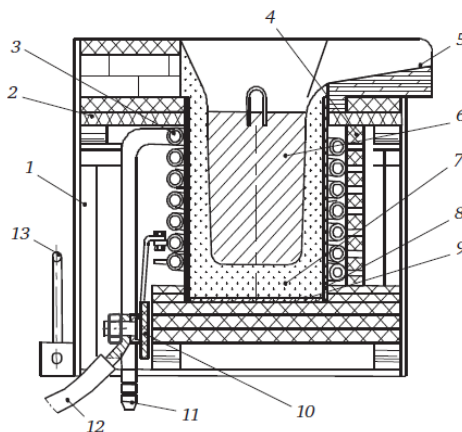


Рисунок 1 - Разрез высокочастотной печи ИСТ 006

1- каркас печи, 2- диэлектрическая плита, 3- индуктор, 4- текстолитовая стойка, 5- сливной носок, 6- шаблон, 7- футеровка, 8- цилиндр из асбестового картона, 9- круг из асбестового картона, 10- контактная колодка, 11- штуцер, 12- гибкий водоохлаждаемый кабель, 13- скоба

Каркас печи изготовлен из стальных угольников 1 и асбоцементных плит 2.

Индуктор 3, выполненный из медной трубки. Витки индуктора с помощью приваренных к ним латунных шпилек крепятся к четырем текстолитовым стойкам 4, чем обеспечивается равномерный воздушный зазор между витками, равный 5 мм. Первый и последний витки выводятся на контактную колодку 10, где к ним подсоединяют гибкие водоохлаждаемые кабели 12, подводящие ток от генераторной установки. Шланги для подвода и слива воды подсоединяют к штуцерам 11.

Для слива металла печь наклоняют на 90° вокруг оси цапф, расположенных на уровне сливного носка 5. Наклон осуществляется тельфером, крюк которого зацепляется за скобу 13 в нижней части задней стенки каркаса.

Тигель печи набивают из футеровочной массы.

Индукционные плавильные печи обладают рядом несомненных достоинств:

1) в связи с отсутствием сжигаемого топлива выбросы в окружающую среду минимальны;

2) не требуются специальных нагревательных элементов;

3) можно обеспечить быстрое увеличение температуры шихты, что ускоряет процесс плавки.

4) температура равномерно распределяется по объёму расплава, что позволяет получать однородные многокомпонентные сплавы высокого качества.

5) простота управления и обслуживания;

6) обеспечивается возможность автоматизации процесса плавки;

7) высокая удельная мощность;

8) высокий КПД;

Благодаря всему комплексу характеристик индукционных плавильных печей промышленные предприятия все более активно используют метод индукции при плавке различных металлов и сплавов.

### **Список использованных источников**

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

2. Маляров А.И. Печи литейных цехов: учебное пособие для вузов. – М.: Машиностроение, 2014. – 256 с.



УДК 669.714

## Смолы холодного отверждения с незначительным выделением вредных веществ и запаха (Cold-box) – абсолютно не имеющие ароматических растворителей

Студент гр. 10404119 Новацкий Д.Д.  
Научный руководитель Коренюгин С.В.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Метод изготовления стержней в холодной оснастке PUR-COLD-BOX разработан в середине 1960-х гг. в США, он получил широкое применение в Европе и, прежде всего, в Германии.

Метод PUR-COLD-BOX обеспечивает быстрое производство стержней самых разнообразных серий и сложности. Стержни используют при производстве отливок в кокилях или в сырых песчано-глинистых формах.

Преимуществами метода PUR-COLD-BOX по сравнению с другими методами изготовления стержней в холодной оснастке, основанными на газовой продувке, следующие:

- малая продолжительность цикла и высокая производительность благодаря быстрому затвердеванию;

- надежное извлечение стержней, незначительный брак стержней при высокой начальной прочности;

- высокая размерная точность;

- гладкая поверхность стержня;

- низкие затраты на оснастку и малая энергоемкость;

- возможность быстрой смены модельно-стержневой оснастки;

- относительно хорошая термическая стабильность.

В 2006г. Были представлены новые смолы холодного отверждения «Friodur 050» и «Friodur 060» (новые смолы холодного отверждения нового поколения), которые состоят из не содержащего ароматических веществ компонента А (фенолорезол). Компонентами В (полиазоционат) являются:

- «Friodur 050 В» – сниженное содержание ароматических веществ;

- «Friodur 060 В» – отсутствие ароматических веществ.

Показателями качества этих смол служат:

- высокая реакционная способность;

- длительный срок хранения и применение (ресурс при стендовых испытаниях) песчаной смеси в течение многих часов;

- очень высокая текучесть песчаной смеси даже после нескольких часов и благодаря этому оптимальное уплотнение даже в недоступных местах формы;

- высокая разделительная способность в стержневом ящике;

- гладкая поверхность стержней и форм. При использовании смолы холодного отверждения «Friodur 060», начиная с определенного количества, литейная форма почти для всех типов стержней не требует смазки

- нечувствительность к колебаниям величины рН и примесям, таким, как, например, гуминовая кислота в песке, подмешивание регенерированного песка из других процессов производства стержней и т. п. Кислый песок с показателем рН 3,5 имеет такие же высокие показатели прочности, как песок с показателем рН 8,5;

- высокая начальная и конечная прочность;

- высокая эластичность или гибкость изготовленных с их применением стержней;

- высокая термическая стойкость при литье чугуна или цветных металлов;

- очень высокая устойчивость к водяной формовочной краске и влажности (гидростойкость);
- снижение расхода амина (следовательно, и запаха амина);
- снижение количества газа или уменьшенный и контролируемый выброс газа благодаря применению лишь двух растворителей на основе высококипящих, макромолекулярных сложных растительных эфиров;
- очень малая концентрация мономера (свободный фенол и свободный формальдегид);
- снижение выбросов бензола, толуола, ксилола (БТК);
- снижение воздействия запаха как при производстве стержней, так и при литье. [1]

### **Стержни Pur-Cold-Box**

Современные запросы литейной промышленности, в частности для производства отливок автомобилестроения, очень разнообразны и непрерывно возрастают. Производство отливок высокого качества и со сложной геометрией по приемлемой цене является наиважнейшим условием возможности выстоять в международной конкуренции. Для гарантии такой возможности необходимо использовать сырье и связующие материалы со специфическими качественными признаками, а также новые современные технологии производства и аналитические методы оптимизации существующих производственных процессов.[2]

Важнейшими требованиями рынка к способу производства стержней PUR-COLD-BOX являются:

- высокая скорость отверждения;
- снижение газовыделений и запаха и, соответственно, незначительная концентрация мономеров в связующем (свободного фенола и формальдегида);
- сокращение расхода амина;
- достаточная живучесть песчаной смеси;
- легкое извлечение стержня из стержневого ящика;
- высокая начальная и окончательная прочность в сочетании с высокой пластичностью и упругостью;
- высокая тепловая устойчивость (термостабильность) при заливке черных и цветных сплавов и, соответственно, легкая выбиваемость из отливок, особенно из цветных сплавов;
- высокая стабильность по отношению к водорастворимым противопопригарным покрытиям;
- низкая газотворность и приемлемая величина газового давления;
- отвечающее требованиям рынка ценообразование со сбалансированным соотношением цены и производительности.[3]

Многие из предлагаемых в настоящее время связующих систем для Cold-Box не отвечают этим запросам. Эти системы характеризуются узкими границами качества, требуют использования песка с минимальным содержанием примесей. Процесс с такими связующими системами крайне восприимчив, например, по отношению к остаткам воды или влаги. Уже влагосодержание 0,2% в песчаной смеси оказывает отрицательное влияние на качество стержней. Дальнейшими факторами, создающими помехи в ходе реакции, могут быть примесные ионы любого вида в песке, а также отклонения pH-уровня. Кроме того, отрицательное влияние реакции выражается в значительном сокращении живучести песчаной смеси, ухудшении характеристик отверждения и прочности и, соответственно, снижении влагостойкости произведенных стержней. Также значительное влияние на процесс оказывает температура. При температуре ниже 10°C протекание реакции сильно замедляется. Температура выше 30°C ускоряет реакцию и сокращает живучесть песчаной смеси. Недостатками обычных связующих для Cold-Box являются ограниченная устойчивость стержней при хранении, газовыделение и появление запаха.

### Список использованных источников

1. Псимонос А.К. Смолы холодного отверждения с незначительным выделением вредных веществ и запаха (Cold-Box) – абсолютно не имеющие ароматических растворителей / А. К. Псимонос, Г. Эдер, М. М. Сипос // Литье и металлургия. – Минск: БНТУ, 2011. – № 2 (60). – С. 23 – 31.

2. Кейт С. Cold-box процесс [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://uchebana5.ru/cont/3285473.html> - Дата доступа: 27.04. 2022.

3. Псимонос А.Х. Актуальные разработки связующих систем PUR-Cold-Box для изготовления стержней [Электронный ресурс] / А.Х. Псимонос, Т.С. Сергеевна, М.М. Сипос, Г.Эдер, А.П. Мельников // Новые процессы Pur-Cold-Box. – Австрия: FURTENBACH GmbH. – Режим доступа: <http://www.ruscastings.ru/files/file163.pdf> - Дата доступа: 28.04.2022.

**Современные тенденции использования стержневых смесей для производства отливок гидроусилитель**

Студент гр. 10404119 Родевич В.А.  
Научный руководитель Коренюгин С.В.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Стержневой смесью называется многокомпонентная смесь материалов, соответствующая условиям технологического процесса изготовления неметаллических литейных стержней [1].

Стержень в форме (при заливке формы расплавленным металлом) почти по всей своей поверхности находится в непосредственном контакте с расплавом.

Стержень прогревается по всему объему до значительных температур. На стержень со стороны металла действует подъемная сила, которая при недостаточной прочности стержня может привести к его поломке. Связующие (упрочняющие) материалы стержня разлагаются с выделением газов, которые не должны попадать в металл, а должны уйти в атмосферу, фильтруясь через стержень и форму.

Исходя из этого, можно назвать основные свойства стержневых смесей. Они должны обладать достаточно высокой огнеупорностью, чтобы сохранять прочность при контакте с расплавленным металлом. Они должны иметь определенную механическую прочность с тем, чтобы не разрушаться под действием подъемной силы со стороны расплава (как правило, плотность стержня ниже плотности металлов).

Для вывода газов, образующихся в объеме стержня, последний должен быть «газопроницаемым». Количество выделяющихся из стержня газов при этом должно быть минимальным. Поэтому стержневая смесь должна обладать низкой газотворной способностью. Компоненты стержневой смеси должны обладать высокой химической стойкостью по отношению к расплаву, плотностью, чтобы пригар на отливке был минимальным. Стержни, формирующие необрабатываемые контуры отливки, должны создавать чистую поверхность с небольшой шероховатостью [2].

Стержневые смеси, отверждаемые конвективной сушкой. Такие смеси объединяют смеси на основе кварцевого песка, глины и различных органических связующих. За много лет существования технологического варианта изготовления стержней, отверждаемых конвективной сушкой, были предложены и использованы сотни конкретных стержневых рецептов [3].

Однако повышенные трудо- и энергозатраты при изготовлении стержней, недостаточная производительность процессов тепловой сушки и возможная потеря размерной точности на стадии транспортировки сырых стержней в сушила заставляют предпочесть более современные варианты смесей, отверждение которых производится непосредственно в оснастке.

Плакированный песок производится на основе кварцевого песка и новолачной смолы с низким содержанием свободного фенола (<1%).

Этот песок используется при производстве сверх сложной и прочной оболочки стержней в алюминиевом литье с плоской поверхностью. Он характеризуется низкой фракцией пластика и хорошим извлечением из оснастки.

Сухие песчано-смоляные смеси делятся на механические и плакированные. Такие смеси способны к самопроизвольному заполнению контура модельной оснастки под действием лишь силы тяжести. Связь между отдельными песчинками у механической и плакированной смеси появляется только при тепловой их обработке за счет расплавления

порошкообразного терморезистивного связующего (механическая смесь) или твердой пленки этого же связующего, нанесенного на поверхность зерен песка (плакированная смесь). Образующаяся пластично-вязкая смесь упрочняется непосредственно в нагретой модельной оснастке в результате протекания необратимых химических реакций. После завершения процесса отверждения оболочковая полуформа или стержень не могут пластически деформироваться, становятся прочными, что позволяет использовать их в производстве сразу же после съема с модельной оснастки.

В плакированных песках смоляная пленка покрывает зерна основы и связана с ними адгезионным сцеплением. Перевод смеси в жидкое состояние, необходимое для покрытия зерен песка, осуществляется путем растворения или расплавления.

Холодное и теплое плакирование – это процесс с использованием твердых новолачных смол и растворителей или жидких эмульсионных смол, в состав которых входит уротропин. В процессе холодного плакирования песок при 20 °С смешивается со связующим и растворителем, затем растворитель удаляется с помощью продувки воздухом. При теплом плакировании используют предварительный нагрев песка до 80...90 °С или продувку смеси нагретым до той же температуры воздухом, что сокращает продолжительность цикла. Для осуществления холодного плакирования нужны мощные скоростные бегуны, снабженные системой для продувки смеси. Холодное плакирование применяется редко из-за необходимости расхода растворителя, повышенной взрыво- и пожароопасности.

При горячем плакировании сухой песок предварительно нагревается до 127...147 °С, а затем смешивается с новолачной смолой, которая при этом и нагревается, плавится и обволакивает зерна песка. Далее в смесь вводят уротропин в виде 30...35%-ного раствора, борную кислоту и стеарат кальция. Возможность разложения уротропина при нагреве во время плакирования предупреждается охлаждением смеси водой, в которой растворен уротропин. После завершения перемешивания смесь охлаждают и просеивают.

Процесс горячего плакирования требует тщательного контроля температурных режимов – начальной температуры песка при вводе в смеситель и температуры смеси в момент ввода уротропина. Начальная температура песка должна быть на 25...30 °С выше температуры каплепадения, используемой для плакирования смолы, а температура смеси в момент ввода раствора уротропина не должна превышать 105...110 °С.

Нарушение этих режимов приводит к получению некачественных смесей. Состав смеси выбирают в зависимости от способа изготовления оболочек (бункерный, пескодувный), вида сплава и других факторов [4].

Для горячего плакирования песка необходимо сложное оборудование, в состав которого входят дозирующие устройства для исходных материалов, печь для нагрева песка, устройства для сушки, охлаждения и просеивания смеси.

Преимущества плакированных песков:

- Высокая производительность.
- Высокая чистота поверхности конечного литья.
- Регенерация смеси до 99%.
- Соответствие экологическим нормам.
- Широкая номенклатура различных видов смесей.

Исходя из этого плакированные смеси используют в отливках «гидроусилитель», что позволяет получать качественные отливки с тонкими, разветвленными каналами.

#### Список использованных источников

1. Adamovits M. Casting Process Modeling's Next Step: Designing Sand Cores and Tooling //Engineered Casting Solutions Magazine. – Spring, 2004
2. Wright. G. F. Precision Sand Castings - An Involved Users View //Foundryman. – April,

1995

3. Robins. J. US Patent No. 3409579, 1968
4. Bauch. G. Four Years Experience with a Mechanical - Thermal - Pneumatic Reclamation System //BCIRA International Conference. – 1992, paper 15.

## Отличия Microsoft Office 2019 от Microsoft Office 2016

Студент гр. 10404220 Милютин Р.А.  
 Научный руководитель Одиночко В.Ф.  
 Белорусский национальный технический университет  
 г. Минск

Пакет офисных приложений Microsoft Office является наиболее популярным приложением у домашних и корпоративных пользователей на протяжении многих лет. Обновлённые версии этого офисного пакета выпускаются каждые 3 года. Последняя актуальная версия Microsoft Office 2019 внешне напоминает собой уже знакомый нам офисный пакет 2016 со слегка изменённым дизайном. Перерисованы иконки, использованы плавные переходы и внесены другие незначительные изменения, для того чтобы приложения больше соответствовали стилю Fluent Design (рисунок 1).



Рисунок 1

В **Word** интегрирована новая версия переводчика. Обновлен голосовой движок для преобразования текста в речь и чтения текста с экрана. Добавлена новая чёрная тема, новый режим фокуса, позволяющий полностью сконцентрироваться на файле, и новые обучающие функции.

В **Excel** добавлены новые графические элементы: диаграмма с картой и диаграмма «Воронка». Добавился новый тип графика Finnel Chart с географической картой на основе Bing, в которой можно указать города, страны и числа. Внедрены новые функции и формулы для работы с данными. Появилась возможность отправлять данные из Excel в PowerBI.

В **PowerPoint** внедрена поддержка SVG-векторных изображений, иконок и 3D-моделей. Их можно свободно вставлять в презентацию. Добавлены возможности морфинга и масштабирования, новый переход «Трансформация» для плавной смены слайдов. Добавлена функция зума. Реализована возможность экспорта видео в разрешении 4k (рисунок 2).

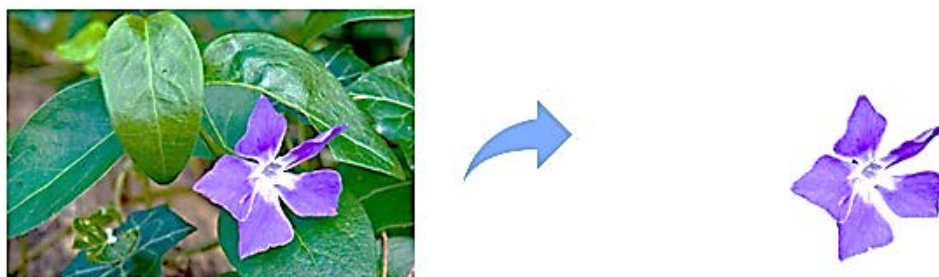


Рисунок 2

В **Outlook** ведён новый формат карточек контактов с возможностью быстрого просмотра. Сортировка почты по различным фильтрам. Добавлена функция упоминания для контактов.

Кроме перечисленного в **Office 2019** в приложения Word и Outlook добавили инструменты «Средства обучения», которые позволяют сосредоточиться на задачах и легче воспринимать контент. Инструменты «Интервалы», «Слоги» и «Прочитать вслух» позволяют легче изучать и редактировать текст. А «Цвет страницы» и «Ширина колонки» нацелены на комфортное написание текста и улучшение концентрации (рисунок 3).

Приложение	Office Basic *	Student and Teacher Edition **	Standard	Small Business	Professional Edition
Word	Да	Да	Да	Да	Да
Excel	Да	Да	Да	Да	Да
Outlook	Да	Да	Да	Да + Business Contact Manager <sup>[15]</sup>	Да + Business Contact Manager <sup>[15]</sup>
PowerPoint	Нет	Да	Да	Да	Да
Publisher	Нет	Нет	Нет	Да	Да
Access	Нет	Нет	Нет	Нет	Да
InfoPath	Нет	Нет	Нет	Нет	Только для корпоративных клиентов
OneNote	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
FrontPage	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Visio	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Project	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет

Рисунок 3

**Excel** является отличным инструментом аналитики в руках профессионала. Разработчики добавили новые функций анализа, добавили новые диаграммы и формулы, и конечно же улучшили PowerPivot – надстройку Excel для создания моделей данных, которая значительно расширяет возможности стандартного приложения.

Больше новых инструментов для создания презентаций в PowerPoint. Например, инструмент «Оглавление», который позволяет добавлять ссылки на слайды внутри других слайдов.

В новой версии пакета сделан упор на рукописный ввод и использование пера для всех приложений. Microsoft развивает это направление, начиная с Windows 10, а также своими устройствами Surface.

Офис 2019 не будет поддерживаться Windows 7. Microsoft целенаправленно переводит пользователей на последнюю версию Windows (рисунок 4).



Версия Office	2003	2007	2010	2013	2016	2019	365	Office Online
Способ активации	Не требует активации, обычно инсталлятор уже пролечен	Не требует активации, обычно инсталлятор уже пролечен	KMS активатор	KMS активатор	KMS активатор	KMS активатор	Подписка	Не требует активации
Удаление активации после обновления Windows	-	-	+	+	+	+	-	-
Совместимость с Windows XP	+	+	+	-	-	-	-	+
Совместимость с Windows 7	+	+	+	+	+	-	+	+
Совместимость с Windows 10	-	+	+	+	+	+	+	+
Редактирование PDF	-	-	-	+	+	+	+	-

Рисунок 4

**Главное отличие Microsoft Office 2019 от Office 2016** – слегка обновлённый дизайн. Новые функции, которые можно пересчитать по пальцам не стоят того, чтобы покупать новую лицензию и переходить на новую версию. К сожалению, Microsoft не заинтересована в домашнем потребительском сегменте, а нацелена на корпоративных пользователей, которые получают новые функции и «фишки» раньше всех. И не зря, прибыль с приложений и услуг корпоративного сегмента значительно превышает прибыль домашних продуктов (Windows и Office).

#### Список использованных источников

1. Новые возможности Office 2019 [Электронный ресурс] – URL: <https://support.microsoft.com/ru-ru/office/новые-возможности-office-2019-5077cbbe-0d94-44cc-b30e-654e37629b0c> (дата обращения: 12.04.2022)
2. Ключевые особенности Office 2016 и Office 2019 [Электронный ресурс] – URL: <https://software-empire.ru/blog/last-news/klyuchevyie-osobennosti-i-otlichiya-versij-microsoft-word-2016-i-2019.html> (дата обращения 13.04.2022)
3. Сравнение ПО Office 2016/2019 [Электронный ресурс] – URL: [https://translated.turbopages.org/proxy\\_u/en-ru.ru.0c6ea8f0-625c4262-54051a8f-74722d776562/https/softwarekeep.com/help-center/office-2016-vs-office-2019-comparison](https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.0c6ea8f0-625c4262-54051a8f-74722d776562/https/softwarekeep.com/help-center/office-2016-vs-office-2019-comparison) (дата обращения 13.04.2022)
4. Новые возможности World 2019 для Windows [Электронный ресурс] – URL: <https://support.microsoft.com/ru-ru/office/новые-возможности-word-2019-для-windows-d3d31e5e-2bb8-4433-80bb-08279beef4b3> (дата обращения 13.04.2022)

Студент гр. 10404220 Пугач М.В.  
Научный руководитель Одинокко В.Ф.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Аддитивные Технологии (Additive Manufacturing) это ряд цифровых технологий, в которых создание изделия происходит путем добавления материала (от англ. add – "добавлять") в отличие от традиционных технологий производства, где создание изделия происходит путем удаления "лишнего" материала с заготовки.

Создание объекта аддитивным способом происходит по заранее подготовленной цифровой модели объекта – 3D-модели. При этом широко применяется 3D сканирование – создание виртуальной цифровой копии поверхности реального объекта и 3D печать – набор технологических методов производства изделий и прототипов, основанных на поэтапном формировании изделия путём добавления материала на основу (платформу или заготовку).

Аддитивные технологии (АТ) применяются в литейном производстве для создания модельной оснастки, для создания готовых форм для литья без модельной оснастки, а также для создания стержней для литья сложных объектов.

Внедрение АТ в литейное производство позволяет сократить время производственного цикла, снизить стоимость изготовления отливок и уменьшить вероятность появления брака. Кроме того, АТ даёт возможность повысить сложность геометрии изделий и использовать материалы, недоступные для традиционных технологий.

АТ применяются в технологиях литья в ХТС и ПГС, технологиях литья по выжигаемым и выплавляемым моделям, в кокильном литье и литье в керамические формы.

Современные АТ развиваются в следующих направлениях:

- FDM (Fused Deposition Modeling) / FFF (Fused Filament Fabrication) – **послойное наплавление термопластиков из нити;**
- FGF (Fused Granular Fabrication) – **послойное наплавление термопластиков из гранул;**
- MJM (Multi Jet Modeling) – **многоструйное моделирование восковыми материалами;**
- SLA (Stereolithography) – **стереолитография, или построение из жидких фотополимерных смол, затвердевающих под действием лазера;**
- PCM (Patternless Casting Manufacturing) / BJ (Binder Jetting) – **построение песчаных форм для литья без модельной оснастки;**
- DLP (Direct Light Processing) – **построение керамических форм для высокоточного литья без модельной оснастки.**

**1. Технология FDM (FFF)** – моделирование методом послойного наплавления термопластиков из нитей (рисунок 1). Она основана на расплавлении филамента (нити термопластика), экструзии расплавленного материала и дальнейшем наплавлении его слой за слоем для построения трёхмерного объекта. На рисунке: 1 – филамент опорный, 2 – филамент для детали, 3 – головка экструзионная, 4 – деталь, 5 – опора, 6 – платформа.

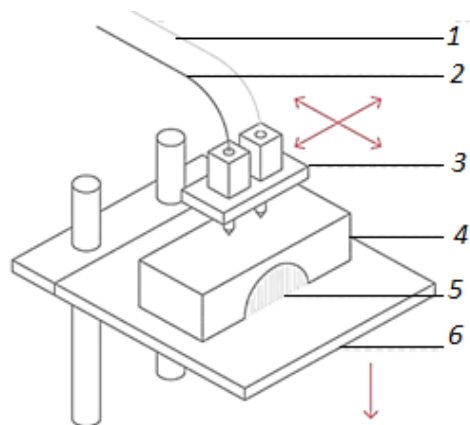


Рисунок 1

Созданный в процессе печати опорный материал удаляется. На сегодня FDM – одна из самых распространенных и востребованных технологий 3D печати.

**2. Технология FGF** – моделирование методом послойного наплавления термопластиков из гранул и подача полученной массы с постоянной скоростью через сопло экструдера на платформу (рисунок 2). На рисунке: 1 – контейнер для гранулята, 2 – винт экструдера, 3 – внешняя стенка (с нагревательным элементом), 4 – рабочее сопло, 5 – вакуумный стол (платформа построения), 6 – строящийся объект.

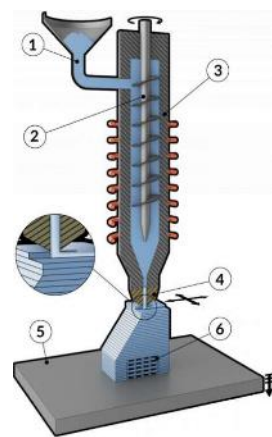


Рисунок 2

Объем подачи пластика в единицу времени можно изменять, применяя сопла разных размеров.

**3. Технология MJM** – многоструйное моделирование с использованием специальных восковых материалов для технологии высокоточного литья по выплавляемым моделям без применения оснастки (рисунок 3). На рисунке: 1 – контейнер с материалом, 2 – источник УФ-света, 3 – печатающие головки, 4 – деталь, 5 – материал опоры, 6 – рабочая платформа, 7 – подъемный механизм.

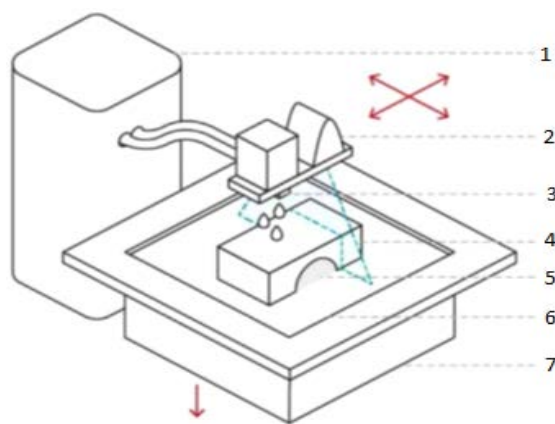


Рисунок 3

**4. Технология SLA** – стереолитография, или полимеризация смол под действием лазера (рисунок 4). В качестве материала используются светочувствительные (фотополимерные) смолы. Платформа построения опускается или поднимается (зависит от расположения источника света) и жидкая смола полимеризуется лазером в заданных точках. Неизрасходованная смола может быть повторно использована для печати последующих моделей.

**5. Технология РСМ** – производство песчано-полимерных форм и стержней для литья без использования модельной оснастки (рисунок 5). На рисунке: 1 – контейнер со смолой, 2 – печатный модуль, 3 – ракельный нож, 4 – литейная форма, 5 – бункер построения, 6 – контейнер для излишков.

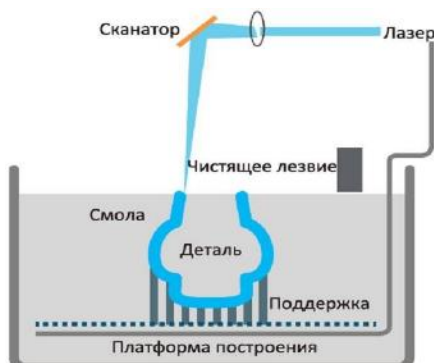


Рисунок 4

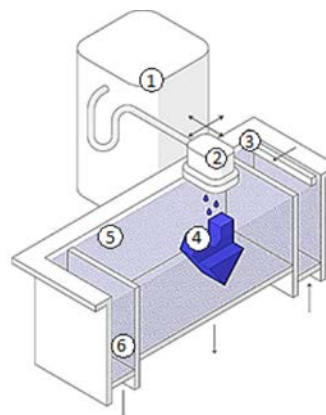


Рисунок 5

В отличие от традиционного производства, технология РСМ (Patternless Casting Manufacturing) позволяет изготавливать песчано-полимерные формы и делать это до 10 раз быстрее чем традиционным способом. При этом хранение всех форм в виде 3D моделей позволяет отказаться от складов по хранению модельной оснастки.

**6. Технология DLP (Admaflex)** – построение керамических форм для высокоточного литья без модельной оснастки. Технология DLP позволяет получить высокое качество поверхности (шероховатость 0,5-1,9 мкм) и высокую точность (толщина слоя от 10 мкм).

К недостаткам технологии DLP следует отнести высокую стоимость оборудования, ограничение по области печати 200×200×300 мм и необходимость в термической постобработке (выжигание полимера).

Также в современных АТ широко используется лазерное 3D-сканирование для контроля геометрии отливок и обратного проектирования, заключающиеся в создании твердотельных 3D-моделей (рисунок 6) реальных изделий для дальнейшего производства с помощью 3D-сканера (рисунок 7). Для проведения измерений с помощью 3D-сканера требуется компьютер для обработки данных сканирования с помощью соответствующего программного обеспечения.



Рисунок 6

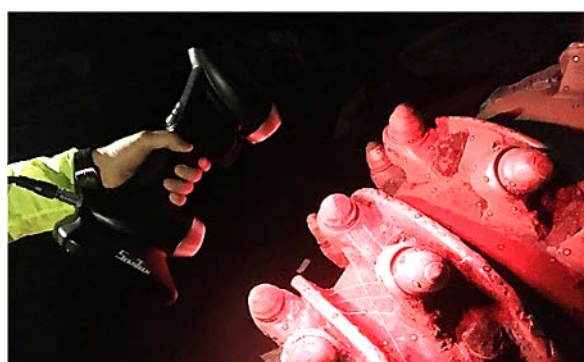


Рисунок 7

## Список использованных источников

1. Цифровая литейка (применение 3D-печати в литейном производстве) [Электронный ресурс] – URL: [https://i3d.ru/blog/dlya\\_mozayki/3d-pechat-v-liteynom-proizvodstve/](https://i3d.ru/blog/dlya_mozayki/3d-pechat-v-liteynom-proizvodstve/) (дата обращения: 22.03.2022)
2. Алексей Чехович, Аддитивные технологии в литейном производстве [Электронный ресурс] – URL: <https://blog.iqb.ru/additive-technologies-foundry/> (дата обращения: 22.03.2022)
3. Аддитивные технологии в литейном производстве АО «Центр цифровых технологий» [Электронный ресурс] – URL: [http://www.kcdt.ru/additivnye\\_tehnologii\\_v\\_litejnom\\_proizvodstve#:~:text=%D0%90%D0%B4%D0%B4%D0%B8%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B8%20\(Additive%20Manufacturing%20%E2%80%93%D0%BE%D1%82,%D1%81%20%D0%BF%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D1%89%D1%8C%D1%8E%20%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D1%8C%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D1%8B%D1%85%203d%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B9.](http://www.kcdt.ru/additivnye_tehnologii_v_litejnom_proizvodstve#:~:text=%D0%90%D0%B4%D0%B4%D0%B8%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B8%20(Additive%20Manufacturing%20%E2%80%93%D0%BE%D1%82,%D1%81%20%D0%BF%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D1%89%D1%8C%D1%8E%20%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D1%8C%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D1%8B%D1%85%203d%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B9.) (дата обращения: 22.03.2022)
4. Аддитивные технологии и литейное производство «Выбираем отечественное оборудование для производства литейных форм методом послойной печати» [Электронный ресурс] – URL: <https://www.ddmlab.ru/wp-content/uploads/2018/12/Additivnye-tehnologii-i-litejnoe-proizvodstvo.pdf> (дата обращения: 22.03.2022)

Студент гр. 10404118 Дикун А.О.

Студентка гр. 10401119 Путрич О.В.

Научный руководитель: ассистент Русевич О.А.

Белорусский национальный технический университет

Литейное производство 21-го века имеет достаточно современное оборудование для производства отливок различной номенклатуры и назначения. Но учитывая общий рост промышленных технологий возникает потребность в модернизации текущих технологических процессов, необходимой для ускорения, удешевления и снижения трудоёмкости текущего производства, а также снижения минимально необходимой для выполнения производственных задач квалификации работников.

Для решения этих задач существует возможность внедрения аддитивных технологий в современные технологические процессы практически на всех этапах производства. При чём внедрение аддитивных технологий возможно даже на этапе создания САД модели (технология 3-х мерного сканирования).

Рассмотрим внедрение аддитивных технологий в современное производство на примере условного технологического процесса ремонта и усовершенствования конструкции уже существующего, но повреждённого литейного изделия, который традиционно состоит из нескольких этапов, показанных на схеме (Рис. 1).

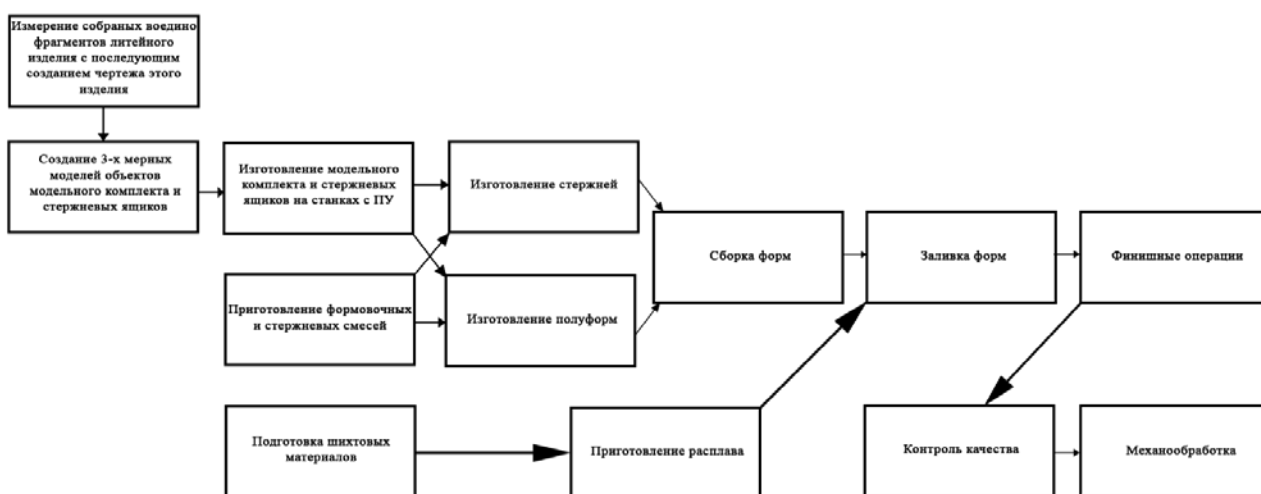


Рисунок 1 – Схема традиционного технологического процесса изготовления

При помощи 3D сканеров (рис. 1) и сканирующих систем возможна оцифровка сложнейших геометрических форм в достаточно большом диапазоне размеров начиная от сотых долей миллиметра и заканчивая несколькими метрами.

Внедрение такой технологии на этапе моделирования позволяет быстро, а самое главное достаточно точно преобразовывать реальные объекты в 3-х мерные модели. Что позволяет ускорить процесс ремонта уже существующих отливок, а также прототипирования изделий путём создания цельной модели из фрагментов повреждённого изделия без необходимости трудоёмкого измерения её размеров при построении модели вручную.

Так же такого рода сканеры можно применять для измерения размеров отливок при выявлении дефектов отклонения форм и размеров полученных изделий на стадии контроля качества. Но стоит отметить, что модели полученные таким путём требуют небольшой обработки, которая заключается в удалении ненужных объектов, попавших в область сканирования (например поверхность стола, на котором находился сканируемый объект), закрытия разрывов поверхностей которые могли возникнуть в процессе сканирования, а так же конвертирование полученной модели в удобный для дальнейшей работы в САД системах формат.

Но внедрение аддитивных технологий не ограничивается внедрением лишь внедрением 3D сканеров, а наоборот только начинается с этой технологии, следующим этапом на котором есть возможность внедрения аддитивных технологий является этап создания модельного комплекта. Внедрение на этом этапе аддитивных технологий заключается в установке на модельном участке 3D принтеров, которые позволят быстро, автономно, практически без потери материала, смены инструмента и переналадки оборудования, а главное точно печатать модели любой формы в широком диапазоне размеров.

Стоит отметить, что технологий позволяющих напечатать модельный комплект существует достаточно много вот некоторые из них: FDM, DIW (методы печати с экструзией печатающего материала различного рода пластики такие как ABS и PLA); SLA, DLP, LSD (технологии с использованием фотополимерной смолы); LOM (печать методом ламинирования).

При условии внедрения технологий 3-х мерного сканирования, а также принтеров для печати модельного комплекта по любой из доступных на сегодняшний день в процесс ремонта и улучшения конструкции уже существующего изделия можно оптимизировать ускорить и упростить приведённый выше технологический процесс (Рис. 2).



Рисунок 2 – Схема технологического процесса с внедрением технологий 3-х мерного сканирования и печати модельного комплекта и стержневых ящиков.

Технологию 3D печати так же можно применять при создании форм и стержней. Для этих задач существует отдельная технология печати порошковым материалом и смоляным или другим связующим (в зависимости от поставленной задачи) – 3DP технология.

Сущность такого процесса печати заключается в послойном нанесении наполняющего материала, с последующим нанесением смоляного или другого связующего с повторением сечений необходимой формы со сдвигом по высоте на расстояние толщины нанесения наполняющего материала.

При помощи такой технологии возможно получать сложнейшие формы, а также стержни, не используя при этом сложные, состоящие из большого числа элементов стержневые ящики.

На этом этапе внедрения аддитивных технологий (печать форм и стержней) можно добиться более высокого уровня оптимизации, упрощения технологического процесса с упразднением некоторых операций (Рис. 3).

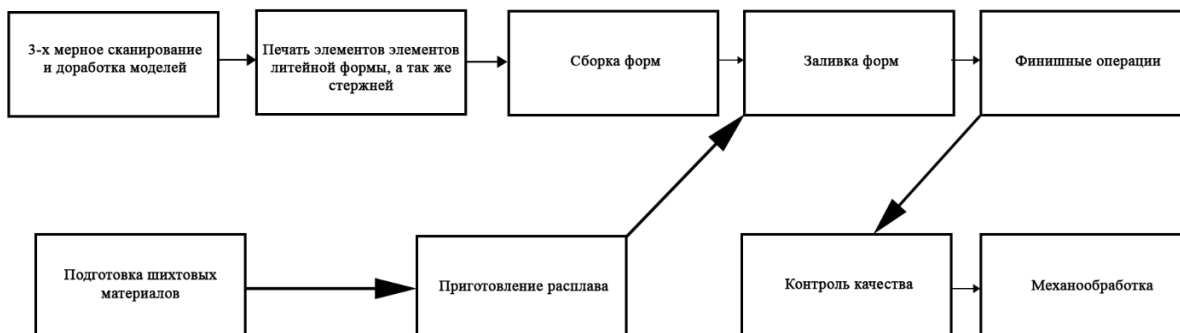


Рисунок 3 – Схема технологического процесса с внедрением технологии 3-х мерного сканирования и печати форм и стержней.

Финальной стадией применения аддитивных технологий является печать цельных изделий из металла для этого существует целый ряд технологий: EBM, SLS, DMLS, SHS (спекание лазером отдельных участков материала в слое металлического порошка); DED (точечная подача порошкового материала непосредственно в зону плавления лазером); EBF (печать металлической проволокой).

Изделия, полученные по данным технологиям ничем, не уступают традиционным отливкам и имеют меньший вес, но при этом практически не требуют финишных операций, а также некоторые узлы и механизмы могут печататься сразу в сборе что сильно ускоряет и удешевляет процесс производства, а также уменьшает штат работников.

При таком внедрении технологий печати металлом можно добиться максимально возможной на сегодняшний день оптимизации производственного цикла отливок, который показан на схеме (Рис. 4).

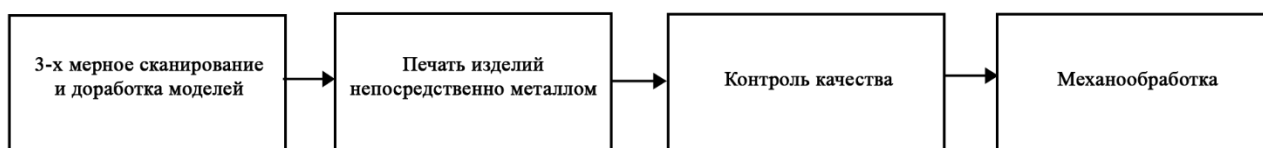


Рисунок 4 – Схема технологического процесса с внедрением технологии 3-х мерного сканирования и печати изделий из металла.

Таким образом подводя итог, можно отметить, что внедрение аддитивных технологий сильно упрощает, удешевляет и ускоряет процесс производства, при этом расширяя возможности производства сложных отливок. При внедрении данных технологий можно добиться достаточно сильного упрощения технологического процесса путём удаления из него достаточно большого количества операций особенно при внедрении технологии печати непосредственно металлом. В таком случае под сокращение попадают все операции связанные с формовкой (так как формовочная смесь и вовсе не применяется при таком метода),



практически полностью исключаются операции финишной обработки (так как отсутствует литниково питающая система и необходимость выбивки), так же исключаются операции заливки, и при поставке порошка нужного состава из вне, то и операции приготовления расплава для последующего создания того самого порошка для печати. Удаления такого количества операций резко снижает требуемую площадь для размещения оборудования, убирает необходимость деления цеха на специализированные участки, улучшает экологию в зоне производства с внедрением аддитивных технологий, а также производство становится заметно чище и безопаснее.

#### **Список использованных источников**

1.КомпьюАрт. [Электронный ресурс] – Москва, 2001. – Режим доступа: <https://compuart.ru/article/25392> - Дата доступа: 14.04.2022;

2.Постобработка моделей после 3D печати. [Электронный ресурс] – Москва, 2013. – Режим доступа: <https://3d-diy.ru/wiki/3d-printery/postobrabotka-modelej-posle-3d-pechati> - Дата доступа: 14.04.2022.

## Выбор и оптимизация технологии изготовления отливок из алюминиевых сплавов в разовые формы

Студент гр. 10404128 Каледа Р.В.  
 Научный руководитель ассистент Русевич О.А.  
 Белорусский национальный технический университет  
 г. Минск

Алюминиевые сплавы обладают малой плотностью, высокой прочностью и пластичностью, их легко обрабатывать. Наиболее распространены сплавы алюминия с кремнием (силумины), которые обладают повышенной коррозионной стойкостью, хорошей свариваемостью и другими свойствами.

Основными способами изготовления отливок является литье в песчаные формы, по выплавляемым моделям, литьё в гипсовые формы, в оболочковые формы, в кокиль, под давлением и центробежное [1].

Указанными способами можно изготавливать отливки в разовые формы: литье в песчаные формы, в оболочковые формы, литьё по выплавляемым моделям и литьё в гипсовые формы.

Из перечисленных выше способов литья в разовые формы наиболее широкое применение при изготовлении отливок из алюминиевых сплавов получило литье в сырые песчаные формы. Это обусловлено невысокой плотностью сплавов, небольшим силовым воздействием металла на форму и низкими температурами литья (680 – 800 °С) [2].

### Характеристика технологического процесса алюминиевого литья на ОЗАА.

На плавильном участке цеха приготовление сплава АК9ч производится в трех индукционных печах средней частоты ИАТ 2.5/1.6 МЗ. Емкость печей 2,5 т.

В связи с высокими требованиями к сплаву по содержанию примесей, плавка ведется с использованием первичных материалов, представленных в Таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Состав шихты алюминиевого литья

Наименование материала	Содержание материалов в мет/завалке, %
Алюминий первичный	5,86
Силумин чушковый	43,1
Магний первичный	0,20
Марганец металлический	0,18
Возврат производства	45,56
Алюминиевый сплав из алюминиевой стружки АК9ч	5,1
ИТОГО:	100.0

Загрузка шихтовых материалов в плавильные печи осуществляется при помощи электрического тельфера.

Печи эксплуатируются в трехсменном режиме. Футеровка печей производится по металлическому разборному шаблону огнеупорным бетоном на основе шамотного наполнителя на жидком стекле.

С целью измельчения зерна, получения однородной структуры (для получения требуемых механических свойств) сплав АК9ч модифицируют четырехкомпонентным универсальным флюсом.

Для снижения газонасыщенности и удаления неметаллических включений применяется рафинирование - продувка расплава инертным газом (аргоном).

К литейным машинам жидкий металл развозится электропогрузчиками с разливочными ковшами емкостью 250 кг.

Таблица 2.2 – Состав жароупорного бетона

Наименование материала	Содержание материала, %
1. Жидкое стекло	12
2. Тонкомолотый магнезит	28,3
3. Кремнефтористый натрий	1,2
4. Крупный шамотный наполнитель	25
5. Средний шамотный наполнитель	27
6. Мелкий шамотный наполнитель	4,5

Для приготовления стержневой и формовочной смесей используются пески формовочные кварцевые ГОСТ 2138. Песок подвергается сушке в барабанном сушиле, установленном на шихтовом дворе. С шихтового двора пески подаются в смесеприготовительное отделение по ленточному конвейеру.

На формовочном участке методом литья в сырые песчаные формы изготавливаются отливки, имеющие всевозможные поднутрения, внутренние полости развесом от 0.5 до 200.0 кг. Песчаные формы изготавливаются вручную с помощью пневмотрамбовок.

Спаривание форм на участке осуществляется при помощи мостового крана грузоподъемностью 10 т.

Формы покрывают антипригарной краской, в состав которой входят следующие материалы: фракция головная этилового спирта, тальк и талькомагнезит молотые, связующее фенольное порошкообразное, ацетон технический.

Для контроля качества установки песчаных стержней в формы разработаны и применяются ряд контрольных приспособлений (шаблонов).

Заливка мелких песчаных форм осуществляется ковшами вручную, крупных - с помощью мостового крана.

Выбивка форм осуществляется на выбивной решетке модели 31215Н.

Приготовление формовочной смеси осуществляется в смешивающих бегунах моделей 114 и 15104 производительностью 10 м<sup>3</sup>/час.

Преимущества литья в песчаные формы:

- Конфигурация 1...6 групп сложности;
- Дешевизна изготовления отливок;
- Возможность изготовления отливок большой массы;
- Отливки изготавливаются из всех литейных сплавов, кроме тугоплавких.

К недостаткам литья в песчаные формы можно отнести:

- Плохие санитарные условия;
- Большая шероховатость поверхности;
- Толщина стенок >3мм;
- Вероятность дефектов больше, чем при др. способах литья.

#### **Мероприятия для модернизации.**

Одна из наиболее трудоёмких операций этого техпроцесса – изготовление разовой песчаной формы. Форма изготавливается вручную при помощи пневмотрамбовок, для увеличения производительности, для уменьшения трудоёмкости процесса, необходимо автоматизировать формовку прессовым или вибропрессовым способом.

На основании приведенных данных, касающихся получения отливок из алюминиевых сплавов, можно сделать вывод о том, что использование разовых форм может быть применимо к отливкам разных габаритов, разных степеней сложности, отливкам, требующим повышенной точности, чистоте поверхности и воспроизведению мельчайших деталей рельефа.

### **Список использованных источников**

1.Студопедия: Литьё в разовые формы – 13.02.2014 [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://studopedia.ru> – Дата доступа: 19.04.2022;

2.Кукуй Д.М., Мельников А.П., Ровин С.Л., Голуб Д.М., Одиночко В.Ф. Технология процессов смесеприготовления и изготовления песчаных литейных форм: монография / Д.М. Кукуй [и др.]; под общ. Ред. Д.М, Кукуя. // Минск: БНТУ. 2009. С. 437.

Студент гр. 10404119 Рыхлицкий Д.А.  
Научный руководитель Садоха М.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Кокильное литье, или литье в постоянные формы – это литье металла, осуществляемое свободной заливкой.

Кокиль – металлическая форма с естественным или принудительным охлаждением, заполняемая расплавленным металлом под действием гравитационных сил. Кокиль представляет собой форму многоразового использования. Поскольку металлические материалы значительно отличаются от неметаллических формовочных материалов большей теплопроводностью, прочностью, практически нулевыми газопроницаемостью и газотворностью, и др., то в кокиле создаются особые условия формирования отливок. Важным элементом кокиля является защитное покрытие его рабочей поверхности, которое позволяет регулировать интенсивность теплообмена между отливкой и формой, обеспечивает снижение термических напряжений в элементах кокиля, предохраняет рабочие поверхности кокиля от эрозионного разрушения. Кроме этого, покрытие создает в кокиле необходимый газовый режим, обеспечивает в некоторых случаях поверхностное модифицирование и легирование отливки, изменяет газопроницаемость вентиляционных устройств, а также воздействует на силу трения между отливкой и кокилем, что позволяет улучшить выбиваемость отливки из кокиля. В процессе термического и механического взаимодействия между отливкой и кокилем в процессе кристаллизации и охлаждения отливки нередко возникает больший или меньший газовый зазор. Его влияние в термическом отношении аналогично влиянию защитного покрытия.

Общие требования к отливкам, получаемые в кокилях, следующие: габаритные размеры отливок должны быть как можно меньшими, а их конфигурация должна обеспечивать возможность использования кокилей с плоскими разъемами и металлическими стержнями, число разъемов формы и число стержней должны быть минимальными; необходимо предусмотреть обтекаемую конфигурацию отливок - без острых углов, без резких переходов от одной поверхности к другой, без высоких ребер и выступов, без глубоких отверстий и карманов; необходимо выбирать оптимальные толщину и уклоны стенок отливок, чтобы обеспечить наилучшие условия заливки и питания всех элементов; в отливках по возможности должно быть предусмотрено такое сочетание конструктивных элементов, при котором минимально затрудняется усадка и обеспечивается легкая разборка формы.

Серые чугуны среди других марок чугунов наиболее часто используются для получения отливок методом литья в кокиль [1]. Они обладают хорошими литейными свойствами: высокой жидкотекучестью, небольшой усадкой (до 1 %), незначительным влиянием газосодержания на механические свойства, достаточно высоким сопротивлением образованию горячих трещин, малой склонностью к образованию усадочных раковин и пористости. Литейные свойства чугуна существенно зависят от его химического состава. С увеличением содержания углерода жидкотекучесть доэвтектических чугунов повышается, а заэвтектических уменьшается. При увеличении содержания кремния и фосфора жидкотекучесть чугуна повышается, влияние марганца и серы на жидкотекучесть металла незначительно.

Чугунные отливки, полученные в кокилях, в меньшей степени подвержены образованию газовых дефектов, чем отливки, получаемые в песчаных формах, так как наряду с уменьшением источников газообразования в кокиле вследствие высокой скорости

охлаждения расплава газы, содержащиеся в нем, не успевают выделяться. Вместе с тем неправильная конструкция вентиляционной и литниковой систем, нарушения при окраске кокилей и подготовке расплава создают дополнительные риски образования газовых дефектов в отливке.

При производстве в кокиль отливок из высокопрочного чугуна необходимо учитывать, что литейные свойства высокопрочного чугуна во многом определяются структурой сплава, прежде всего наличием шаровидного графита, и имеют ряд особенностей по сравнению с серым чугуном [1]. Так линейная усадка отливок из высокопрочного чугуна значительно больше (1,17 – 2%), чем отливок из серого чугуна, поэтому для питания массивных узлов отливки необходимо применять питающие бобышки и прибыли. При этом предсудачное расширение высокопрочного чугуна в 2 – 3 раза больше, чем у серого чугуна, что снижает вероятность образования в отливках горячих трещин. Высокопрочные чугуны склонны к образованию холодных трещин.

Имеются и другие особенности производства отливок из высокопрочного чугуна. При модифицировании магний из модификатора и сера, содержащаяся в чугуне, образуют сульфиды магния, вследствие чего в структуре отливки появляются «темные пятна», которые отрицательно влияют на служебные характеристики металла. Для их устранения понижают содержание серы в чугуне, обрабатывая его флюсами (криолитом, плавиковым шпатом и т.д.). Высокопрочные чугуны после модифицирования магнием обладают повышенной окисляемостью. Пленки оксидов могут содержаться в металле отливки и механические свойства его снижаются.

Для снижения внутренних напряжений в отливках из чугуна с шаровидным графитом проводят их отжиг по режиму: нагрев до 550 – 650°C, выдержка при температуре нагрева 2 – 5 ч в зависимости от конфигурации и толщины стенки отливки. Для получения перлитной структуры проводят нормализацию по режиму: нагрев до 900 – 950°C, выдержка 1 – 3 ч и охлаждение на воздухе. Для получения высоких механических свойств и пластичности проводят изотермическую закалку по режиму: нагрев до 850°C, выдержка при температуре нагрева 2 – 2,5 ч и охлаждение в масле, нагретом до 300 – 350°C.

#### **Список использованных источников**

1. Садоха, М. А. Литейные сплавы и плавка: учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства» / М. А. Садоха, Ф. И. Рудницкий, В. А. Калининченко. – Минск: БНТУ, 2022. – 120 с.

Студент гр. 10404129 Коршак В.Е.  
Научный руководитель Садох М.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Для получения расплава алюминия и сплавов на его основе применяют следующие плавильные агрегаты: топливные печи (тигельные, отражательные (подовые), вращающиеся, шахтные) и электрические печи (печи сопротивления, индукционные печи) [1, 2]. Топливные печи обычно используются при небольших объемах производства.

Плавка большинства алюминиевых сплавов проста. Плавка происходит под флюсом. Шихтовые материалы загружаются в следующем порядке: чушковый алюминий, крупногабаритные отходы, переплав, лигатуры (чистые металлы). В жидкий металл при температуре не выше 730 °С допускается загрузка сухой стружки и малогабаритный лом.

Легирующие элементы, кроме магния, цинка, в отдельных случаях и меди, добавляют в виде лигатур. Медь добавляют в расплав, когда температура составляет 740–750 °С, кремний – при температуре 700–740 °С при помощи колокольчика. Цинк добавляют до магния, как правило его обычно добавляют перед сливом металла. Максимум допускаемый перегрев для литейных сплавов 800 - 830 °С, а для деформируемых сплавов 750–760 °С.

Как правило при плавлении мелких порций литейных сплавов в тигельных печах защитные флюсы не используют.

В процессе плавки алюминий на воздухе окисляется. Главными окислителями оказываются кислород, а также пары воды. Образование оксида алюминия  $Al_2O_3$ , а также  $Al_2O$  и  $AlO$  зависит от температуры и давления газов, кроме этого, кинетические условия взаимодействия окисления алюминия. Прочная и в тоже время плотная пленка оксида образуется в результате окисления твердого и жидкого алюминия на поверхности, толщина этой пленки равна 0,1–10 мкм, толщина пленки будет зависеть от продолжительности выдержки и температуры. В процессе достижения максимальной толщины практически прекращается окисление, из-за того, что через пленку диффузия кислорода сразу замедляется.

**Рафинирование расплавов.** Важной операцией при плавке сплавов является рафинирование расплава от растворенного водорода, а также неметаллических включений [1–4].

Основные способы очистки сплавов от растворенного водорода, а также неметаллических включений используют фильтрования через зернистые, а также сетчатые фильтры, отстаивание, продувку газами (инертным, активным), использование хлористых солей и флюсов, электрофлюсовое рафинирование, а также вакуумирование.

В качестве самостоятельного метода *отстаивание* используют из-за того, что разность плотностей очень большая, а размер частиц не маленький. Процесс не очень эффективен так как рафинирование протекает медленно и требуется повышенный расход топлива.

Очистка расплава *продувкой инертными или активными газами* заключается в двух этапах: диффузия растворенного газа в пузырьки продуваемого газа и флотирующих действия пузырьков по связи к мельчайшим газовым пузырькам, а также включения. В зависимости от размера пузырьков чем меньше, тем лучше, тем более равномерно они распределяются по объему расплава поэтому в данном способе рафинирования происходит успешней.

В литейных цехах часто используют продувку расплавов газами для производства слитков.

Продувка происходит в футерованных коробках, коробки устанавливаются в месте перелива металла в кристаллизатор. Гелий, хлор, аргон, а также азот используют для рафинирования алюминиевых сплавов.

Продувка аргоном или азотом происходит при температуре 720–730 °С. От объема расплава зависит продолжительность продувки и варьируется в пределах 5–20 мин.

*Очистка алюминиевых расплавов флюсами* используется при плавке деформируемых, а также литейных сплавов. В процессе очистки используют разные флюсы на основе щелочноземельных металлов с добавками фтористых солей (криолита, плавикового шпата, фтористых натрия и калия) а также хлористых солей щелочных. Флюсы заранее выплавляют и высушивают в ко-ве 0,6–1% от массы металла затем их размещают на поверхность расплава при температуре 720 °С. Далее флюсы энергично перемешивают на протяжении 5 минут, затем удаляют шлак и оставляют расплав на 35 минут. Затем шлак удаляют повторно и расплав можно применять для заполнения литейных форм. «Колокольчик» используют для введения флюса на дно расплава при обработке большого количества металла.

Хороший уровень дегазации достигается путем *вакуумирования*. Данный способ чаще всего применяют в фасоннолитейных цехах. Суть процесса заключается в том, что расплавленный металл переливают в ковши, который потом перемещают в вакуумную камеру. В вакуумной камере металл находится на протяжении 20 минут, температура расплава составляет 730 °С, а остаточное давление составляет 1330 Па.

В последнее время для очистки алюминиевых сплавов все чаще используют *зернистые, пористые, а также сетчатые* фильтры. Для очистки расплава от больших включений рекомендуется выбирать сетчатый фильтр. С помощью сетчатых фильтров можно отделять включения размер, которых больше ячейки. Фильтры из стеклоткани располагают в раздаточных тиглях, литниковых каналах, а также кристаллизаторах и распределительных коробках. Их использование позволяет уменьшить содержание неметаллических включений и пленок в 2 раза.

Для достижения лучшего эффекта стоит использовать зернистые фильтры. Его главной особенностью является наличие тонких и длинных каналов переменного сечения, а также большая площадь соприкосновения с металлом. Очистка расплава от включений через зернистый фильтр осуществляется адгезионными и механическими процессами.

*Электрофлюсовое рафинирование* – это самый эффективный метод очистки алюминиевых расплавов. Суть данного процесса заключается в пропускании через слой флюса тонкий струй расплава, также наложением на флюс и металл переменного тока или постоянного, благодаря этому создаются лучшие условия для адсорбции включений флюсом, из-за уменьшения межфазного натяжения на границе с металлом.

**Модифицирование сплавов.** Модифицирование сплавов проводится для измельчения макрозерна и различных фаз, и для придания им благоприятной формы.

Существуют различные способы модифицирования алюминиевых сплавов.

Чаще всего на практике применяют комплексный метод рафинирования и модифицирования алюминиевых сплавов, включающий обработку расплава смесью солей фтористого калия и хлористого калия совместно с фтористым натрием и/или натриевым криолитом в количестве 2–3% от веса расплава. Такой подход упрощает технологию и снижает затраты на рафинирование и модифицирование, но герметичность отливок остается низкой, поскольку нет интенсивного измельчения зерна, поскольку реализован механизм модифицирования второго рода, т.е. за счет торможения роста зерен, а не увеличения количества центров кристаллизации.

Доэвтектические и эвтектические силумины модифицируют для измельчения кристаллов эвтектического кремния. Для этого вводят 0,05... 0,1 % натрия или стронция в виде солей на поверхность металла, очищенную от шлака. В результате реакций, происходящих в металле, выделяется натрий, который оказывает модифицирующее воздействие.



Известен способ получения отливок из алюминиевых сплавов, включающий использование для модифицирования расплава ультрадисперсных порошков сфен-циркона (смесь оксидов циркония, ниобия и титана). Этот способ гарантирует повышение прочности и пластичности отливок, но их герметичность остается на плохом уровне.

#### **Список использованных источников**

1. Литейные сплавы и плавка / А. П. Трухов, А.И. Маляров, 2004.
2. Волочко А.Т., Садоха М.А. Алюминий: технологии и оборудование для получения литых изделий. - Минск: Беларус. навука, 2011. - 387с.
- 3.[Электронный ресурс] <https://metal-archive.ru/liteynoe-proizvodstvo/1152-osobennosti-plavki-alyuminievyh-splavov.html> Дата доступа: 27.03.2022.
- 4.[Электронный ресурс] <https://findpatent.ru/patent/201/2016112.html> Дата доступа: 27.03.2022.

Студент гр. 10404119 Кишкевич Е.В.

Научный руководитель Садоха М.А.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Поршень - одна из самых важных и напряженных деталей двигателя внутреннего сгорания (ДВС). Он выдерживает механические нагрузки от сил движения газов и сил инерции, а также тепловые нагрузки от соприкосновения днища с горячими газами и трения его боковой поверхности о стенки цилиндра [1-3].

Давление газов на днище поршня, в зависимости от типа двигателя и условий его работы, обычно бывает до 8-15 МПа, иногда и больше. Механические напряжения от действия газов суммируются с термическими напряжениями, возникающими в процессе работы из-за перепада температур по сечению поршня, и с литейными напряжениями, которые полностью не устраняются при обычно принятых режимах старения. Термические напряжения сжатия на огневой поверхности днища поршня в зависимости от условий эксплуатации могут быть 20-30 МПа, остаточные литейные напряжения после старения - 18-25 МПа (растяжения - на внутренней стороне, сжатия - на боковой). В результате этого суммарный уровень напряжений, в особенности - у концентраторов напряжений (пор, включений и т.п.), может быть очень высок. Поэтому работоспособность поршня в значительной степени зависит от качества заготовки, особенно от ее пористости.

Исследования показали, что при работе дизельных и бензиновых двигателей в режиме номинальной мощности, температура поршней находится в интервале 106-312 °С.

Наибольшую температуру имеет огневая поверхность днища поршня (250-312°С), наименьшую - юбка поршня (106-137°С). В дизельных двигателях с турбонаддувом в отдельных точках днища (кромки камеры сгорания) температура может повышаться до 350-400°С.

Для изготовления поршней двигателя внутреннего сгорания обычно применяют алюминиевые литейные и деформируемые сплавы [1-4]. Причем в последнее время наибольшее распространение получили эвтектические и заэвтектические легированные силумины.

Основными преимуществами алюминиевых сплавов, как материала для поршней является их высокая теплопроводность (125-146 Вт/м·К) и низкий удельный вес (2700-2800 кг/м<sup>3</sup>). Следует также отметить, что поршни из алюминиевых сплавов по сравнению с чугунными имеют более низкий (приблизительно на 30%) коэффициент теплопередачи от газа к поршню.

Алюминиевые сплавы, как правило, технологичны, имеют относительно высокие усталостную прочность и пластичность. Однако алюминиевые сплавы обладают рядом недостатков, которые в известной мере ограничивают их применение. Это - недостаточно высокая жаропрочность, а также высокий коэффициент линейного расширения ((17...25) 10<sup>-6</sup> град<sup>-1</sup>).

Для литья заготовок поршней применяют сплавы, обеспечивающие необходимый уровень эксплуатационных характеристик. Наиболее распространенным в отечественном двигателестроении сплавом системы Al-Cu-Si является сплав АЛ10В. Этот сплав, из которого до настоящего времени изготавливалось большинство поршней для ДВС, содержит 5,0-8,0% Cu, 4,0-6,0% Si, 0,2-0,5% Mg, 0,5% Mn, до 1,5% Fe остальное алюминий.

В настоящее время большую часть заготовок поршней получают литьем в кокиль [1-3]. Этот метод отличается простотой, экономичностью и высокой производительностью, особенно при использовании полуавтоматических и автоматических литейных установок.

В качестве материала для кокилей используются обычно чугун (например, серый СЧ18-36, МСЧ28-48, ковкий чугун или чугун легированный 2-3% Ni, 8-10% Cr), а в качестве материала для стержней, формирующих полость поршня, углеродистая инструментальная сталь (например сталь ЗХ2В8, 5ХНМ, У7, У10, У8, 4Х882). Иногда используют для матриц кокиля наряду с чугуном эвтектический легированный силумин.

В настоящее время литые поршни автомобильных дизельных двигателей получают по двум принципиально отличающимся технологиям, характеризующимся расположением отливки в форме: «дном вверх» (рис. 1) и «дном вниз» (рис. 2). Каждая из них имеет свои достоинства и недостатки.

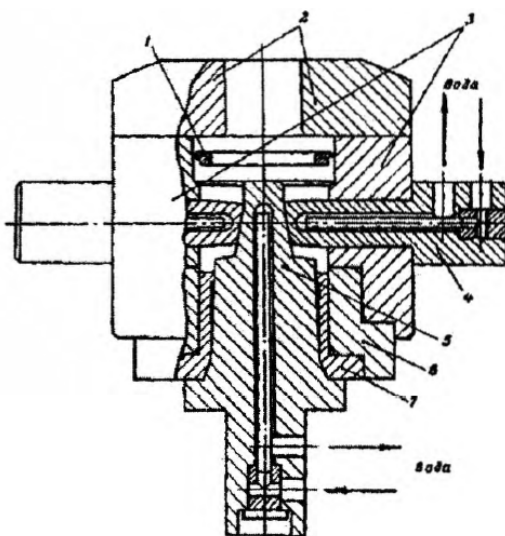


Рисунок 1 – Кокиль для отливки поршня по технологии «дно вверх»

1 - нирезистовая вставка; 2 - верхние боковины; 3 - нижние боковины; 4 - стержень, оформляющий отверстие под палец; 5 - стержень-моноклин; 6 - кольцо основания; 7 - кольцо посадочное

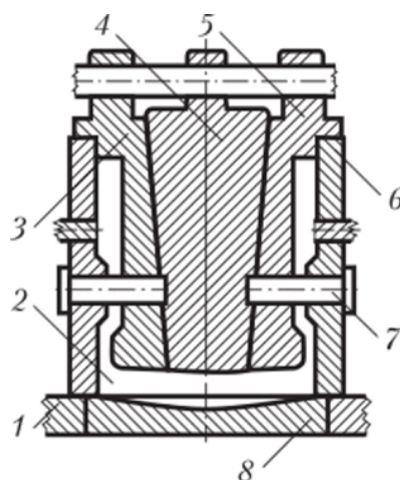


Рисунок 2 – Конструкция кокиля для литья алюминиевого поршня по технологии «дно вниз»

1,6 – половинки кокиля; 2 – внутренняя полость кокиля; 3-5 – металлический разъемный стержень; 7 боковой стержень; 8 – нижняя плита

При изготовлении отливок «днищем вниз» поршня, испытывающее при эксплуатации высокие механические и термические нагрузки, имеет мелкозернистую, плотную структуру и повышенные механические свойства; литниково-прибыльную систему отливки можно не отрезать, а обрубать на прессе. Однако в связи с расположением наиболее массивных частей отливки внизу питание их затруднено, поэтому требуется тщательная доводка всей литниково-питающей системы и теплового режима кокиля. Литниковая система извилистая типа «гусиная шейка» или карандашная с одной или двумя боковыми прибылями.

Для получения плотной структуры массивных зон отливки оформляющие части кокиля (поддон, полуформы, стержни, оформляющие отверстия под пальцы, центральный моноклинный стержень) охлаждается проточной водой, проходящей по специальным каналам или полостям; части многоклинного стержня замачиваются в водографитовой суспензии. В связи с большой протяженностью литниковой системы требуется повышенная температура заливки.

Как правило, литье «днищем вверх» используется только для литья поршней малой размерности (до 100 мм в диаметре). При изготовлении поршней «днищем вверх» металл обычно подводят в полость формы через короткий наклонный литник (рисунок 2), что способствует снижению температуры заливки, но требуется более тщательное рафинирование сплава; большое внимание при этом должно уделяться геометрии и размерам стояка и питателя. Прибыль верхняя центральная или кольцевая (сегментная). Такая технология широко распространена в России и за рубежом при изготовлении поршней с упрочняющей вставкой в зоне верхнего поршневого кольца (поршни двигателей КамАЗ, ЗИЛ, ГАЗ). Для простановки во внутреннюю полость кокиля вставки и стержня, формирующего кольцевой канал, каждая полуформа состоит из двух частей; верхние части собранного кокиля могут поворачиваться, открывая полость формы. Вставка фиксируется на выступах внутренней поверхности кокиля.

Для плавного заполнения формы заливка ее производится в наклонном на 30-40° состоянии; возврат в вертикальное положение осуществляется после заполнения кокиля на 2/3-3/4 по объему, когда расплав начинает закрывать упрочняющее кольцо.

Кокиль выполняется массивным, однако нижние части полуформ могут иметь сверления для охлаждающей воды; металлические стержни, как и при литье «днищем вниз», охлаждаются проточной водой.

Разработана технология изготовления поршней ЯМЗ-236 с пятиклинным центральным стержнем.

Для повышения стойкости кокиля, предотвращения приваривания отливки, улучшения заполняемости формы, управления в определенных границах теплообменом между отливкой и формой рабочие поверхности кокиля и металлических стержней покрывают слоем краски. Свойства красок зависят от их состава. В качестве наполнителя используют каолин, тальк, мел, графит, асбест молотый и другие материалы. На рабочую поверхность кокиля краску наносят толщиной до 1 мм, а поверхность прибылей до 3 мм.

#### **Список использованных источников**

1. Волочко А.Т., Садоха М.А. Алюминий: технологии и оборудование для получения литых изделий. - Минск: Беларус. навука, 2011.- 387с.
2. Садоха М.А. Литье поршней// Литейное производство. 2021. №5. С.27-29.
3. Садоха М.А., Волочко А.Т., Овчинников В.В. Технологические особенности производства поршней для высокофорсированных двигателей// Литье и металлургия. 2009. №3. С.71-75.

4.Садоха, М. А. Литейные сплавы и плавка: учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства» / М. А. Садоха, Ф. И. Рудницкий, В. А. Калиниченко. – Минск: БНТУ, 2022. – 120 с.

Студент гр. 10404199 Ермак М.А.  
Научный руководитель Садоха М.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Литейные алюминиевые сплавы согласно ГОСТ 1583 – 93 разделены на пять групп (I – V). Наилучшими литейными свойствами обладают сплавы группы I – силумины. Для них характерны хорошая жидкотекучесть, небольшая линейная усадка (0,9 – 1 %), стойкость к образованию трещин, достаточная герметичность. Силумины широко используют в производстве, однако они склонны к образованию грубой крупнозернистой эвтектики в структуре отливки и растворению газов [1-3].

Сплавы группы II (так называемые «медистые силумины») обладающие хорошими литейными свойствами и большей прочностью, чем силумины группы I, менее склонны к образованию газовой пористости в отливках. Эти сплавы нередко отливают в кокиль.

Сплавы групп III – V имеют более низкие литейные свойства по сравнению со сплавами групп I и II – пониженную жидкотекучесть, повышенную усадку (до 13%), склонны к образованию трещин, рыхлот и пористости в отливках. Получение отливок из сплавов III–V групп сопряжено со строгим соблюдением технологических режимов для обеспечения хорошего заполнения формы и питания отливок при затвердевании.

Все литейные алюминиевые сплавы в жидком состоянии интенсивно растворяют газы и окисляются. При их затвердевании газы выделяются из расплава и образуют газовую и газоусадочную пористость, которая снижает механические свойства и герметичность отливок. Образующаяся на поверхности расплава пленка оксидов при заполнении формы может разрушаться и попадать в тело отливки, снижая ее механические свойства и герметичность. При высоких скоростях движения расплава в литниковой системе пленка оксидов, перемешиваясь с воздухом, образует пену, которая попадает в полость формы, приводя к образованию дефектов в теле отливки.

Существует несколько наиболее широко применяемых способов литья алюминиевых сплавов. Основными критериями, определяющими выбор технологии литья являются: конфигурация отливки, технические требования к отливке, вес и преобладающие толщины стенок, и серийность производства.

Литье в кокиль, металлическую многоразовую форму, широко используется при производстве отливок из алюминиевых сплавов. Основное преимущество этого способа литья заключается в том, что, используя одну многоразовую форму (кокиль), можно отлить до нескольких десятков тысяч отливок. Высокая производительность процесса литья в кокиль обусловлена тем, что не нужно перед каждой заливкой изготавливать новую форму (за исключением при необходимости песчаных стержней) [1].

Кокильное литье обладает повышенными физико-механическими свойствами по сравнению с литьем в песчаные формы, вследствие более быстрой кристаллизации и охлаждения отливки и формирования мелкозернистой, плотной структуры.

Также из преимуществ стоит отметить высокую размерную точность алюминиевого литья и хорошее качество литой поверхности.

К недостаткам литья алюминиевых сплавов в кокиль следует отнести сложность, повышенную трудоемкость изготовления и, как следствие, дороговизну кокиля. Поэтому, обычно алюминиевое литье в кокиль применяют при высокой серийности производства (сотни или тысячи отливок).

При производстве отливок литьем в кокиль высока вероятность дефектов – трещин, образующихся в результате высоких внутренних напряжений в металле, которые, в свою очередь, являются следствием затрудненного процесса усадки на этапе затвердевания алюминиевого литья.

Перечень и назначение отливок из алюминия в кокиль довольно обширны: детали автомобилей (блоки цилиндров, поршни, головки блока, различные крышки и кронштейны), корпуса и крыльчатки насосов, и прочие детали машин.

Конструкция кокиля выбирается на этапе разработки литейной технологии. В зависимости от конфигурации и индивидуальных особенностей алюминиевого литья, кокиль может содержать различное число формообразующих частей (чаще одну или две, но может и больше).

Плоскость разъема кокиля может быть вертикальной, горизонтальной или комбинированной (криволинейной).

Стержни, необходимые для формирования полостей и отверстий отливки, в кокилях могут применяться как песчаные, так и металлические (при возможности извлечения).

С целью управления кристаллизацией, обеспечения направленного затвердевания отливок при литье в кокиль зачастую применяют принудительное охлаждение.

Кокиль может быть одноместным или многоместным, например, за одну заливку может заливаться сразу несколько литых алюминиевых заготовок.

Перед заливкой металла в кокиль, на его формообразующие поверхности наносят специальное разделительное покрытие, которое выполняет несколько функций. Во-первых, таким образом обеспечивается управление теплоотводом от отливки и процессом ее кристаллизации и охлаждения, а во-вторых, это позволяет получать высокое качество поверхности отливки.

Перед первым использованием кокиля его всегда нагревают до рабочей температуры. При алюминиевом литье это, обычно, около 200-250 °С. Это необходимо для того, чтобы обеспечить лучшее заполнение рабочей полости кокиля расплавом и снижения вероятности образования усадочных дефектов в отливке при кристаллизации.

Оптимальная температура заливки расплава зависит как от химического состава сплава, так и от геометрических особенностей отливки (конфигурации, толщины стенки, размеров и т.п.).

Продолжительность выдержки отливки в кокиле зависит от ее размеров и массы. Обычно отливки охлаждают в форме до температуры около 400 °С.

### **Список использованных источников**

1. Волочко А.Т., Садоха М.А. Алюминий: технологии и оборудование для получения литых изделий. - Минск: Беларус. навука, 2011.- 387с.
2. Литейные сплавы и плавка / А. П. Трухов, А.И. Маляров, 2004.
3. Садоха, М. А. Литейные сплавы и плавка: учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства» / М. А. Садоха, Ф. И. Рудницкий, В. А. Калиниченко. – Минск: БНТУ, 2022. – 120 с.

УДК 621.742.

## **Особенности и сравнительный анализ систем пылегазоочистки выбросов от электродуговых сталеплавильных печей**

Студенты: гр. 10404118 Курач Д.И., гр. 10404129 Тихончук Д.Г.  
Научный руководитель – Ровин С.Л.  
Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск

Литейное производство является не только основной заготовительной базой машиностроения, но и основным источником выбросов опасных загрязняющих веществ. Здесь в первую очередь речь идет о плавильных печах.

Выбросы плавильных печей состоят из полидисперсной пыли, содержащей оксиды металлов, составляющих основу сплава, и его примесей: железа, цинка, меди, свинца, хрома, кремния, алюминия и т.д., а также токсичных газов: оксиды углерода, диоксида серы и азота. В большинстве случаев газы, аспирируемые от плавильных печей, имеют высокую температуру и высокую концентрацию загрязняющих веществ. Наибольшей температуры и концентрации загрязняющих веществ достигают выбросы от электродуговых сталеплавильных печей и чугуноплавильных вагранок: температура газов на выходе из ДСП может достигать 1000-1200°C, а концентрации пыли – 2-3 г/м<sup>3</sup> [1].

Очистка пылегазовых выбросов в общем случае может осуществляться с использованием систем мокрого и сухого типа. В системах сухой пылегазоочистки наибольшее распространение получили циклоны и тканевые рукавные или кассетные установки [2].

Циклоны характеризуются высокой производительностью по газу, простотой устройства, надежностью в работе и часто применяются в качестве первой ступени очистки газов. Степень очистки от пыли в циклонах сильно зависит от размеров частиц. Для циклонов высокой производительности, в частности батарейных циклонов (соединенные, параллельно работающие циклоны), при диаметре частиц более 30-50 мкм степень очистки составляет около 90%, для частиц 5-30 мкм степень очистки снижается до 80%, а при d=2-5 мкм она составляет менее 40% [2].

Тканевые фильтры позволяют эффективно очищать воздух от твердых частиц с размером до 0,1 мкм и используются, как правило, в качестве вторичной или основной ступени очистки. Подающийся в фильтр загрязненный воздушный поток попадает в камеру, проходит через слой ткани, очищается и выходит в приемную камеру, из которой выводится наружу. Фильтры могут быть изготовлены из ткани или нетканого материала: нетканая нить (мононить). Пыль, накапливающаяся на поверхности ткани, стряхивается в приемный бункер. Для ускорения процесса очищения применяются механический или импульсный механизм встряхивания. Степень очистки воздуха в тканевых рукавных фильтрах достигает показателя 99,9% [2]. Однако применение сухих систем не обеспечивает очистки выбросов от газообразных загрязняющих веществ. Кроме того, температура газов, подаваемых на тканевые фильтры, не должна превышать 120-140 °С, что требует разбавления или интенсивного охлаждения газов перед аппаратами очистки. Для этого могут использоваться, например, котлы-утилизаторы, конструкция которых включает в себя трубчатые теплообменники, по которым циркулирует вода, отводящая тепло от дымовых газов.

Чаще всего для очистки выбросов от электродуговых сталеплавильных печей используются мокрые системы пылегазоочистки, которые не требуют предварительного охлаждения газового потока и позволяют не только осадить пыль, но адсорбировать водорастворимые токсичные газы. Основными аппаратами мокрой очистки являются скрубберы различной конструкции [3,4].



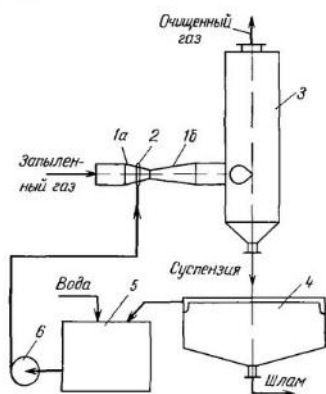
В полых скрубберах промывку газов осуществляют с помощью разбрызгивания (или распыления) жидкости навстречу движущемуся очищаемому потоку. Для орошения скрубберов применяют форсунки, которые устанавливают в одном или нескольких сечениях по высоте аппарата. Высокая эффективность очистки достигается в том случае, если промывная жидкость распыляется с образованием капель 0,5-1 мм и образует сплошную капельную завесу на пути дымовых газов. Удельный расход воды составляет 3-6 л/м<sup>3</sup>, гидравлическое сопротивление – до 250 Па при скорости потока 1,0-1,5 м/с. Аппараты данного типа в состоянии эффективно улавливать твердые частицы размером  $\geq 10$  мкм, степень очистки газового потока от таких частиц в полых скрубберах составляет около 93-95%. Эффективность улавливания более мелких фракций (1-10 мкм) снижается до 50% [5].

В насадочных скрубберах дымовые газы проходят через слой заполнителя (насадку) – элементов различной конфигурации (чаще всего это шары), которые удерживаются на опорных решетках и постоянно орошаются водой. В аппаратах данного типа тонкодисперсная пыль улавливается более эффективно, чем в полых скрубберах: при улавливании частиц размером 2-10 мкм степень очистки составляет не менее 75-85%. Однако сопротивление насадочных скрубберов значительно выше, чем полых, и составляет около 1500-2000 Па. Недостатком является также частое забивание насадки при очистке сильно запыленных газов, что ограничивает область их применения.

Пенные газопромыватели представляют собой вертикальный аппарат круглого или прямоугольного сечения, во внутренней полости которого установлены перфорированные или щелевые решетки. Очищаемые газы поступают к решеткам снизу. В результате интенсивного перемешивания газа с жидкостью в слое пены происходит смачивание и выделение из потока пылевидных частиц, которые выводятся из аппарата в виде шлама, а очищенные газы выходят через патрубок, расположенный в верхней части аппарата. Степень очистки при размерах частиц более 15 мкм составляет 93-96%, при размерах частиц 3-10 мкм снижается до 75-80%.

Недостатком аппаратов этого типа является значительный унос капель воды [5].

Наиболее эффективным аппаратом мокрой пылегазоочистки печей является скруббер (труба) Вентури.



- 1 - труба Вентури
- (1а - диффузор, 1б - конфузор),
- 2 - распределительное устройство для подачи воды,
- 3 - циклонный сепаратор,
- 4 - отстойник для суспензии,
- 5 - промежуточная емкость,
- 6 - насос

Рисунок 1 – Схема установки скруббера Вентури

Скруббер Вентури выполняют в виде трубы, имеющей резкое сужение на входе (конфузор) и плавное расширение на выходе (диффузор). Процесс очистки газа в аппарате можно рассматривать как фильтрование газа через объемный фильтр, состоящий из мельчайших капелек, образующихся при дроблении жидкости. Степень очистки газов от пыли с размерами частиц до 1 мкм в трубах Вентури составляет до 99-99,5 %. Эффективность улавливания пыли увеличивается с ростом скорости газов в горловине и плотности орошения.

К недостаткам аппаратов данного типа можно отнести интенсивный износ внутренней поверхности и высокое гидравлическое сопротивление – до 5000-8000 Па, что влечет за собой значительные удельные энергозатраты на пылегазоочистку [5].

В таблице 1 представлен сравнительный анализ пылегазоочистных аппаратов сухого и мокрого типов [5]. Следует отметить, что достижение наиболее высокой степени очистки возможно только при использовании многоступенчатой системы, состоящей из нескольких агрегатов пылегазоочистки, причем для электродуговых сталеплавильных печей – это в первую очередь системы мокрой очистки.

Таблица 1. Преимущества и недостатки очистных агрегатов сухого и мокрого типа.

Тип	Агрегаты сухого типа	Мокрые системы
Преимущества	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Простота конструкции и обслуживания.</li> <li>2. Пылевые частицы не изменяют состава и свойств.</li> <li>3. Минимальные затраты на систему энергоснабжения и периферию: необходимо только электропитание и для некоторых аппаратов сжатый воздух, нет необходимости в обратном водоснабжении и соответствующей подготовке воды.</li> <li>3. Отсутствие шлама, дополнительных конструкций и затрат на его утилизацию.</li> <li>4. Высокая степень очистки газов от частиц пыли – до 99,9 %.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Относительно небольшая стоимость и простота в изготовлении</li> <li>2. Эффективная очистка не только от твердых частиц, но также от аэрозолей и токсичных водорастворимых газов, в том числе от SO<sub>2</sub> и NO<sub>x</sub></li> <li>3. Возможность использования даже при высоких температурах и влажности воздуха, пожаро- и взрывобезопасность.</li> <li>4. Совмещение сразу нескольких процессов: улавливание и обезвреживание загрязняющих веществ, и охлаждение газа (контактный теплообмен).</li> </ol>
Недостатки	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ограничение по температуре очищаемых газов – она должна быть не выше 120-140°C</li> <li>2. Низкая эффективность удаления аэрозолей.</li> <li>3. Невозможность обезвреживания газообразных загрязняющих веществ: необходимость применения дополнительных систем очистки.</li> <li>4. Пожаро- и взрывоопасность.</li> <li>5. Абразивный износ трубопроводов.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Необходимо использование дополнительного оборудования для очистки и нейтрализации оборотной воды и утилизации шлама, что приводит к удорожанию процесса очистки.</li> <li>2. Для очистки выбросов с агрессивными газами (в первую очередь с SO<sub>2</sub>) необходимо изготавливать аппараты из коррозионностойких материалов.</li> <li>3. Необходимость обогрева емкостей-накопителей оборотной воды в зимнее время</li> </ol>

#### Список использованных источников

1. Юдашкин, М.Я. Пылеулавливание и очистка газов в черной металлургии / М.Я. Юдашкин. – М.: Металлургия, 1984. – 320 с.
2. Старк, С.Б. Газоочистные аппараты и установки в металлургическом производстве: учебник для вузов / С.Б. Старк. – М.: Металлургия, 1990. – 400 с.
3. Ровин, Л.Е. Системы очистки выбросов плавильных печей / Л.Е. Ровин, С.Л. Ровин // Литье и металлургия. – 2002. – № 4, Спецвыпуск. – С.109-111.
4. Ровин С.Л. Экология печей / С.Л. Ровин, Л.Е. Ровин, Л.Н. Русая, О.В. Герасимова // Литье и металлургия. – 2018. – № 3. – С.50-57.
5. Кольцов, В. Б. Процессы и аппараты защиты окружающей среды: учебник В 2 ч. Часть 1 / В.Б. Кольцов, О.В. Кондратьева; под общ. ред. В.И. Каракеяна. – М.: Юрайт, 2018. – 277 с.

Студент гр. 10404119 Бартошика А.А.  
Научный руководитель Ровин С.Л.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Ужесточение норм законодательства «Об охране окружающей среды», значительное повышение тарифов на захоронение опасных промышленных отходов, требует поиска новых экологически чистых материалов и способствует возрождению интереса к неорганическим связующим, в первую очередь, к жидкому стеклу (ЖС).

ЖС в качестве связующего начали применять в литейном производстве более ста лет назад. Помимо использования в составе стержневых и формовочных смесей, ЖС применяют также для приготовления противопожарных красок и огнеупорных суспензий при литье по выплавляемым моделям. Жидкостекольные смеси отличаются низкой стоимостью, доступностью и хорошими экологическими показателями, возможностью использования для изготовления отливок широкой номенклатуры из черных и из цветных металлов. Однако, в конце 80-х, в 90-х годах прошлого века популярность и объемы применения жидкостекольных смесей начали снижаться, уступая место более прочным смесям на синтетических смоляных связующих. Главными недостатками жидкостекольных смесей являются затрудненная выбиваемость и плохая регенерируемость, кроме того, жидкостекольные смеси имеют большую усадку, повышенную хрупкость и осыпаемость, а также меньшую удельную прочность чем современные песчано-смоляные смеси [1].

Для отверждения ЖС используются тепловая сушка, а также газообразный ( $\text{CO}_2$ ), твердые (феррохромовый шлак, нефелиновый шлак, реже ферросилиций, алюминат кальция, сульфат магния и др.) и жидкие отвердители (сложные эфиры). На выбиваемость смеси большое влияние оказывает содержание в ней жидкого стекла и величина его модуля. Снижение количества жидкого стекла в смеси на 1% уменьшает работу выбивки на 25-35%. Поэтому содержание жидкого стекла в смеси необходимо снижать до минимально возможного уровня, исходя из требуемых прочностных и технологических характеристик. Применение жидких отвердителей вместо  $\text{CO}_2$  или порошкообразных отвердителей позволяет снизить содержание ЖС в смеси с 5,5-6,0% до 3,0-3,5%, и соответственно улучшить выбиваемость более чем в 2 раза. Кроме того, использование жидких отвердителей более технологично, позволяет увеличить скорость отверждения смеси и производительность формовки. Чаще всего, в качестве жидкого отвердителя используют полиэтиленгликоли и пропиленкарбонат [2,3].

Повышение модуля стекла также заметно улучшает выбиваемость смесей, так, увеличение модуля с 2,7 до 3,0 снижает работу выбивки в 1,5-2 раза. Кроме того, высокомодульное стекло позволяет получать более высокие прочностные характеристики. Поэтому, применяя высокомодульное стекло, можно дополнительно снизить его содержание в смеси и тем самым улучшить выбиваемость [3].

Однако наиболее эффективным способом устранения недостатков жидкого стекла является его модифицирование. В зависимости от назначения модификаторы ЖС условно делятся на группы: к первой относятся материалы, обеспечивающие повышение прочности смеси и, таким образом, позволяющие сократить количество ЖС в смеси и, соответственно, снизить работу выбивки; ко второй – материалы непосредственно разупрочняющие смесь после заливки расплава в форму (т.е. после воздействия высоких температур); к третьей –

комплексные модификаторы. Наиболее эффективным способом модифицирования является введение добавок во время приготовления жидкого стекла [1-3].

Для улучшения выбиваемости применяются следующие материалы: черный и серебристый графит, измельченный кокс, древесный пек, каменноугольная пыль, мазут, древесные опилки, гидрол (побочный продукт крахмалопаточного производства), фенолформальдегидные смолы, шунгит и др. [4]. Практически все они газифицируются (выгорают) при прогреве до высоких температур (от 500 – смолы, мазут, до 900°C – графит, каменноугольная пыль), что приводит к разрушению пленки связующего и соответственно снижению остаточной прочности смеси. При изготовлении стальных отливок углеродосодержащие добавки применять нежелательно, так как это приводит к науглероживанию поверхности отливок. Для улучшения выбиваемости в этом случае рекомендуется применять неорганические вещества, содержащие окислы Al, Ca, Mg, Ba и др. Хороший эффект обеспечивается также при модифицировании поверхностно-активными веществами (ПАВ), что позволяет уменьшить поверхностное натяжение ЖС, следовательно, улучшить смачивание зерен наполнителя, таким образом, повысить прочность, уменьшить количество стекла в смеси и соответственно снизить работу выбивки [5].

В настоящее время ряд ведущих компаний уже освоили серийный выпуск модифицированных силикатных связующих, обеспечивающих получение требуемых прочностей смеси при значительно меньшем содержании ЖС. Одной из таких компаний является ASK-CHEMICALS. Её экологичная связующая система INOTEC на основе ЖС, предназначена для использования в составе формовочных и стержневых смесей при изготовлении отливок из цветных сплавов и чугуна, позволяет снизить содержание связующего до 3%, увеличить скорость отверждения и значительно уменьшить вероятность возникновения пригара, обеспечивает минимальную гигроскопичность и придает смеси повышенную долговечность, снижает остаточную прочность и работу выбивки (в 3-4 раза, по сравнению с немодифицированным ЖС), а также улучшает регенерируемость смеси [6].

Благодаря указанным свойствам, формовочные и стержневые смеси, приготовленные с использованием современного модифицированного жидкого стекла способны уже вполне достойно конкурировать со смесями на синтетических смоляных связующих.

#### Список использованных источников

1. Кукуй, Д.М. Теория и технология литейного производства: учебник / Д.М. Кукуй, В.А. Скворцов, Н.В. Андрианов. В 2 ч., часть 1. Формовочные материалы и смеси. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2011. – 384 с.
2. Жуковский, С.С. Холоднотвердеющие связующие и смеси для литейных стержней и форм: справочник / С.С. Жуковский. – М.: Машиностроение, 2010. – 256 с.
3. Корнеев, В.И. Растворимое и жидкое стекло / В.И. Корнеев, В.В. Данилов. – Санкт-Петербург: Стройиздат, 1996. – 216 с.
4. Гуминский, Ю.Ю. Применение жидкостекольного связующего, модифицированного ультрадисперсными материалами / Ю. Ю. Гуминский, С.Л. Ровин // Литейное производство. – 2019. – №11. – С. 17-20.
5. Алиев Д. О. Исследование механизма формирования прочности жидкостекольных смесей и разработка состава жидкостекольной смеси улучшенной выбиваемости: автореферат дис. канд. техн. наук / Волгоград, 2004. – 23 с.
6. ASK-CHEMICALS / INOTEC-технологии – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.askchemicals.com/ru/produkcija-uslugi/neorganicheskie-svjazujuščhie-inotec/inotec-tekhnologii>

**Машины  
и технология  
обработки  
металлов давлением**

## Образование трещин в пластичных материалах

Студент гр. 10402118 Куканова О.В.

Научный руководитель – Томило В.А.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Разрушение конструкционных материалов может происходить по одному из двух путей: оно может быть пластичным или хрупким. Эта классификация основана на том, могут ли в материале создаваться пластические деформации. Для пластических материалов характерны большие пластические деформации, т.е. материалы поглощают большую энергию деформирования до наступления разрушения.

Целью работы является изучение исследований, направленных на установление механизма образования трещин при деформировании материала и поиск способа преодоления этой проблемы за счет применения гидростатического давления.

Эксперименты проводились на образцах из чистого железа и латуни (Cu–26,7 мас. % Zn), которые деформировали скручиванием на угол  $720^\circ$  (2 оборота) в специальном устройстве КВД (рисунок 1) под давление 1,2 ГПа (12000 кгс/см<sup>2</sup>).

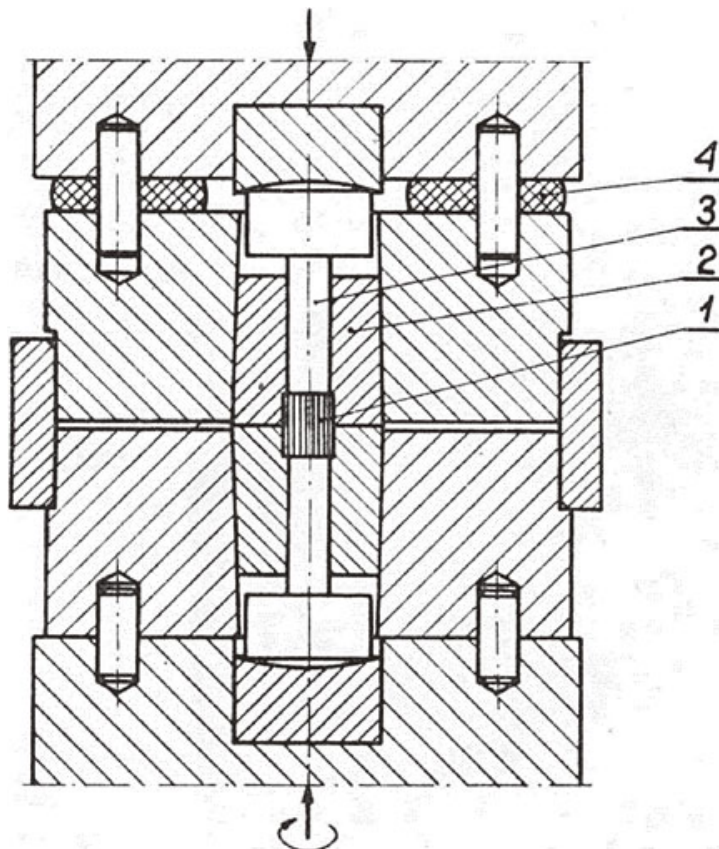


Рисунок 1 – Устройство для скручивания образцов труб в зажимах:

1 – образец; 2 – зажим; 3 – пуансон; 4 – резиновая прокладка

Микроскопические наблюдения позволили предположить, что механизм образования трещин состоит из двух стадий:

1 Крошечные трещины образуются при относительно низких деформациях в областях, близких к границам зерен, которые менее пластичны.

2 Крошечные трещины распространяются вдоль границ зерен при больших деформациях, когда формируются удлиненные зерна.

Стоит отметить, что образование этих некогерентностей на границах зерен происходит в основном в результате движения границ зерен, а не действия границ как препятствий для увеличения плотности дислокаций. Такое растрескивание останавливается при больших деформациях, и трещины в основном залечиваются, если соблюдаются условия давления для поддержания когерентности деформированного материала.

#### **Список использованных источников**

1. R.Z. Valiev, R.K. Islamgaliev and I.V. Alexandrov: Prog. Mater. Sci. 45 (2000) 103–189.
2. Y. Estrin and A. Vinogradov: Acta Mater. 61 (2013) 782–817.
3. T.G. Langdon Acta Mater. 61 (2013) 7035–7059.
4. K. Edalati and Z. Horita: Mater. Sci. Eng. A 652 (2016) 325–352.
5. S. Erbel: Mechanizm Zmian Własności Metali Poddanych Wielkim Odkształceniom [Mechanism of Change of Properties of Metals Subjected to Large Deformations], (Wydawnictwa PW, Warszawa, 1976).

## **Интерактивная автоматизация разработки технологических процессов ОМД**

Студент группы 10402118 Кузьмич И.А.

Научный руководитель - Томило В.А.

Белорусский национальный технический университет

Республика Беларусь, г. Минск

В сегодняшнем обществе одним из характеризующих экономику условий считается массовое производство. В подобных условиях обширное использование обретают процессы обработки металлов давлением, обладающие несколькими положительными сторонами:

- производительность;
- номенклатура изделий и используемых материалов;
- возможная степень автоматизации производства;
- экономия материала.

Однако планирование технологического процесса производства штамповки считается непростой проблемой, требующей навыка конструктора в разработке таких технологий. Источники по ОМД содержат сведения об структуре материала, его поведении под влиянием инструмента, о системах оснащения, но не имеют единую технологию проектирования процессов ОМД.

С целью удобства проектирования следует для каждой стадии разработки технологического процесса иметь пошаговый алгоритм, опираясь на который возможно получить рабочую технологию. Имеющиеся же рекомендации разрознены, ограничены либо трудно поддаются автоматизации, будучи ориентированы к ручному процессу проектирования.

Нынешнее планирование технологического процесса от начала вплоть до конца связано с применением CAD/CAM/CAE систем. Такое взаимодействие позволяет существенно ускорить разработку и улучшить качество получаемой продукции, все без исключения проектные решения берет на себя инженер-конструктор на базе собственного навыка, либо используя литературу. Формирование интуитивной концепции даст возможность существенно ускорить разработку и сократить требования, предъявляемые к инженеру-проектировщику.

На рисунке 1 показана ориентировочная блок-схема алгоритма работы предлагаемой системы, в котором выделяется ряд стадий:

- анализ исходных данных;
- создание формы поковки;
- выбор предварительных переходов;
- проектирование инструментов;
- выбор заготовки;
- моделирование;
- оценка результатов моделирования;
- подготовка документации.

С помощью применения современных персональных компьютеров допустимо систематизировать имеющуюся информацию, а также применять ее с целью автоматизации процессов проектирования.



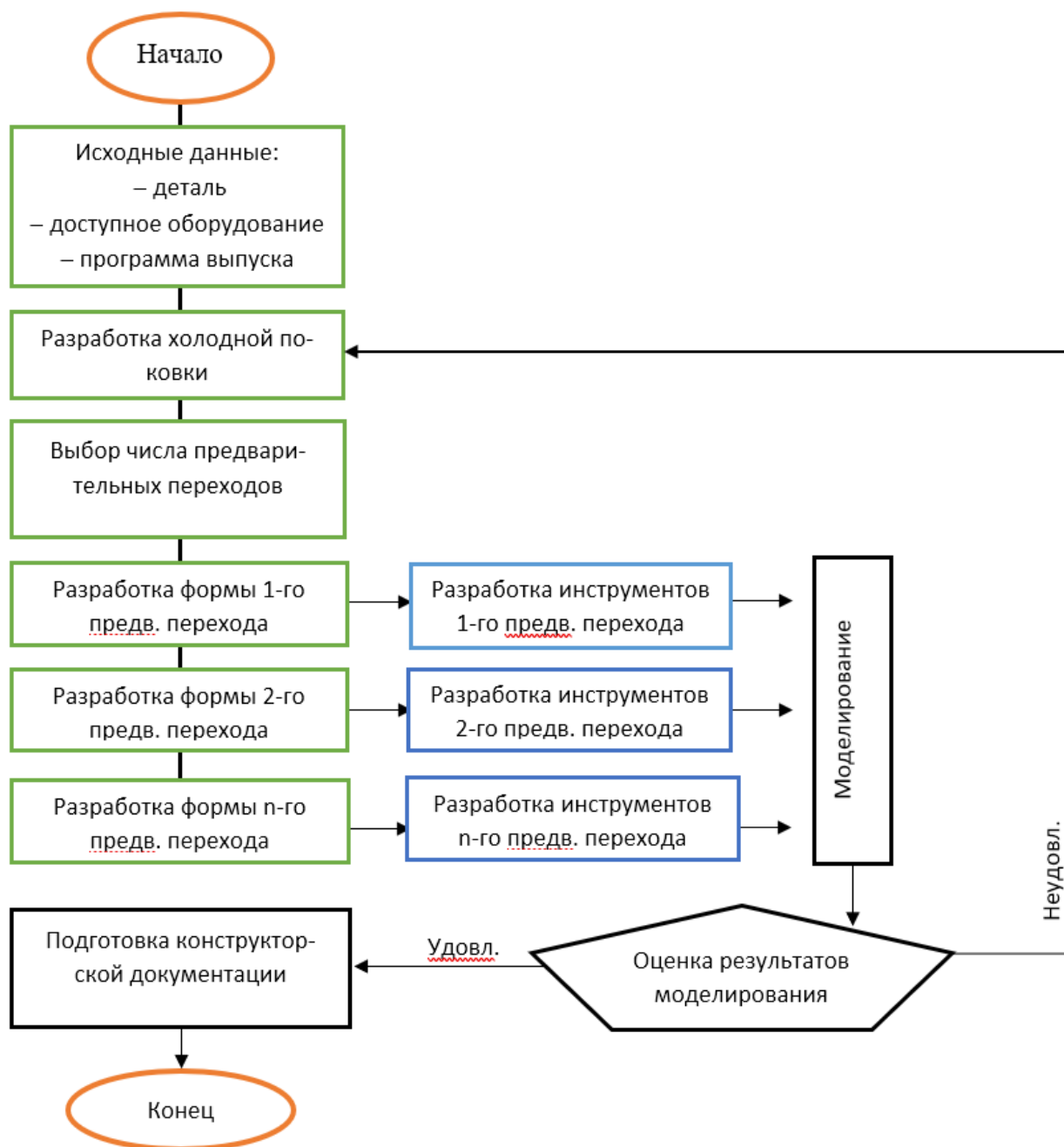


Рисунок 1 – Блок схема алгоритма работы предлагаемой системы

В работе описана предлагаемая схема алгоритма автоматизированного проектирования технологических процессов обработки металлов давлением, а также рассматриваются возможности его реализации.

#### Список используемых источников

1. Аксенов, Л.Б. Системное проектирование процессов штамповки / Л.В. Аксенов. – Москва, 1990. – 240 с.
2. Автоматизированное проектирование штампов / А. Г. Схиртладзе [и др]. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2007. – 284 с.

Студент группы 10402118 Карпей Ф.С.

Научный руководитель – Томило В.А.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Магнитно-импульсная обработка металлов является очень выгодным и эффективным методом ОМД, поэтому она пользуется широкой популярностью среди современных производителей.

Процесс магнитно-импульсной обработки основан на преобразовании электрической энергии, запасенной в накопителе, в переменное магнитное поле, выполняющее работу пластической деформации или разгоняющее заготовку с высокой скоростью (200–400 м/с).

Переменное магнитное поле индуцируется индуктором, который питается от генератора импульсных токов. Соответственно импульс, проходящий через индуктор, создает магнитное поле, которое оказывает механическое воздействие на обрабатываемую деталь, изготовленную из электропроводного материала (рисунок 1).

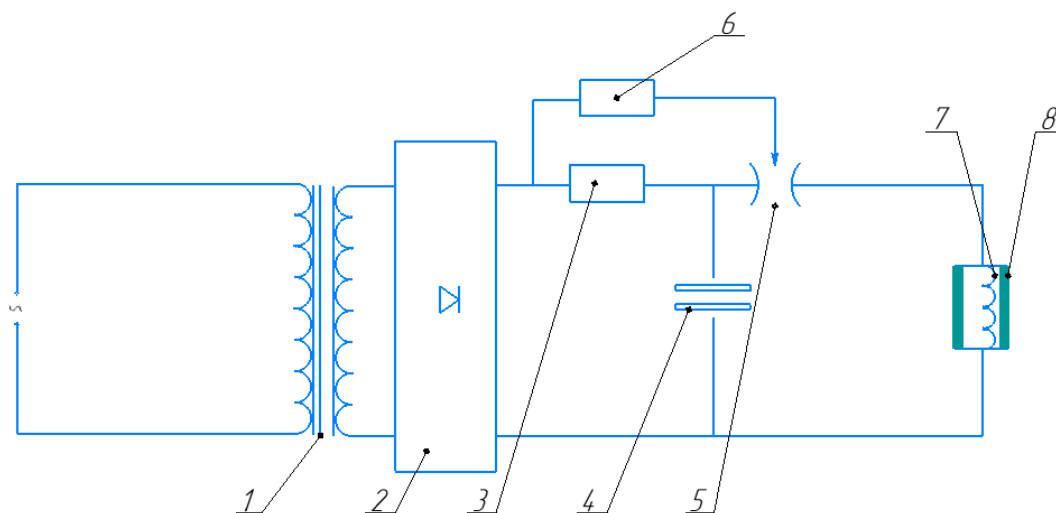


Рисунок 1 – Принципиальная схема магнитно-импульсной установки [1]:

1 – трансформатор; 2 – выпрямитель; 3 – зарядное сопротивление;

4 – конденсаторная батарея; 5 – электронный разрядник;

6 – запасаемая энергия; 7 – индуктор; 8 – обрабатываемая деталь

Рассматриваемая технология позволяет выполнять операции штамповки, сборки, сварки, формовки, калибровки, можно получать не только трубчатые, но и плоские изделия, а также выполнять сборочные операции путем пластического деформирования одной детали по контуру другой, соединение концов труб, запрессовку в трубах колец и фланцев, соединение втулки со стержнем и т.д.

Магнитно-импульсные установки конструктивно сравнительно просты (рисунок 2). Они не имеют движущихся и трущихся частей, а следовательно, надежны в эксплуатации. Применяются как специализированные (предназначены для осуществления одной операции), так и универсальные (выполняющие разнообразные операции) магнитно-импульсные установки [2].

Штамповая оснастка отличается простотой конструкции и малой металлоемкостью. Это обусловлено тем, что в ее состав входит один элемент – матрица, оправка или формоблок, в зависимости от вида операции. Роль пуансона играет усилие, деформирующее заготовку [3].

В качестве примера, на рисунке 2, схематически представлена конструкция универсального технологического приспособления [1].

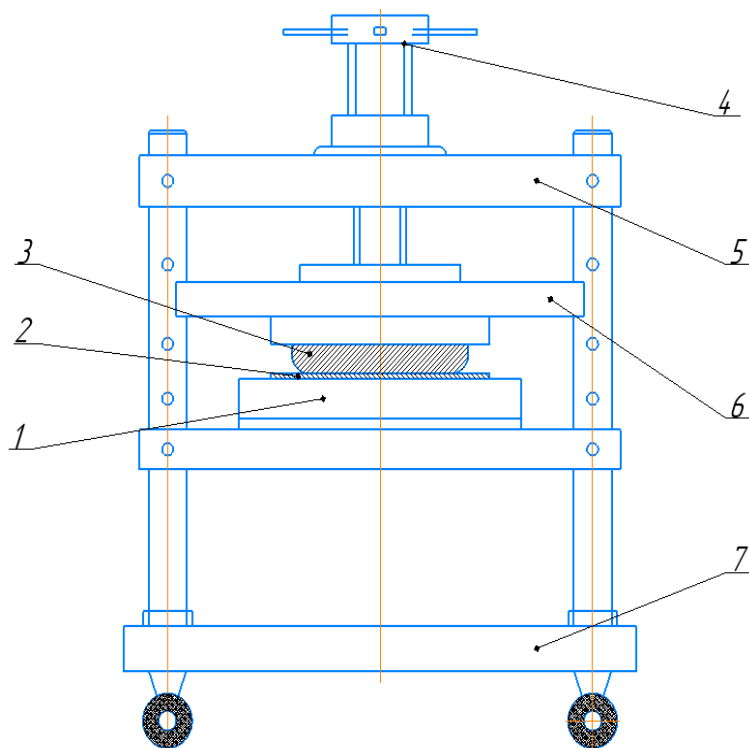


Рисунок 2 – Схема пресса портального типа с механическим приводом:  
1 – индуктор; 2 – заготовка; 3 – оснастка; 4 – механизм подъема-опускания;  
5 – фиксирующие штыри; 6 – подвижная плита; 7 – основание

Существует ряд недостатков: форма детали не должна припятствовать протеканию индуцированного тока; трудно получать детали, требующие многопереходности процесса; ограниченный ресурс индуктора [2].

Перспективность данного метода состоит в высокой производительности процесса, лёгкой механизации и универсальности данной технологии. Вместе с тем, оборудование мобильно и просто в обслуживании, а экологически чистый процесс обработки, вместе с высокой точностью дозирования энергии позволяют получать детали разнообразной геометрии с высоким качеством поверхности.

#### Список использованных источников

1. Технология магнитно-импульсной обработки материалов / В.А. Глущенко [и др.]. – Самара: Издательский дом «Федоров», 2014. – 208 с.
2. Магнитно-импульсная обработка материалов / А.Б. Прокофьев [и др.]. – Самара: АНО «Издательство СНЦ», 2019. – 140 с.
3. Энциклопедия по машиностроению XXL [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mash-xxl.info/info/258949/>. – Дата доступа: 18.03.2022.

Студенты гр. 10402119: Чижик И.И., Цыпенков А.А.  
Научный руководитель – Зеленин В.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Ковка является одним из способов обработки металлов давлением. Процессковки обычно состоит из ряда чередующихся операций, при которых формоизменение исходной заготовки происходит в результате свободного течения металла в стороны, перпендикулярные движению деформирующего инструмента (по этой причине ковку часто называют свободной ковкой). В качестве инструмента применяют плоские или фигурные (вырезные бойки), а также различный прикладной инструмент [1].

При относительно низком коэффициенте использования металла и невысокой по сравнению со штамповкой производительностью труда свободная ковка имеет следующие достоинства:

1Высокое качество металла поковок по сравнению с отливками.

2Возможность получать крупные поковки, изготовление которых другими способами невозможно или не целесообразно.

3Для изготовления поковок используются прессы и молоты сравнительно небольшой мощности, т. к. поковки куются по частям.

4Использование универсального оборудования и инструмента позволяет получать поковки с минимальными затратами, что в единичном и мелкосерийном производстве является экономически выгодным.

5Ковка имеет также недостатки:

6Низкая производительность по сравнению со штамповкой.

7Большие напуски и припуски на поковках приводят к большому расходу металла и высокой трудоемкости последующей механической обработки.

#### *Осадка*

Осадка металла – операция обработки металлов давлением, в результате которой уменьшается высота и одновременно увеличиваются поперечные размеры заготовок. Осадку применяют для получения формы поковки, с целью уменьшения глубины прошивки, для обеспечения соответствующего расположения волокон в будущей детали (при изготовлении шестерен обеспечивается повышенная прочность зубьев в результате радиального расположения волокон), как контрольную операцию (из-за значительной деформации по периметру на боковой поверхности вскрываются дефекты).

При выполнении осадки требуется, чтобы инструмент перекрывал заготовку. Вследствие трения боковая поверхность осаживаемой заготовки приобретает бочкообразную форму, это характеризует неравномерность деформации. Повторяя осадку несколько раз с разных сторон, можно привести заготовку к первоначальной форме или близкой к ней, получив при этом более высокое качество металла и одинаковые его свойства по всем направлениям [1].

#### *Протяжка*

Протяжка – кузнечная операция, при которой заготовка удлиняется за счет уменьшения площади ее поперечного сечения. Заключается в последовательной осадке участков заготовки.

Основные способы протяжки:

- протяжка на универсальных широких бойках;
- протяжка на протяжных узких бойках;
- протяжка на вырезных бойках;
- протяжка на комбинированных бойках;

- протяжка на оправке;
- раскатка на оправке.

При протяжке в плоских бойках в центральной части заготовки из-за наличия сил трения на поверхности бойков возникают растягивающие напряжения. Величина этих напряжений возрастает от поверхности к центру заготовки. Наличие этих напряжений приводит к возникновению рыхлой структуры в центре и образованию в ней трещин.

Во избежание этого: протяжку заготовок, особенно круглого сечения, выполняют не в плоских, а в вырезных бойках [1].

#### *Прошивка*

Прошивка металла – операция получения в заготовке сквозных или глухих отверстий за счет вытеснения металла. Инструментом для прошивки служат прошивки сплошные и пустотелые. Пустотелые прошивают отверстия большого диаметра (400...900 мм).

При сквозной прошивке сравнительно тонких поковок применяют подкладные кольца. Более толстые поковки прошивают с двух сторон без подкладного кольца. Диаметр прошивки выбирают не более половины наружного диаметра заготовки, при большем диаметре прошивки заготовка значительно искажается. Прошивка сопровождается отходом [2].

При прошивке и пробивке отверстий возможны следующие дефекты поковок:

- сильно затянутые края отверстий (дефект возникает, когда прошивень сразу, без предварительной подготовки, вгоняют в заготовку, имеющую значительную толщину);
- смещение осей отверстий, полученных прошивкой и пробивкой после кантовки заготовки на 180° (во избежание этого дефекта следует тщательно устанавливать прошивки, используя разметку или приспособления);
- рванины и трещины по краям пробиваемого отверстия (возникают при недостаточном нагреве заготовки или слишком охлажденном металле);
- отклонение от перпендикулярности оси отверстия к торцам заготовки (возникает при неравномерном нагреве слитков или отклонении от взаимной параллельности торцов заготовки перед прошивкой).

#### *Отрубка*

Отрубка – это кузнечная операция, в результате которой происходит полное отделение части заготовки путем внедрения в нее деформирующего инструмента (топора, зубила). Отрубку применяют для разделения прутков и болванок на мерные заготовки, удаления концевых излишков на поковках, прибыльной и донной частей слитка. Отрубку под молотами и прессами осуществляют только в горячем состоянии заготовок по одному из нижеследующих способов [2].

Отрубку с двух сторон применяют для крупных заготовок, которые не удастся разделить первым способом. Вначале заготовку, уложенную на нижний боек, надрубает на половину высоты, затем кантуют на 180° и, установив топор против надрубленного места, производят окончательную отрубку; при этом на торце заготовки образуется заусенец. Двустороннюю отрубку без заусенца осуществляют с оставлением перемычки, которую затем удаляют топором, повернутым обухом вниз.

Отрубку с трех сторон применяют для разделения круглых заготовок на прессах и производят, как правило, с использованием нижнего вырезного бойка, что уменьшает смятие металла. Первые две надрубки делают прямым топором, а окончательную – трапецеидальным топором. После каждой надрубки заготовку поворачивают на 120°.

#### **Список использованных источников**

1. Титов, Ю.А Свободная ковка. Основные операции и технологии / Ю.А Титов, А.Ю. Титов. – Ульяновск, УлГТУ. – 2011. – 73 с.
2. Ковка и объёмная штамповка стали. Справочник / под ред. М. В. Сторожева, 2 изд., Т.1, М., 2008.

Студент гр.10402119 Кудрявцев Е.А.

Научный руководитель – Зеленин В.А.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Энергия ультразвуковых колебаний (УЗК) достаточно широко используется для интенсификации различных технологических процессов обработки металлов давлением.

Схема устройства для волочения проволоки с наложением УЗК представлена на рисунке 1. Волновод выполнен в виде прямоугольного параллелепипеда с двумя гранями резонансных размеров, в центрах которых отсутствуют механические колебания и присоединение к ним опоры не влияет на режим работы акустической системы.

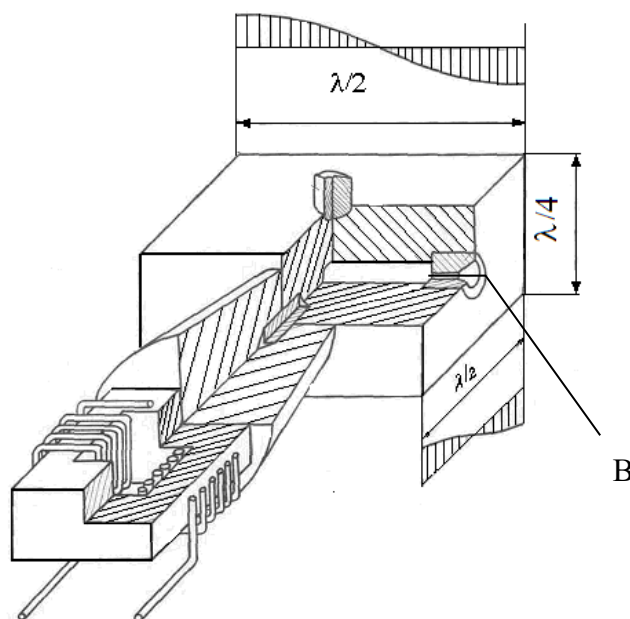


Рисунок 1 – Схема устройства для волочения с наложением УЗК

За счет того, что радиальные и продольные УЗК возникают на волоке асинхронно: сначала радиальные, а затем продольные, при этом фазы колебаний согласуют так, чтобы при сжатии волоки под действием радиальных колебаний ее перемещение, вдоль оси волочения под действием продольных колебаний совпадало с направлением движения металла, причем продольные колебания накладываются с амплитудой, выше амплитуды радиальных колебаний, которая больше высоты микронеровностей деформируемого металла [1].

Особенности волочения заключаются в том, что фильера под действием продольных и радиальных УЗК в один из полупериодов своих сложных колебаний, а именно при сжатии под действием радиальных колебаний, захватывает металл и передвигает его в направлении волочения, вследствие чего максимально уменьшает усилие волочения.

При волочении на данном устройстве проволоки из стали 12Х18Н10Т с диаметра 3,0 мм с единичными обжатиями до 30 % и скоростью волочения 30 м/минусилия волочения за счет УЗК снижаются до 35 ÷ 40 %.

Для интенсификации процесса волочения также применяют способ, который состоит в том, что металл проходит одновременно через две установленные соосно фильеры, которым в направлении волочения сообщают колебания, противоположные по фазе.

В процессе волочения металл обжимается на некоторую оптимальную величину в первой волоке, а затем поступает во вторую волоку, где также подвергается оптимальному обжатию. Обжатие металла за один проход равно суммарному обжатию первой и второй волок.

Благодаря вибрации фильер в противоположных фазах волочение во второй волоке происходит при наличии вибрирующего противонапряжения, которое создается первой волокой, что благоприятно влияет на процесс волочения и, способствует более полной циклической разгрузке очага деформации второй волоки, увеличивает эффект от вибраций [2].

Данный способ волочения с применением УЗК, несмотря на имеющиеся различия в конструкции установок, способе наложения колебаний и других отличий, способствуют оптимизации процесса волочения и повышению качества выпускаемой продукции.

#### **Список использованных источников**

1. Клубович, В.В. Ультразвук в технологии производства композиционных кабелей / В.В. Клубович, В.В. Рубаник, Ю.В. Царенко. – Минск: Белорусская наука, 2011. – 293 с.
2. Царенко, Ю.В. Применение ультразвука для повышения служебных характеристик жаростойких кабелей / Ю.В. Царенко, В.В. Рубаник // 21 Петербургские чтения по проблемам прочности, Санкт Петербург, 17 апреля 2014 г, сборник материалов. СПб.: соло, 2014.

УДК 621.98.043

### **3D печать штамповой оснастки для прессования изделий из полимерных материалов**

Студент гр. 10402119 Биленко Ю.Э.  
Научный руководитель – Зеленин В.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

3D печать позволяет избежать ошибок и снизить сроки создания оснастки. Также, благодаря исключению необходимости участия большого количества людей и дорогостоящего оборудования для обработки, сокращаются затраты на создание оснастки. При использовании полимерных материалов можно добиться требуемых свойств оснастки, таких как быстрое охлаждение в процессе штамповки. А благодаря возможности задавать внутреннюю структуру изделия, мы имеем возможность уменьшить массу оснастки, путём сокращения используемого материала у добавления рёбер жёсткости. Так же благодаря использованию 3D печати, мы можем получать сложные формы оснастки, не боясь, что, рабочие не смогут выполнить такие изгибы и отверстия. В кратчайшие сроки создавать как сложные, так и простые детали как показано на рисунке 1.

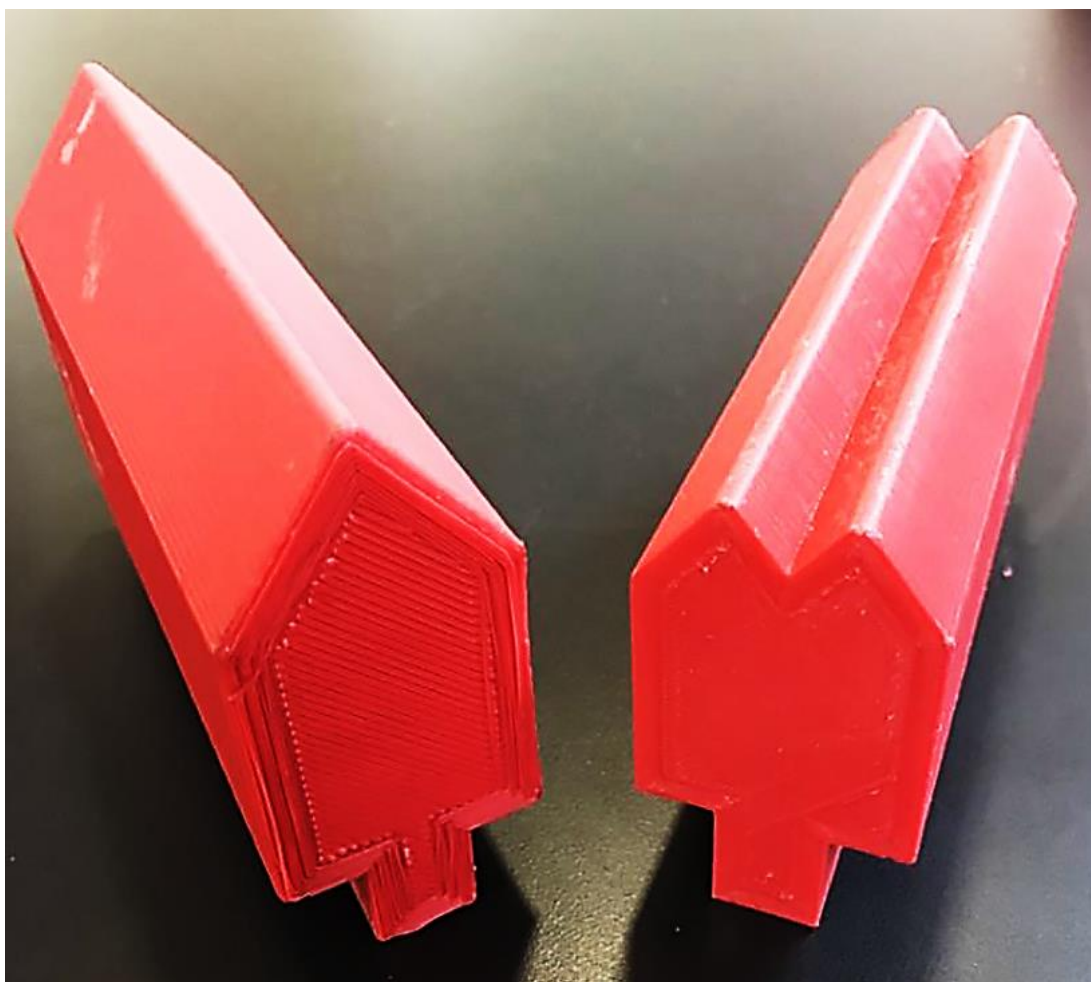


Рисунок 1 – Пример оснастки, напечатанной при помощи 3D технологии



Благодаря исключению человека из процесса создания оснастки, точность итогового изделия увеличивается, и снижаются погрешности изготовления, но усложняется организация процесса. Для организации этого процесса используется ЧПУ (числовое программное управление) или же автоматизация за счёт замещения человека роботом. Машина не совершает ошибок, однако встаёт вопрос, каким именно способом это реализуется. Есть несколько вариантов.

Первый, шарнирные роботы. В работе они напоминают движение человеческой руки, они состоят из вращательных кинематических пар и имеют от 4 до 6 управляемых осей. Такая конструкция позволяет шарнирным роботам выполнять пространственные перемещения со сложной траекторией. Примерами задач, с которыми справятся шарнирные роботы, являются: контурная сварка или фрезеровка, а также окрашивание сложных поверхностей, таких как, например, автомобильный кузов. Однако с точностью у этого робота имеются некоторые проблемы, поэтому этот робот для печати оснастки не подходит.

Второй, дельта-роботы – это один из видов параллельных роботов, отличительной особенностью которых является треугольная платформа с тремя шарнирными рычагами. Именно из-за треугольной платформы робот получил свое название, так как визуально она похожа на букву греческого алфавита «Δ – дельта». Особенностью является использование параллелограммов в конструкции манипулятора, что позволяет сохранять пространственную ориентацию исполнительного устройства робота. Основным преимуществом дельта-роботов является их высочайшая скорость перемещения за счет минимальной инерции. Однако из-за сложной конструкции и алгоритма задания направления движения головки на программном уровне эти роботы также не оптимальны.

Третий, декартовы роботы имеют, как правило, три линейные оси управления. Каждая из этих осей находится под прямым углом к двум другим. Если одно из звеньев, которое совершает горизонтальное перемещение, имеет поддержку на обоих концах звена, то такой декартов робот называется порталным. Так как декартовы роботы имеют только линейные перемещения, то разработчикам достаточно просто написать программу для перемещения манипуляторов в любую точку пространства, используя несложные тригонометрические функции, именно эти роботы чаще всего и используются.

Итак, после выбора ЧПУ, следующим этапом является решение проблемы поставки полимера в головку экструдера. Обычно в таких принтерах используются трубки, по которым и поступает материал из катушки, специальным образом, нарезанным для подачи через эти трубки. Так как мы собираемся использовать пластики PEEK, ULTEM, ULTEM-CF, то вполне можем использовать обычные силиконовые трубки.

#### *Виды промышленных пластиков*

PEEK, ULTEM, ULTEM-CF – наиболее распространенные инженерные пластики для формовки, обладают высокой тугоплавкостью. Для печати пластиком ULTEM требуется хороший подогрев камеры построения и стола. Исходя из этого нам понадобится головка принтера и стол, способные разогреться минимум до 300 °С.

PEEK (Полиэфирэфиркетон) - представляет собой бесцветный органический термопластичный полимер из семейства полиарилэфиркетонов (PAEK), полимер был впервые разработан в ноябре 1978 года, позже был представлен на рынке компанией Victrex PLC, а затем Imperial Chemical Industries (ICI) в начале 1980-х годов.

ULTEM – это семейство продуктов PEI, разработанных Джозефом Г. Виртом из General Electric в начале 1980-х годов. Смолы ULTEM используются в медицинских химических и технических приборах благодаря их термостойкости, стойкости к растворителям и огнестойкости. ULTEM 1000 (стандартный полиэфиримид без наполнителя) обладает высокой диэлектрической прочностью, собственной огнестойкостью и чрезвычайно низким дымообразованием. ULTEM обладает высокими механическими свойствами и работает при непрерывном использовании до 340 °F (170 °C), легко обрабатывается и изготавливается с

превосходной прочностью и жесткостью. Полиэфиримид (PEI) представляет собой аморфный термопласт от янтарного до прозрачного с характеристиками, аналогичными родственному пластику PEEK. По сравнению с PEEK, PEI дешевле, но у него ниже ударная вязкость и рабочая температура.

**Совершенствование технологического процесса штамповки  
на горизонтально-ковочной машине**

Студент гр.10402120 Винниченко А.Д.  
Научный руководитель – Томило В.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г.Минск

Технологические процессы создания поковок улучшаются по средствам назначения специализации оборудования, рабочего инструмента и технологических переходов, а также механизации и автоматизации операций. В сумме эффект специализации, механизации и автоматизации обеспечивает повышенный процент изготовления поковок, но он зависит от масштаба всего производства. Эффективность высоко масштабного производства определяется уровнем специализации изготовления продукта.

Наиболее простой путь усовершенствования находится в автоматизации на ГКМ с ГР матриц. В этом случаях используются клещевые укладчики и перекладчики, грейферные подачи. Если штамповка производится из прутка, то для перехода из ручья в ручей прутка используются грейферная подача с кареткой, которая перемещается по принципу шагающей балки [1].

Для простоты работы с прутковой заготовкой при штамповке из прутка на ГКМ с ВР полуматрицы используют навесные консольные подъемники пневмоукладчики, напольные пневмогидравлические столы и манипуляторы.

Процесс обработки начинается в верхнем ручье. Нагнетается воздух в рабочие цилиндры. После этого выпускается сжатый воздух из пневмоцилиндра. Проводится обработка во втором ручье, выпускается сжатый воздух из пневмоцилиндра.

В итоге полученная кольцевая поковка поступает вниз на транспортер, расположенный в ГКМ, и двигается в тару. Затем подается сжатый воздух, и весь процесс начинается по новой. При остывании прутка используют поворотную консоль, которая переносит пруток в печь для нагрева. Стой же целью применяется напольный пневмо- или гидравлический стол [2–3].

Поступает сжатый воздух в пневмоцилиндр и подъемный стол движется вверх до уровня верхнего ручья, где происходит обработка в верхнем ручье, тем временем выход жидкости из гидроцилиндра перекрыт клапаном. При помощи педали, клапан открывается и под своим весом стол опускается на расстояние между кулачками, где оказывает воздействие на концевой переключатель и сообщает клапану – стол останавливается и т.д.

Для автоматизации ГКМ оборудуют механизмом загрузки, который обеспечивает подачу горячего изделия в ручей и механизмом перемещения (клещи), с помощью которых осуществляется переход заготовки из ручья в ручей.

**Список использованных источников**

1. Миропольский, Ю.А. Особенности технологии холодной объемной штамповки на многопозиционных автоматах / Ю.А. Миропольский, Ф.Ю. Килипов, Н.Д. Павлов // Машины и автоматизация кузнечно-штамповочного производства. – М.: ВЗМИ. – 1988. – С. 159–165.
2. Ковка и штамповка: справочник в 4 т. / гл. ред. Е.И. Семенов Холодная объемная штамповка / под ред. Г.А. Навроцкого. – М: Машиностроение, 1987. – С. 384.
3. Игнатенко В.Н. Совершенствование технологии комбинированного выдавливания полых деталей с фланцем с учетом изменения механических свойств: автореф. дис. ...канд. техн. наук. М., 2009.

## Пружинение при профилировании

Студент гр. 10402120 Каранчуков Р.В.

Научный руководитель – Томилов А.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Для выполнения угловых и некоторых линейных размеров при изготовлении гнутых профилей необходимо учитывать направление и величину деформаций пружинения некоторых элементов профиля. Пружинение при профилировании имеет сложную закономерность и может вызываться различными причинами. Разность между заданными и фактическими углами полок называют – углом пружинения.

При появлении угла пружинения объясняют только деформацией упругого последствия профилированной полосы. Было установлено, что профилировании угол увеличивается в 2–3 раза меньше, чем при штамповке и быть отрицательным. При этом можно утверждать, что профилированная полоса подвергается деформацией упругого последствия меньше, чем при штамповке, так как схема напряженного состояния при штамповке – плоская, а при профилировании – объёмная [1, 2].

Чтобы повысить точность получаемых деталей без существенного увеличения их себестоимости можно путем приложения деформирующих усилий к местам последующего изгиба, обеспечивающих пластическую деформаций по толщине заготовки. При этом очаги деформации располагаются со стороны внутреннего радиуса, а протяженность очага деформации распространяется на всю длину линии изгиба [3].

Чтобы пружинение было меньше, гибку делают с более острым углом, на это влияют множество факторов: свойство материала, а точнее жёсткость металла, так как требуются различны углы при гибке; толщина; скорость гибки; радиус гибки; направление проката; тип гибки.

### Список используемых источников

1. Павлов, И.М. Обработка металлов давлением / И.М. Павлов, Н.Л. Клямкин, Я.Б. Гуревич. – Металлургиздат, 1952. – 344с.
2. Давыдов, В.И. Производство гнутых тонкостенных профилей / В.И. Давыдов, М.П. Максаков. – Металлургиздат, 1959. – 321с.
3. Емельяненко, П.Т. Сталь / П.Т. Емельяненко, Б.Д. Жуковский. – Металлургиздат, 1947. – 276 с.

Студент гр. 10402120 Потапенко В.А.  
Научный руководитель – Томило В.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г.Минск

Наиболее распространенным типом оборудования в производстве являются молоты, они составляя около 70–80 % общей массы машин кузнечно-штамповочного производства. В настоящее время замена молотов на кривошипные и гидравлические прессы не всегда возможна и часто неэффективна.

В современных трудно-деформируемых материалах, применяемых в промышленности, требуются большие удельные усилия при штамповке, которые легко осуществить с помощью машин ударного действия – молотов. Исследование термомеханических условий деформирования металлов и сплавов подтвердило необходимость ударного воздействия при штамповке сплавов, у которых в процессе горячего деформирования происходят фазовые превращения, а интервал температур при штамповке очень мал.

Преимущества молотов при штамповке поковок с тонкими элементами (полотнами, ребрами), ковке и штамповке жаропрочных и трудно-деформируемых сплавов объясняются более высокой скоростью деформирования (в 10–20 раз) и меньшим временем контакта обрабатываемого металла со штампом по сравнению с другим оборудованием. Это создает предпосылки для постоянного совершенствования конструкций молотов, устранения недостатков, связанных с вибрацией оснований и шумом.

Основным преимуществом молотов является то, что по сравнению с кривошипными и гидравлическими прессами на них можно осуществлять более комфортный температурно-скоростной режим деформирования металла [1].

Основные пути совершенствования:

- 1) повышение КПД молота в 5–10 раз путем замены привода с паровоздушного на пневматический или гидравлический [2];
- 2) активная изоляция от вибраций молота путем применения виброгасящих систем и динамическое уравнивание путем встречного движения рабочих масс [2];
- 3) повышение точности и качества поковок, штампованных на молотах, путем применения систем точного дозирования кинетической энергии каждого удара, применением нижних и верхних выталкивателей, датчиков – индикаторов окончания штамповки в момент контакта половин штампа;
- 4) использование систем программного управления и точного дозирования энергии молотов с учетом массы и температуры заготовки
- 5) создание комплексного оборудования с программным и дистанционным управлением, осуществляющее непрерывный процесс нагрева, штамповки и транспортировки поковок [3].

Замена паровоздушного привода молотов на пневматический или гидравлический позволяет, повысить КПД молота до 0,3–0,4, т. е. в 8–10 раз, а экономический КПД, от энергии тепла электростанции, до 0,1–0,15, т. е. в 2–3 раза [4]. С применением гидропривода можно повысить точность дозирования энергии каждого удара до  $\pm 4$  %, программировать и автоматизировать работу молота.

### Список используемых источников

1. Бочаров, Ю.А. Кузнечно-штамповочное оборудование / Ю.А. Бочаров. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 480 с.
2. Ковалев, В. В. Разработка и исследование методов повышения технического уровня горячештамповочных и листостамповочных кривошипных прессов / В.В. Ковалев. – М.: Машиностроение, 2006. – 350 с.
3. Банкетов, А.Н. Кузнечно-штамповочное оборудование / А.Н. Банкетов, Ю.А. Бочаров. – М.: Машиностроение, 1982. – 576 с.
4. Дунаев, П.А. Механизация трудоемких работ в черной металлургии / П.А. Дунаев // Машиностроение. – 1980. – №9. – с.71–72.

**Пути усовершенствования винтовых прессов**

Студент гр. 10402120 Гаан В.В.

Научный руководитель – Томило В.А.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

В промышленности используются винтовые прессы для выполнения операций горячей и холодной объемной штамповкой, производство метизов большого размера, брикетирования стружки из металла, прессование металлопорошка. Однако широкое распространение винтовых прессов в промышленности замедляется отсутствием высокоэффективного привода, удовлетворяющего требуемым нормам прессостроения [1].

Поэтому для улучшения производительности данных прессов начали использовать винтовые прессы с муфтовым приводом, чья главная особенность заключается в наличии маховика для накопления кинетической энергии и применение фрикционной муфты включения для управления прессом. Данная передача состоит из винта, который связан посредством упоров с маховиком и с передачей, соединяющей винт механизма, преобразующего крутящий момент в силу. В приводе возвратного хода содержится электродвигатель возвратного хода, на валу которого установлена центробежная муфта, через которую электродвигатель возвратного хода передачей связан с винтом. Также присутствуют ролики, связанные с винтом и гайкой, которая соединена с нажимным диском. В результате обеспечивается упрощение конструкции и условий эксплуатации прессы [2].

Винтовые прессы с муфтовым приводом отличаются большей величиной эффективной энергии и существенно меньшей мощностью привода, благодаря этому увеличивается полезная работа деформирования, что расширяет технологический потенциал прессы. Эти винтовые прессы имеют более высокий КПД, просты в наладке и эксплуатации, надежны в работе. Но и у винтовых прессов с муфтовым приводом есть проблемы, такие как отсутствие достаточно эффективных систем отключения муфты во время хода деформирования, низкая результативность привода возвратного хода с вращательным моментом воздействия на подвижные части прессы. Для того чтобы избежать данных проблем применяют винтовые прессы с электромеханической кулачково-рычажной системой управления муфтой.

**Список использованных источников**

1. Бочаров, Ю.А. Винтовые прессы. Машиностроение / Ю.А. Бочаров. – Минск: издательский центр «Академия», 2008. – 480 с.
2. Приводы машин: Справочник / В. В. Длоугий [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1982. – 383 с.

Студент гр. 10402120 Бородич Л.А.

Научный руководитель – Томило В.А.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Рассматриваемый в данной научной работе способ относится к области обработки длинномерных полых металлических изделий и может быть использован в металлургической и машиностроительной промышленности. В качестве примера длинномерных полых изделий из металлов и сплавов в данной статье были выбраны стальные трубы. Наиболее распространенным способом защиты поверхностей труб от агрессивного воздействия транспортируемых сред является нанесение слоя защитного антикоррозийного покрытия на внутреннюю и наружную поверхности труб.

А для лучшего нанесения слоя защитного антикоррозийного покрытия трубы подвергаются термическому обезжириванию, то есть их нагревают в печи до определенной температуры и выдерживают в течение некоторого времени, удаляя при этом с поверхности труб все шлаки и масляные включения, оставшиеся на поверхности после их производство (например, прокат труб) [1].

Известен электрический нагрев металла перед прокаткой индукционным или контактным способом. Способ позволяет нагревать металл с более высокой скоростью по сравнению с пламенными печами, регулировать скорость нагрева, нагревать заготовку более равномерно по поперечному сечению, снижать окисление поверхности и превращение монооксида углерода металла в окалину, повышать производительность печей. К недостаткам нагрева металла индукционным и контактным методами относятся большие капитальные затраты на мощный источник питания, большие токи, высокое энергопотребление, а также возможность нагрева заготовок с поперечным сечением всего до 100×100 мм и длиной до 12000 мм [2].

В настоящее время печи для нагрева длинномерных полых металлических изделий, где основными методами являются конвективный и индукционный нагрев, имеют ряд недостатков [3]:

- неравномерный нагрев по всей длине заготовки;
- эффективность использования отопления (потери нагретого воздуха);
- время нагрева трубы;
- нагрев внутренней поверхности трубы;
- точность измерения температуры нагрева и многие другие.

Эти недостатки способствуют некачественной подготовке поверхностей стальных труб перед нанесением слоя защитного антикоррозийного покрытия на стальные трубы и, как следствие, приводят к авариям трубопроводов, транспортирующих агрессивные жидкости [4]. Задача, на которую направлено техническое решение, заключается в достижении равномерного, эффективного, точного нагрева стальной трубы до заданной температуры и сокращении продолжительности нагрева стальной трубы.

Задача решается за счет:

1 Выхлопные газы турбореактивного двигателя используются в качестве источника нагрева, скорость которого равномерно распределяет температуру по всей камере печи;

2 Теплообмен во время внешнего потока тел в камере печи происходит во время турбулентного движения потока нагретого воздуха, достигаемого за счет того, что потоки нагретого воздуха направляются тангенциально относительно поверхностей стальных труб, используя специальные сопла, что делает нагрев более равномерным;



3 Потоки нагретого воздуха направляются как на внешнюю поверхность, так и на внутреннюю поверхность стальной трубы, что повышает эффективность использования нагрева и сокращает время нагрева;

4 Температура в камере печи регулируется методом эжекции. Способ нагрева длинномерных полых изделий из металлов и сплавов в печи имеет ряд преимуществ по сравнению с известными способами:

- равномерный нагрев по всей площади стальной трубы;
- сокращение времени нагрева стальных труб;
- точный нагрев стальных труб;

Внутренняя поверхность стальной трубы нагревается, что сокращает время нагрева и лучше очищает внутреннюю поверхность стальной трубы от шлаков и масляных включений.

#### **Список использованных источников**

1. Гавайев, Р.В. Исследование качества поверхности отливок из цветных металлов, полученных литьем под давлением: монография / Р.В. Гавайев, И.А. Савин. – Курск: Издательство «Университетская книга», 2017. – 236 с.

2. Гавайев, Р.В. Влияние функциональных покрытий на эксплуатационную стабильность пресс-форм для литья под давлением цинковых сплавов / Р.В. Гавайев, И.О. Лешин, И.А. Савин // Цветные металлы. 2016. – № 1. – С. 66–70.

3. Савин, И.А. Теоретическая оценка стойкости оболочечных форм точного литья, изготовленных по низкотемпературной технологии 17 прокаливание / И.А. Савин [и др.] // Руководство. Инженерный журнал с приложением. – 2015. – № 9. – С. 3–5.

4. Шампуров, А. Расчет величины уменьшения – это необходимо для формирования композитных слоев при холодной прокатке биметаллов / А. Шампуров, И. Савин // Форум по материаловедению. – 2016. – Том 870. – С. 328–333.

**Вальцевание как самый эффективный метод изготовления  
цилиндрических и конусообразных форм**

Студент гр.10402120 Вязов Ю.М.  
Научный руководитель – Томило В.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г.Минск

Когда требуется деформировать листовой металл в цилиндрическую или конусную форму наилучшим вариантом будет вальцевание. Вальцеванием называется разновидность холодной и горячей штамповки, в результате которой листовая заготовка скручивается, проходя через валки. Так получают круглые и овальные формы, ребра жесткости и желоба.

Вальцевать можно следующие виды материала: нержавеющие стали; оцинкованные стали; алюминий; медь; углеродистые стальные сплавы.

В качестве инструмента деформирования используют вальцы. Их поверхность изготовлена из сталей повышенной прочности, так как в работе они находятся под постоянными нагрузками. Вальцов может быть два, три или четыре они располагаются на разных уровнях. В зависимости от толщины и материала пропускаемого листа, расстояния между вальцами регулируются, а также есть возможность устанавливать вальцы разных диаметров [1].

Важно то что вальцовка сохраняет внутреннюю структуру листового металла. И продукт на выходе не теряет механическую прочность. Для правильной работы нужно верно рассчитывать усилие, чтобы не допустить утонения или надрыва.

Цена изготовления цилиндрических и конусных форм методом вальцовки ниже, чем у других методов обработки. Вальцовочные станки работают от менее мощного привода, более износостойки, нуждаются в меньших затратах энергии. А вальцы рассчитаны на длительный срок эксплуатации.

Для работы не требуется высококвалифицированный рабочий. Станок не имеет сложного управления и не прихотлив в обслуживании. Не издаёт сильных вибраций, негативно влияющих на здоровье. При необходимости вальцовочные станки можно автоматизировать.

**Список использованных источников**

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

**Исследование технологии метода постоянного прессования тонкостенных труб из алюминия и его сплавов**

Студент гр.10402120 Цымбалюк Е.В.  
Научный руководитель – Томило В.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г.Минск

Создание и реализация теоретических и практических задач, применяемых для создания новых экологически чистых способов, а также усовершенствование старых процессов и технологий ОМД, в частности постоянного прессования тонкостенных труб из алюминия и его сплавов, могут обеспечить повышенную экономичность материала и энергии, повысить качество металлопродукции это является одним из важнейших направлений повышения продуктивности производств, определяемых государственной политикой промышленности.

Операция постоянного прессования вместе со свариванием металла в очаге деформации тонкостенных полых профилей из алюминия и его сплавов, предназначенных в автомобилестроении, космической, кабелей, холодильников и других подобных отраслях производства получил обоснование в результате исследования ученых [1].

Постоянно непрерывное прессование может позволить себе выполнять высококачественные и точные изделия без обработки, без лишнего расхода материала детали из-за отсутствия пресс остатка, так же позволяет понизить вложения и расход электроэнергии.

В наше время у отечественных ученых проявляется неуспеваемость в данной технологии, из-за ее недооценки в экологичности, а так же из-за экономических проблем в стране последнего десятилетия прошлого века, из-за чего финансирование перспективных разработок было недостаточным. При этом в настоящее время наблюдается прекращение освещения и публикаций по развитию метода «Постоянного непрерывного прессования» в зарубежных научно-технических журналах. Из этого получаем низкую возможность в практической реализации «Постоянного непрерывного прессования» в Республики Беларусь из-за недостаточной проработкой технологического процесса из-за низкой изученности направления протекания металла при деформации в ее очаге, отсутствие обоснованных рекомендаций в области силовых и температурных условий прессования, настройке точности инструмента, выбору конструктивных параметров заготовок.

Исследование и разработка эффективной технологии метода постоянного прессования тонкостенных труб из алюминия и его сплавов является наиболее актуальной научной задачей. При этом вместе с технологическими задачами присутствует необходимость рассмотреть технологические возможности эффективного внедрения технологии «Постоянного непрерывного прессования» в производство в сравнении с рентабельностью других методов.

**Список использованных источников**

1. Райтбарг, Л.Х. Производство прессованных профилей / Л.Х. Райтбарг. – М.: Металлургия, 1984. – 653 с.

**Оптимизация процессов штамповки**

Студент гр.10402120 Капанец И.И.  
Научный руководитель – Томило В.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г.Минск

При рассмотрении и анализе технологического процессаковки был выявлен ряд проблем, таких как:

- низкое качество поковок из малопластичных и труднодеформируемых сталей;
- значительные технологические потери дорогостоящих металлов;
- риск разрушения труднодеформируемых материалов.

Основным решением проблемы низкого качества поковок является внедрение новых способовковки, кузнечной оснастки, инструмента. В массовом и крупносерийном производстве экономически целесообразно применение более сложных штампов, которые обеспечивают сокращение объёма механической обработки поковок, тем самым нивелируя дополнительные расходы на изготовление многоручьевых штампов [1].

В наше время огромную роль имеет изменение цен рынка материалов, требующую своевременной реакции заказчика. Следовательно, потери дорогостоящих материалов отрицательно сказываются на прибыли предприятия. Для решения данной проблемы проектируются и осваиваются новые, эффективные технологические процессы. Технологияковки легированных сталей должна обеспечивать высокую производительность, улучшение физических и химических свойств, минимальный расход металла.

Особенностями труднодеформируемых сталей является сильно выраженная неоднородность структуры, прочность транскристаллитной зоны, рыхлость поверхности, загрязнения сторонними включениями. Все эти факторы снижают пластичность материала. Свойства металла, особенно высоколегированного зависит от степени деформации. Литая сталь по пластичности и вязкости имеет незначительную анизатропию свойств, вследствие зернистой структуры. По мере деформирования анизотропия механических свойств увеличивается и чем более крупное зерно, тем резче проявляется анизотропия. Для снижения вероятного разрушения труднодеформируемого материала путём усиления давления создаваемым гидростатически на заготовку используют приём осадки в простых и комбинированных оболочках, а также деформацию в пластичных прокладках [2].

**Список использованных источников**

1. Юдович, С.З. Ковка на молотах заготовок из легированных сталей / С.З. Юдович. – М.: Машиностроение, 1968. – 215 с.
2. Охрименко, Я.М. Технологическая неравномерность деформации / Я.М. Охрименко, В.А. Тюрин // Кузнечно-штамповочное производство. – 1968. – №11. – С. 2–5.

Студенты гр.10402120: Дешко Г.Д., Щекало Д.В.  
Научный руководитель – Томило В.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

В 21 веке кривошипные прессы должны соответствовать требованиям технологических процессов, а также иметь возможность автоматизации процесса. Конструктивно современные прессы разрабатываются так, чтобы они легко подключались к автоматической линии или целому комплексу. 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 требуют детального совершенствования конструкции прессов, в частности расширения применения их в мелкосерийном производстве [1].

Производительность прессов зачастую определяется по номинальному числу ходов. Универсальные прессы 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 [2].

Повышение надежности и долговечности машин добиваются путем дублирования узлов. Ремонтопригодность машин улучшается путем повышения универсальности и использования унифицированных узлов. В агрегатированных прессах с различными значениями усилий изготовления могут применяться одни и те же исполнительные механизмы, муфты и тормоза.

Повышение показателя направляемости ползуна добавляет жесткость применяемым устройствам, которые в большинстве современных автоматов требуют колоссальное охлаждение. Опыт в применении жидкого масла различной консистенции для смазки отдельных узлов прессы доказывает необходимость оснащения прессов современной системой жидкого смазывания, уменьшающей затраты на холостой ход в 1,2 – 1,8 раз [3].

Пресс является дорогим оборудованием, поэтому простой нежелателен и приводит к потере прибыли. Большая часть временных затрат расходуется на переоснащение исполнительных инструментов прессы, что сильно повышает время простоя, особенно при крупных габаритах прессов. Для устранения нежелательного простоя и упрощения переналадки штамповых узлов прессы оснащают внецикловыми 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 [2].

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 жесткости системы уравновешивания исполнительных органов вместо пневматических муфт.

В современном мире проводятся работы по улучшению компактности конструкций прессов. Для этого применяют нижнее расположение привода [3].

При работе кривошипных прессов происходит заклинивание, т.к. на некоторых из них выполняются технологические операции с максимальным усилием в конце рабочего хода. Одним из путей устранения применяют несколько способов расклинивания кривошипных

прессов в зависимости от места приложения усилия расклинивания. Применяемые усилия можно разделить на несколько видов: усилие к шатуну, к кривошипу и к рычагу.

Также улучшением может послужить переделка электрической схемы для безопасности и увеличения быстродействия и реагирования органов станка. Достичь такие улучшения можно путём замены датчиков, составления различных электрических схем.

#### **Список использованных источников**

1. Кузнечно-штамповочное оборудование: учебник для машиностроительных вузов / А.Н. Банкетов, Ю.А. Бочаров, Н.С. Добринский. – 1982. – 565с.
2. Кузнечно-штамповочное оборудование: учебник для вузов / Под ред. Л.И. Живова. – М.:Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2006. – 560с.
3. Кузнечно-штамповочное оборудование: учебник для студ. высш. учеб. заведений/ Ю.А. Бочаров. – М.: Издательский центр “Академия”. – 2008. – 480с.

Студент гр. 10402120 Осадчая А.Ю.  
Научный руководитель – Томило В.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г.Минск

Главной особенностью штамповочного пресса является шестиступенчатый кривошипно-коленчатый механизм привода ползуна, нижняя часть колеса которого соединено с ползуном, а верхняя – со станиной. Это устройство способно развивать большое усилие в конце рабочего хода ползуна при небольшом крутящем моменте на приводном коленчатом валу. Штамповочный пресс используется с усилием около 40 Мн (4000 тс) [1].

Исследуем однократное и многократное нагружение штампов методом конечных элементов с учетом влияния конструктивных особенностей на концентрацию напряжений, а также, помимо этого, определяем основные причины разрушения чеканочных штампов.

Существуют некоторые факторы, которые оказывают влияние на деформацию штампов чеканочных прессов. Это может быть:

- степень нагрузки на штамп;
- химический состав, структура и механические свойства материала штампа;
- методы термомеханической обработки штамповых заготовок, их поверхностной полировки, а также изображений.

При однократной нагрузке штамп может выдерживать напряжение без разрушения в то время, когда он близок к пределу текучести. Однако практика показывает, что после точного количества чеканок (от 20 до 300 тысяч) на штампах возникают трещины. При переменной нагрузке штамп может в течение длительного времени выдерживать напряжение, которое может достигнуть всего 40–50 % от значения, известный для стационарной нагрузки.

При многократной нагрузке давление, которое действует на штамп из стали ШХ15-шд с твердостью HRC 60...61, не должно превышать 1200 МПа, тогда он будет работать продолжительный период без разрушения (до 1 миллиона чеканок) [2].

В случае нахождения напряженного состояния штемпелей было построено математическое моделирование условий нагружения чеканочных штампов с различными взаимоположениями рабочей части при штамповке заготовок из различных материалов. В расчетах проверялись конкретные конструкции штампов из стали ШХ15-шд в закаленном состоянии.

Продуктивным способом управления структурой и физико-механическими свойствами инструментальных сталей является термомеханическая обработка, которая предусматривает пластическую деформацию в холодном или полугорячем состоянии.

Использование усовершенствованного кривошипно-коленчатого механизма приводит к немаловажным изменениям конструкции пресса. Так, станина во время рабочего хода свободна от нагрузок, а сила деформации рассматривается как сила растяжения верхней частью колена. Вследствие уменьшения количества промежуточных деталей и их соединений под нагрузкой значительно повышается жесткость пресса и, следовательно, точность штамповки. Привод пресса ниже, а это повышает устойчивость пресса на фундаменте, снижая вибрации, следовательно и шум в цехе [3].

### Список использованных источников

1. Бурдуковский, В.Г. Оборудование кузнечно-штамповочных цехов. Кривошипные машины: учебн. пособие/ В.Г. Бурдуковский, Ю.В. Инатович. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018. – 168 с.
2. Влияние температуры и скорости нагружения на энергию зарождения и распространения трещин в образцах из углеродистых сталей / В.В. Харченко [и др.] // Проблемы прочности, 2006. – № 5. – С. 120–127.
3. Полухин, П.И. Физические основы пластической деформации: учебн. пос. для вузов / П.И. Полухин, С.С. Горелик, В.К. Воронцов. – М.: Металлургия, 1982. – 584 с.



## Повышение скорости прокатки

Студент гр.10402120 Сульжицкий Е.И.

Научный руководитель – Томило В.А.

Белорусский национальный технический университет  
г.Минск

Одним из важных путей для повышения производительности прокатных станов является повышение скорости прокатки. При повышении скорости прокатки цикл прокатки сокращается, следовательно, при всех остальных неизменных параметрах: коэффициент использования стана, масса заготовки и других, производительность стана будет увеличиваться.

Увеличение скорости прокатки будет сопровождаться повышением температуры конца прокатки катанки в последней клетке до 900–1100 °С, это вызывает увеличение окалинообразования (до 2–4 %), обезуглероживание поверхности, ухудшение структуры катанки в готовом бунте [1].

Возникшие с повышением скоростей прокатки затруднения при исполнении быстроходных редукторов, а также недостаточная надежность их работы привели к тенденции применения безредукторных приводов валков. Это особенно заметно на проволочных станах, где редукторы для новых станов применяются лишь в черновых группах клеток.

Так, с увеличением скорости прокатки уменьшается отдача тепла, выделяющегося вследствие пластической деформации, валкам. Это вызывает уменьшение наклепа. Также при увеличении скорости прокатки улучшаются условия смазки металла в связи с повышением гидродинамического давления в масляной пленке, в результате чего должно уменьшаться влияние внешнего трения на удельное давление. В связи с этим можно считать, что скорость деформации при холодной прокатке не оказывает существенного влияния на изменение свойств металлов и сплавов.

Основные факторы, которые способствуют увеличению производительности:

- 1) повышение скорости прокатки;
- 2) разделение всего производственного процесса на ряд отдельных стадий;
- 3) увеличение сечения и веса исходных слитков и заготовок;
- 4) усовершенствование калибровки валков;
- 5) механизация вспомогательных операций при прокатке;
- 6) автоматизация технологических процессов и электроприводов как завершающая фаза устранения влияния человека на работу механизмов и создание постоянного ритма работы станов [2].

Вместе с требованиями безопасности обслуживания энергетики прокатных цехов обязаны обеспечивать повышение скорости прокатки и обжатия, равномерное распределение обжатий по клетям, поддержание оптимальной температуры металла для стали, снижение машинного времени прокатки и пауз путем автоматизации и механизации, а где возможно, следует применять форсировку возбуждения синхронных двигателей прокатных станов при перегрузках. Выполнение этих всех задач возможно только при постоянной работе персонала над повышением своей квалификации, изучении особенностей работы прокатных станов.

На широкополосных станах, где ширина прокатываемой полосы составляет 1500–2000 мм, повышение скорости прокатки с 10 до 1618 м/с привело к появлению аэродинамического эффекта, когда начало полосы за счет сопротивления воздуха задирается вверх. В связи с этим на таких станах металл захватывают при скорости 10 м/с с последующим разгоном [3].

Расширение сортамента прокатных цехов вместе с ужесточением допусков на катаные профили повысило требования к качеству валков. Повышение скорости прокатки достигается путем увеличения мощности приводных двигателей валков (рабочих).

Удельный вес трудозатрат по самому прокатному или трубному стану непрерывно падает по сравнению с общим количеством занятых рабочих в цехе. И наоборот, с повышением скоростей прокатки, как относительно, так и по абсолютной величине растет количество рабочих занятых в прокатных цехах на подготовительных операциях и на участках отделки. В настоящее время все более становится очевидным, что на пути комплексной автоматизации прокатного и трубного производства стоят еще не решенные проблемы механизации и автоматизации операций технологического контроля, в области которых развернулась работа только последние годы.

Повышение основной скорости сопровождается увеличением установленной мощности двигателей и приводит к увеличению габаритов машин и преобразовательных агрегатов. При этом появляются некоторые дополнительные возможности увеличения скорости прокатки только части тяжелых профилей. При прокатке же легких профилей эти мощности окажутся недоиспользованными. Поэтому сужение диапазона регулирования полем (путем повышения основной скорости вращения двигателей) приводит к некоторым излишествами как по первоначальным затратам, так и по эксплуатационным расходам.

Рост производительности непрерывно-заготовочных станов возможен за счет увеличения сечений выпускаемых заготовок, повышении скорости прокатки, увеличения обжатий и применения калибровки с наивыгоднейшим использованием скорости деформаций.

Прокатка фольги на больших скоростях резко повышает производительность фольгопрокатного стана. Рост производительности происходит не только благодаря повышению скорости выхода металла из валков, но и благодаря уменьшению числа пропусков металла через валки, поскольку с увеличением скорости прокатки повышается обжатие прокатываемой полосы в каждом пропуске. Повышение скорости прокатки от 60 до 300 м/мин позволяет производить обжатие от 60 до 13 мк в два пропуски вместо трех.

Влияние скорости валков и других факторов. Существенное влияние на угол захвата оказывает скорость прокатки. По опытным данным при повышении скорости прокатки коэффициент трения уменьшается, это сильно заметно при скоростях от 2 до 3 м/сек. При больших скоростях этот фактор мало влияет на коэффициент трения. Так, при прокатке на гладких валках со скоростью 1 м/сек нормальный захват осуществляется при 22–23°, а при скорости прокатки в 3 м/сек только при 12–13° [4].

Увеличение *скорости прокатки* вызывает возрастание момента сил упругости, особенно во второй половине поворота мальтийского креста, а также увеличение количества соударений. Увеличение тормозного момента на валу мальтийского механизма вызывает резкое уменьшение момента сил упругости во второй половине поворота, а также увеличение демпфирования системы в целом.

#### Список использованных источников

1. Зотов, В.Ф. Прокатка металла/ В.Ф. Зотов, В.Ф. Каширин, В.А. Петров. – М.: Металлургия, 1979. – 256 с.
2. Третьяков, А. В. Механические свойства металлов и сплавов при обработке давлением: Справочник / А.В. Третьяков, В.И. Зюзин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1973. – 224 с.
3. Автоматизация производственных процессов/ М.М. Кузнецов [и др.]; под ред. Г.А. Шаумяна. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Высш. школа, 1978. – 431 с.
4. Еднерал, П.П. Теория пластической деформации и обработка металлов давлением / П. П.Еднерал, И. Г. Константинов. – Москва ; Киев :Машгиз. [Юж. отд-ние], 1960. – 344 с.

Студент гр.10402120 Мартынов Д.В.  
Научный руководитель – Томило В.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г.Минск

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 требуют детального совершенствования конструкции прессов, в частности расширения применения их в мелкосерийном производстве [1].

Производительность прессов зачастую определяется по номинальному числу ходов. Универсальные прессы 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 [2].

Повышение надежности и долговечности машин добиваются путем установления универсальных узлов. Ремонтопригодность машин улучшается путем повышения универсальности. В агрегатированных 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 прессы доказывает необходимость оснащения прессов современной системой жидкого охлаждения рабочих органов прессы, уменьшающей затраты на холостой ход в 1,2 – 1,8 раз [3].

Пресс является дорогим оборудованием, поэтому простой нежелателен и приводит к потере прибыли. Большая часть временных затрат расходуется на переоснащение исполнительных инструментов прессы, что сильно повышает время простоя, особенно при крупных габаритах прессов. Для устранения нежелательного простоя и упрощения переналадки штамповых узлов прессы оснащают внецикловыми 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 [2].

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 системы уравновешивания исполнительных органов вместо пневматических муфт.

В современном мире проводятся работы по улучшению компактности конструкций прессов. Для этого применяют нижнее расположение привода [3].

При работе гидравлических прессов происходит разрушения гидравлических магистралей, т.к. на некоторых из них выполняются технологические операции с

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. Банкетов, А.Н. Кузнечно-штамповочное оборудование: учебник для машиностроительных вузов / А.Н. Банкетов, Ю.А. Бочаров, Н.С. Добринский. – 1982. – 565 с.
2. Кузнечно-штамповочное оборудование: учебник для вузов / под ред. Л.И. Живова. – М.:Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2006. – 560 с.
3. Бочаров, Ю.А. Кузнечно-штамповочное оборудование: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Ю.А. Бочаров. – М.: Издательский центр «Академия». – 2008. – 480с.

## Система контроля геометрии готового проката

Студенты гр.10402120: Щекало Д.В., Дешко Г.Д.  
Научный руководитель –Томило В.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г.Минск

Качество выпускаемого проката зависит от ряда факторов, в том числе, оно может снижаться при возникновении дефектов профиля и низкого качества валковой арматуры. Подобные дефекты и отклонения приводят к нарушению геометрии проката и, соответственно, к снижению качества готовой продукции и выпуску брака. Из-за непрерывности процесса на стане и применяемом при ручном контроле способе выборочной проверки геометрии, выявить изменение геометрии в каждую минуту производства не представляется возможным. Прокат низкого или недопустимо низкого качества будет производиться до тех пор, пока отклонение геометрии не будет выявлено при следующем контроле [1].

В качестве решения, применяемого для автоматизации контроля качества готовой продукции при прокатном производстве, может быть использован измерительный прибор компании «Zumbach», указанный на рисунке 2.



Рисунок 2– Измерительный прибор для автоматизации контроля качества готовой продукции

Данный измерительный прибор позволяет обеспечить:

- Контроль и анализ качества готовой продукции в режиме реального времени.
- Повышение качества готовой продукции.
- Возможность уменьшения брака готовой продукции.
- Получение стабильного технологического процесса.
- Анализ выработки валков и вспомогательного оборудования.

Измерительный прибор может быть установлен в любой точке проволочного блока или высокоскоростного блока, например, перед или после любой клетки, групп клеток.

Конструкция прибора включает несколько встроенных лазерных головок, каждая из которых отвечает за измерение своего участка готового профиля. При прохождении готового профиля через прибор, происходит считывание геометрии проката каждой лазерной головкой, а суммарный результат отображает полную информацию о размерах параметров готового профиля.

Информация об измерениях и отклонениях в геометрии немедленно высвечивается на экране пульта управления стана.

В случае применения измерительного прибора, автоматически контролирующего геометрию проката, оператор поста управления выявляет отклонения геометрических допусков прокатываемой продукции в режиме реального времени. На экране монитора поста управления стана происходит отображение бракованной геометрии в виде чертежа профиля с отклонением, получив эту информацию, оператор поста управления дает команду остановить выдачу заготовки из нагревательной печи и произвести переход на другой калибр. Собранные данные об измерениях также немедленно поступают в систему управления производством всего предприятия, что дает возможность отслеживать и контролировать весь процесс производства в оперативном режиме [2].

Для монтажа и ввода в эксплуатацию измерительной установки Zumbach, необходимо дополнительное вспомогательное оборудование и настройка дополнительного оборудования, которая выполняется обученными специалистами. Установка такого вспомогательного оборудования включает в себя разработку, производство и настройку следующих узлов:

- Фундамент для установки устройства в линию прокатного стана.
- Передвижное устройство измерительной установки для настройки оси прокатки.
- Защитный короб для защиты установки в случае возникновения аварии.
- Вспомогательные желоба, устанавливаемые для транспортировки прокатываемого металла к измерительной установке.
- Привалковая арматура, разработанная и настроенная для обеспечения точного измерения и предотвращения аварийной ситуации в измерительном приборе. В ходе транспортировки металла в линии прокатного стана, прокатываемый металл испытывает вибрацию в любом направлении, соответственно, привалковая арматура должна быть настроена таким образом, чтобы обеспечивать корректную обработку в условиях вибрации.

Система автоматизации контроля геометрии проката обеспечивает соблюдение высоких допусков геометрических параметров готовой продукции, повышение качества готовой продукции и сокращение объемов выпускаемого брака и, вследствие этого, общее повышение производительности стана [3].

#### **Список использованных источников**

1. Чекмарев, А.П. Роликовая арматура прокатных станов / А.П. Чекмарев, Ю.С. Чернобривенко. – 1964. – 260с.
2. Нейтральный угол и опережение при высокоскоростной прокатке в чистовых блоках клетей проволочных блоков/ А.А. Горбанев [и др.]. – 2001. – 121с.
3. Машины и агрегаты металлургических заводов. В 3-х томах. Т.3. Машины и агрегаты для производства и отделки проката: учебник для вузов /А.И.Целиков [и др.]. – 1988. – 680 с.

## Поперечно-винтовая прокатка

Студенты гр. 10402129 Бондаренко А.Н.

Научный руководитель – Томило В.А.

Белорусский национальный технический университет  
г.Минск

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

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

На станах винтовой прокатки осуществляется деформация исходного круглого прутка путем его ввинчивания в меж валковое пространство, образованное двумя или тремя валками с винтовыми калибрами, вращающимися в одну сторону. Вращательное и поступательное движение заготовки достигаются вращением валков и соответствующим их наклоном к оси прутка. Деформация прутка при этом происходит вследствие изменения формы витков на валках, постепенно приближающейся к требуемой конфигурации и размерам готового изделия.

Этот процесс весьма эффективен для прокатки червяков, крупных винтов, труб с оребрением, в связи с легкостью технологического процесса и малыми затратами на материал.

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

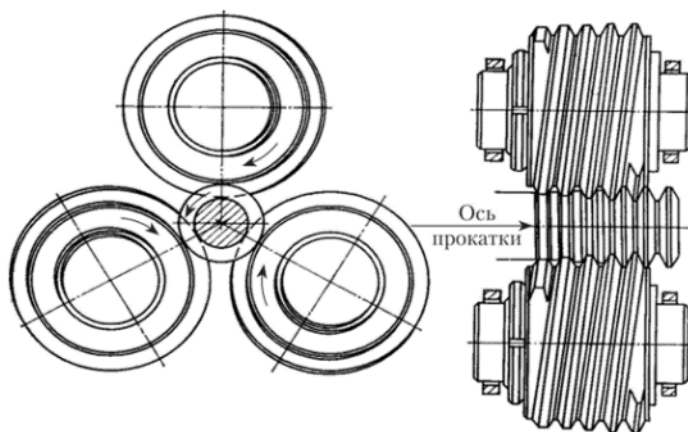


Рисунок 1 – Схема непрерывного накатывания резьбы на винтах неограниченной длины

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

Параметры прокатки (соотношение диаметров валков и заготовки, угол между осями валков, и наклона конической части валка) подобраны так, чтобы из-за неравномерности деформации в центральной части заготовки создавались растягивающие радиальные напряжения, как показано на рисунок 2 (а). Под действием этих напряжений

металл в центральной зоне заготовки разрыхляется, и образуется полость. Чтобы предупредить образование трещин на поверхности полости и получить заготовку трубы заданных размеров, устанавливают коническую оправку 4 (прошивень). Оправку устанавливают с опережением момента самопроизвольного образования полости на 2...3 мм. Оправку закрепляют на стержне, конец которого установлен во вращающейся опоре. После окончания прокатки гильзу снимают со стержня и направляют на трубопрокатные станы для ее дальнейшей раскатки в трубу.

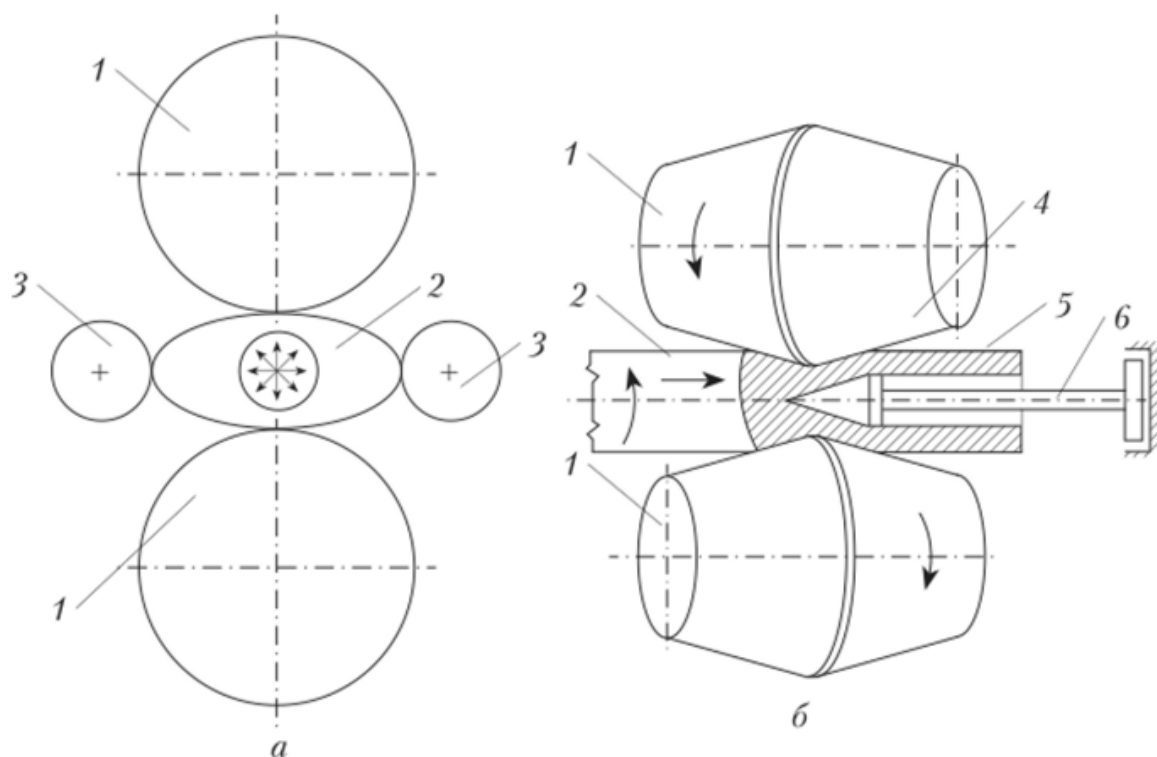


Рисунок 2 – Поперечно-винтовая прокатка заготовки трубы:

а – схема создания растягивающих напряжений в центральной части заготовки;

б – схема прокатки;

1 – валок; 2 – заготовка; 3 – направляющий хвостовик; 4 – оправка; 5 – гильза; 6 – стержень

На предприятии Южно Корейской компании «Сечанг стил» введен в эксплуатацию новый мини трубопрокатный агрегат бесшовных труб диаметром от 40 до 80 мм. В основу технологического процесса заложен метод прошивки заготовки, последующей раскаткой гильзы в черновую трубу и калибрования на станах винтовой прокатки. Сортамент труб, получаемых на агрегатах с трехвалковым раскатным станом, характеризуется отношением наружного диаметра  $D$  к толщине стенки  $S$  трубы –  $D/S$  и диаметральными размерами. В трубопрокатном производстве наибольшее распространение получили агрегаты среднего и большого типа, на которых получают трубы диаметром от 72 до 250 мм с  $D/S \leq 10...11$  из углеродистых и легированных сталей.



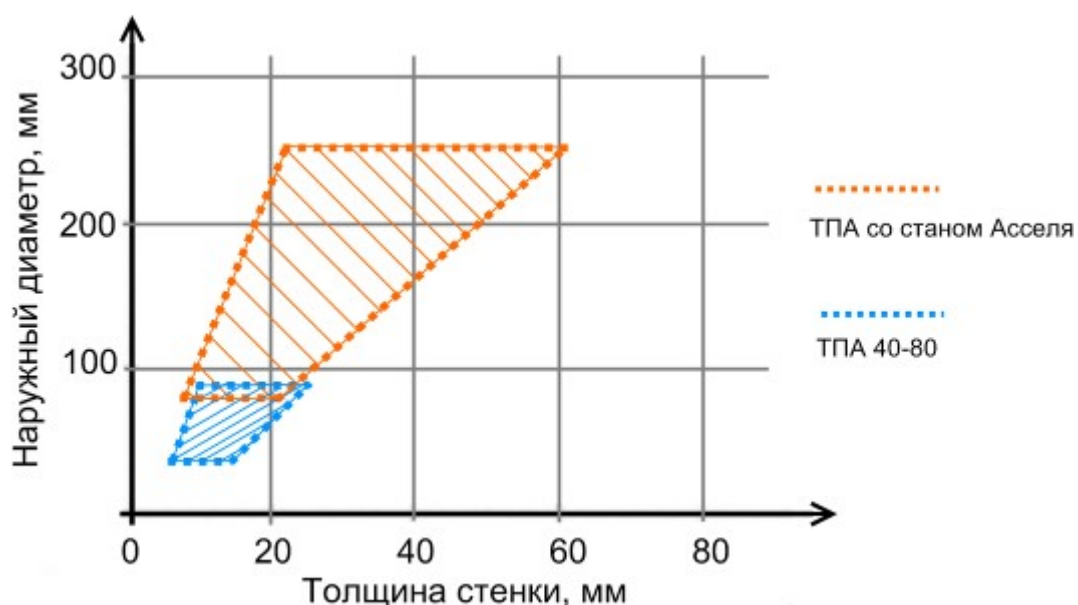


Рисунок 3 – Сортамент бесшовных труб, получаемых на традиционных ТПА со станом Асселя и ТПА 40-80

Однако многие машиностроительные предприятия испытывают потребность в трубах повышенной точности диаметром 40...70 мм. В связи с этим целью настоящей работы являлось создание технологии и оборудования мини ТПА 40-80 для прокатки труб диаметром 40...80 мм с отношением  $D/S \leq 9$  длиной до 6 м с годовым объемом производства до 10 тысяч тонн. Технологическая схема мини ТПА 40–80 представлена на рисунке 3 и включает в себя резку исходного прутка на мерные заготовки, зацентровку заготовок в холодном состоянии, индукционный нагрев заготовок, термостатирование заготовок в камерной электрической печи, прошивку в двухвалковом стане с направляющими линейками, индукционный подогрев гильз, раскатку гильз в трехвалковом стане на цилиндрической контролируемо-перемещаемой оправке, калибрование труб в двухвалковом стане с направляющими линейками, контролируемое охлаждение труб на холодильнике цепного типа с вращением трубы вокруг собственной оси.

### Список используемой литературы

1. Черепяхин, А.А. Технология машиностроения. Обработка ответственных деталей: учебное пособие для среднего профессионального образования / А.А. Черепяхин [и др.]. – Москва: Издательство Юрайт, 2020. – С. 65–68.
2. Дольский, А.М. Технология конструкционных материалов: учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов. 6-е изд., испр. и доп. / А.М. Дольский [и др.]. М.: Машиностроение, 2005. – 74 с.
3. Обработка металлов давлением / Б.А.Романцев [и др.]. – М.: Изд. Дом МИСиС, 2008. – 960 с.
4. Данилов, Ф.А. Горячая прокатка и прессование труб / Ф.А. Данилов, А.З. Глейберг, В.Г. Балакин. – М.: Металлургия, 1972 – 576 с.
5. Повышение износостойкости оправок прошивного стана / Б.А. Романцев [и др.]. // Известия ВУЗов. Черная металлургия. – М.: МИСИС, 2008 – №10. – С. 16–19.

### Анализ дефектов полугорячей объемной штамповки (ПГОШ) элемента муфты гидравлической «Корпус левый»

Студент гр.10402129 Жогло А.Г., 10402220 Якубчик Н.Г.

Научный руководитель – Томило В.А.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

На сегодняшний день в больших масштабах используются гидравлические системы. Для обеспечения безопасности и удобства их использования всё чаще используется быстроразъёмные муфты (БРМ), изготавливаемые, в том числе и на Белорусских заводах.

Деталь «Корпус левый» (рисунок 1 (а)) (сталь 45 ГОСТ 1050–2013 [1]). Эта деталь быстроразъёмной гидравлической муфты, предназначенной для быстрого соединения и разъединения гибких трубопроводов гидросистем, работающих при давлении до 20 МПа. На сегодняшний день муфты прошли испытания на ОАО «Минский автомобильный завод», ОАО «Лидагропроммаш», ОАО ТК «Волгоградский тракторный завод» и ОАО «Минский тракторный завод» для комплектации трактора «Беларус» и другой сельскохозяйственной техники с прицепными агрегатами. Муфты быстроразъёмные применяются в гидроприводах для быстрого соединения или разъединения гидролиний без использования инструмента или специальных устройств на гидромолотах, дорожно-строительной, сельскохозяйственной, лесной технике, в судостроении, пищевой промышленности, при добыче нефти и газа, а также в других гидравлических системах, где требуется оперативная смена подвешенного оборудования [2].

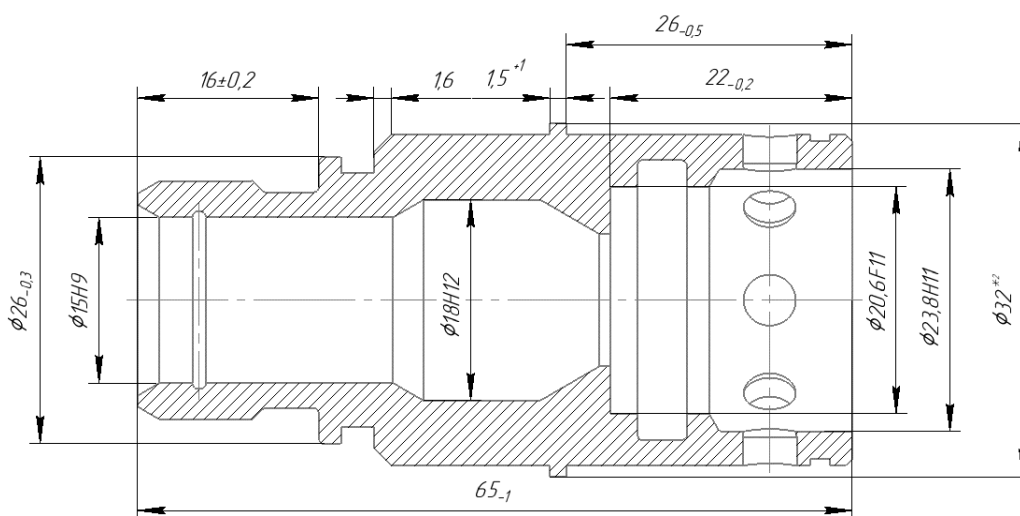


Рисунок 1 – Эскиз детали «Клапан»

Корпус имеет сложный наружный и внутренний профиль, включающий сквозное ступенчатое отверстие. Деталь получается методами обработки резанием на токарном и сверлильном станке с большим снятием металла из цилиндрической заготовки Ø32x65 мм по ГОСТ 2590 – 2006 [3], массой 408 г.

$$\text{Ким} = \frac{m_{\text{дет}}}{m_{\text{зар}}} \cdot 100\% = \frac{160}{408} \cdot 100\% = 39,2\%.$$

Коэффициент использования материала, исходя из масс детали и заготовки, равен 39,2%; 60,8% металла идёт в стружку, соответственно. Годовая программа детали достигает 420000 штук в год, что говорит об массовом производстве.

Геометрию изделия, возможно получить только на металлорежущем оборудовании, но для уменьшения трудозатрат получим глухие отверстия методом полугорячей объёмной штамповки. В заготовительном производстве машиностроительных заводов наряду с холодной объёмной штамповкой (ХОШ) применяют полугорячую объёмную штамповку (ПГОШ). Применение полугорячей объёмной штамповки при оптимальном термомеханическом режиме позволяет снизить давление на пуансон при выдавливании в 2,5–4 раза. Температуру нагрева выбирают в интервале 650–750 °С, температуру окончания с учетом тепловыделений при пластической деформации – не ниже 500 °С [4].

ХОШ является неудачным вариантом получения поковки для данной детали, так как толщина стенок и материал стали будут препятствовать нормальному течению металла в области штампа, что многократно увеличит усилие выдавливания. Оптимальным решением получения поковки является ПГОШ: за счёт предварительного нагрева заготовки до температур в интервале 650–750 °С, течение металла в полости штампа будет происходить легче и интенсивнее, что увеличит производительность получения поковки, по сравнению с холодной штамповкой и без больших прилагаемых усилий прессы.

Определившись с необходимой нам операцией, необходимо сделать чертёж поковки по ГОСТ 7505–89 [5], с учётом последующей обработки на металлорежущих станках. Для проектирования поковки выбирают припуски, допуски и напуски, которые устанавливаются в зависимости от конструктивных характеристик поковки, таких как: степень сложности, класс точности, группа стали, конфигурация поверхности разъёма штампа, и определяются исходя из шероховатости поверхности детали, изготавливаемой из поковки, а также в зависимости от величины размеров и массы поковки.

Для этого определяются коэффициенты степень сложности (С), класс точности (Т) и группу стали (М), которые определяют исходный индекс поковки. По этому индексу ведём расчёт. Теперь с учётом полученных рекомендаций, составим чертёж поковки (рисунок 2).

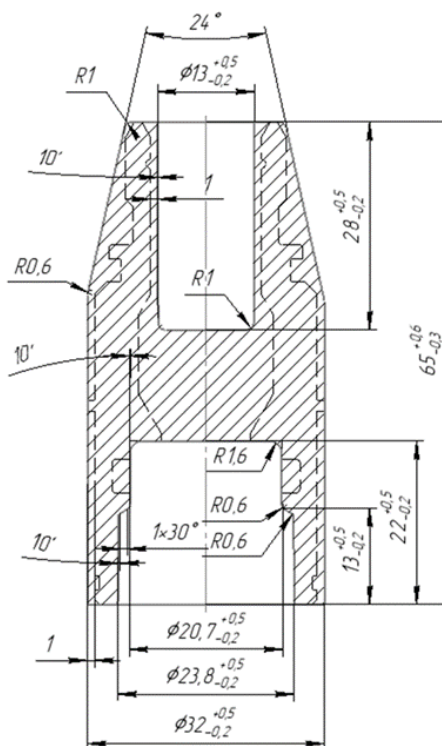


Рисунок 2 – Размещение заготовки и инструментов

Для наглядности течения металла в полости штампа, получения распределения температур, главных действующих напряжений, проведём симуляцию ПГОШ в программном обеспечении Deform–2D. В основу Deform входит, конечно-элементная модель напряжённо-деформируемого состояния, позволяющая рассчитать кроме приведённых выше показателей: требуемое усилие деформации, показывать очаги деформации, а также строить графики разных зависимостей для заготовки и инструмента [6].

Проанализировав разные размеры исходного прутка, можно выделить что в одинаковых условиях образцы с меньшим диаметром заполняются равномернее. Это объясняется тем, что металл позже встречается с инструментом и подвергается меньшей деформации. Было выявлено, что более равномерно принимают необходимую форму заготовки с диаметром в пределах от 26 мм до 30 мм [3] (таблица 1).

Наиболее вероятным дефектом является не заполнение формы. Это происходит из-за того, что в следствии трения металл больше сопротивляется деформации.

Данный дефект можно снизить путём уменьшения диаметра заготовки. Таким образом мы снижаем площадь контакта прутка с наклонным элементом инструмента. То есть снизим сопротивление металла изменению формы.

Таблица 1 – Параметры исходных прутков

№	Диаметр заготовки, d, мм	Высота заготовки, h, мм	Отношение, h/d	Усилие, кН
1	32	43,0	1,344	783,33
2	30	48,9	1,630	1260,09
3	28	56,2	2,007	1291,55
4	26	65,2	2,508	1347,99

Таким образом, в работе рассмотрены основные параметры поковки для детали «Корпус левый», проведено моделирование процесса ПГОШ, необходимые усилия штамповки, подобрано оборудование. Также подобран исходный образец с наилучшим заполнением формы во время процесса.

Такая технология позволит уменьшить необходимое количество металла для данной детали на 41,4%, то есть при нынешнем объёме производства будет достигнута ежегодная экономия металла 59 тонн.

#### Список использованных источников

1. Металлопродукция из нелегированных конструкционных качественных и специальных сталей. Общие технические условия: ГОСТ 1050–2013. – Введ: 03.12.2013. – Москва: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2013. – 36 с.
2. ОАО «БЗСП» [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bzsp-by.com>. – Дата доступа: 02.03.2022.
3. Прокат сортовой стальной горячекатаный круглый. Сортамент: ГОСТ 2590–2006. – Введ: 01.07.2009. – Москва: Чтандартинформ, 2010. – 10 с.
4. Брюханов, А.Н. Ковка и объемная штамповка: учеб. пособие / А.Н. Брюханов. – М.: МАШГИЗ, 1960 – 368 с.
5. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски: ГОСТ 7505–89. – Введ: 01.07.1990. – Москва: Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам, 2011. – 36 с.
6. Практическое руководство к программному обеспечению DEFORM-2D: учеб. пособие / В.С. Паршин [и др.]. – Екатеринбург: УрФУ, 2010. – 266 с.

7. Прессы однокривошипные простого действия закрытые. Параметры и размеры: ГОСТ 10026–87. – Введ:01.01.1989. – Москва: Комитета по стандартизации, метрологии и сертификации при Совете Министров Республики Беларусь, 1992. – 8 с.

8. Гуляев, А.П. Металловедение: учеб. пособие / А.П. Гуляев, – М.: Metallurgia, 1986. – 542 с.

**Анализ условий схватывания частиц меди и медных сплавов с поверхностью углеродистой стали при прокатке**

Студент гр.10402129 Апишев В.В.  
Научный руководитель – Минько Д.В.  
Белорусский национальный технический университет  
г.Минск

В настоящее время, наряду с известными усовершенствованными технологическими процессами получения композиционных полуфабрикатов, в металлургии отводят место такой технологии, как сварка давлением. Она основана на интенсивной пластической деформации металлов без нагрева, что позволяет сваривать термически разупрочняемые металлы без снижения механических свойств вблизи зоны сварного шва. Известно, что поверхность металла покрыта окисными плёнками, адсорбированными газами, органическими молекулами. Сварка давлением происходит в результате разрушения этих слоёв и развития физического контакта между чистыми поверхностями двух металлов.

К процессу холодной сварки, в том числе относят плакирование прокаткой стальной основы порошками других металлов, что позволяет получать композиционный многослойный материал, используемый в дальнейшем для изготовления подшипников скольжения, ленточных тормозов, изделий с защитными покрытиями, фторопластовые антифрикционные ленты и т.п. Обычно в качестве антифрикционного материала применяют баббиты, алюминиевые и медные сплавы[1]. Такой метод нанесения покрытия является высокопроизводительным и имеет малую энергоёмкость вследствие отсутствия печного спекания порошка. Основной проблемой данной технологии является получение качественного схватывания частиц меди со стальной лентой, так как качество соединения во многом обеспечивает эксплуатационные характеристики получаемого соединения.

Целью исследования является анализ условий, благодаря которым осуществляется схватывание частиц меди со стальной полосой методом прокатки.

В [2, 3] приведено условие получения качественного соединения между слоями биметалла при объёмном взаимодействии для сварки с усилиями различной степени интенсивности. В [4] это условие использовали для аналитического определения адгезии при плакировании прокаткой, которое имеет вид:

$$t_d \geq t_a \geq t_p, (1)$$

где  $t_d$  – время совместной пластической деформации;

$t_a$  – время активации поверхности менее деформируемой основы в зоне соединения;

$t_p$  – время релаксации остаточных напряжений в покрытии.

Авторами аналитически определена интенсивность сдвиговой деформации  $\gamma_n$  на контактной плоскости деформируемой основы для зон отставания и опережения; из уравнения теплового баланса  $Q_i$  получена формула для определения средней температуры в очаге деформации при прокатке.

С целью подтверждения возможности практического использования полученного аналитического условия были проведены эксперименты с нанесением алюминиевого, никелевого и хромового порошка на поверхность полосы из стали 08 кп шириной 15 мм, и толщиной 1,5 мм при одинаковых режимах прокатки: скорости  $v_n = 2,2$  мм/с, и относительном обжатии  $\varepsilon = 15$  %.

Эксперименты показали, что при одинаковых режимах прокатки и при температуре, равной комнатной, происходило отслоение всех материалов покрытия от стальной полосы (в

работе не уточняется то, как подготавливалась поверхность). При анализе причин отслоения использовали условие (1), где учли все параметры, определяющие основные компоненты этого условия. Во всех трёх случаях условие не выполнялось.

Для устранения отслоения для всех приведенных материалов была увеличена начальная температура прокатки до  $T_0 = 867$  К, что поспособствовало адгезии между покрытием из алюминиевого порошка и основой и соблюдению условия (1), однако для покрытий из порошков никеля и хрома увеличение  $T_0$  и условие (1) не было соблюдено, что не поспособствовало адгезии.

В [5] определяли продолжительность релаксации напряжений  $t_p$  с использованием выражения:

$$t_p = t_0 \exp\left(\frac{U}{RT}\right), (2)$$

где  $t_0$  – период собственных колебаний атомов около равновесного положения, с;

R – универсальная газовая постоянная;

T – средняя объемная температура в очаге деформации, К;

U – энергия активации процесса, контролирующего релаксацию внутренних напряжений [2].

Время релаксации  $t_p$  определяли при плакирования прокаткой пластины из стали 08 кп толщиной 5 мм, медным порошком марки ПМС-1 при температуре 20 °С. Теоретическая зависимость (1) для  $t_p$  при этом хорошо согласовывалась с результатами эксперимента.

Подготовка поверхностей материалов, подвергаемых холодной прокатке, является одним из основных критериев для их успешного схватывания. В [6, 7] продемонстрированы примеры подготовки поверхности, применяемые на производстве. К ним относятся:

- механическая зачистка вращающимися стальными щётками до металлического блеска или шабрением;
- обезжиривание поверхности;
- сушка поверхности;
- нанесение твёрдых гальванических покрытий.

Условие (1) продемонстрировало возможность учитывать при плакировании прокаткой используемые материалы и технологические режимы, которые в последующем можно будет корректировать для необходимой адгезии между слоями биметалла, и использовать это условие непосредственно при плакировании частицами меди и медных сплавов. Также стоит учитывать необходимость подготовки поверхности для лучшего схватывания частиц меди и углеродистой стали.

#### Список использованных источников

1. Кобелев, А.Г. Технология слоистых металлов / А.Г. Кобелев, И.Н. Потапов, Е.В. Кузнецов. – М.: Металлургия, 1991. – 248 с.
2. Каракозов, Э.С. Диффузионная сварка титана / Э.С. Каракозов, Л.М. Орлова, В.В. Пешков. – М.: Металлургия, 1977. – 272 с.
3. Бобарикин, Ю.Л. Основные закономерности плакирования стали прокаткой металлическими порошками / Ю.Л. Бобарикин, Н.И. Стрикель, А.М. Урбанович // Материалы, технологии, инструменты. – 2000. – Т.5. – № 1. – С. 62–65.
4. Селивончик, Н.В. Анализ условия достижения адгезии между слоями биметалла при плакировании прокаткой / Н.В. Селивончик, Ю.Л. Бобарикин // Вестн. Гомельск. гос. техн. ун-та им. П.О. Сухого. – 2003. – № 1. – С. 29–38.

5. Бобарикин, Ю.Л. Определение продолжительности релаксации напряжений в покрытии при плакировании прокаткой / Ю.Л. Бобарикин, Н.В. Иноземцева, А.М. Урбанович // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В: Прикладные науки. Промышленность. – 2008. – № 2. – С. 102–106.

6. Изготовление сталебронзового биметалла холодным плакированием / А.В. Колмаков [и др.] // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2003. – Т. 9. – № 4. – С. 698–703.

7. Стройман, И.М. Холодная сварка металлов / И. М. Стройман. – Л.: Машиностроение: Ленингр. отд-ние, 1985. – 224 с.



## Обработка материалов

Студент гр. 10402129 Елисеев В.П.  
Научный руководитель – Томило В.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Обработка материалов, серия операций, которые преобразуют промышленные материалы из состояния сырья в готовые детали или изделия. Промышленные материалы определяются как материалы, используемые при производстве «твердых» товаров, таких как более или менее долговечных машин и оборудования, производимые для промышленности и потребителей, в отличие от одноразовых «легких» товаров, таких как химикаты, продукты питания, фармацевтические препараты и одежда.

Цикл производственных процессов, который преобразует материалы в детали и изделия, начинается сразу после того, как сырье либо извлекается из минералов, либо производится из основных химических веществ или природных веществ. Металлическое сырье обычно производится в два этапа. Сначала сырая руда обрабатывается для увеличения концентрации желаемого металла; это называется обогащением. Типичные процессы обогащения включают дробление, отжиг, магнитную сепарацию, флотацию и выщелачивание. Во-вторых, дополнительные процессы, такие как плавка и легирование, используются для получения металла, который должен быть изготовлен из деталей, которые в конечном итоге собираются в изделие.

Процессы, используемые для преобразования сырья в готовую продукцию, выполняют одну или обе из двух основных функций: во-первых, они придают материалу желаемую форму и, во-вторых, они изменяют или улучшают свойства материала.

Процессы формования и формования можно разделить на два основных типа - те, которые выполняются с материалом в жидком состоянии, и те, которые выполняются с материалом в твердом или пластичном состоянии. Обработка материалов в жидкой форме обычно известна как литье, когда речь идет о металлах, стекле и керамике; это называется литьем, когда применяется к пластмассам и некоторым другим неметаллическим материалам. Большинство процессов литья и формования включают четыре основных этапа:

- 1) создание точного чертежа детали;
- 2) изготовление формы по образцу;
- 3) введение расплава в форму;
- 4) извлечение детали из формы;

Иногда требуется финишные операции.

Материалы в их твердом состоянии формируются в желаемые формы путем приложения силы или давления. Материал, подлежащий обработке, может находиться в относительно твердом и стабильном состоянии и в таких формах, как брус, лист, гранула или порошок, или он может быть в мягкой, пластичной или похожей на замазку форме. Твердые материалы могут быть изготовлены как в горячем, так и в холодном состоянии. Обработку металлов в твердом состоянии можно разделить на два основных этапа: во-первых, сырье в виде крупных слитков или заготовок подвергается горячей обработке, обычно путем прокатки,ковки или экструзии, в меньшие формы и размеры; во-вторых, эти формы обрабатываются в конечные детали и изделия с помощью одного или нескольких процессов горячей или холодной штамповки меньшего масштаба.

После того, как материал изготовлен, он обычно подвергается дальнейшим изменениям. В обработке материалов процесс «удаления» – это процесс, при котором удаляются части куска или массива материала для достижения желаемой формы. Хотя

процессы удаления применяются к большинству типов материалов, они наиболее широко используются для металлических материалов. Материал может быть удален с заготовки как механическим, так и немеханическим способом.

Существует целый ряд процессов обработки металла. Почти во всех из них механическая обработка включает в себя обработку режущим инструментом к обрабатываемому материалу. Инструмент, который тверже, чем режущий материал, удаляет нежелательный материал в виде стружки. Таким образом, элементами механической обработки являются режущее устройство, средство для удержания и позиционирования заготовки и обычно смазка (или масло для резки). Существует четыре основных процесса удаления без резки: при химическом фрезеровании металл удаляется путем реакции травления химических растворов на металле; хотя обычно он наносится на металлы, его также можно использовать на пластмассах и стекле.

Электрохимическая обработка использует принцип обратного нанесения металлического покрытия, поскольку заготовка вместо того, чтобы накапливаться в процессе нанесения покрытия, разъедается контролируемым образом под действием электрического тока.

Электроразрядная обработка и шлифование разрушают или режут металл с помощью высокоэнергетических искр или электрических разрядов.

И лазерная обработка режет металлические или тугоплавкие материалы лазером.

Другим дальнейшим изменением может быть «соединение», процесс постоянного, иногда только временного, соединения или прикрепления материалов друг к другу. Используемый здесь термин включает сварку, пайку, пайку, а также адгезивное и химическое соединение. В большинстве процессов соединения соединение между двумя частями материала создается путем применения одного или комбинации трех видов энергии: тепловой, химической или механической. Связующий или наполняющий материал, такой же, как соединяемые материалы, или отличный от них, может использоваться, а может и не использоваться.

Свойства материалов могут быть дополнительно изменены горячей или холодной обработкой, механическими операциями и воздействием некоторых форм излучения. Изменение свойств обычно вызывается изменением микроскопической структуры материала. В эту категорию включены как термообработка, включающая температуру выше комнатной температуры, так и холодная обработка, включающая температуру ниже комнатной температуры. Термическая обработка – это процесс, при котором температура материала повышается или понижается для изменения свойств исходного материала. Большинство процессов термической обработки основаны на температурно-временных циклах, которые включают три этапа: нагрев, выдерживание при температуре и охлаждение. Хотя некоторые термические обработки применимы к большинству семейств материалов, они наиболее широко используются для металлов.

Заключением является, финишная операция может быть использована для модификации поверхностей материалов с целью защиты материала от коррозии, окисления, механического износа или деформации; для обеспечения специальных характеристик поверхности, таких как электропроводность или изоляция; или для придания материалу особых декоративных эффектов. Существуют две широкие группы отделочных процессов: те, при которых на поверхность наносится покрытие, обычно из другого материала, и те, при которых поверхность материала изменяется под действием химического воздействия, тепла или механической силы. Оно включает в себя металлическое покрытие, такое как гальваника; покраска; и эмалирование фарфора.

## Импульсная штамповка

Студент гр.10402129 Смоглей В.Г.  
Научный руководитель – Томило В.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г.Минск

Существует большое разнообразие операций в процессах обработки металлов давлением. К перспективным и относительно новым принадлежат импульсные методы обработки, к которым относятся [1–3]:

- магнитно-импульсная штамповка (МИШ);
- штамповка взрывом (ШВ);
- электрогидроимпульсная штамповка (ЭГШ).

Наиболее широкое распространение получила штамповка магнитным полем (МИШ). Достоинствами такого технологического процесса являются:

- высокая производительность;
- простота автоматизации процесса и его механизации;
- простота изготовления оснастки;
- возможность деформирования заготовок с нанесенными на ее поверхности покрытиями (лак, краска и т.п.);
- обслуживание оборудования и инструмента является не трудозатратной;
- небольшие габариты установок МИШ.

Однако МИШ не столь популярна как штамповка на кривошипных или гидравлических прессах из-за ряда причин:

1) Отсутствие возможности деформирования большого ряда металлических материалов с низкой электропроводностью и сплавов на их основе, таких как высокоуглеродистые стали, титаны, олово и др. В этом случае применяются одноразовые промежуточные прокладки – спутники, которые значительно увеличивают стоимость конечной продукции.

2) Существуют ограничения по толщине деформируемой заготовки, а также по ее форме.

Процесс МИШ выглядит следующим образом: при разряде электрического заряда, пошедшего через индуктор, вокруг него возникает магнитное поле, наводящее вихревые токи в металлической заготовке, и возникают значительные механические силы, деформирующие заготовку по оснастке.

Штамповка взрывом представляет собой технологический процесс (рисунок 1), при котором заготовка 1 деформируется давлением воды, вызываемым взрывом в водной среде 4, окруженной стенками бассейна 3. Достоинствами такого метода являются отсутствие дорогостоящего прессового оборудования и оснастки, но есть и недостатки среди которых: высокая опасность при работе со взрывными веществами, необходимость в специальном полигоне и бассейне, низкая производительность из-за длительной подготовки, а также ограниченная толщина деформируемых заготовок.

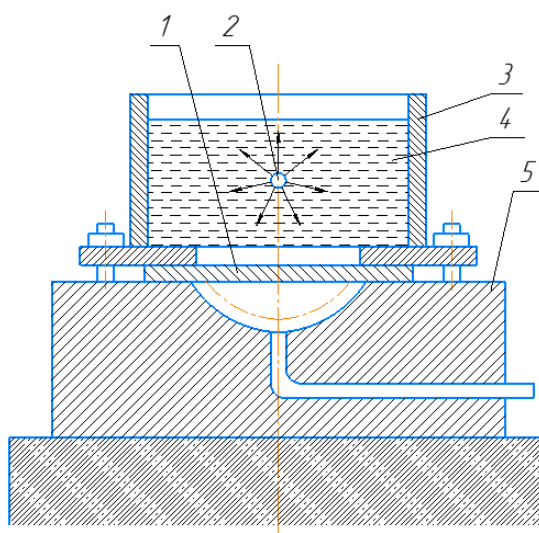


Рисунок 1 – Схема штамповки взрывом

Электрогидроимпульсная штамповка имеют принципиальную схему похожую на штамповку взрывом, за исключением того, что вместо заряда используется разрядный контур, который создает ударную жидкостную волну.

Высокоскоростные импульсные методы обработки металлов давлением нашли свое применение в листовой штамповке и используются на производстве в качестве альтернативного традиционным методам деформирования.

#### Список использованных источников

1. Брюханов, А.Н. Высокоскоростное деформирование металлов / А.Н. Брюханов. – М.: МАШГИЗ, 1960. – 368 с.
2. Талалаев, А.К. Индукторы и установки для магнитно-импульсной обработки металлов: учеб. пособие / А.К. Талалаев. – Минск: Информтехника, 1992. – 143 с.
3. Гуляев, А.П. Магнитно-импульсная обработка металлов / А.П. Гуляев. – Воронеж: ЭНИКМАШ, 1986. – 542 с.

## Гидростатическое всестороннее прессование металлических порошков

Студент гр.10402129 Мельников Р.С.

Научный руководитель – Томило В.А.

Белорусский национальный технический университет  
г.Минск

Одним из методов формирования металлических порошков, позволяющим получить изделия с равномерным распределением плотности, а следовательно, и свойств, выступает гидростатическая прессовка. Суть метода заключается в том, что металлический порошок засыпается в эластичную оболочку и подвергается всестороннему гидростатическому давлению. Процесс выполняется в герметичных камерах с использованием, с использованием в качестве рабочих жидкостей масла, воды, глицерина и другим подобным веществам. Обычно гидростатическое давление составляет от 1000 до 2000 атмосфер и выше. На рисунке 1 наглядно показано влияние давления на относительную плотность брикетов [1].

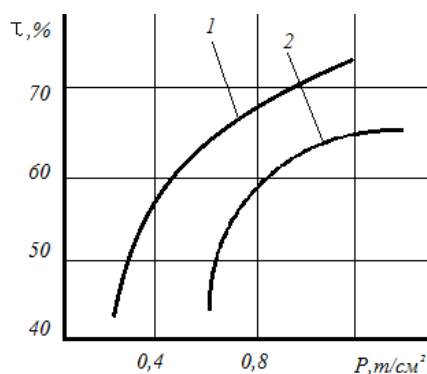


Рисунок 1 – Влияние давления на относительную плотность брикетов из порошка меди:

1 – гидростатическое прессование; 2 – обычное прессование в пресс форме

Для гидростатического прессования характерно то, что влияние внешнего трения в данном случае не проявляется. Порошковые частицы под действием гидростатического давления перемещаются к центру заготовки. В связи с отсутствием при гидростатическом прессовании внешнего трения удельное давление значительно ниже, чем при обычном прессовании. Установка для гидростатического прессования показана на рисунке 2.

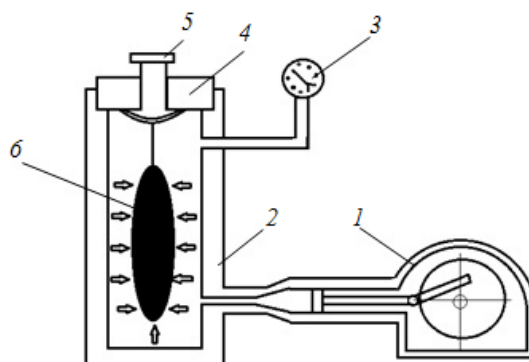


Рисунок 2 – Установка для гидростатического прессования:

1 – насос высокого давления; 2 – камера; 3 – манометр;

4 – затвор; 5 – воздушник; 6 – прессовка

Гидростатическое прессование может проводиться в резиновых оболочках толщиной 0,1–0,15 мм (рисунок 3). Подобная оболочка вводится в перфорированную стальную (или пластмассовую) гильзу с квадратным или круглым сечением, в зависимости от необходимой формы изготавливаемой детали. Гильза с обеих сторон закрывается специальными резиновыми пробками. Таким гидростатическим прессованием так же получают изделия и более сложной формы, что осуществляется использованием, составных гильз.



Рисунок 3 – Пример резиновых оболочек, применяемых в гидростатическом прессовании

Так же в последнее время предлагаются методы гидростатического прессования, позволяющие получать своеобразные фасонные изделия. Прессование проводится в эластичных оболочках, которые получают отливкой жидких пластиков (агар, 25%-тный раствор желатины в воде, поливинил хлорид, яичный альбумин, а также воск, парафин, и др.) в полость матрицы с моделью изделия. Последняя представляет собой по форме необходимую заготовку, но при этом с относительно большими размерами учитывая их изменения при спекании и прессовании. После застывания пластиков модель вынимается через специально предусмотренное отверстие и в образовавшуюся полость засыпается порошок. Схема прессования сферы в пластической оболочке показана на рисунке 4 [2].

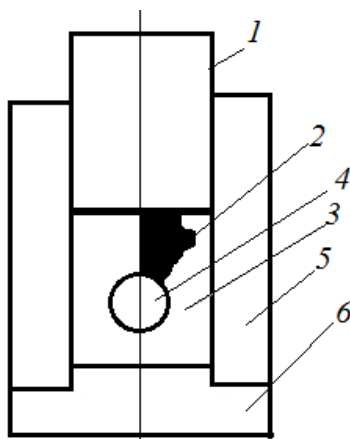


Рисунок 4 – Схема прессования в пластической оболочке:  
1 – верхний пуансон; 2 – эластичный вкладыш; 3 – эластичная оболочка;  
4 – прессуемое изделие; 5 – матрица; 6 – нижний пуансон

Гидростатическое прессование было впервые описано еще в 1924 г., но достаточное практическое применение оно получило только в последнее десятилетие. Значит, гидростатическое прессование все ещё можно считать сравнительно новым методом формирования металлических порошков.

Как метод формирования, гидростатическое прессование имеет некоторые серьезные преимущества перед обычным холодным прессованием в жестких пресс-формах.

1 Распределяемая плотность и свойства в различных местах гидростатических прессовок значительно более равномерные, чем при обычном прессовании. Одним из важнейших факторов, обуславливающим неоднородность плотности и свойств при обычном

прессовании, является потеря давления на трение о стенки жестких пресс-форм. Этот фактор полностью исключается при гидростатическом прессовании в эластичных формах.

2 При обычном прессовании в жестких пресс-формах неизбежно происходит анизотропия структуры частиц и пор. Эта анизотропность вызвана неодинаковой величиной давления в разных направлениях, причем боковое давление значительно меньше давления в направлении прессования.

Благодаря более равномерному распределению плотности и большей изотропности структуры гидростатическое прессование способствует получению изделий с более высокими свойствами (в особенности с более высокой плотностью и термостойкостью). Что так же подтверждается графиком на рисунке 1. При обычном прессовании из-за потерь давления на трение о стенки жестких форм существует ряд ограничений по форме и величине прессовок. Так, например, очень трудно получать обычные прессовки с отношением высоты к диаметру больше 2–2,5. При гидростатическом прессовании можно получать изделия с весьма большим отношением высоты к диаметру, и крупногабаритные изделия (таблица 1).

Таблица 1 – Значение относительной плотности при двух методах прессования порошка меди (По Б.А. Бороку) [3].

Метод прессования	Давление прессования, Р/см <sup>2</sup>					
	0,3	0,4	0,5	0,7	1,0	2,0
Гидростатическое	51,9	54,8	57,9	62,1	66,6	–
Обычное холодное	41,3	42	44	51,6	55,4	62,2

Таким образом, при одинаковом давлении прессования плотность гидростатических прессовок была на 10–14% выше, а при одинаковой плотности и величины давления была в 2–3 раза меньше, чем при обычном прессовании (например, для плотности около 52% соответствующие давления 0,3 и 0,7 т/см<sup>2</sup>, а для 62% – 0,7 и 2 т/см<sup>2</sup>).

#### Список использованных источников

1. Гидростатическое прессование металлических порошков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://industrial-wood.ru/osnovy-poroshkovoy-metallurgii/12233-gidrostaticheskoe-pressovanie-metallicheskikh-poroshkov.html>. – Дата доступа: 07.04.2022.
2. Академик [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/polytechnic/2078/>. – Дата доступа: 07.04.2022.
3. Гидростатическое прессование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://chem21.info/info/955931/>. – Дата доступа: 07.04.2022.

Студенты гр. 10402129 Заико П.Г.  
Научный руководитель – Томило В.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

В СССР непрерывная разливка стали, как метод полученных литых слябов, начала широко применяться около 45 лет назад. За это время машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) постоянно совершенствовались, и новый технологический процесс превратился в одно из важнейших звеньев металлургического производства, так как при этом отпадает необходимость в хозяйстве, связанном с подготовкой составов под разливку, в стрипперовании слитков, в применении блюмингов и слябингов. Так, и «Белорусский металлургический завод» может служить ярким примером тенденции перехода от разливки в изложницы к использованию МНЛЗ. Это подтверждают решения менеджмента по прекращению функционирования всего блюмингового и слябингового производства на предприятии, уже воплощенные в жизнь [1]. Сейчас в цехе «Белорусский металлургический завод», основное оборудование по ремонту промежуточных ковшей, установки для сушки промковшей и стопоров, растворные узлы, установки по выдавливанию «козлов», поворотные стенды для ломки футеровки и машина наливной футеровки промковшей (ПК).

Пролет оборудован передаточной тележкой для транспортировки порожних сталеразливочных ковшей из пролета МНЛЗ в разливочный, а также других грузов. Здесь размещаются встроенные технологические помещения МНЛЗ. Разливку стали производят на слябовой МНЛЗ с сечением заготовок 190(270)×1200 мм и на блюмовой четырехручьевой МНЛЗ радиального типа с сечением заготовок 330×450 мм и круглых заготовок диаметрами 470, 540 и 600 мм. Радиус разливки составляет 10,5 м, а оптимальное расположение роликов обеспечивает незначительные показатели деформации. Несмотря на стремительное развитие техники и технологии непрерывного литья, существуют огромные резервы для повышения эффективности непрерывной разливки, одним из них является оптимизация конструкции промежуточного ковша (ПК) с целью исключения присутствия неметаллических включений в заготовках. Непомерная дороговизна экспериментальных исследований в этой области (из-за риска получения целой бракованной партии) не позволила до сих пор найти оптимальные варианты решения данной проблемы.

Исследования процесса современными учеными проходят с использованием различных методов. Применение способов эмпирического определения неизвестных величин применительно к рассматриваемому процессу прохождения жидкого металла: экспериментальный и метод математического расчета моделей. Экспериментальный метод позволяет получить близкие к реальности результаты. Однако это требует применения сложного оборудования, при этом возникают вопросы, связанные с измерением необходимых величин. Часто исследования проводятся на физических моделях [2]. При этом возникают проблемы, связанные с масштабами модели и проводимыми измерениями.

Учитывая недостатки физического моделирования при исследовании процессов перемещения жидкого металла, акцент делается на численный расчет математических моделей [2, 3]. Он не требует значительных материальных затрат. В настоящее время сложилась тенденция к более детальному рассмотрению явлений, возникающих при движении потоков стали. Анализ этих явлений необходим при расчете и конструировании гильз кристаллизаторов и сопутствующих устройств подсистемы промежуточный ковш – погружной стакан. Применяемым приближенным методом решения прикладных задач механики является метод конечных элементов (МКЭ) [4].



При исследовании процессов разлива стали и решении задач математического моделирования движения потоков стали используются системы дифференциальных уравнений Навье-Стокса и теплового баланса:

$$\rho C_p = \frac{\partial T}{\partial t} + (u * \nabla T) = (\nabla K_{ef} * \nabla T) \dots \dots \dots (1)$$

где  $C_p$  – удельная теплоемкость жидкой стали;

$T$  – температура жидкой стали в ПК, К;

$K_{ef} = k + k_t$  – эффективная удельная теплопроводность, равная сумме молекулярной теплопроводности  $k$  и турбулентной компоненте теплопроводности  $k_t$ .

Средствами пакета твердотельного моделирования построится модель внутреннего объема металла ПК и погружного стакана. Каждая модель ПК, состыкованного с погружным стаканом, делится на конечные элементы. Количество элементов при моделировании ПК «Белорусский металлургический завод» варьируется от 15000 до 30000 в зависимости от сложности конструкции рассчитываемого промежуточного ковша. При этом уровень металла в промежуточном ковше считается равным 0,7 м [5]. Моделирование проводится с рядом допущений [3, 5]:

- считаем, что моделируемый процесс протекает в объеме, ограниченным контуром области моделирования;
- объем, в котором происходит исследование, изначально заполнен металлом;
- жидкий металл является вязким и несжимаемым;
- моделируем процесс разлива стали открытой струей;

В качестве уравнения, описывающего движение жидкости в области моделирования, принимаем уравнение Навье-Стокса для нестационарных потоков жидкости. Для проведения математического моделирования необходимо задать условия течения жидкости в объеме. В качестве таких условий приняты следующие:

- скорость истечения жидкости из сталеразливочного ковша в промежуточный ковш постоянна и задана;
- расход жидкости из промежуточного ковша в кристаллизаторы равен расходу жидкости из сталеразливочного ковша в промежуточный ковш.

Результаты, полученные математическим моделированием, уже применяются при расчете и конструировании конструкций МНЛЗ, и данная методика планируется к использованию в дальнейшем.

### Список использованных источников

1. Леонов, Н.А. Реконструкция привода тележки промежуточного ковша МНЛЗ №1 ОАО «Уральская Сталь» / Н.А. Леонов, А.В. Нефедов / Наука и производство Урала. – 2015. – № 11. – С. 128–129.
2. Вдовин, К.Н. Непрерывная разливка стали / К.Н. Вдовин, В.В. Точилкин, И.М. Ячиков // Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. – 540 с.
- 3 Вдовин, К.Н. Рафинирование стали в промежуточном ковше МНЛЗ / К.Н. Вдовин. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2006. – 118 с.
4. Нефедов, А.В. Развитие методологии расчета и создание элементов металлургического агрегата – промежуточного ковша МНЛЗ / А.В. Нефедов, В.В. Точилкин / Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Металлургия. – 2014. – Т. 14. – № 4. – С. 27–31.
5. Improving the Designs of Elements of Refractory Materials for the Tundish of Continuous Section Casters / O.A. Marochkin (Etc.) // Refractories and Industrial Ceramics. – 2016, volume 57, issue 1, pp.1–3.

Студент гр. 10402129 Козырев Н.Г.  
Научный руководитель – Томило В.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г.Минск

### *Прессовая обработка полимерных композитов*

Описание способа прессования полимерных композитов

Пресс из полимерных композиционных материалов (ПКМ) состоит из пластической деформации материала с одновременным воздействием тепла и давления и последующей фиксации формы изделия. Уплотнение композиционных материалов, как правило, осуществляется в пресс-форме, состав ее полости соответствует составу будущего изделия.

Пресс-форма устанавливается в пресс-машине, целью которой является создание необходимого давления прессования. Холодный или предварительно нагретый материал, помещенный в форму, нагревают до температуры прессования и прессуют, где он течёт, заполняя полость формы и одновременно уплотняясь [1].

Фиксация формы изделия происходит в результате отверждения реакционноспособного пластика, охлаждения термопластичной смолы или охлаждения под давлением до температуры ниже температуры стеклования полимера (в случае термопластов).

Параметры процесса прессования полимерных композиционных материалов: Начальная температура полимерного композиционного материала и пресс-формы, удельное давление и скорость его подачи, время выдержки в пресс-форме, температура извлечения продукта из пресс-формы, давление прессования 0,01–250 МПа. При обработке термопластичной смолы, скорость отверждения оказывает решающее влияние на режим и при прессовании термопластов это влияет на скорость охлаждения формованного продукта.

Устройство для прессования ПКМ: пресс.

Способ прессования заключается в изготовлении изделий из полимерных композиционных материалов сложной формы, различных размеров и толщины в порошкообразные, волокнистые, волокнистые листовые наполнители на основе термопластичных и реакционноспособных связующих.

Существует много различных способов прессования полимерных композитов:

- прямое прессование (горячее или компрессорное);
- литье под давлением (трансфер);
- профильное прессование (штранг-прессование).

### *Прямое прессование полимерных композитов*

Прессованный материал в виде порошков, таблеток, таблеток или заготовок из листов или волокнистых полуфабрикатов помещают в открытую полость пресс-формы или между нагретыми пластинами пресса.

Параметры процесса: определяются типом ПКМ, составом и габаритными размерами продукта.

Оборудование: пресс.

Он используется для обработки:

- производство терморезистивных и термопластичных полимерных композитов, толстых листов, блоков, толстых изделий сложной формы и переменного поперечного сечения;
- заготовка простой формы, которая подвергается дальнейшей механической обработке;

– изделия из полимерных композитов, содержащие большое количество абразивных частиц.

#### *Литье под давлением полимерных композитов*

Предварительно размягченный (пластифицированный) материал впрыскивается в предварительно закрытую форму с помощью максимально движущегося поршня из загрузочной камеры через канал затвора.

Параметры процесса литья полимерных композиционных материалов под давлением: удельное давление впрыска 150–200 МПа, давление в пресс-форме 50–65 МПа.

Оборудование для литья под давлением: 1 (верхний и нижний) рабочий плунжер с верхним плунжером или 2 (верхний и нижний) рабочий плунжер с универсальным прессом со специальной передаточной гидравлической системой.

Литье под давлением в основном используется для обработки полимерных композиционных материалов на основе быстротвердеющих реактопластов и высоковязких термопластов (рисунок 1).

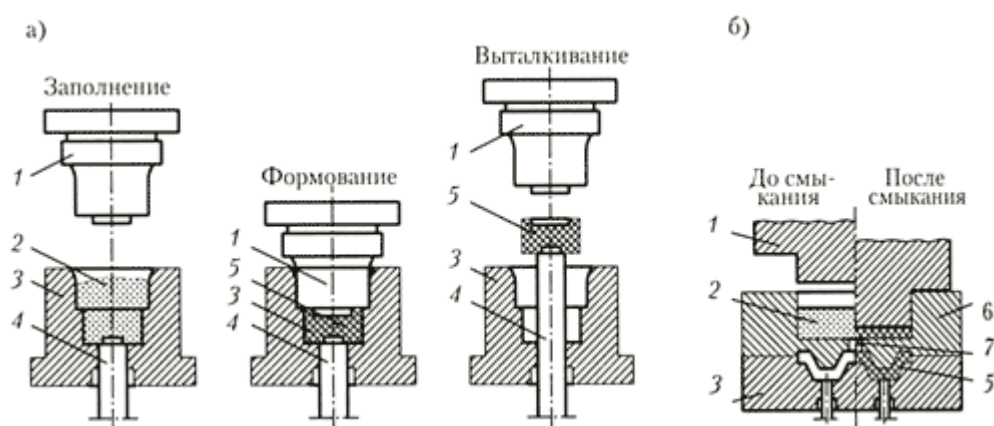


Рисунок 1 – Схемы прессования:

- а – прямого (компрессионного) и б – литьевого (трансферного) прессования:  
1 – пуансон; 2 – пресс-материал; 3 – матрица; 4 – выталкиватель; 5 – изделие;  
б – загрузочная камера; 7 – литниковая система

#### *Профильный пресс из полимерного композиционного материала*

Прессованный материал прессуется через профильную матрицу с открытым входным и выходным отверстиями или специальной головкой. В процессе прессования формируется и получается этот профиль, а в случае реактивных штукатурок происходит их отверждение. В связи с тем, что вся часть полимерного композиционного материала выдавливается за один цикл, а оставшийся нагретый ПКМ не сваривается с вновь полученной деталью, этот способ занимает промежуточное положение между прессованием и экструзией.

Параметры процесса штамповки профиля ПКМ: Давление прессования 250–400 МПа для термопластов и 40–50 МПа для термoplastов.

Устройство для профильного пресса ПКМ: поршень медленно совершает рабочий ход и быстро возвращается в исходное положение, формируя пресс-форму со сменной матрицей.

Профильная штамповка (в сочетании с экструзией) используется для производства длинномерных труб, стержней и других профильных изделий [1].

#### **Список использованных источников**

1. MPlast [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mplast.by/encyklopedia/pressovanie-polimernyih-kompozitsionnyih-materialov/>. – Дата доступа: 29.03.2022.

**Методика контроля качества поверхности заготовок на наличие дефектов  
методом технического зрения**

Студенты: гр. 10402117 Петрович Ю.В., гр. 10402129 Радионов А.В.

Научный руководитель – Костюченко Ю.А.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Качество изделий, получаемых листовой штамповкой, во многом зависит от наличия у заготовки внешних и внутренних дефектов. Наличие на поверхности заготовок глубоких царапин, следов коррозии, торцевого заусенца и пр., может сказаться на качестве получаемого изделия или же вовсе сделать получение готовых изделий невозможным, что требует необходимости контроля заготовок, предназначенных для последующей обработки.

Стандартные методы контроля качества не обеспечивают возможность контроля всех заготовок, так как процесс сводится к контролю заготовок из выборки, что в свою очередь приводит к риску появления в партии деталей изделий с наличием брака. Для ответственного контроля качества поверхности заготовок, могут быть использованы системы технического зрения.

В рамках проведения исследований, была разработана система технического зрения, позволяющая обнаруживать на поверхности заготовок дефекты в виде царапин. Разработка осуществлялась на языке программирования «Python» с использованием открытой библиотеки алгоритмов компьютерного зрения, обработки изображений и численных алгоритмов общего назначения «OpenCV» и библиотека поддержки многомерных массивов и высокоуровневых математических функций, предназначенных для работы с многомерными массивами «NumPy». В качестве системы оптического зрения использовалась камера с разрешающей способностью 0,307 Мп, подключённая к персональному компьютеру.

В рамках проведённой научно-исследовательской работы, были подобраны требующиеся программные фильтры, которые позволили обнаруживать на поверхности заготовок дефекты в виде царапин, размером в несколько миллиметров (рисунок 1, рисунок 2), что обеспечивает возможность для автоматизации технологических процессов листовой штамповки, а именно – отбраковки заготовок, имеющих дефекты на поверхности, которые могут сказаться на качестве получаемых изделий.



Рисунок 1 – Поверхность металла с дефектами в виде царапин

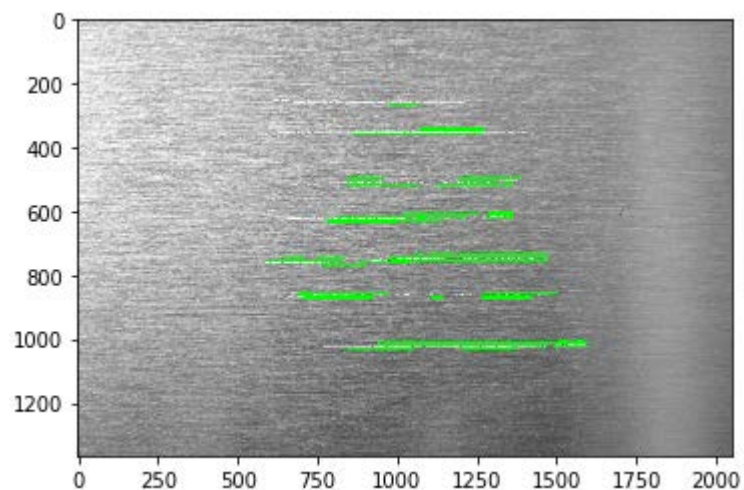


Рисунок 2 – Идентифицированные системой технического зрения царапины на поверхности металла

Путём настройки фильтров и программы, можно обеспечить возможность выявления других дефектов на поверхности заготовок, предназначенных для операций листовой штамповки, что позволит сократить количество бракованных изделий.

Студенты гр. 10402129 Милашевский В.С.

Научный руководитель – Томило В.А.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Преимущества МИШ по сравнению с традиционными методами обработки металлов давлением заключаются в отсутствии пуансона (бесконтактное воздействие на заготовку) и в возможности моделирования различных законов изменения давления в пространстве. Данный факт свидетельствует о том, что МИШ с успехом может применяться в тех случаях, когда необходимо получать пластическое деформирование в зонах, размеры которых малы по сравнению с характерными размерами всей конструкции. К таким задачам может быть отнесена задача получения окружных гофров на тонкостенных цилиндрах. В терминологии традиционной магнитно-импульсной обработки металлов (МИОМ) такая технологическая операция классифицируется как операция «раздачи» [1]. Разработка любой операции МИШ состоит из двух частей: анализ электродинамических процессов (с целью получения требуемых распределений магнитных давлений) и дальнейший анализ деформирования системы «заготовка – матрица» (с целью выбора оптимальных уровней и распределений магнитных давлений, оптимальных условий закрепления заготовки, а также оптимальной формы матрицы).

Рассмотрим операцию магнитно-импульсной «раздачи» тонкостенного цилиндра с целью получения окружных гофров. В результате операции цилиндрическая поверхность в целом должна остаться недеформированной, а остаточные деформации должны наблюдаться лишь в областях непосредственного контакта заготовки с матрицей системой тонких колец: положение гофров по отношению к длине заготовки жестко регламентируется местами первоначального положения матрицы. Для этого рассмотрим различные виды распределения магнитного давления вдоль образующей цилиндра – равномерное и локальное, а также различные способы закрепления заготовки – свободное опирание и жесткое закрепление торцов. Также необходимо оценить недостатки и преимущества различных форм меридианных сечений колец матрицы.

Анализ магнитно – упругопластического деформирования при «раздаче» (рисунок 1–2). Задача магнитно-упругопластического деформирования решалась методом конечных элементов по схеме, реализованной в программном комплексе SPACE – T [3].



Рисунок 1 – Деформированное состояние при жестком закреплении торцов цилиндра



Рисунок 2 – Деформированное состояние при свободном опирании торцов цилиндра

Из представленных рисунков видно, что имеют место значительные перемещения в зонах, удаленных от мест взаимодействия цилиндра с матрицей, что может привести к появлению нежелательных пластических деформаций. Оценка зон появления пластических деформаций может быть проведена после рассмотрения напряженного состояния цилиндра. Для пластических материалов критерием начала пластичности является достижение интенсивностью напряжений предела текучести. На рисунке 3–4 представлено распределение интенсивности напряжений вдоль образующей цилиндра.

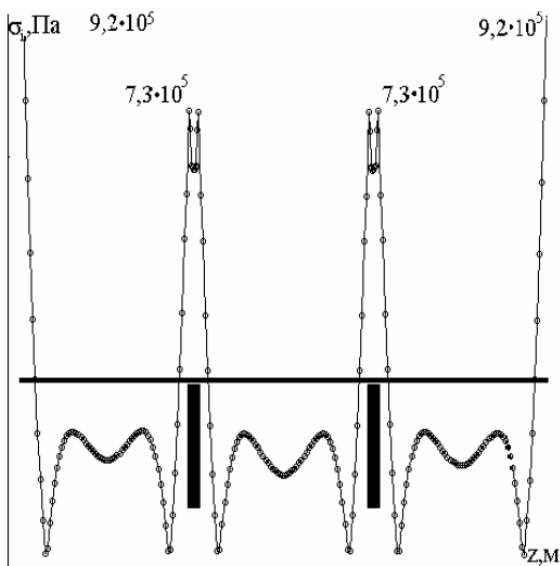


Рисунок 3 – Распределение интенсивности напряжений вдоль образующей цилиндра при жестком опирании торцов

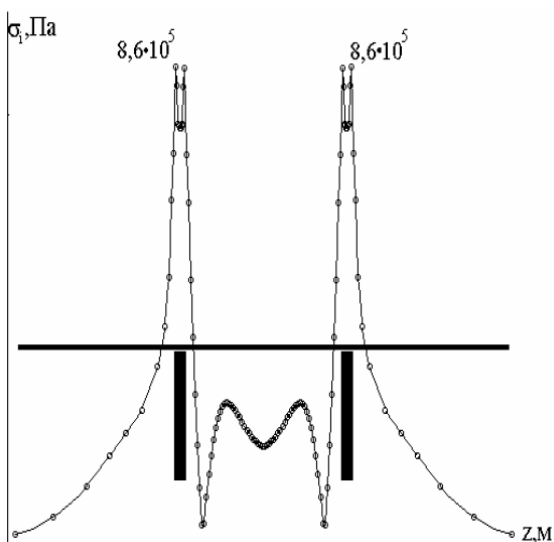


Рисунок 4 – Распределение интенсивности напряжений вдоль образующей цилиндра при свободном опирании торцов

Как видно из рисунка 3–4, максимумы интенсивности напряжений достигаются в закреплении, что является в данном случае неудовлетворительным, также наблюдаются локальные максимумы между кольцами матрицы. При свободном опирании торцов цилиндра максимальные значения интенсивности напряжений имеют место в области контакта

цилиндра с матрицей, но в то же время также есть локальный максимум между кольцами матрицы. Наличие максимумов интенсивности напряжений как абсолютных, так локальных в зонах, удаленных от мест взаимодействия заготовки с матрицей, является нежелательным, так как при увеличении значений давления возможно возникновение остаточных деформаций в этих зонах, что приведет к искажению формы цилиндра в целом.

Оказалось, что для случая локального приложения давления влияние способа закрепления на напряженное состояние значительно уменьшилось. При соотношении  $I > R$  можно считать, что способ закрепления не влияет на напряженное состояние заготовки. На рисунке 5 представлено распределение интенсивности напряжений вдоль образующей цилиндра.

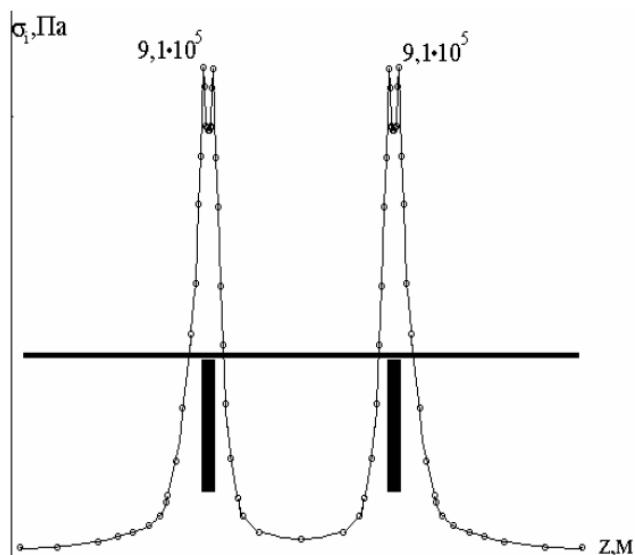


Рисунок 5 – Распределение  $\sigma_i$  вдоль поверхности цилиндра

Рассмотрим далее напряженное состояние в зоне контакта при трех различных вариантах исполнения матрицы. Для подобной технологической операции необходимо, чтобы интенсивность напряжений в зоне контакта распределялась равномерно – тогда форма гофра повторит форму сечения кольца, либо чтобы имелись два ярко выраженных максимума интенсивности – это приведет к образованию «пластических шарниров», которые будут «удерживать» деформированную форму гофра.

Наиболее равномерно интенсивность напряжений распределена при втором варианте исполнения матрицы. Очевидно, что при сглаживании углов матрицы можно добиться полностью равномерного распределения интенсивности напряжений в зоне контакта. Ярко выраженные максимумы интенсивности наблюдаются в зоне контакта при третьем варианте. Дальнейший анализ напряженного состояния позволил определить, что при величине давления 25 МПа в заготовке начинают развиваться пластические деформации. При этом кольца матрицы не изгибаются, т.е. местоположение гофров не изменяется.

#### Список использованных источников

1. Батыгин, Ю.В. Импульсные магнитные поля для прогрессивных технологий / Ю.В. Батыгин, В.И. Лавинский. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2001. – 283 с.
2. Лавинский, Д.В. Электродинамические и механические процессы при магнитно-импульсной «раздаче» тонкостенных труб / Д.В. Лавинский, В.И. Лавинский // Вісник Національного технічного університету «ХПИ». – 2003. – № 11. – С. 76–81.



3. Бондарь, С.В. Программный комплекс SPACE-T для решения термоупругопластических контактных задач / С.В. Бондарь С.С. Зубатый Б.Н. Киркач // Динамика и прочность машин. – 2000. – №57. – С. 24–34.

Студент гр.10402129 Гардилковский А.Н.

Научный руководитель – Томило В.А.

Белорусский национальный технический университет  
г.Минск

Использование традиционных способов обработки материалов давлением влечет за собой длительное время технологической подготовки и высокой себестоимостью изготавливаемых деталей, особенно при мелкосерийном выпуске. Поэтому есть спрос на высокоэнергетические импульсные методы обработки металлов давлением с использованием энергии взрывчатых веществ.

Применение высокоэнергетических импульсных методов (в частности энергией взрыва) дает возможность использования большого запаса энергии энергоносителя при относительно небольшом его объеме, уменьшает стоимость оснастки, сокращает время ее разработки и изготовления, существенное уменьшение капитальных вложений [1].

Основной особенностью этого метода является быстрое выделение энергии и передача энергии заготовке через передающую среду, среда также выступает в качестве одного из элементов пресс-формы (пуансона или матрицы). Если при традиционных способах обработки металлов давлением скорость деформирования около 0,3–1,5 м/с, на ударных машинах – не более 5 м/с, то при использовании метода с использованием энергии взрыва она составляет 100 м/с и более.

Эта скорость позволяет прикладывать необходимое усилие к заготовке, повышает точность размеров обрабатываемых деталей, включая трудно-деформируемые металлы появляется возможность эксплуатации как в цеховых, так и в полевых условиях. Однако следует помнить, что этот метод требует соблюдения особых мер безопасности и разработки дополнительных средств для снижения трудоемкости подготовительных и промежуточных работ [2].

Усовершенствование процесса гидровзрывной штамповки заключается в повышении эффективности процесса, а именно коэффициента полезного действия штамповки, в настоящее время существует три основных способа повышения КПД: использование энергии отраженной волны, замыкание взрывной системы и метание передающей среды, объединение нескольких операций при одном и том же переходе. В данной работе детально рассмотрим способ отражающей волны.

При штамповке взрывом без отражателей главным недостатком является тот факт, что к заготовке направлена большая доля энергии взрыва. Кроме этого, основная часть деформационной работы происходит благодаря первичной ударной волны, и часть энергии отраженной волны практически не используется. Если сконструировать оборудование таким образом, чтобы в нем имелся отражатель соответствующей формы, который направит отраженные волны в направлении заготовки, то коэффициент полезного действия процесса значительно увеличится. Форма отражателя выбирается таким образом, чтобы расположенный заряд располагался так, чтобы отраженная волна была с плоским фронтом распространения. Приведем в качестве примера часто используемую разновидность использования эффекта отражения систему, в которой отражатель помещается в пространстве, в котором находится передающая среда. Схема такого устройства приведена на рисунке 1.

Работа механизма заключается в том, что внутренняя поверхность крышки выполнена в виде параболического отражателя, в фокусе которого находится взрывной заряд под номером 2, срабатывающий от ударного устройства под номером 1. Прокладка под номером 9 обеспечивает герметичность рабочего пространства. Импульс заряда, воздействующий в

верхней точке отражателя, принимается от шпилек под номером 4. Рабочую полость можно использовать для свободной вытяжки только при помощи вытяжного кольца или для расположения матриц разного типа [3], две из которых показаны на рисунке 1 (б, в).

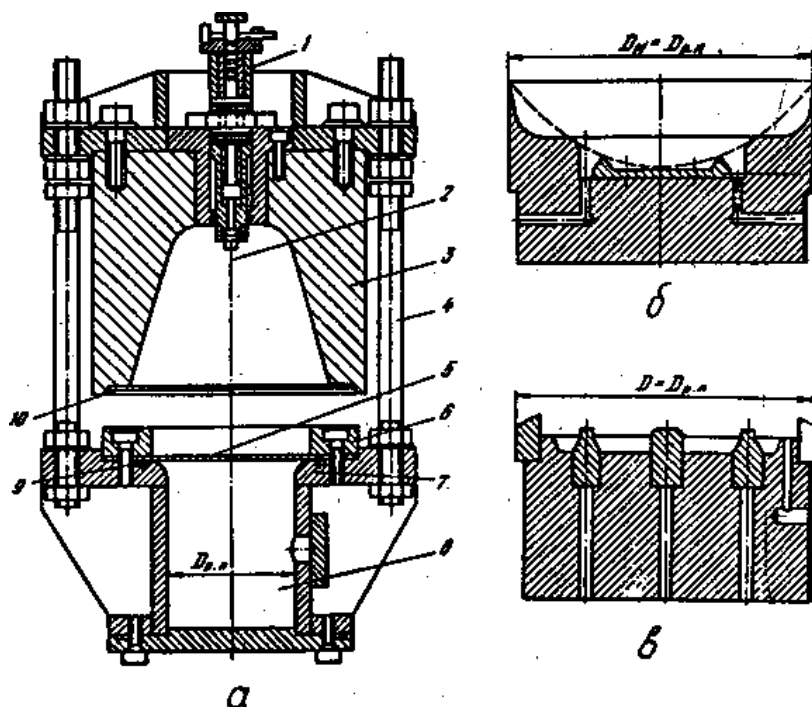


Рисунок 1 – Закрытая система штамповки с отражателем:  
 1 – ударник; 2 – заряд ВВ; 3 – крышка-отражатель; 4 – шпильки;  
 5 – заготовка; 6 – прижимное кольцо; 7 – вытяжное кольцо; 8 – рабочая полость;  
 9 – уплотнение; 10 – соединительная поверхность с уплотнением

Благодаря усовершенствованию процесса гидровзрывной штамповки путем использования энергии отраженной волны существенно повышается коэффициент полезного действия и технико-экономические показатели процесса штамповки.

#### Список используемых источников

1. Коликов, А.П. Новые процессы деформации металлов и сплавов: учеб. пособие / А.П. Коликов, П.И. Подухин, А.В. Крупин. – М.: Высшая школа, 1986. – 364 с.
2. Петров, А.П. Прогрессивные технологические процессыковки и объемной штамповки / А.П. Петров, П.А. Масловский, С.В. Ершов. – М.: Высшая школа, 1988. – 261 с.
3. Губарева, Э.М. Высокопроизводительные методы обработки металлов учеб. пособие / Э.М. Губарева. – Пермь: Пермский технический университет, 1996. – 280 с.

Студент гр. 10402129 Радионов А.В.

Научный руководитель – Томило В.А.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

В современном машиностроении, изготовление большого количества изделий так или иначе связано с деформированием материала, которое в свою очередь несмотря на все положительные моменты, имеет свои ограничения и недостатки, ряд из которых возможно решить путем использования ультразвуковых колебаний во время процесса деформирования. Например, таких как:

- снижение напряжения текучести в очаге деформации;
- уменьшении коэффициента контактного трения при выдавливании.

В ходе процесса деформирования материала, замеры показывают, что амплитуда ускорений в ходе процесса деформирования хоть и повышается, но достаточно мало. Повышение ее среднего значения обусловлено увеличением собственной частоты колебательной системы под приложенными к ней внешними силами. Так же значительное влияние на частоту колебаний оказывает сама форма деформируемого образца. Так амплитуда продольных колебаний будет ниже в той заготовке, где в центре есть сквозное отверстие по сравнению с такой заготовкой, где такого отверстия нет, это обусловлено появлением дополнительной жесткости в центральной части заготовки.

На рисунках 1–2 предоставлены зависимости сил деформирования от ходов пуансона, полученных при процессе обратного выдавливания стаканов из материалов с разными степенями деформации и амплитудами интенсивности ультразвуковых напряжений в очаге деформирования. Для возможности сопоставления результатов во всех случаях амплитуда интенсивности ультразвуковых напряжений равна, т.е. амплитуда смещений в процессе экспериментов с использованием различных конструкций ультразвуковых колебательных систем поддерживалась на таком уровне, который обеспечивал указанную амплитуду напряжений в заготовке [1].

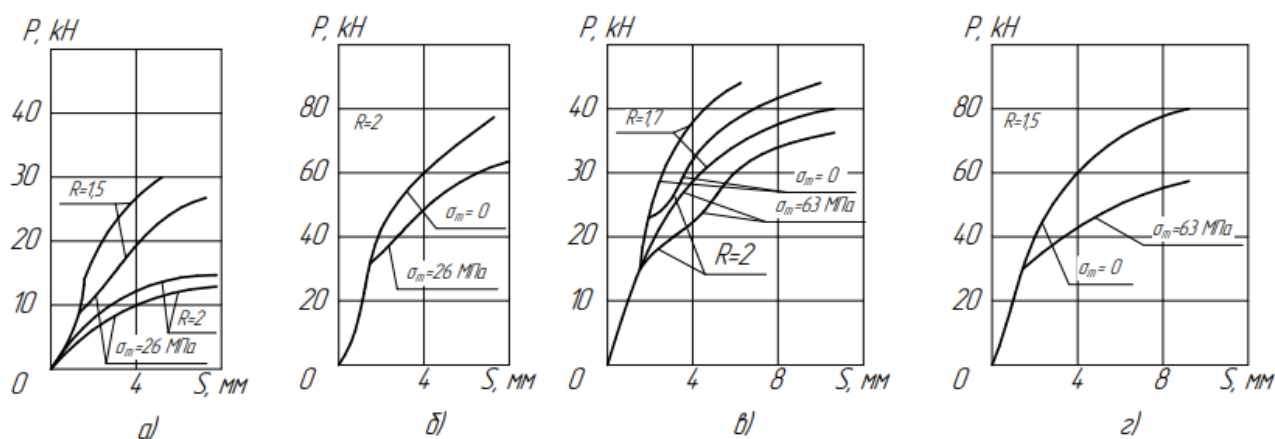


Рисунок 1 – Графики сил деформирования для обратного выдавливания:

а – сплав АД1; б – сплав Д16Т; в – медь М2 отожжённая; г – медь М2 не отожжённая

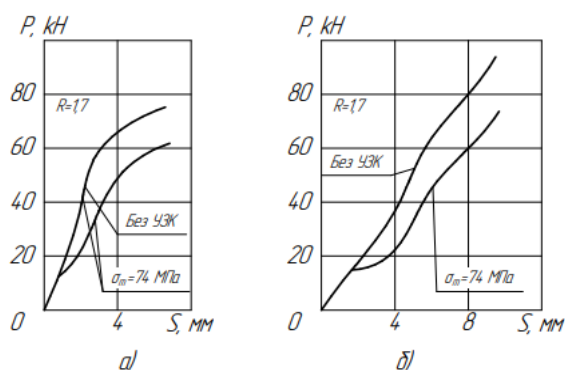


Рисунок 2 – Графики сил деформирования при наложении УЗК:  
а – сталь Ст3; б – сталь 12X18H10T

Данные экспериментов показывают, что при одной и той же амплитуде радиальных смещений на границе с очагом деформации снижение силы деформирования для различных материалов различно. Наибольший эффект воздействия ультразвука наблюдается при выдавливании не отожжённой меди (снижение силы на 28 % по сравнению с обычным выдавливанием), наименьший дуралюмин Д16Т (снижение усилия 17 %).

При расчете силы выдавливания с УЗК напряжение текучести материала с учетом упрочнения зависят от амплитуды ультразвуковых напряжений. На основании экспериментального исследования найдена зависимость напряжения текучести материала  $\sigma'_s$  и  $A$  от амплитуды ультразвуковых напряжений  $\sigma_m$ , для дуралюмина Д16Т, меди М2 в отожженном и не отожженном состояниях и стали 12X18H10T. Схема испытаний на растяжение с УЗК показана на рисунке – 3 [2].

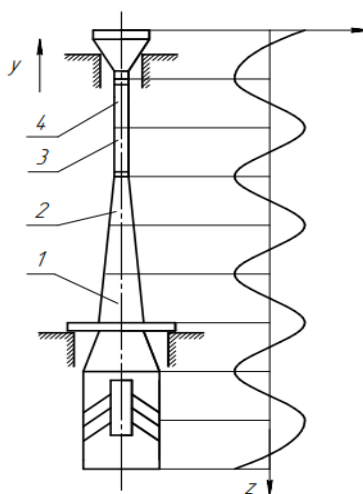


Рисунок 3 – Схема испытания на растяжение с УЗК:  
1 – преобразователь; 2 – волновой концентратор; 3 – образец; 4 – отражатель

Акустическая развязка колебательной системы осуществляется за счет линейного контакта в месте перехода от отражателя к захватному органу испытательной машины. Перед началом испытаний необходимо построить тарировочный график, отражающий связь напряжения выхода генератора (при постоянном токе подмагничивания) с амплитудой ультразвуковых смещений на выходном торце конического волновода-концентратора. В экспериментах применяются образцы с рабочей частью диаметром 6 мм.

Длины концентратора и образцов после расчета уточняются экспериментально, они соответствуют половине длины волны продольных колебаний на частоте, являющейся

собственной для преобразователя. Затяжка резьбовых соединений образца с концентратором и отражателем осуществляется из условий сохранения акустического контакта в процессе растяжения. УЗК включается после предварительного нагружения образца усилием 1,5–2,0 кН.

Путем регулирования частоты генератора, система настраивается в резонанс, устанавливается требуемое напряжение выхода, а затем осуществляется процесс растяжения со скоростью  $8,3 \cdot 10^{-4}$  м/с. При этом записывается индикаторная диаграмма растяжения.

Полученные в результате испытаний графики сила – ход перестраивается в истинное напряжение – истинная деформация, а затем строятся графики, выражающие зависимость коэффициентов  $\sigma'_s$  и  $A$  от амплитуды ультразвуковых напряжений (рисунок 4).

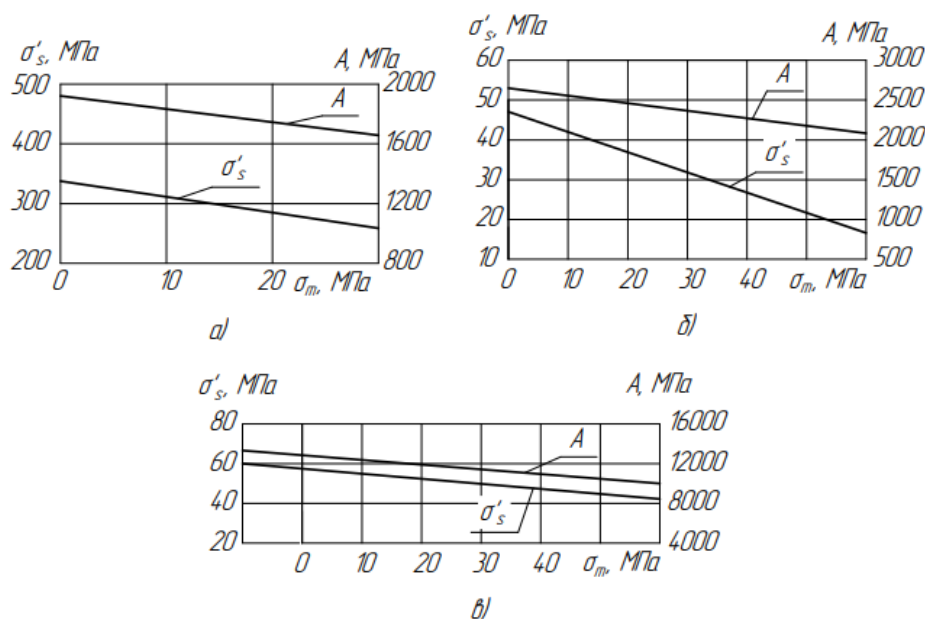


Рисунок 4 – Коэффициент  $\sigma'_s$  и  $A$  для:  
а – сплава Д16Т; б – отожжённой меди М2; в – не отожженной меди М2

Используя полученные результаты, отмечается снижение напряжения текучести в очаге деформации при вычисленных амплитуде интенсивности ультразвуковых напряжений в заготовке и средневзвешенной интенсивности деформации в очаге. Определив на основании графиков, представленных на рисунке 4,  $\sigma_s$  для обычного деформирования и с ультразвуком, находится его снижение, которое соответствовало аналогичному снижению силы выдавливания в результате уменьшения напряжения текучести. Также отмечается изменение силы деформирования вследствие уменьшения коэффициента контактного трения.

#### Список использованных источников

1. Овчинников, А.Г. Основы теории штамповки выделыванием на прессах / А.Г. Овчинников. – М.: Машиностроение, 1983. – 200 с.
2. Мишулин, А.А. Опыт внедрения холодного выдавливания деталей / А.А. Мишулин, Л.М. Васютин // Кузнечно-штамповочное производство, 1976. – № 12. – с.5–6.

**Прочность ультрадисперсных материалов, полученных методом интенсивной пластической деформации**

Студент гр.10402129 Понтаплёв Н.А.  
Научный руководитель – Томило В.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г.Минск

Хотя механические и физические свойства всехкристаллических материалов определяются несколькими микроструктурными параметрами, средний размер зерна материала обычно играет очень значительную, а часто и доминирующую роль.

Хорошо известно, что прочность поликристаллических материалов обычно связана с размером зерна  $d$  через уравнение Халл-Петча (ХП), которое гласит, что предел текучести задается через:

$$\sigma_y = \sigma_0 + k_y d^{-1/2},$$

где  $\sigma_0$  – называется напряжением трения;

$k_y$  – константа текучести.

Из уравнения следует, что прочность увеличивается с уменьшением размера зерна, и это привело к постоянно растущему интересу к изготовлению материалов с чрезвычайно малыми размерами зерна.

Объектами исследования являются несколько чистых металлов, а также коммерческие сплавы Al, Mg, Si, аустенитная сталь и низкоуглеродистые стали. Чтобы получить ультрадисперсную структуру, твердосплавные сплавы подвергали кручению под высоким давлением и равноканальному угловому прессованию. Для обработки сплавов под высоким давлением использовали приложенное давление 6 ГПа и 20 оборотов. Изготовленные образцы имели форму дисков диаметром 20 мм и толщиной 0,6 мм, которые хорошо подходят для механических испытаний. Обработка равноканальным угловым давлением была выполнена с использованием штампов диаметром 10 и 20 мм [1].

Структурная характеристика была выполнена с помощью просвечивающей электронной микроскопии, рентгеновской дифракции и атомно-зондовой томографии. Размер и распределение зерен по размерам были оценены на основе измерений темного поля в плоскости кручения на протяжении более 350 зерен из области, расположенной в середине радиуса диска для обработки под высоким давлением. Диаграммы дифракции электронов в выбранной области были взяты из области диаметром 1,3 мкм. Рентгенографию проводили с помощью аналитического дифрактометра PanX'pert с использованием излучения Cu и Ka (50 кВ и 40 мА). Параметр решетки для исходных сплавов и сплавов, обработанных под высоким давлением, был рассчитан по рентгеновским данным в соответствии с методом экстраполяции Нельсона-Райли [2]. Испытания на растяжение были точно выполнены с использованием лазерного экстензометра при комнатной температуре со скоростью деформации  $10^{-4}$  на испытательной машине с компьютерным управлением, работающей с постоянным перемещением захватов образца. Прочностные характеристики оценивались по испытательные образцы с калибром  $2,0 \times 1,0 \times 0,4$  мм<sup>3</sup>.

Хотя возможно достичь нанокристаллической структуры с размером зерна менее 100 нм в ряде металлов и сплавов с помощью обработки под высоким давлением и равноканального углового прессования для обработки интенсивной пластической деформацией (ИПД) типично формировать ультрадисперсные структуры со средними размерами зерен в субмикрометровом диапазоне, так что, обычно размеры зерен составляют ~100–300 нм [1].

В то же время в зависимости от режимов обработки ИПД (величина деформации, температура и скорость деформации, приложенное давление) происходит формирование различных границ зерен, занимающих место так, чтобы лишние вывихи, близнецы, зернограницные выделения и осадки также могут оказывать значительное влияние на свойства ультрадисперсных материалов после обработки.

В целом, в исследованиях были выявлены четыре типа границ зерен в ультрадисперсных металлах и сплавах, произведенных ИПД, которые можно наблюдать с помощью применения современных методов структурного анализа, таких как просвечивающая электронная микроскопия высокого разрешения, 3D-атомный зонд и т.д.

В последние годы поведение графика ХП в диапазоне сверхтонких размеров зерен стало объектом многочисленных экспериментальных и теоретических исследований.

Однако для наноразмерных зерен (20–50 нм) обычно сообщается, что это соотношение нарушается, так что график ХП отклоняется от линейной зависимости в сторону более низких значений напряжений, а его наклон  $k_y$  часто становится отрицательным (рисунок 1, кривая 1). В настоящей работе демонстрируются примеры, отражающие «положительный» наклон отношения графика ХП (рисунок 1, кривая 2).

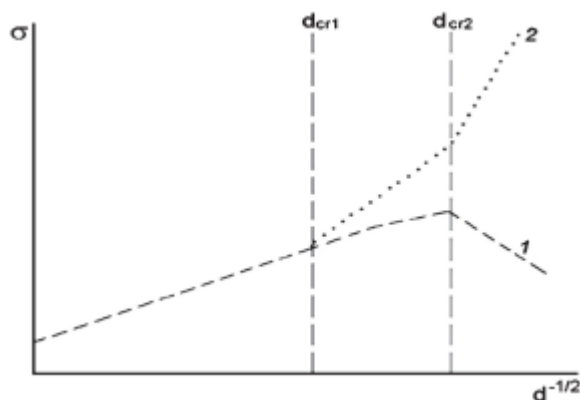


Рисунок 1 – Два типа наклонов ХП в разных масштабах характерной длины

Исследования свидетельствуют о том, что предел текучести ультрадисперсных металлов и сплавов, полученных ИПД, может быть значительно выше, чем предсказывается соотношением ХП для их диапазона размеров зерна. Наблюдаемый положительный наклон в отношении ХП обеспечивает появление сверхпрочности этих материалов, и это связано с их структурой границ зерен, в первую очередь с неравновесным состоянием и сегрегациями границ зерен. Следовательно, дизайн границ зерен в ультрадисперсных материалах, полученных методами ИПД, весьма важен для достижения высокой прочности в наноматериалах. Кроме того, актуальным для проводимых исследований является изучение роли внутрикристаллических наноструктурных элементов наночастиц, которые могут привести к дополнительному упрочнению материалов.

#### Список использованных источников

1. Valiev, R. Z. Prog. Mater. Sci. / R.Z. Valiev, T. G. Langdon. – 2006. – 881 p.
2. Klug, H. P. X-ray Diffraction Procedures for Polycrystalline and Amorphous Materials / H. P. Klug, L. E. Alexander. – New York: John Wiley & Sons, 1974. – 274 p.



## Изготовления стеклопластиковой арматуры

Студент гр. 10402129 Яцко А.И.  
Научный руководитель – Томило В.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г.Минск

Стеклопластиковая арматура – это строительная арматура на основе неметаллических волокон, связанных композитным составом. Стеклопластик легко заменяет металл в бетонных конструкциях любого размера и является более долговечным, чем стальные аналоги.

Стеклопластиковая арматура завоёвывает всё большую долю рынка благодаря своим достоинствам и отнимает рынок у стальных аналогов. Её основные преимущества по сравнению со стальной арматурой:

- стеклопластиковая арматура дешевле в производстве чем аналоги на 30%;
- не предрасположена к коррозии;
- очень легкий по сравнению с арматурой: 2 тонны металлического материала эквивалентны 160 кг стеклопластика по объему;
- хорошая и быстрая окупаемость;
- прочность на разрыв стеклопластиковой арматуры в 3 раза выше других аналогов;
- из-за лёгкости продукции не требуются крупногабаритном транспорт, помещении и большого количества обслуживающего персонала [2].

Основными недостатками композитной арматуры являются следующие:

- модуль упругости композита почти в 4 раза больше, чем у стальной арматуры того же диаметра, поэтому требуются дополнительные расчеты;
- арматура из стекловолокна полностью теряет свою эластичность и становится хрупкой при нагревании до температуры 90–100°. Для решения этой проблемы дополнительно требуется повысить огнестойкость в случае пожара. Для конструкций, использующих композитные материалы, принимаются меры по обеспечению дополнительной тепловой защиты.
- арматура из стекловолокна, в отличие от железной арматуры, не поддаются электросварке. Решение этой проблемы осуществляется самим производителем на производстве. Так, на конце арматуры может быть размещена стальная трубка, к которой уже можно применить электросварку.
- стеклопластиковой арматуре, на строительной площадке, невозможно придать нужный изгиб и форму. Поэтому арматуру изготавливают в соответствии с формой, требуемой по чертежу заказчика [3].

В железобетонных конструкциях в настоящее время нельзя повсеместно заменить стальную арматуру на стеклопластиковую. Она эффективна в конструкциях при строительстве которых используются специальные свойства этой арматуры, которые положительно и выгодно выделяют её перед стальной. К этим свойствам относят: отсутствия магнитных свойств, высокую коррозионную стойкость, диэлектрические способности, а также, не взаимодействует с электромагнитными волнами радиочастотного диапазона и достаточно низкий модуль упругости.

Из вышеперечисленных свойств можно сделать вывод, что целесообразно использовать стеклопластиковую арматуру в тех областях, где можно получить существенный технико-экономический эффект, сюда относят строительство коррозионностойких долговечных конструкций из бетонов особого назначения, использование которых ведётся при воздействии агрессивных сред, действующего электрического поля, и несущих диэлектрических

конструкций. Также стеклопластиковая арматура используется для армирования деревянных клееных конструкций, а также для строительства зданий и сооружений особого назначения.

Доказано, что внеешнее время стеклопластиковая арматура существенно расширяет и создает новые области использования эффективных предварительно напряженных строительных конструкций из различных материалов и тем самым способствует техническому прогрессу в народном хозяйстве страны [1].

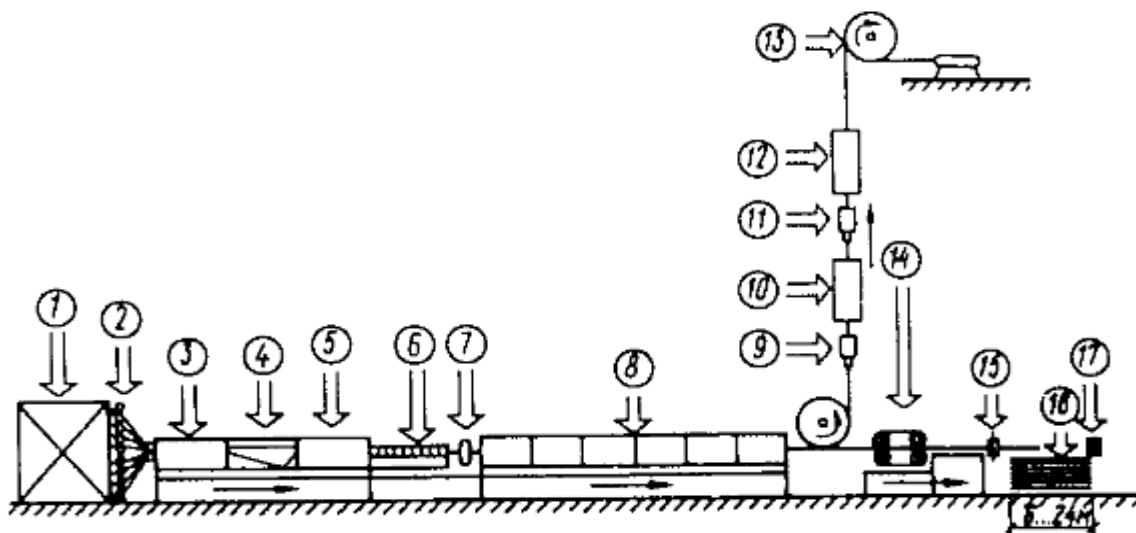


Рисунок 1 – Схема технологической линии для изготовления стеклопластиковой арматуры:

- 1 – магазин со стеклянной нитью; 2 – натяжители; 3 – электрическая печь для удаления замасливателя; 4 – ванна со связующим полимером; 5 – электрическая печь для удаления летучих элементов; 6 – формовочный узел; 7 – обмотчик; 8 – печь для полимеризации связующего; 9,11 – резервуары со связующим; 10,12 – вертикальные печи для полимеризации связующего; 13 – барабан для смотки арматуры; 14 – траково-тянущее оборудование; 15 – дисковая пила для резки стержня; 16 – склад арматуры; 17 – концевой пускатель

Процесс производства стеклопластиковой арматуры состоит из множества непрерывных и сложных задач, большинство из которых заключаются в реализации плотной стеклопластиковой структуры. Эти операции включают равномерную регулировку натяжения стекложгута, удаление некоторых летучих компонентов перед началом процесса полимеризации, принудительную запрессовку полимера в тонкие ленты из стеклянного волокна, дополнительное уплотнение стержня спиральной обмоткой и обеспечение плавного температурного режима полимеризации связующего, повышение плотности структуры стержня благодаря многоступенчатому горячему формованию.

#### Список использованных источников

1. Promzn [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://promzn.ru/drugoe-proizvodstvo/izgotovlenie-stekloplastikovoj-armatury.html>. – Дата доступа: 22.03.2022.
2. Nauchite [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nauchite.com/2016/gfrp/>. – Дата доступа: 22.03.2022.
3. Фролов, Н.П. Стеклопластиковая арматура и стеклопластбетонные конструкции / Н.П. Фролов. – М.: Стройиздат, 1980. – 104 с.

**Получение композиционного материала с редкоземельными металлами методом прокатки**

Студент гр. 10402220: Буримский С.В., Якубчик Н.Г.  
Научный руководитель – Томило В.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

В настоящее время развитие большинства отраслей промышленности требует не только использования традиционных конструкционных материалов, но и создания принципиально новых функциональных материалов, обладающих комплексом уникальных или аномально высоких свойств. Эти материалы с особыми физическими, химическими и механическими свойствами применяют в различных областях современной техники, в том числе в машиностроении, атомной энергетике, автомобилестроении и др. [1, 2]. Создание функциональных материалов возможно только на основе использования современных технологических процессов и нестандартных подходов к их реализации. Одной из проблем современного энергетического машиностроения является создание материалов, способных противостоять радиационным повреждениям и защищающих окружающее пространство от вредного воздействия радиоактивных веществ. Так, некоторые изотопы редкоземельных металлов (РЗМ) (европий, бор, гадолиний) обладают высокими коэффициентами захвата тепловых нейтронов, что обеспечивает возможность их использования для конструкционных материалов, для защиты от воздействия нейтронного излучения. Особый интерес представляет европий. Изотопы 151 и 153, из которых он состоит в естественном виде, при захвате нейтронов образуют новые изотопы европия также с большим сечением поглощения тепловых нейтронов. Благодаря такому эффекту «выгорание» европия будет замедленным. Эффективными поглотителями нейтронов являются бор, кадмий и РЗМ. Наиболее перспективным способом получения металлических материалов с РЗМ является порошковая металлургия с использованием различных современных технологических процессов.

Для изготовления композиционного материала в качестве основы использовали порошок меди (основа) со средним размером частиц менее 100 мкм. Легирующая добавка – лигатура АКЦ (Al–Ni–Ce–La). Размер предварительно измельченного порошка лигатуры АКЦ составлял менее 400 мкм. В качестве агента, контролирующего процесс механического легирования (механолегирования), применяли цисоктадеценую кислоту.

Механолегирование выполняли в шаровых мельницах с горизонтальной осью вращения, в так называемых гравитационно-зависимых шаровых мельницах, работающих в высокоэнергетическом режиме. Время механолегирования порошковых смесей составляло от 100 до 400 ч. Суммарное количество РЗМ, вводимых в шихту в виде лигатуры АКЦ: 10, 15 или 20 % мас. Увеличение содержания РЗМ от 10 до 20 % мас. приводит к уменьшению насыпной плотности и плотности утряски порошков на 20 %. Гранулометрический состав исследуемых порошков определяли на специальном приборе «Ротап» с комплектом сит с различными размерами отверстий.

Полученные механолегированием порошки подвергали последующей прокатке в медном контейнере. Известен способ получения листовых заготовок из алюминиевого порошка, основанный на использовании горячей прокатки [3]. По этому способу алюминиевый порошок в виде гранул размером 50...200 мкм засыпают в оболочку в виде корытообразного лотка с крышкой, изготовленной из листовой стали толщиной 0,5...2,0 мм с равными или различными толщинами стенок, контактирующими при обжати с валками. Затем уплотняют порошок, нагревают замкнутую оболочку с порошком до температуры не ниже 500 °С, далее обжимают в валках прокатного стана, охлаждают,резают оболочку и

извлекают готовую листовую алюминиевую заготовку. Оболочку для контейнера изготавливали из листового материала толщиной 2,5 мм. Материал оболочки – медь М1. Общий маршрут горячей прокатки: 16,0–8,5–5,0–3,0 мм. Затем проводили калибровочные проходы на стане без нагрева заготовки – холодная прокатка по маршруту 3,0–2,0–1,0–0,5 мм. Наличие прочной оболочки гарантировало целостность и прочность полученного листового композиционного материала для всех образцов. При обжатии не менее 50 % в первом проходе горячей прокатки происходят большие сдвиговые деформации частиц медного порошка под давлением. Осуществляется уплотнение частиц меди между собой и медного порошкового наполнителя с листовой оболочкой из медного сплава. Применение обжатия менее 50 %, как показывают экспериментальные данные, не позволяет достичь требуемого результата. Обжатие более 50 % нецелесообразно, так как связано с дополнительными технологическими проблемами. Обжатие во втором проходе составило 30...40 %. Использование меньшего значения обжатия во втором проходе оказалось безрезультатным, а большего – технологически неоправданным. Для оценки механических свойств полученных заготовок измеряли микротвердость четырех образцов композиционного материала на приборе ПМТ-3 при нагрузке на индентор 0,490 Н (50 гс). Установлено, что изменение времени легирования от 100 до 400 ч не приводит к существенному изменению микротвердости. При этом микротвердость всех образцов, содержащих РЗМ, равна 19,5...28,5 НV, что выше микротвердости чистой меди (оболочки) в 2–3 раза. Для анализа механических характеристик полученных композиционных материалов Cu + РЗМ проведены испытания на статическое растяжение. Для снятия остаточных напряжений образцы подвергали отжигу при температуре 550 °С в течение 30 мин. Механические свойства образцов № 3, 4 и 5, такие как  $\sigma_{0,2}$ ,  $\sigma_b$ ,  $\delta$ , существенно ниже, чем для образца № 1, вероятно, из-за большей толщины стенки контейнера, и образца № 6 – из-за отсутствия добавок РЗМ. Таким образом, изменения состава порошков и времени механолегирования (образцы № 3, 4 и 5) не оказывают значительного влияния на предел прочности и пластичность. В процессе отжига всех образцов происходит уменьшение остаточных напряжений. При этом прочностные характеристики сплавов снижаются в ~2 раза при одновременном возрастании пластичности.

Результаты исследований свидетельствуют о возможности получения композиционного материала на основе меди с добавками редкоземельных металлов методом механолегирования с последующей прокаткой. Экспериментально полученный материал после отжига имеет удовлетворительные механические свойства: предел прочности  $\sigma_b = 50$  МПа, предел текучести  $\sigma_{0,2} = 45$  МПа.

#### Список использованных источников

1. Котов, С.А. Получение композиционного материала с редкоземельными металлами методом прокатки / С.А. Котов, А.Н. Бурлова, Е.Д. Зверева // Заготовительные производства в машиностроении. – 2018. – №3. – С. 134–136.
2. Третьяков, Ю.Д. Введение в химию функциональных материалов / Ю.Д. Третьяков, А.В. Гудилин. – М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2006. – 125 с.
3. Способ получения листовых заготовок из алюминиевого порошка: Пат. 2206430 РФ, МПК7 В22Р 3/18. / М.М. Ванинский. – Оpubл. 20.06.2003.

## Деформация сдвига

Студент гр.10402220 Зенько А.А.  
Научный руководитель – Томило В.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Распространенной формой деформации является сдвиг различных слоев изделия (рисунок 1). Смещение происходит в вертикальной или горизонтальной плоскости. Изменение положения может быть вызвано изменением формы или структуры отдельных компонентов. Тип деформации определяет порядок смещения и определяет порядок вычисления основных свойств. Сдвиговая деформация бывает двух типов: плавная и резкая [1].

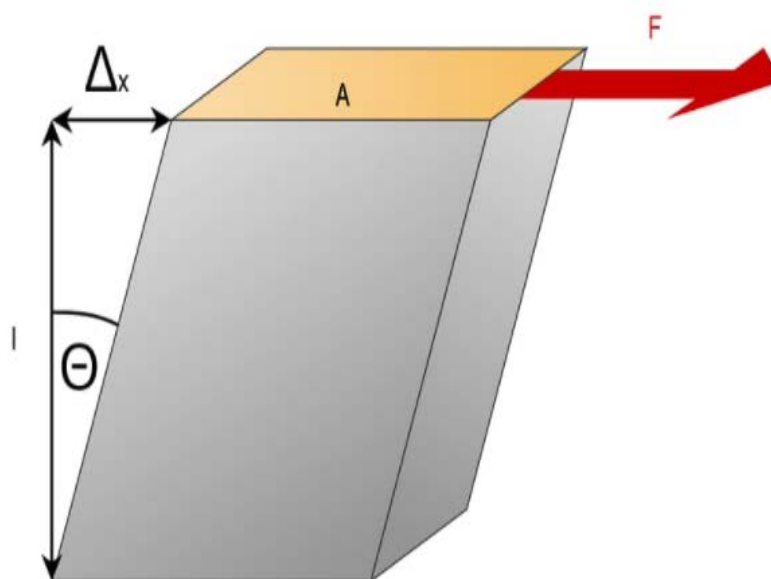


Рисунок 1 – Схема деформации сдвига

Главной особенностью характеристик деформации сдвига является поддержка фиксированного объема. Независимо от силовых факторов этот параметр не изменится. Пример деформации сдвига можно найти при проведении различных исследований:

- при резке металла;
- при ухудшении фиксации металлических деталей;
- балки в опорных местах;
- порт мостовых проемов;
- крепежные детали для железнодорожных путей;
- вырезание листа металла.

Иногда можно наблюдать чистый сдвиг (рисунок 2). Во всех четырех гранях он определяется как сдвиг, на который влияют только касательные напряжения. Таким образом, все слои детали плавно скользят от верхних слоев к нижним слоям. Тогда внешняя сила изменит форму и сохранит объем детали [2].

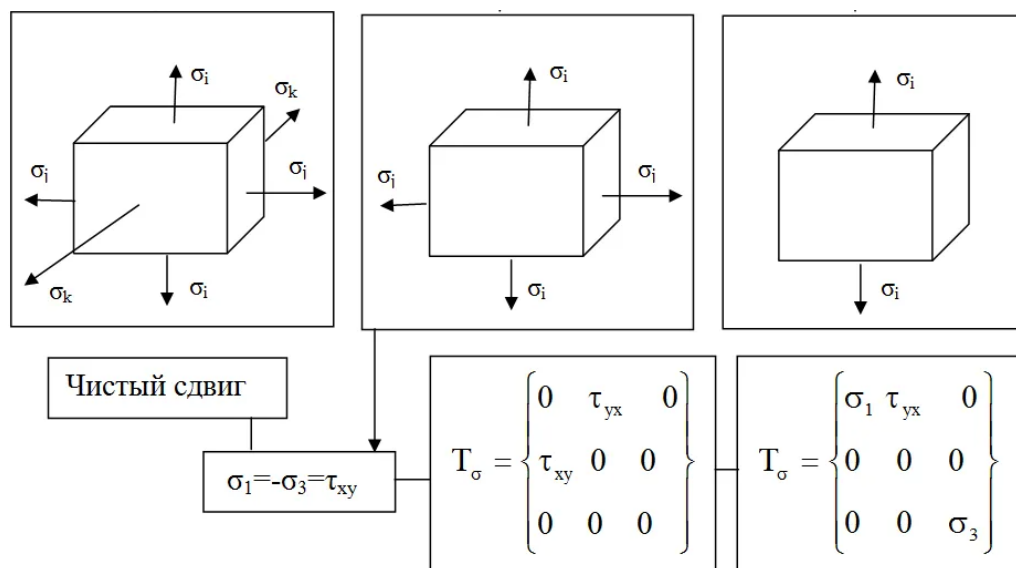


Рисунок 2 – Схема чистого сдвига

Следующие параметры можно использовать для оценки размера и надежности проскальзывания конструкций:

- величина, направление и точка применения силы;
- режущий модуль;
- угол изменения внешних граней изделия;
- тангенциальное напряжение;
- модуль кручения.

Для оценки стабильности и целостности конструкции необходим тщательный расчет и практическое измерение этих параметров.

Увеличение степени воздействия может превратить деформацию среза в разрез. Это приводит не только к разрушению крепежных деталей (болтов, болтов, заклепок), но и к разрушению всей детали.

В наше время угол сдвига измеряется различными приборами (главным является тензомер). Эти устройства работают по разным физическим принципам:

- оптика;
- акустика;
- рентгеновские;
- электрические;
- пневматические.

Относительная деформация сдвига в этих устройствах обрабатывается и рассчитывается с использованием современного компьютерного оборудования. У каждого метода есть свои преимущества и недостатки. Их использование зависит от поставленной задачи, технических и финансовых возможностей.

### Список используемых источников

1. Сивухин, Д.В. Общий курс физики. Механика / Д.В. Сивухин. – М.: Наука, 1979. – 520 с.
2. Стрелков, С.П. Механика. / С.П. Стрелков. – М.: Наука, 1975. – 560 с.

Студент гр. 10402220 Лебедев А.Г.  
Научный руководитель – Томило В.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Гибка металла – это способ обработки металлов давлением, в котором достигается деформация болванки за счет растяжения внешних слоев и одновременного сжатия внутренних. В итоге конфигурация болванки изменяется – 1 из 2-ух частей изменяет угол собственного наклона по сопоставлению со 2 частью. Предназначение гибки металла в том, дабы за маленький зазор времени изготовить всякий размер железных болванок без применения сварочного оснащения.

Есть 2 разновидности гибки листового металла:

1 продольная (металл подвергают лишь только изгибу);

2 поперечная (металл подвергают изгибу, но и вытяжке с осаживанием).

Продольная гибка производится, как правило, в холодном состоянии на надлежащих станках.

Поперечная гибка используется при небольших радиусах кривизны.

При гибке проката с большими площадями на горячую, есть большущий шанс образования кривизны по сферической и винтообразной плоскости, она не появляется при гибке на холодную, так как металл пружинит в следствии чего не дает образованию кривизны.

*Типы гибки металла*

1 Гибка на воздухе

Когда происходит гибка на воздухе, определенная болванка соприкасается с внешними краями матрицы в сочетании с наконечником пуансона. После этого удар выйдет за верхний участок матрицы. Он войдет в V-образный проем.

В процессе изгиба воздуха достигается наименьший контакт. Используемая установка будет прикасаться материала только в трех точках. А именно умирающие плечи, кончик и удар.

Гибка на воздухе – один из наиболее часто используемых способов гибки листового металла. Кроме того, при сгибании металла понадобится минимальный вес.

2 Нижний изгиб

Единственное несоответствие меж нижним изгибом и воздушным изгибом заключается в том, что они различаются по радиусу. При изгибе снизу стяжка и пуансон абсолютно соприкасаются с материалами. Ему также не хватает необходимого тоннажа при нанесении отиска на металл.

Данный метод нижнего изгиба располагает более возвышенную точность и меньшую отдачу от пружины. Среди прочих способов это более надежный вариант.

3 Чеканка

При использовании способа чеканки наружный механизм вдавливают материал в матрицу, которая располагается внизу. Он имеет большую силу для создания долговременных деформаций листового металла. У процесса имеется незначительная отдача. Используя способ чеканки, вы достигнете более высокой точности. К сожалению, это связано с более высокими затратами. Это надежный способ гибки листового металла.

4 Фальцовка

В процессе фальцовки употребляются зажимные балки, которые сдерживают самый длинный участок листа. В конце концов, балка поднимется и активизирует складывание металлического листа вокруг изгибаемого профиля. Балка может смещать лист вниз и вверх.

### *Преимущества гибки металла*

1 Надежность гнутых компонентов очень значительная. Их единая структура предотвращает ржавчину, то, что происходит в сварных соединениях оставляет желать лучшего.

2 Эстетичный тип гнутых металлоконструкций превосходит согласно собственным сведениям конструкции с болтами либо сваркой.

3 Экономичность – весь материал претерпевает деформацию, но не остается обрезков, стружки и прочего лома.

4 Гибка болванок с листового сплава согласно оптимальному чертежу дает возможность в следствии извлекать прецессионные изделия аналогичные качества никак не готовы предоставить другие способы производства продукта. В случае если во процессе производства продукта необходимо спиливание также эластична элементов с листового также полосового сплава согласно индивидуальному плану, в таком случае стоимость исполняемых трудов рассчитывается во связи с трудности получаемых конфигураций.

5 Стоимость этого метода деструкции дает возможность производить детали крупными сериями, поэтому можно воздержаться от наименее результативных способов изготовления элементов металлоконструкций.

6 Значительная достоверность получаемой формы дает возможность производить в том числе и наиболее мелкие компоненты в согласовании с условиями клиента.

### *7 Эстетичный внешний вид*

8 Использованный материал никак не утрачивает собственных качеств, так как никак не подвергается термическому влиянию.

9 Детали владеют значительной прочностью, по этой причине готовы выстоять существенные механические перегрузки в отсутствии изменение собственной формы.

### *Недостатки*

#### *1 При воздушной гибки:*

Менее точные углы. В связи с тем, что инструмент воздействует на металл лишь в трех точках, то болванка может повести себя неожиданно и угол гибка по всей протяженности будет неравномерный, особенно если в заготовке имеется остаточные напряжения после раскроя. Теоретические значения  $\pm 45'$ , но практически сможет достигать нескольких градусов. Маленькая точность повторений, на которую очень воздействуют несходства в качестве материала заготовок. Большой эффект возвратного пружинения за счет большей упругой деформации.

#### *2 При обжатии*

Большее требуемое усилие гибки по сравнению со «свободной», не применим для толстых металлов. Маленькая гибкость по сравнению с «воздушной гибкой», дабы достигнуть всех преимуществ предоставленного способа на ином профиле или угле нужен другой инструмент.

#### *3 При Чеканке*

Максимальные требования по усилию, причем не, только к станку, но и к инструменту и системе крепления. Отсутствие гибкости, один инструмент – один вид профиля. Только тонкий металл, в основном используют на толщинах до 2 мм. Повышенный износ инструмента и оборудования.

### **Список использованной литературы**

1. Лысов, М.И. Теория и расчет процессов изготовления деталей методами гибки / Лысов М.И. – Л.: Машиностроение, 1966. – 236 с.
2. Справочник конструктора штампов: Листовая штамповка / под общ.ред. Л.И. Рудмана. – М.: Машиностроение, 1988. – 496 с.



## Порошковая ковка

Студент группы 10402220 Прохиро А.Д.  
Научный руководитель – Томило В.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Основным ключом к успешной порошковой ковке является правильная конструкция заготовки, поскольку она оказывает значительное влияние на распределение напряжений во времяковки. Этот фактор, в свою очередь, влияет на уплотнение и вероятность разрушения заготовки. Как правило, для достижения полной плотности и хорошего сцепления между сжатыми порами должно быть место для достаточного потока металла. Однако увеличение количества потока металла также увеличивает вероятность разрушения. Таким образом, проектирование формы заготовки предполагает компромисс между нижним пределом деформации для достижения требуемых свойств и верхним пределом, который мог бы вызвать разрушение [1].

Деформация во времяковки включает значительный боковой поток и сдвиг частиц порошка. Это действие сдвига приводит к разрушению любых оксидных пленок на частицах порошка, обнажая чистый металл и обеспечивая прочную металлургическую связь через разрушенные границы раздела поры. В результате чего улучшаются динамические свойства материала.

Большая деформация спеченного порошкового материала может легко привести к разрушению, поскольку обычно развиваются растягивающие напряжения, а поры в материале обеспечивают множество мест для концентрации этих напряжений, что приводит к разрушению. Чтобы преодолеть это ограничение был разработан критерий, для прогнозирования разрушения при порошковой ковке. На основе возникновения трещины во время испытания на сжатие при опрокидывании может быть сгенерирован локус поверхностных деформаций при разрушении.

Для сложных форм, проектирование заготовок является серьезной проблемой, поскольку может иметь место большое разнообразие режимов деформации и комбинаций. Конструкция заготовки для шатунов, требует уточнения размеров заготовки для круглых участков на конце штифта и на конце кривошипа, а также секции балки, соединяющей эти концы. Поперечный поток и экструзия происходят внутри всех трех секциях, и поток материала также может происходить через пересечения. Конструкция заготовки для этого сложного случая требует тщательного определения веса материала в каждой секции и детальный анализ локализованного потока металла. В отличие от большинства заготовок, необходимо указать различную плотность в каждой из трех секций заготовки, чтобы обеспечить полное уплотнение и избежать дефектов в готовых соединительных стержнях.

Оснастка для порошковойковки основана на концепции матрицы-ловушки. Материал полностью удерживается между пуансонами и штампом. В то время как концепция матрицы создает форму, близкую к сетке, которая не требует удаления излишков металла, это приводит к высоким нагрузкам на инструмент. В сочетании с высокими температурамиковки эти напряжения и текучесть металла приводят к высокому износу пуансонов и штампов. Наиболее часто используемым материалом для штампов является H13, штамповая сталь для горячей обработки. При правильной конструкции заготовки и охлаждении инструментов между ходами прессы можно изготовить от 50 000 до 100 000 деталей до того, как потребуются ремонт штампа.

Температура заготовки, когда она поступает в процессковки, влияет на механические свойства кованых деталей, а также на срок службы ковочной оснастки. Более высокие

температуры ковки усиливают уплотнение кованой детали, поскольку пластическое течение происходит легче. С другой стороны, более высокие температуры приводят к большему износу штампа. Как правило, стальные порошковые заготовки коваются при температуре 980 °С в качестве оптимальной температуры для минимизации износа штампа и обеспечения уплотнения деталей [2]. Скорость ковки также влияет на качество деталей, изготовленных методом порошковой ковки. Когда заготовка пористая, быстрое охлаждение горячей поверхности заготовки при контакте с более холодной поверхностью штампа приведет к остаточной пористости на этих поверхностях. Чтобы свести к минимуму этот эффект, время контакта между заготовкой и штампом должно быть как можно короче. Для этой цели порошковой ковкой широко используются винтовые прессы с очень жесткой рамой. Движение винтового пресса обеспечивает быстрое извлечение ковочного пуансона из матрицы, а жесткая рама сводит к минимуму время контакта между деталью и матрицей при максимальной нагрузке. Общее время контакта при ковке на шнековом прессе составляет ~30 мс, в то время как время контакта для обычного механического кривошипно-шатунного пресса составляет 80 мс. Эта разница оказывает очень большое влияние на охлаждение заготовки и, следовательно, на остаточную поверхностную пористости в кованой детали.

Ковка заготовок в детали сетчатой или частично сетчатой формы имеет ряд преимуществ: использование материала увеличивается за счет исключения или существенного сокращения операций механической обработки, энергоэффективность выше, чем при обычной ковке, поскольку исключаются такие операции, как горячая прокатка пружинного материала, а при порошковой ковке используются более низкие температуры, чем при обычной ковке для тех же сплавов.

Порошковая ковка для конструкционных деталей массового производства была разработана с учетом требований к производительности, превышающая требования, предъявляемые к обычным прессованным и спеченным порошковым деталям. Ряд деталей был испробован методом порошковой ковки; однако не все из этих деталей оказались успешными, в первую очередь по экономическим причинам [2]. В настоящее время детали с порошковой ковкой производятся в основном для применения в автомобильных трансмиссиях. Стержни обычно выковываются из порошков Fe-Cu-C с минимальной плотностью 7,84 г/см<sup>3</sup>. При такой плотности они имеют предел прочности 760 МПа, предел текучести 550 МПа и предел выносливости 275 МПа. Шатуны с порошковой ковкой устраняют поверхностные дефекты, имеют однородную микроструктуру, согласованы по размерам и обладают превосходной обрабатываемостью. Однородность микроструктуры и распределения материала также сводит к минимуму количество удаления материала, необходимого для балансировки шатунов.

#### **Список использованных источников**

1. Бальшин, М.Ю. Научные основы порошковой металлургии и металлургии волокна / М.Ю. Бальшин // Металлургия. – 1972. – № 1. – С. 43–50.
2. Шевакин, Ю.Ф. Обработка металлов давлением / Ю.Ф. Шевакин, В.С. Шайкевич // Металлургия. – 1972. – № 7. – С. 58–69.

Студент группы 1040220 Коротченко К.Г.

Научный руководитель – Томило В.А.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Процесс прокатки-разделения хорошо вписывается в концепцию развития технологии прокатки сортовой стали, предусматривающая увеличение производственной мощности существующих сортовых и проволочных прокатных станов без существенных капитальных затрат [1], обеспечивая при этом ряд положительных достоинств, а именно повышение производительности, снижение энергозатрат и различных ресурсов. Этот процесс широко применяется в зарубежной и отечественной практике при производстве сортового проката, а именно арматурных профилей. Повышение эффективности проката и катанки могут быть успешно решены за счёт использования процесса многоручьевого прокатки с продольным разделением раската в потоке стана.

Развитие прокатного стана с калиброванными валками неразрывно связана с появлением так называемых резательных станков, хорошо известных уже в XVII в. Резательные станки представляли пару валков, оборудованных пазами с острыми кромками и применявшимися для получения пруткового железа из листа. В 1728 г. появляются работы Флюера (Франция), прокатывавшего прутки в валках с ручьями (калибрами). Для этого он отковывал отливки овального профиля, пропускал их попеременно через валки с ромбическими и овальными ручьями и получал прутки диаметром 6,3 мм. Как считают, Флюер был первым, кто понял, что прокатные валки с ручьями овально-ромбической формы наиболее соответствуют для обеспечения быстрого обжатия обрабатываемого металла и повышения результативности. Не случайно, что использование овально-ромбических валков легло в основу дальнейшего развития техники сортовой прокатки. Следуя изобретению в процессе многоручьевого прокатки, выполняется циклическая дисторсия ряда заготовок. При этом каждая заготовка последовательно коробится в центрирующем и в многоручьевых калибрах. При прокатке в первом многоручьевом калибре касание заготовок валков осуществляется по центровочным канавкам, полученным в центрирующем калибре. После прокатки в центрирующем калибре выдерживают технологический перерыв в течение периода прокатки. Во время паузы производят подстуживание поверхности центровочных канавок раската до определённой температуры. Общая производительность возрастает за счет возрастания при стабильной прокатке в первом многоручьевом калибре скорости прокатки, отсутствия долгого и затрудненного докатывания сваленных раскатов, устранения бурежек. Также снижается количество брака и недокатов. Оптимизация эффективности производства сортового проката и катанки может быть осуществлено за счёт использования многоручьевого прокатки с продольным разделением раската в потоке стана. Преимущественно представляется использование подхода, основанного на использовании автономных неприводных делительных устройств [2].

Технологический процесс прокатки представляет собой комплекс последовательных термомеханических операций, выполняемых на соответствующем оборудовании и в определенной последовательности и предназначенных для получения продукции спереди заданными показателями качества (точности формы и геометрических размеров, состояния поверхности и т. д.). Общая схема технологического процесса прокатки конечную включает операции подготовки исходного металла к прокатке, нагрева перед обработкой калибра давлением, собственно прокатки для получения заданного профиля, отделку проката и контроль его специального качества. В зависимости от стадии прокатки (производство

заготовок или готовой продукции из слитка или литой заготовки) и вида проката число технологических операций и их последовательность изменяться. При подготовке исходного металла к прокатке с него удаляют различные поверхностные дефекты, что увеличивает выход готового проката. Эта операция особенно необходима при прокатке качественной углеродистой и легированной стали. При прокатке зависимости контролируют начальную и конечную температуру, заданный режим обжатия. Для контроля за состоянием перекачиваемого металла используют вытяжные калибры. К вытяжным калибрам относят прямоугольные (ящичные), ромбические, квадратные, овальные и др. [3].

Для постепенного приближения поперечного сечения прокатываемой заготовки к готовому профилю применяют подготовительные или предчистовые калибры. Форма чистового калибра точно соответствует форме готового проката, но размеры калибра приняты с учетом коэффициента температурного расширения металла и минусового допуска.

Важнейшая задача калибровки – расчет режима обжатий при прокатке. Устанавливая режим обжатия, учитывают пластичность металла и его сопротивление деформации, допустимый угол захвата, прочность валков и деталей стана, мощность двигателя, величину уширения [4].

Оценка данного процесса позволяет выявить ряд положительных особенностей. А именно:

- повышение достоверности разделения и качества готового проката, увеличение выхода без брака;
- повышение качества поверхности готового проката (снижение образования закатов в месте разделения);
- расширение технологических возможностей стана;
- простота обслуживания и эксплуатации;
- повышение соответствия технологической оснастки;
- упрощение сборки и разборки делительных приспособлений.

Проведя анализ реализации процесса многоручьевого прокатки-разделения выявлены основные направления развития данной технологии и применения оборудования.

#### **Список использованных источников**

1. Совершенствование технологии и оборудования для реализации процесса прокатки-разделение / С.М. Жучков [и др.] // Литьё и металлургия – 2004. – Т. 55, № 1. – С. 22–29.
2. Сивак, Э.В. Кассета для продольного разделения раската / Э.В. Сивак, С.М. Жучков, Л.В. Кулаков // Металлург. – 1996. – № 12. – С. 8–12.
3. Жадан, В.Т. Материаловедение и технология материалов/ В.Т. Жадан, П.И. Полухин. –М.: Металлургия, 1994.– 624 с.
4. Технологические процессы в машиностроении: учебник для вузов / С.И. Богодухов [и др.] – М.: Машиностроение, 2009. – 483 с.

Студент гр. 10402220 Борисовец И.В.  
 Научный руководитель – Томило В. А.  
 Белорусский национальный технический университет  
 г. Минск

**Процессы сжатия:** В этих процессах пластическое состояние достигается приложением одноосных или многоосных сжимающих усилий. Примерами являются ковка, выдавливание, прокатка, вдавливание и т. д.

В процессе прокатки металлический слиток или лист запрессовывается между двумя вращающимися валками. Помимо сжатия валками, трение между рабочим металлом и поверхностями валков также вызывает сжимающие усилия в продольном и поперечном направлениях. Таким образом, повсюду существуют сжимающие силы, хотя и разной величины, в разных местах и в разных направлениях.

Точно так же при открытой штамповке металлическое тело зажато между двумя плоскими или изогнутыми штампами, а трение между металлом и штампами вызывает сжимающие силы в боковых направлениях. В процессах ковки в закрытых штампах также повсюду действуют сжимающие силы

**Прокатные процессы:** продольная прокатка используется для прокатки листов, пластин, полос, стержней, уголков, балок, рельсов и т. д. Для прокатки каждого из этих профилей используется ряд прокатных станков, обычно называемых прокатными клетями. Каждое сокращение называется проходом ролла. Для прокатки любой секции требуется несколько проходов [1].

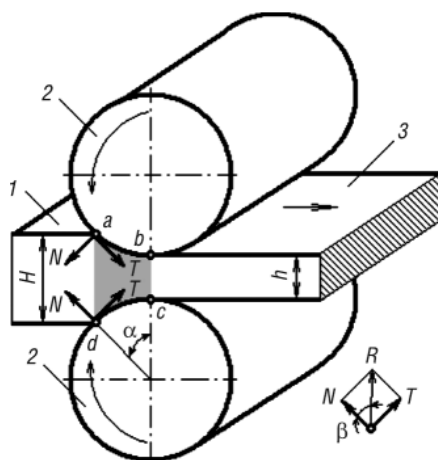


Рисунок 1 – Схема продольной прокатки:  
 1 – заготовка; 2,3 – валки

Большинство этих продуктов производятся в больших масштабах и различных размеров, поэтому группы прокатных станков, называемые прокатными станами, предназначены для производства ряда одинаковых профилей. Они называются по названию продукта, который они производят. Таким образом, у нас есть заготовительно-прокатный стан для прокатки заготовок прямоугольного сечения. Точно так же листопркатный стан для прокатки листов. Другими названиями являются станы горячей прокатки листа, станы холодной прокатки листа и т.д. Небольшие профили, такие как стержни, обычно прокатываются на перепокатных станах, которые также известны как прокатные станы торговых профилей.

Идея планетарной прокатки состоит в том, чтобы использовать валки малого диаметра, в этом случае нагрузка при прокатке меньше по сравнению с валками большого диаметра. Но валки малого диаметра должны поддерживаться центральными валками большого диаметра. Основное преимущество этого процесса заключается в том, что за один проход может быть достигнуто большое обжатие до 95%, в то время как при обычном прокатном проходе оно составляет всего около 30%.

При поперечном прокате вращающийся конический конец инструмента последовательно проталкивает материал в полость штампа на небольшое количество при каждом обороте. Основным преимуществом процесса является его бесшумность.

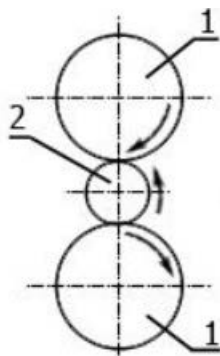


Рисунок 2 – Поперечная прокатка:

1 – валок; 2 – заготовка

### *Процессыковки*

Кузнечно-штамповочное производство включает в себя ряд процессов, таких как вытяжка, обжимка, осадка или высадка и т.д., которые выполняются плоскими или криволинейными штампами и инструментами. Процесс вытяжки используется для удлинения прутка с помощью плоских или криволинейных штампов.

Большинство кованных компонентов изготавливается методом штамповки. Это может включать изготовление заготовки, которая окончательно выковывается в штампе для оттиска, в котором лишний материал выдавливается в пространство желоба через плоское ограничение, образующее заусенец. Материал желоба и заусенец обрезаются с поковки.

Вращательная ковка представляет собой процесс удлинения круглой или другой осесимметричной формы с помощью радиальных молотов, которые прижимаются к заготовке вращающимися роликами. Этот процесс также используется для наведения переднего конца стержней и труб в процессах волочения проволоки и труб.

### *Комбинированное растяжение*

В этих процессах пластическое состояние достигается при совместном действии растягивающих и сжимающих усилий. Примерами являются, волочение проволоки, волочение труб, глубокое волочение и т. д. Например, при волочении проволоки проволока протягивается через коническую форму, изготовленную из твердого металла. Коническая поверхность матрицы оказывает сжимающую реакцию на материал проволоки. Пластическая деформация происходит под действием давления пресс-формы и растяжения. Чтобы уменьшить давление на поверхность штампа, также можно использовать обратную тягу. Аналогичное напряженное состояние преобладает и при волочении труб.

сравнительно небольшой вес, хорошая жёсткость и высокая прочность, поэтому процесс вытяжки является очень актуальным процессом.

Холодная листовая штамповка является широко распространённой и прогрессивной технологией обработки металла давлением. С помощью её можно получать большое

количество различных деталей. По сравнению с другими технологиями обработки металла давлением, холодная листовая штамповка является экономически выгодной.

Одной из основных операций холодной листовой штамповки является операция вытяжки. Детали, полученные при помощи вытяжки, могут применяться в абсолютно любой сфере: авиастроение, ракетостроение, самолётостроение, машиностроение, бытовая техника. У деталей, получаемых при помощи вытяжки сравнительно небольшой вес, хорошая жёсткость и высокая прочность, поэтому процесс вытяжки является очень актуальным процессом.

При глубокой вытяжке или чашечной вытяжке фланец удерживается прижатым между пластиной, удерживающей заготовку, и поверхностью штампа, в то время как ползун прессы проталкивает лист в штамп. Как следствие, материал фланца растягивается в радиальном направлении к центру штампа. Таким образом, материал фланца течет под радиальным растяжением и сжатием за счет пустой удерживающей пластины. Далее по радиусу угла матрицы, называемому радиусом профиля матрицы, лист изгибается и скользит по радиусу, а затем разгибается, становясь частью стенки стакана. При вытягивании чашек квадратной или прямоугольной формы в листе, который образует плоскую часть чашки, могут возникнуть дополнительные радиальные напряжения. Это достигается путем создания тормозных валиков или выступов в матрице и удерживающей пластине заготовки. Аналогичное состояние напряжения возникает при повторной вытяжке вытянутых чашек с целью уменьшения внешнего диаметра или толщины стенки чашки. Материал заготовки сжимается матрицей и оправкой, в то время как он протягивается через матрицу.

Процессы растяжения: В этих процессах преобладающими силами, при которых достигается пластическое состояние, являются силы растяжения. Примерами являются растягивание, расширение с помощью гидравлического давления или резиновой прокладки. При процессе вытяжки листа концы листа вытягиваются, а матрица прижимается к поверхности листа. Лист пластически деформируется до изогнутой формы штампа.

Формование изгибом: В этих процессах компоненты формируются путем изгиба. Гибочное оборудование спроектировано в соответствии с формой изготавливаемого компонента.

Для придания цилиндрической формы лист или пластину сгибают между тремя вальками на вальцегибочном станке. Верхний валок последовательно прижимается между двумя другими вальками для увеличения кривизны. Этот процесс используется для изготовления барабанов, сварных и клепаных сосудов под давлением и т. д.

Процесс роликовой правки полос также включает изгиб в обоих направлениях с уменьшением интенсивности в последовательных парах валков до тех пор, пока полоса не станет плоской.

Другим примером формовки гибкой является изготовление сварных труб. Полоса непрерывно изгибается роликовыми волокнами в трубчатую форму, которая затем сваривается швом с помощью вращающихся круглых электродов. Сварные трубы также могут быть изготовлены путем сгибания нагретой полосы в круглую форму путем протягивания через конические штампы с последующей кузнечной сваркой кромок.

Формование лазерным лучом: В каждом цикле лист изгибается на небольшой угол. Лазерный луч или плазменная дуга проходят по верхней поверхности листа по линии по всей его ширине, а нижняя поверхность охлаждается струей воды.

Лазерный луч нагревает материал узкой полосой на верхней поверхности. Поскольку нижний слой все еще находится при низкой температуре, материал в нагретой полосе расширяется и испытывает пластическую деформацию.

При последующем охлаждении струей сжатие нагретого металла изгибает лист в сторону источника тепла на небольшой угол. Требуется несколько повторений цикла, чтобы

получить нужный угол изгиба и точность. Свойства металла на изгибе не сильно зависят от многократного нагрева и охлаждения

#### **Список использованных источников**

1. Коликов, А.П. Теория обработки металлов давлением / А.П. Коликов, Б.А. Романцев. – НИТУ «МИСиС», 2015. – 516 с.



## Прокатка и прокатные станы

Студент гр.10402220 Булва М.А.  
Научный руководитель – Томило В.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Прокатка – это процесс деформации металла, который широко используется в процессе формовки металлов. Это делается путем пропускания полосы металла между роликами. В этом документе будет обсуждаться процесс прокатки, принцип работы процесса прокатки, а также принцип работы прокатных станов. Затем пойдет речь о типах прокатных станов. Кроме того, в эту оценку кратко включены прокат и его дефекты.

Прокатка определяется как процесс формирования металлов, при котором металлическая полоса прессуется двумя или несколькими роликами, таким образом, формируется одинаковая толщина. Для этого необходима температура. Есть два типа процессов. Один горячекатаный, а другой холоднокатаный. Если полоса прокатывается после нагрева полосы выше температуры рекристаллизации, то она называется горячекатаной, а если это делается при комнатной температуре – то холоднокатаной [1].

Процесс прокатки представляет собой процесс формовки металла, при котором запас материала проходит между одной или несколькими парами валков для уменьшения и поддержания одинаковой толщины. Этот процесс в основном сосредоточен на поперечном сечении слитка или металла, который формуется. В основном этим процессом мы уменьшаем толщину металлической заготовки. Теперь процессы прокатки в основном ориентированы на увеличение длины и уменьшение толщины без изменения ширины заготовки.

Существуют определенные типы процесса прокатки, в то время как в процессе горячей прокатки металл нагревается до желаемой температуры, форма. Этот процесс широко используется в отношении любого другого процесса прокатки. При этом металл нагревается выше температуры рекристаллизации. В процессе горячей обработки металл изменяет свою зернистую структуру из-за тепла, теперь в металле появился новый набор ненапряженных зерен, и этот процесс требует меньшего усилия, что соответственно снижает качество отделки поверхности, того металла.

Теперь есть еще один процесс прокатки, который представляет собой процесс холодной прокатки. Этот процесс прокатки осуществляется ниже температуры рекристаллизации металла, она варьируется в зависимости от металла, комнатная температура также может быть ниже температуры рекристаллизации. В этом процессе требуется гораздо больше силы, чем при горячей обработке, чтобы снять металл с валков, и этот процесс обеспечивает хорошее качество поверхности. **Для прокатки металлов обычно используются пять прокатных станов:**

- *двухвалковые прокатные станы;*
- *трехвалковые прокатные станы;*
- *четыре стана высокой прокатки;*
- *тандемные прокатные станы;*
- *кластерные прокатные станы;*

*Применение прокатки:*

- *прокатка используется для изготовления поперечных сечений больших профилей;*
- *прокатка используется для нарезания зубчатых колес на заготовке зубчатого колеса;*
- *резьбовые детали, болты, винты и т.д., имеющие массовое производство, изготавливаются методом прокатки;*

- в автомобильной промышленности различные детали изготавливаются методом прокатки;
- процесс прокатки используется для изготовления пластин, стальных листов и т.д.;
- кольца подшипников, турбин являются прокатными изделиями.

#### **Список используемых источников**

1. Wikipedia [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org>. – Дата доступа: 10.05.2022.

## Деформация металлов и ее виды

Студент гр. 10402220 Завольский М.К.

Научный руководитель – Томило В.А.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Изменение размеров форм материи под действием приложенных сил называется «деформацией». Это вызвано либо механическим воздействием внешних сил, либо различными физическими и физико-химическими процессами. Для формирования различных металлических форм необходима деформация металлов. Деформированные или механически обработанные металлы намного превосходят литые металлы, из которых они изготавливаются.

### *Виды деформации металла*

Деформации металла бывают следующих двух типов:

- упругая деформация;
- пластическая деформация.

### *1 Упругая деформация*

Упругая деформация – это деформация, которая исчезает при снятии нагрузки. Это предшествует (происходит до) пластической деформации. Эта деформация возникает, когда к металлическому изделию прикладывается напряжение.

На рисунке 1 показана форма атомов до нагружения, после нагружения при растяжении и сжатии соответственно. Когда прикладывается растягивающая нагрузка, деталь становится немного длиннее, в то время как сжимающая нагрузка укорачивает деталь.

При снятии нагрузки (растягивающей или сжимающей) металлическая деталь или образец восстанавливают свою первоначальную форму (размер). В пределах диапазона упругости деформация является результатом небольшого удлинения элементарной ячейки в направлении растягивающей нагрузки или небольшого сжатия в направлении сжимающей нагрузки.

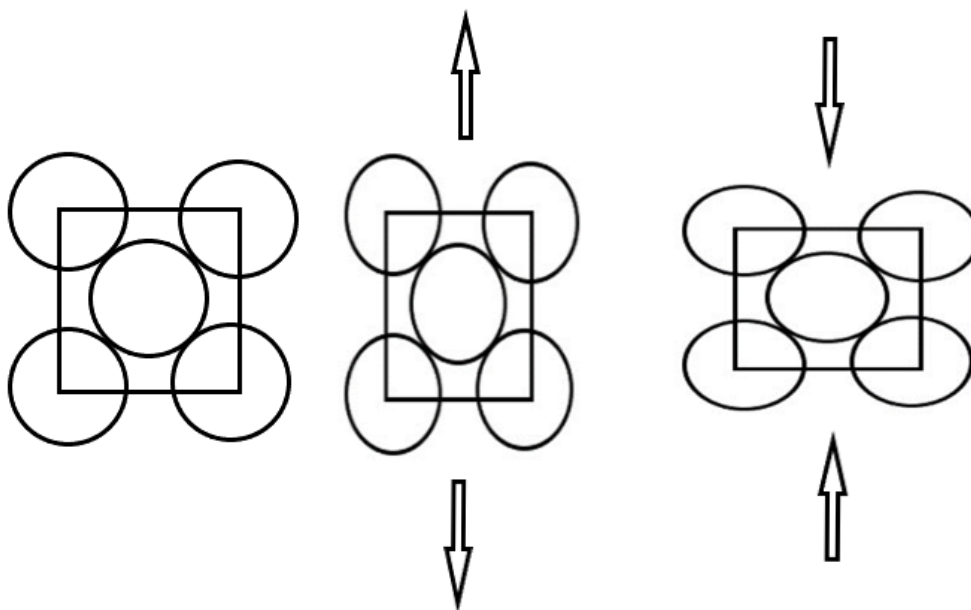


Рисунок 1 – Форма атомов до нагружения и после нагружения при растяжении и сжатии

При упругой деформации деформация почти пропорциональна напряжению. Соотношение между напряжением и деформацией при упругой деформации известно, как модуль упругости или модуль Юнга. Это характеристика типа металла, и ее величина зависит от силы притяжения между атомами металла.

Напряжения сдвига также возникают в кристаллических структурах в инженерных приложениях. Это приводит к смещению одной плоскости атомов относительно соседней плоскости атомов. Упругая деформация определяется как тангенс угла сдвига. Соотношение между напряжением сдвига и деформацией сдвига известно, как модуль жесткости при сдвиге.

## *2 Пластическая деформация*

Это деформация, которая сохраняется даже после снятия нагрузки. Пластическая деформация наблюдается при напряжениях, превышающих предел упругости. В отличие от упругой деформации, которая в простейших случаях зависит в первую очередь от напряжения, пластическая деформация обычно зависит от напряжения, температуры и скорости деформации [1].

Пластическая деформация связана со смещением атомов внутри зерен и в конечном итоге приводит к необратимым изменениям формы материала. Растягивающие, сжимающие и крутильные напряжения могут вызвать пластическую деформацию.

Процесс пластической деформации обычно применяется в важных металлургических операциях формообразования. Операции включают прокатку котельных плит, волочение проволоки, экструзию телефонных кабелей, штамповку автомобильных деталей и т.д.

В металлах пластическая деформация обычно происходит в процессе «скольжения». Ремонт деталей пластической деформации является одним из наиболее распространенных способов ремонта деталей, основанных на пластическом деформировании изношенных деталей с последующей обработкой. При восстановлении деталей пластической деформации (давления) используются пластические свойства металла, способность деформироваться под нагрузками при определенных условиях, не теряя целостности детали. Ремонт изношенных деталей с помощью пластической деформации требует специальных инструментов и штампов, поэтому экономически оправдано только тогда, когда предстоит изготовить много однотипных деталей [2].

## **Список используемых источников**

1. Деформация металлов и её виды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/gmZHy>. – Дата доступа: 06.05.22.
2. Пластическая деформация. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/gmZSp>. – Дата доступа: 06.05.22.

### Разновидность горячей объёмной штамповки

Студент гр. 10402220 Якубчик Н.Г.  
 Научный руководитель – Томило В.А.

Белорусский национальный технический университет  
 г. Минск

В наше время в современной промышленности по изготовлению двигателей для автомобилей и авиации, горячая объёмная штамповка заняла одно из главных мест. Наиболее огромное применение нашли такие виды как: штамповка выдавливанием, облойная и безоблойная штамповка, штамповка молотами, а также штамповка в разъёмных матрицах [1].

Штамповка выдавливанием – это один из передовых методов обработки металлов давлением для изготовления штампованных деталей.

Штамповка выдавливанием подразделяется в свою очередь на прямое, обратное и комбинированное выдавливание, это зависит от того по какому пути движется металл в матрице во время проведения технологической операции по деформации полуфабриката относительно движения пуансона (рисунок 1).

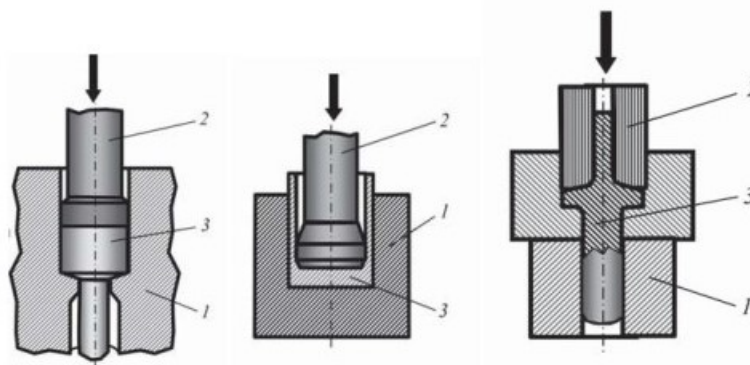


Рисунок 1 – Разновидности штамповки выдавливания:  
 1 – матрица; 2 – пуансон; 3 – заготовка

Преимуществом этой штамповки является отсутствие в процессе получения поковки облоя, поэтому она относится к разновидности безоблойной штамповки и производится в закрытых штампах [2].

Штамповка прямым выдавливанием применяется в основном для получения прутковых поволоков любой сложности. Для изготовления фланцев, корпусов, стаканов, а также других подобных поволоков, имеющих в своей конструкции глухую полость, применяют обратное прессование. В процессе получения поволоков, имеющих в своей геометрической структуре стержневые части, установленные напротив друг от друга. Облойная штамповка является открытой штамповкой, потому что производится в открытых штампах и представляется универсальным видом. При этом виде штамповки формующая или рабочая полость штампа имеет зазор между подвижной и неподвижной полостями штампа на протяжении всего процесса изготовления поковки от начала до конца, т.е. остается открытой. При облойной штамповке есть такое понятие как сложное заполнение угловых зон ручья штампа, вначале металл перед заполнением угловых зон сначала начинает вытекать в имеющийся зазор, т.е. специальные облойные канавки, сделанные по периметру ручья штампа, поэтому вокруг поковки образуется так называемый облой (избыток металла по объему), который в последующем необходимо удалить при механической обработке (в среднем облой составляет 10-30 % от массы заготовки). К окончанию процесса штамповки зазор начинает уменьшаться

в размерах, а сопротивление затеканию металла в облой наоборот начинает увеличиваться, поэтому металл соблюдая закон наименьшего сопротивления, начинает затекать в угловые зоны ручья штампа и постепенно его заполняет. Таким образом в итоге формируется геометрия изделия [3].

Безоблойная штамповка – это закрытая штамповка, поскольку производится в закрытых штампах. При этом виде штамповки полость штампа на протяжении всего технологического процесса изготовления поковки имеет зазор между подвижной и неподвижной полостями штампа в пределах от 0,1 мм до 0,5 мм. При безоблойной штамповке в штампах отсутствуют облойные канавки, вследствие чего для предотвращения затекания металла в зазор необходимо строго следить чтобы объем заготовки был равен объему полости ручья штампа, иначе будет образовываться заусенец по торцу, который будет способствовать быстрому износу полости штампа в месте расположения заусенца.

Для качественной работы штампа и продления срока его службы необходимо исключать соударение его частей, поэтому высоту замка штампа необходимо выбрать такой чтобы в конце штамповки между подвижной и неподвижной плоскостями штампа оставался место в интервале от 2 до 5 мм [4].

Безоблойная штамповка является одним из прогрессивных и экономических способов штамповки по горячему методу. Закрытой штамповкой создают поковки из стали и сплавов с пониженной пластичностью, что обеспечивает высокие механические характеристики, так как металл в объеме штампованной заготовки имеет всестороннее неравномерное сжатие.

Штамповка молотами – это один из распространенных видов горячей штамповки получения поволок любой сложности и массы. В настоящее время штамповкой молотами производят поковки из цветных сплавов, легированных и углеродистых сталей, а также из жаропрочных сплавов. Этот вид штамповки является наиболее универсальным методом, так как им можно штамповать поковки и в закрытых, так и в открытых штампах. Однако имеется ряд недостатков, таких как необходимость выполнять большие штамповочные уклоны и радиусы закруглений на поковках, которые увеличивают расход металла и повышают уровень вибрации молота [5].

Штамповка в разъемных матрицах – это разновидность штамповки, которую применяют вместо облойной штамповки в открытых штампах. Данный вид штамповки используют для получения поволок сложной формы, с большой разницей продольных осевых сечений, а также поволок, имеющих боковые отростки. В разъемных матрицах изготавливают следующие детали: тройники, корпуса, форсунки, наконечники, диффузоры и т.д. Этот вид штамповки осуществляется как специальными многоплунжерными гидравлическими прессами, так и обычными прессами. Так как штамповая оснастка для многоплунжерных гидравлических прессов имеет несколько плоскостей разреза, то она позволяет получать поковки особой точности и геометрической сложности.

Штамповка на многоплунжерных прессах позволяет получить поковки с высокой точностью и малой шероховатостью [6].

Для получения поковки на многоплунжерных прессах с наивысшей точностью штамповки, необходимо нагреть заготовки в электрических печах с защитной атмосферой или в обычных электрических печах с использованием защитной обмазки. Штампы необходимо подогреть индуктором, который установлен в специальную часть под полуматрицей, до 350 °С.

Шероховатость поверхности, изготавливаемых, на многоплунжерных гидропрессах получается в пределах 10 – 40 мкм, а размерная точность поволок соответствует четвертому классу. Поковки имеют плотную макроструктуру. Таким образом, к основным преимуществам штамповки в разъемных матрицах можно отнести следующее:

- отсутствие заусенцев;
- исключение необходимости применения обрезающих прессов;

- снижение штамповочных уклонов до минимума или их полное исключение;
- получение поковки с максимальным приближением к форме готовой детали;
- получение поковок с высокой размерной точностью;
- снижение припусков на механическую обработку.

#### **Список использованных источников**

1. Gavariyev, R.V. Improvement of Surface Quality of Casting Produced by Casting under Pressure / R.V. Gavariyev, I.A. Savin // *Solid State Phenomena*. – 2017. – Vol. 265. – P. 988–993.
2. Шапарев, А.В. Производство кронштейнов грузовых автомобилей с использованием лазерных технологий: монография / А.В. Шапарев, И.А. Савин, С.Н. Птичкин. – Курск: из-во «Университетская книга», 2018. – 258с.
3. Shaparev, A.V. Calculation of Joint Plastic Deformation to Form Metal Compound in Cold Condition / I. A. Savin, A. V. Shaparev // *Solid State Phenomena*. – 2017. – Vol. 265. – P. 313–318.
4. Теоретическая оценка трещиностойкости оболочковых форм точного литья, изготовленных с применением технологии низкотемпературного прокаливания / И.А. Савин, [и др.] // *Справочник. Инженерный журнал с приложением*. – М.2015. – № 9 (222). – с. 3–5.
5. Леушина, Л.И. Инновационные инженерные решения в литейнометаллургическом производстве / Л.И. Леушина // *Черные металлы* – 2019. – №8. – С. 27–30.

Студент гр.10402220 Снежко А.В.  
Научный руководитель – Томило В.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Одним из старейших способов обработки материала под давлением является ковка металла. Задолго до появления железа и стали мужчины начали производить изделия методом ковки. Со временем технологии менялись и совершенствовались. Ковка сегодня присутствует практически на каждом производстве.

Ковка – это механический процесс, связанный с приданием нагретому металлу желаемой формы, уплотнением или соединением. Металл нагревается до температуры ковки (пластичное состояние).

У каждого материала свои физические свойства и температура плавления, а также принцип технологии ковки, основанный на этом. Каждый металл имеет свою собственную температуру, при которой металл становится более мягким и податливым для ковки. Существует также технология, включающая холодную ковку металла без нагрева. Без нагрева заготовка прессуется и изгибается, что позволяет получать не менее прочные изделия.

Железо необходимо нагреть до 1250 °С, так как при достижении этой температуры можно ковать сталь, медь – до 1000 °С, а алюминий – до 400 °С.

Виды ковки:

- с пневматическими, гидравлическими и паровыми молотками;
- ручная ковка, прямое воздействие на металл молотком или кувалдой;
- тиснение, при котором деталь принимает форму, соответствующую форме экспозиции.

Ковка – изделия и полуфабрикаты, полученные методом ковки. Это свободная ковка - альтернатива штамповке. При свободной ковке часть свободной формы уродлива и не соответствует форме штампа. И это используется только для улучшения качества и структуры вещества. Но свободная ковка – это много одного, или мелкосерийного производства.

Машинная ковка – это деформация сплавов с использованием автоматических молотков и гидравлических прессов. вес поковок после ковки может достигать 100 тонн и более.

Наплавка – это процесс, при котором поперечные размеры поковки увеличиваются с уменьшением высоты.

Пространство – это противоположность процессу проектирования. При очистке увеличивается вся длина заготовки, а ее поперечные размеры уменьшаются. Основными параметрами управления пространством являются подача и герметизация.

Прошивка – это смещение металла, которое приводит к образованию отверстий в заготовке.

Прокатка – это последовательный рост как внешнего, так и внутреннего диаметра заготовки (предварительно сшитой), в то время как стенки заготовки становятся тоньше.

Операция гибки, суть которой заключается в том, чтобы заготовка приобрела нужную криволинейную форму. Этот процесс создает различные головки, квадратные скобки и т.д.

Рубка – это процесс, который заключается в отделении другой стороны заготовки от одной стороны. Резка производится с помощью специальных осей, чтобы удалить лишний металл и разделить поковки на более мелкие части.



Скручивание – это вращение части заготовки вокруг оси длины, скручивание – это использование валов оборудования, с коленом в разных плоскостях, опорных колонн, спиральных сверл и т.д.

Открытая ковка – это процесс пластической деформации металлов, нагретых до определенной температуры, который происходит под действием последовательных ударов молотковой дробилки или под давлением пресса. В результате металл в пространстве между ракетками течет до бесконечности во всех направлениях, принимая форму настоящейковки. В большинстве случаев поковка служит заготовкой для дальнейшей обработки. Ковка и не изменяет форму и размеры обрабатываемого металла, но также улучшает его структуру и механические свойства. Но измельчает и уплотняет зерна, устраняя внутренние стручки и пузырьки. Открытая ковка обычно используется при изготовлении каждой из поковок различных форм и размеров, а также для производства серии небольших поковок. Он делится на ручной и машинный.

Ручная ковка осуществляется последовательными ударами инструмента в металл, лежащий на опорной поверхности наковальни. Он используется редко, обычно в деталях производства и при изготовлении небольших поковок для ремонтных работ. Исходный материал ручнойковки имеет круглое или прямоугольное сечение. В руках кузнеца процедура заключается в том, что исходный металл удерживается на наковальне/плоскогубцах различных форм и размеров. Молоток целенаправленно наносит сильные удары кувалдой по местам расположения заготовки, как указывает смит легкими ударами по ручному тормозу. В ручнойковке используются различные инструменты и приспособления: бородки, зубила, утюги, обжимные инструменты и т.д.

Большим преимуществом является машинная ковка, при которой заготовка помещается в нижний молот кузнечного молота или кузнечного пресса, а деформация обрабатываемого металла производится ударами верхнего подвижного молота-молота или под давлением пресса. Исходным материалом машиннойковки является прокат (получение мелких и средних поковок), а также слитки из алюминиевого сплава разного веса или специальные завернутые заготовки (получение крупных поковок), плоские и фасонные заготовки. Другие ручные инструменты машинная ковка или обжим (для отделки цилиндрических и плоских поверхностей), защемление (для формирования углублений), прокатка (для локального растяжения), топор (резка), шитье (вместо отверстий). Поковки скрепляются клещами.

## Прокатка

Студент гр.10402220 Заренок В.Д.  
 Научный руководитель – Томило В.А.  
 Белорусский национальный технический университет  
 г.Минск

Прокатка – это процесс уменьшения толщины или изменения поперечного сечения длинной заготовки за счет сжимающих усилий, прикладываемых через набор валков, как показано на рисунке 1.

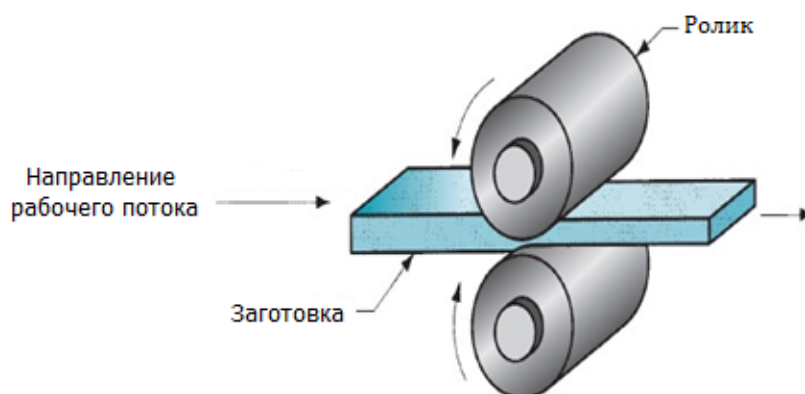


Рисунок 1 – Наглядный вид плоской прокатки

Прокатка может осуществляться при наличии натяжения (передний натяг) и противонапряжения (задний натяг) с приложением напряжений  $\sigma_F$  и  $\sigma_R$  соответственно. У выходного сечения (зона прессования) материал движется быстрее инструмента, и сила трения направлена противоположно движению заготовки. Вблизи входного сечения (зона захвата) направление силы трения совпадает с движением заготовки

Большая часть прокатки выполняется методом горячей обработки, называемой горячей прокаткой, из-за большого количества требуемой деформации. Горячекатаный металл, как правило, не имеет остаточных напряжений, а его свойства изотропны. Недостатки горячей прокатки заключаются в том, что изделие не может выдерживаться с жесткими допусками, а поверхность имеет характерную оксидную окалину. Выплавка стали обеспечивает наиболее распространенное применение прокатных операций. Аналогичные шаги происходят и в других отраслях основной металлургии. Работа начинается с литого стального слитка, который только что затвердел. Пока он еще горячий, слиток помещают в печь, где он остается в течение многих часов, пока не достигнет равномерной температуры по всему объему, чтобы металл равномерно тек во время прокатки. Для стали желаемая температура прокатки составляет около 1200 °С. Операция нагрева называется замачиванием, а печи, в которых она осуществляется, называются ямами для замачивания. После пропитки слиток перемещается на прокатный стан, где его прокатывают в одну из трех промежуточных форм, называемых блюмами, заготовками или слябами.

Доступны различные конфигурации прокатных станов для решения различных задач и технических проблем в процессе прокатки. Базовый прокатный стан состоит из двух противоположных валков и называется двухвалковым прокатным станом, показанным на рисунке 2. Валки на этих станах имеют диаметр в диапазоне от 0,6 до 1,4 м (2,0–4,5 фута).

Конфигурация с двумя высотами может быть как реверсивной, так и нереверсивной. В нереверсивном стане заготовка всегда проходит, с одной и той же стороны. Реверсивный стан позволяет менять направление вращения валков на противоположное, так что заготовку можно пропускать в любом направлении. Это позволяет производить серию сокращений с помощью одного и того же набора валков, просто проходя через заготовку с противоположных направлений несколько раз. Недостатком реверсивной конфигурации является значительный момент импульса, которым обладают большие вращающиеся валки, и связанные с этим технические проблемы, связанные с изменением направления. Несколько альтернативных схем проиллюстрированы на рисунке 2.

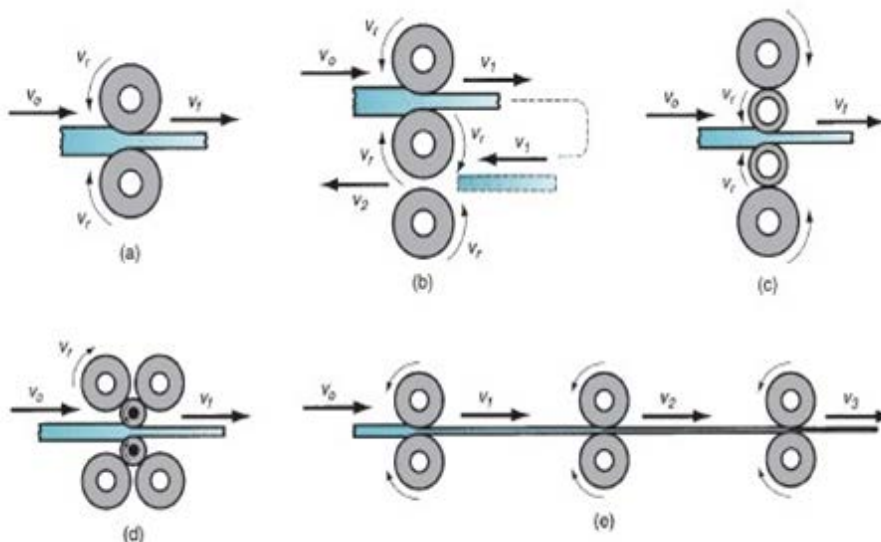


Рисунок 2 – Схемы прокатного стана

В конфигурации с тремя высотами, рисунок 2 (б), в вертикальной колонне расположены три рулона, и направление вращения каждого рулона остается неизменным. Чтобы добиться серии сокращений, работу можно пропускать с любой стороны, поднимая или опуская полосу после каждого прохода. Оборудование на трехвалковом прокатном стане становится более сложным, поскольку для подъема и опускания заготовки необходим подъемный механизм. Как показывают некоторые из предыдущих уравнений, преимущества достигаются при уменьшении диаметра валка. Длина контакта вала с рабочей поверхностью уменьшается при меньшем радиусе вала, и это приводит к снижению усилий, крутящего момента и мощности.

Четырехвалковый прокатный стан использует два вала меньшего диаметра для контакта с заготовкой и два опорных вала позади них, как показано на рисунке 2 (с). Из-за высоких усилий на валах эти меньшие валки упруго отклонялись бы между своими концевыми подшипниками при прохождении заготовки, если бы для их поддержки не использовались большие опорные валки. Другой конфигурацией валков, которая допускает меньшие рабочие валки по отношению к обрабатываемой детали, является кластерный прокатный стан на рисунке 2 (d). Для достижения более высокой производительности при производстве стандартных изделий часто используется тандемный прокатный стан. Эта конфигурация состоит из ряда прокатных клеток, как показано на рисунке 2 (e). Хотя на нашем эскизе показаны только три клетки, типичный тандемный прокатный стан может иметь восемь или десять клеток, каждая из которых уменьшает толщину или улучшает форму проходящей через нее заготовки.

### Список использованных источников

1. Теория обработки металлов давлением [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docplayer.com/64745775-Teoriya-obrabotki-metallov-davleniem.html>. – Дата доступа: 04.04.2022.
2. Основы технологический процессов обработки материалов давлением [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://booktech.ru/books/mehanicheskaya-obrabotka/16389-osnovy-tehnologicheskikh-processov-obrabotki-metallov-davleniem-2008-s-b-sidelnikov.html>. – Дата доступа: 02.04.2022.

Студент гр. 10402220 Стафейчук Н.В.  
Научный руководитель – Томило В.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Если при упругих деформациях деформируемое тело полностью восстанавливает исходную форму и размеры после снятия внешних сил, то при пластических деформациях изменение формы и размеров, вызванное действием внешних сил, сохраняется и после прекращения действия этих сил. Упругая деформация характеризуется смещением атомов относительно друг друга на величину, меньшую межатомных расстояний, и после снятия внешних сил атомы возвращаются в исходное положение. При пластических деформациях атомы смещаются относительно друг друга на величины, больше межатомных расстояний, и после снятия внешних сил не возвращаются в своё исходное положение, а занимают новые положения равновесия [1].

В последние годы несколько лет использования промышленных станков значительно увеличили совокупный рост инвестиций в сектор промышленного производства. Это не только повысит производительность, но и автоматизация производственных процессов поможет повысить эффективность и гибкость специалистов в опасных ситуациях, а также расставить приоритеты в общем рабочем процессе. Важнейшими этапами развития являются крупные промышленные предприятия, включающие в себя широкий спектр рыночного роста. Благодаря все более широкому внедрению робототехники и автоматизированного оборудования рост рынка металлообрабатывающих станков, вероятно, будет положительно стимулироваться в ближайшие годы, особенно в производственном секторе. Производственные компании могут управлять высококачественными процессами, поскольку автоматизация устраняет возможность человеческой ошибки и влияет на общее качество производства. Рынок металлообрабатывающих станков в настоящее время умеренно фрагментирован из-за присутствия производителей металлообрабатывающих станков, предлагающих передовые технологии, чтобы предлагать превосходные продукты конечным пользователям. Полный анализ конкурентной среды на рынке и информация о продуктах, предлагаемых компаниями, поможет клиентам определить новые возможности роста и разработать новые стратегии роста для увеличения доли рынка в этой конкурентной среде.

Формовка и механическая обработка металла - два основных метода преобразования сырья в продукт. Изменение формы материала за счет постоянной пластической деформации лучше всего определить как формование металла. Единственным преимуществом процесса формовки металла является отсутствие потерь сырья, более высокая скорость производства и лучшие механические свойства продукта.

Процесс формовки металла подразделяется на процессы объемной формовки и формовки листа. Объемное формование далее делится на прокатку, ковку, экструзию и волочение проволоки или прутка, тогда как формование листа делится на гибку, глубокую волочение/вытяжку, резку.

### *Прокатка*

Прокатка – это тип процесса формования металла, при котором металлическая заготовка/заготовка сжимается или проходит через одну или несколько пар валков для уменьшения толщины и придания ей однородности. Вращающиеся валки втягивают металлическую заготовку в зазор и сжимают ее. Полученный конечный продукт имеет форму листа. В зависимости от температуры прокатываемого металла процесс прокатки подразделяется на горячую и холодную прокатку. Если температура металла выше

температуры его рекристаллизации, то процесс известен как горячая прокатка, а если она ниже температуры рекристаллизации, то он известен как холодная прокатка. Прокатка используется для производства полуфабрикатов, таких как листы, плиты, прутки, и готовых изделий, таких как швеллеры, уголки и профили. Процессы прокатки включают: плоская прокатка, фасонная прокатка, прокатка колец, накатка колец, зубчатая прокатка

#### *Ковка*

С помощью пары инструментов, называемых штампом и пуансоном, заготовка или заготовка превращается в готовую деталь путем приложения растягивающих и сжимающих усилий. Это процесс объемного формования, который может выполняться в открытых или закрытых штампах. Обычно штамповка в открытых штампах используется для предварительного формования сырья в форму, пригодную для последующей механической обработки или формовки. Это делается для таких операций, как утонение, вытяжка и т. д., тогда как при закрытой штамповке сырье (заготовка) выдавливается внутрь полости, образованной между парой фасонных штампов. При штамповке в закрытых штампах изготавливаются детали насосов, небольшие шестерни, детали клапанов, гаечные ключи, шатуны и т. д. В зависимости от температуры, при которой выполняется штамповка, ее часто делят на холодную, теплую и горячую. Металл нагревают обычно в горне для последних двух.

Другой процесс, называемый чеканкой, совершенно очевиден в процессе объемного формования, который осуществляется путем приложения сжимающего напряжения к поверхности сырья для придания поверхности особой формы с помощью штампа для тиснения. Общие процессы ковки: прокатная ковка, зубцы, ковка в открытых штампах, обжимка, прессовая ковка.

#### *Экструзия*

В процессе штамповки металла сырье проталкивается через узкое отверстие постоянного или переменного поперечного сечения для увеличения длины и уменьшения диаметра. Металлоконструкция проталкивается через отверстие штампа. Процесс экструзии может быть горячим или холодным. Трубы, банки, валы, чашки, банки и шестерни являются экструдированными продуктами в процессе. Существуют в основном два метода экструзии – прямое и обратное выдавливание. Заготовка и экструзионный пуансон движутся в одном направлении при прямом выдавливании, а при обратном выдавливании пуансон движется в направлении, противоположном направлению движения заготовки. Полимеры, бетон, металлы, керамика, металлы, продукты питания и глина для лепки обычно являются экструдированными материалами. Различные типы процессов экструзии: прямой, косвенный, гидростатический [2].

#### *Чертеж проволоки/прута*

Этот процесс формовки металла похож на экструзию. Единственная разница заключается в приложении силы к заготовке. В этом процессе заготовка протягивается через отверстие матрицы и выполняется формовка по ее поперечному сечению. С приложением растягивающего усилия получают проволоки малого диаметра из стержней за счет уменьшения их диаметра и растяжения по длине. Бесшовные трубы также могут быть изготовлены методом волочения труб. Процесс рисования можно разделить на следующие виды: волочение проволоки, чертеж стержня, чертеж трубы.

#### **Список использованных источников**

1. Основы технологических процессов обработки металлов давлением / С.Б. Сидельников [и др.]. – Красноярск: ИПК СФУ, 2008. – 95 с.
2. Wikipedia [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Обработка\\_металлов\\_давлением](https://ru.wikipedia.org/wiki/Обработка_металлов_давлением). – Дата доступа: 03.04.2022.

**Моделирование процессов комплекса Gleeble HDS-V40**

Студент гр. 10402220 Комар А.В.  
Научный руководитель – Томило В.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Моделирование в настоящее время стало неотъемлемой частью любой научно-исследовательской работы. Оно позволяет с относительно небольшими затратами труда и времени описать сложный процесс, оценить влияние внешних факторов и выявить среди них наиболее значимые. Особенно широко моделирование используют при изучении сложных многофакторных процессов, таких как обработка металлов давлением [1].

Непрерывная разливка с последующей прямой прокаткой (CC-DR) предлагает производителям стали возможность существенной экономии энергии и снижения капитальных затрат, что, в свою очередь, может снизить затраты. Развитие технологий непрерывного литья и полутвердого проката предлагает еще больший потенциал экономии средств, но широкая коммерциализация создает новые технические проблемы.

До сих пор большинство разработок в области CCDR и полутвердой прокатки осуществлялись с использованием опытных или полноразмерных станов для экспериментальных работ. Эти методы являются дорогостоящими, а контроль процесса на мельнице затруднен. Альтернативный метод заключался в использовании лабораторного плавильного аппарата или традиционных машин для горячей деформации.

Однако они могут изучать только один этап процесса. Для более подробного изучения процессов CC-DR и прокатки полутвердых материалов по сравнению с существующими лабораторными методами и с меньшими затратами по сравнению с заводскими испытаниями компания Dynamic Systems Inc. разработала новый лабораторный физический симулятор, модель HDS-V40 (рисунок 1).



Рисунок 1 – Лабораторный комплекс HDS-V40

HDS-V40 – единственная коммерчески доступная лабораторная система, способная моделировать прямую прокатку, от машины непрерывного литья заготовок до конца процесса горячей прокатки, и все это в одной непрерывной последовательности с использованием одного образца. Впервые производители стали могут изучить перспективы непрерывной

разливки и прямой прокатки (CC-DR) в доступном воспроизводимом лабораторном масштабе. В дополнение к прямой прокатке, эта система может использоваться для моделирования полутвердой прокатки (восстановление сердечника из жидкого металла), плоского деформационного сжатия, горячей прокатки и ковки [2].

HDS-V40 использует прямой резистивный нагрев, разработанный на всемирно известном приборе Gleeble, и расширяет технологию для использования более крупных образцов, что позволяет проводить последующие испытания свойств материала образца после деформации. Инновационная система локализации расплава представляет собой тигель, который удерживает расплавленный материал на месте и может быть удален под управлением компьютера перед деформацией.

HDS-V40 имеет две 40-тонные гидравлические системы, расположенные друг напротив друга, которые деформируют образец в равных количествах для истинной плоской деформации. Максимальная скорость хода 1,7 метра в секунду; минимальная скорость хода составляет 0,1 миллиметра в секунду. Каждая механическая система оснащена собственным внутренним гидроприводом для точного контроля деформации и скорости деформации. HDS-V40 поддерживает образцы больших размеров со стандартными размерами 10 мм x 50 мм x 152,4 мм

С помощью другой сервогидравлической системы HDS-V40 также может точно контролировать расширение и сжатие материала по мере его плавления и затвердевания, чтобы обеспечить более точное моделирование.

Образец стандартного размера (толщина 10 мм, ширина 50 мм, длина 152,4 мм) подвергается плавлению, затвердеванию и горячей деформации в HDS-V40 (рисунок 2).

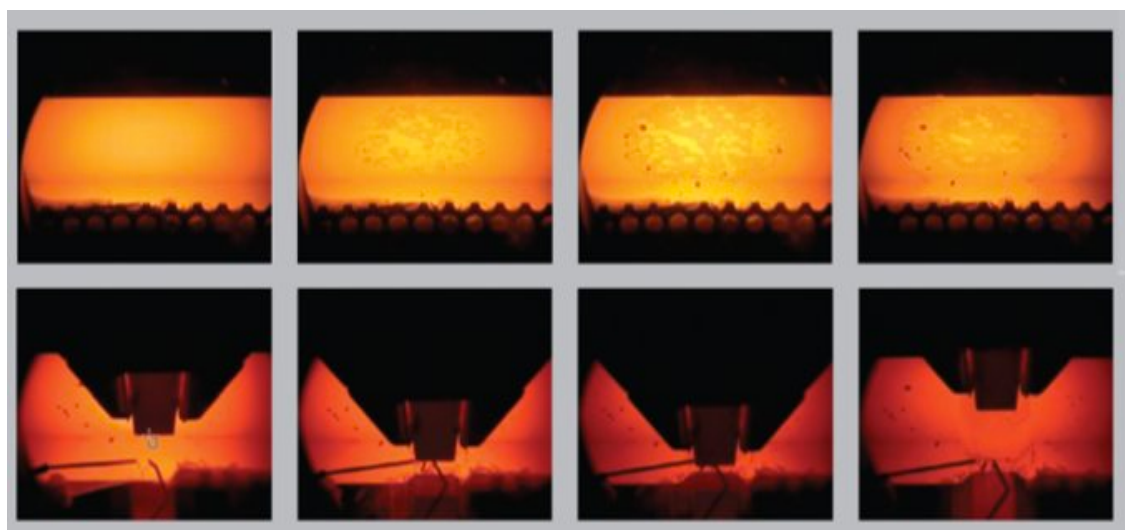


Рисунок 2 – Образец, подвергаемый плавлению, затвердеванию и горячей деформации

В машине используются две компьютерные системы. Одна компьютерная система используется для хранения всех программ HDS-V40 и запуска машины. Второй компьютер используется для создания тестовых программ, загрузки программ в управляющий компьютер, сбора всех данных от измерительных систем на машине, а также анализа и печати данных. Управляющий компьютер является автономным и может управлять машиной независимо от второго компьютера. Это позволяет отображать данные предыдущих тестов с использованием второго компьютера, в то время как новый тест выполняется с использованием управляющего компьютера. Кроме того, машиной можно управлять вручную с помощью органов управления на передней панели консоли управления [2].



Ни одна другая система не предлагает такой гибкости для моделирования плавления, затвердевания и деформации столь разнообразными способами. HDS-V40 может выполнять плоскую деформацию и моделировать деформацию в различных частях зоны расплава – либо в полутвердом материале, либо в предварительно расплавленном и повторно затвердевшем материале. Моделирование может выполняться в контролируемой атмосфере. Кроме того, деформационные наковальни имеют отдельные элементы управления нагревом, так что температуру наковальни можно регулировать независимо от образца. Это позволяет оператору имитировать температуру валков при их контакте с пластиной. Дополнительный лазерный дилатометр позволяет собирать данные о трансформации по мере охлаждения образца.

Приложения HDS-V40 включают:

- моделирование прямой прокатки;
- горячая деформация – моделирование многоклетевого прокатного стана;
- моделированиековки с несколькими ударами;
- моделирование полутвердой прокатки.

HDS-V40 может выполнять плавление, затвердевание и горячую деформацию образца на месте в одном эксперименте, что позволяет моделировать любой из этих процессов, от непрерывной разливки до прокатного стана горячей прокатки.

Возможности HDS-V40:

- непрерывное литье – прямая прокатка, восстановление стержней из жидкого металла, моделирование горячей прокатки и горячейковки;
- прямой нагрев сопротивлением для высокой скорости нагрева и точного управления;
- скорость деформации от 1,7 м/с до 0,1 мм/с;
- моделирование может выполняться на воздухе, в вакууме или в инертном газе;
- охлаждение на месте в любое время во время моделирования;
- восемь каналов теплового и механического контроля;
- точная цифровая система управления;
- 16 каналов сбора данных со скоростью до 50 000 отсчетов/сек [2].

На сегодняшний день системами физического моделирования Gleeble оснащены многие технические университеты и передовые промышленные предприятия во всем мире. Имеются они также в нескольких технических университетах России, однако в Беларуси они отсутствуют. Приобретение такого оборудования существенно повысило бы научный потенциал БНТУ, оно являлось бы востребованным инструментом проведения научных исследований и хозяйственных работ всеми выпускающими кафедрами и лабораториями механико-технологического факультета.

Лабораторный комплекс HDS-V40 дает новые разнообразные возможности по исследованию проектированию и совершенствованию технологических режимов прокатки при высоких скоростях, разнообразных температурных диапазонах и видах окружающей среды. Система снабжена цифровой СУ, что предоставляет возможность для точного контроля параметров.

### Список использованных источников

1 Физическое моделирование процессов производства горячекатаного листа с уникальным комплексом свойств [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/fizicheskoe-modelirovanie-protsessov-proizvodstva-goryachekatanogo-lista-s-unikalnym-kompleksom-svoystv/viewer>. – Дата доступа: 02.04.2022.

2 HDS-V40 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gleeble.com/products/specialty-systems/gleeble-hds-v40.html>. – Дата доступа: 03.04.2022.

## Электровысадка и ее особенности

Студент группы 10402220 Мороз В.И.  
Научный руководитель – Томило В. А.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Электровысадка – это процесс горячей штамповки, при котором заготовка деформируется в матрице между неподвижными контактами. Эта операция представляет собой комбинацию двух процессов, таких как: деформация и электронагрев. Особенностью этого процесса является то, что благодаря зональному нагреву заготовки (нагревается только концевая часть заготовки), при помощи этой операции можно производить значительный набор материала на относительно тонких прутках или тонкостенных трубах. На производстве этот процесс используется в качестве предварительной операции перед штамповкой.

Номенклатура деталей невелика. Электровысадкой изготавливаются детали из трудно деформируемых сплавов и металлов – высокопрочных, легированных и жаропрочных сплавов. Методом электровысадки изготавливаются поковки сплошного и трубчатого сечения диаметром до 100 мм, а также асимметричные заготовки. В настоящее время производят заготовки клапанов, полуосей автомобилей, лопаток турбин и других деталей в различных областях машиностроения. Электровысадкой можно получать достаточно точные детали, не требующие дальнейшей механической обработки!

Классификация деталей делится на: 4 группы. К первой группе относятся стержневые поковки с утолщенными концами, полученные путем свободной посадки. Второй относится к утолщениям как на конце, так и в середине стержня, требуется упорный электрод с упорным винтом. Ну и третий включает в себя поковки, изготовленные из заготовок трубчатого сечения, он также требует тонкой настройки оборудования и использования блока матриц. К четвертому я отношу стержневые поковки с фигурными утолщениями на концах и сложными поперечными сечениями. Для этой группы используется сложное технологическое оборудование: фасонные упорные электроды [1].

Этот процесс происходит на кривошипно-шатунных прессах с револьверной стойкой. Для электрического разряда необходимо: удельное давление 10–15 кГ/мм<sup>2</sup>, скорость перемещения пуансона от 2 до 4 мм/сек. Мощность оборудования достигает 800 кВА, наибольший диаметр сплошной заготовки составляет 75 мм, полый заготовки – 150 мм, максимальная производительность – до 750 кг/ч.

Машина электровысадки делятся на несколько типов.

Первый тип горизонтальный с универсальным гидравлическим приводом с подвижным концевым контактом, используемый для посадки концов и средней части заготовок.

Второй тип вертикальный пневматический с подвижным концевым контактом и электромеханическим контактором, используемый для сквозной высадки концов с фасонным фланцем.

Третий тип включает горизонтальный пневматический с подвижным концевым контактом и контакторными тиристорами, используемый для высадки средней части заготовки, и четвертый вертикальный гидравлический с подвижным концевым контактом, используемый для высадки встык.

Во время процесса высокоамперный ток накаливания проходит через посаженную секцию стержней, ограниченную контактными электродами с различными потенциалами при низком напряжении. Из-за высокой плотности тока и сопротивления заготовки посадочная часть стержней нагревается. Одновременное продвижение гидравлического цилиндра создает накопление объема. С увеличением объема материала расстояние между электродами

увеличивается. В то же время электрод наковальни должен сместиться, чтобы освободить место для растущего объема. Как и везде, существуют требования к важным деталям: к матрице, контакту упорного электрода, вставке радиального электрода. Матрица изготовлена из порошкового материала. Все детали лучше изготавливать не из немагнитных материалов. Смазка наносится кистью, ее избытка допускать нельзя, тогда это может привести к образованию трещин на поверхности матрицы и ее рассасыванию через некоторое время [2].

Электровысадка заготовок позволяет избежать дополнительного нагрева в печи перед формованием заготовки, поскольку, нагрев осуществляется непосредственно на электровысадочной машине, кроме того, во время этого процесса нагревается только деформируемая часть заготовки. Он обладает рядом преимуществ: постоянная готовность к эксплуатации, отсутствие необходимости в нагреве, отсутствие загрязнения окружающей среды, отсутствие теплового излучения, выбросов дыма и выхлопных газов. Фундаменты не нужны для электросварочных аппаратов, также наблюдается значительное снижение образования накипи, длительный срок службы оборудования [3].

В заключение можно сказать, что электровысадка в наше время является одной из самых востребованных и важных операций среди всех операций по обработке металлов давлением. Важными требованиями к этому процессу являются: производительность, универсальность, экономическая эффективность, надежность. Эта операция является инновационной.

#### **Список использованных источников**

1. Энциклопедия / К. С. Колесников [и др.]. – М.: Машиностроение, 1994. – 534 с.
2. Ковка и штамповка: Справочник горячая штамповка / Е.И. Семенов [и др.]. – М.: Машиностроение, 1986. – 592 с.
3. Выбор и способы изготовления заготовок для деталей машиностроения / Е.П. Круглов [и др.]. – Казань: Политех, 2015. – 433 с.

## Поперечная прокатка

Студент гр. 10402220 Копейко В.Д.  
 Научный руководитель – Томило В.А.

Белорусский национальный технический университет  
 г. Минск

Поперечная прокатка – это прокатка, при которой оси двух или трех вращающихся в одну сторону валков и ось вращающейся в противоположном направлении заготовки параллельны или расположены в одной плоскости (рисунок 1). Формоизменение при поперечной прокатке осуществляется в гладких или профилированных валках в результате уменьшения сечения всей или отдельных участков заготовки и удлинения раската вдоль продольной оси. Поперечная прокатка применяется для изготовления тел вращения постоянного или периодического профиля и специальных изделий, например, зубчатых колес на деталях прокатных станках. При проектировании процессов поперечно-клиновой прокатки геометрия клина инструментов адаптируется к желаемой заготовке, чтобы избежать дефектов материала во времяковки.

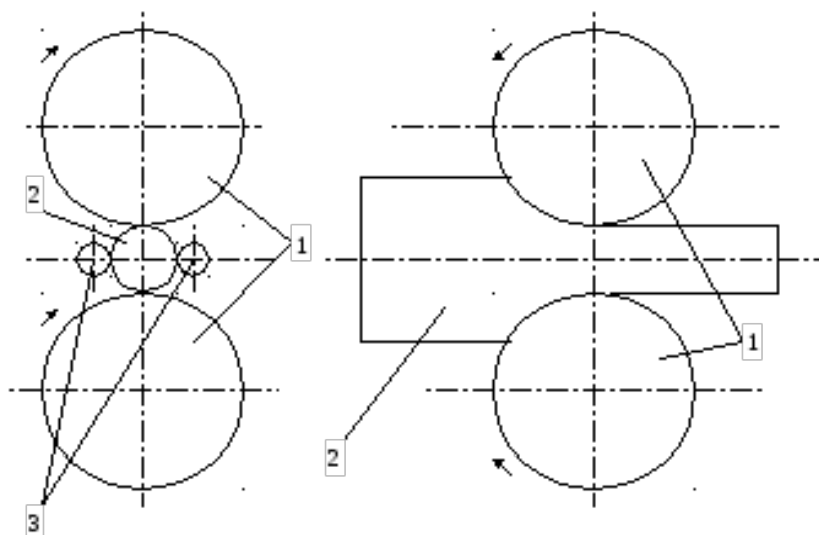


Рисунок 1 – Поперечная прокатка:  
 1 – валки; 2 – заготовка; 3 – оправка

В настоящее время поперечно-клиновая прокатка в основном используется для стальных материалов. Текущая исследовательская работа должна обеспечить возможность применения в будущем для легких металлов, таких как алюминий и титан. Комбинации материалов в одном компоненте также скоро станут возможными.

В то время какковка осуществляется в промышленных масштабах на прессах, поперечно-клиновая прокатка осуществляется на независимых машинах. Эти машины, в основном с круглыми валками.

### *Основы поперечно-клиновой прокатки*

При поперечно-клиновой прокатке цилиндрические полуфабрикаты или заготовки перерабатывают во вращательно-симметричные модели в непрерывном процессе прокатки, которые имеют переменный диаметр вдоль своей оси. Таким образом могут быть получены промежуточные формы с определенным распределением массы. Уменьшение площади

поперечного сечения создается клиновидными инструментами, которые движутся в противоположных направлениях и имеют отрицательную форму целевой геометрии. Поток материала происходит в основном в осевом направлении, что вызывает удлинение заготовки. По возможности начальное сечение должно соответствовать наибольшему диаметру прокатываемой детали [1].

#### *Возможности и направления развития поперечной прокатки*

Предварительное распределение массы может быть достигнуто с помощью поперечных клиновидных роликов с коэффициентом использования материала до 100 %. Традиционно, таким образом могут быть реализованы осесимметричные компоненты с накоплением массы вдоль оси вращения. Из-за хорошего использования материала прокатка с поперечными клиньями является популярным процессом предварительного формования при объемном формовании. Ганноверский институт интегрированного производства (IPH) занимается не только классической поперечно-клиновой прокаткой вращательно-симметричных деталей с круглым поперечным сечением, но также и деталями с некруглым поперечным сечением, которые производятся с помощью поперечной прокатки. Возможными формами поперечного сечения являются, среди прочего, овальная, квадратная или многоугольная. Кроме того, исследуется возможность изготовления эксцентров с использованием поперечных клиновидных роликов – т.е. буртиков, смещенных на определенное расстояние от главной оси.

В дополнение к возможностям формования поперечно-клиновой прокаткой проводится все больше и больше исследований с целью расширения ассортимента материалов для поперечно-клиновой прокатки. В промышленности катаные детали в основном изготавливают из стали типа 42CrMo4 и 38MnVS6. Современный уровень техники заключается в прокатке при температурах от 1050 °C до 1250 °C – в так называемом теплом температурном диапазоне. Текущие результаты исследований показывают, что поперечно-клиновая прокатка также подходит для полугорячих температур от 950 °C до 650 °C. Хотя в этом случае возникают большие силы формования, экономия энергии, необходимой для нагрева, очень велика. Кроме того, можно добиться значительно лучшего качества поверхности, чем при горячей прокатке или ковке. Пример шероховатости поверхности иллюстрирует это: при горячей ковке в лучшем случае можно получить 40 мкм, а при горячей ковке возможны 20 мкм.

Алюминий прокатывают редко, например сплавы EN AW-6082 и EN AW-7075. Адгезия алюминия к клину качения, поверхностные дефекты на части качения и необходимая закалка клина качения – это лишь некоторые из задач, которые необходимо решить. Однако тот факт, что предварительная формовка без облоя возможна с использованием поперечно-клиновой прокатки, является большим преимуществом, особенно при ковке алюминия. Потому что обычные этапы предварительного формования в ковочном штампе связаны с высокой долей заусенцев – даже больше, чем со сталью [1].

#### **Список использованных источников**

1. Основы поперечно-клиновой прокатки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.iph-hannover.de/de/information/umformtechnik/walzen>. – Дата доступа: 03.04.2022.

**Влияние химического состава на магнитные свойства электротехнической стали,  
полученной методом совмещенного литья–прокатки**

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

Бестекстурная электротехническая сталь представляет собой магнитомягкий сплав железа с кремнием с низким содержанием углерода. Она используется главным образом в качестве материала сердечников роторов электродвигателей и генераторов. В последние годы широкое использование бытовой техники и электротранспортных средств привели к повышению требований к характеристикам электротехнической стали. Петля гистерезиса магнитомягких материалов должна быть как можно более узкой и высокой для снижения потерь на перемагничивание. Значение их коэрцитивной силы  $H$  должно быть низким, а магнитная проницаемость ( $\mu = B/H$ , где  $B$  – индукция) иметь высокое значение.

На магнитные свойства электротехнической стали влияет ее химический состав, размер зерна, кристаллическая текстура и включения [1, 2].

*1. Влияние титана на магнитные свойства электротехнической стали*

В работе [1] исследовали влияние содержания титана на свойства электротехнической стали. Химические составы образцов экспериментальных сталей приведены в таблице 1. Химический состав образца 1 соответствовал составу товарной электротехнической стали. Для изучения влияния титана на ее микроструктуру и свойства вводили от 0,002 %, до 0,118 % Ti. Химические составы экспериментальных сталей приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Химические составы экспериментальных сталей

№ образца	C, %	Si, %	Mn, %	P, %	S, %	Als, %	Ti, %	N, %	O
1	<0.001	0.30	0.29	0.100	0.0042	0.27	≤0.001	0.0013	0.0032
2	<0.001	0.32	0.30	0.098	0.0041	0.28	0.002	0.0015	0.0018
3	<0.001	0.33	0.28	0.098	0.0045	0.26	0.004	0.0013	0.0010
4	<0.001	0.32	0.30	0.097	0.0042	0.26	0.005	0.0013	0.0024
5	<0.001	0.32	0.29	0.098	0.0042	0.27	0.009	0.0014	0.0022
6	<0.001	0.28	0.29	0.098	0.0044	0.27	0.015	0.0013	0.0011
7	<0.001	0.29	0.28	0.100	0.0042	0.26	0.042	0.0012	0.006
8	<0.001	0.32	0.30	0.098	0.0045	0.28	0.072	0.0013	0.0032
9	<0.001	0.29	0.29	0.097	0.0042	0.27	0.118	0.0011	0.0012

Бестекстурную электротехническую сталь с различным содержанием титана получали методом вторичной холодной прокатки и отжига. Результаты исследований влияния легирования титаном на микроструктуру и магнитные свойства электротехнической стали приведены на рисунках 1 и 2.

На рисунке 1 показана зависимость между потерями на перемагничивание в переменном магнитном поле и содержанием титана. При содержании Ti до 0,015 % (образцы 1–6) размер зерен уменьшается (рисунок 3), а потери в железе находятся в пределах от 4,6 до 5,2 Вт/кг.

W, Вт/кг

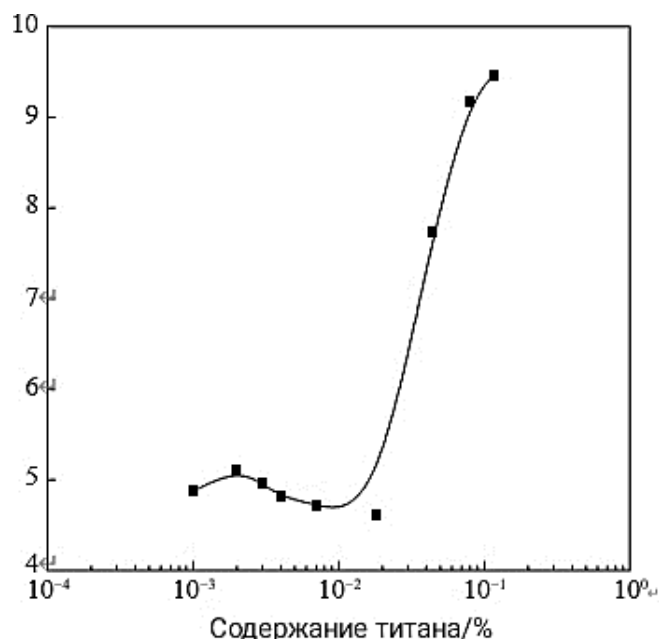


Рисунок 1 – Связь между потерями на перемагничивание (W) и содержанием титана

При содержании титана выше 0,015 % (образцы 7–9), его равноосные зерна меняют форму на деформированную, а количество включений в стали увеличивается, что приводит к значительному увеличению потерь на перемагничивание.

B, Тл

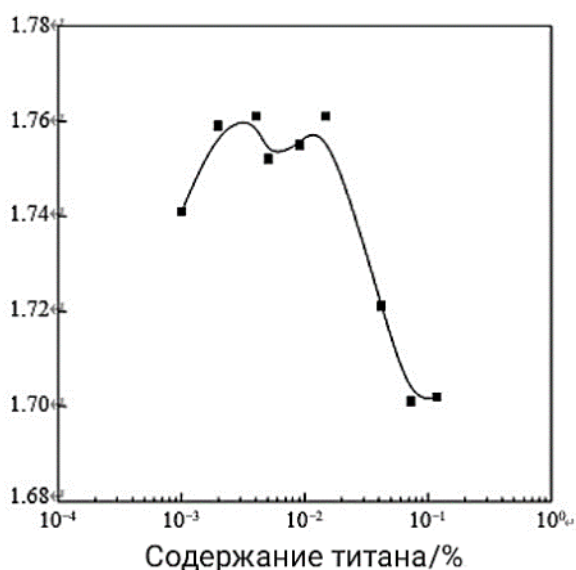


Рисунок 2 – Влияние содержания титана на индукцию насыщения B

Индукция насыщения B стали сначала колеблется с увеличением содержания титана, а затем сильно снижается, как показано на рисунке 2. Когда содержание титана в образце не превышает 0,015 % (образцы 1–6), индукция B поддерживается на относительно высоком уровне, от 1,74 до 1,76 Тл, а при содержании титана более 0,015 %, индукция снижается. При содержании титана более 0,072 %, индукция B составляет 1,70 Тл, а потери на перемагничивание превышают 9,3 Вт/кг.

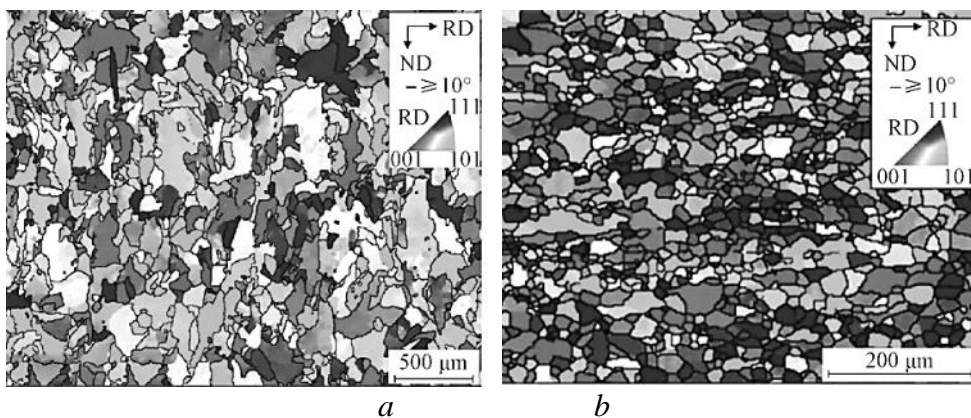


Рисунок 3 – Структура электротехнической стали Fe-0,7 % Si:  
*a* – технология литьё–прокатка; *b* – традиционная технология

Установлено, что средний размер зерна отожженной стали при содержании титана до 0,015 % составляет 350 мкм, а при содержании титана более 0,015 % структура деформирована и характеризуется разнотернистостью, т.е. наличием крупных зерен размерами 60–80 мкм, окруженных зернами размерами от 5 до 30 мкм. При содержании до 0,015 % титан выделяется в виде карбонитрида и располагается по границам крупных зерен, а при содержании титана >0,015 % – в виде железо-фосфида титана в зернах и по границам зерен, препятствуя их росту.

При содержании титана до 0,015 % индукция насыщения стали повышается, что связано с более мелкозернистой ее структурой. Избыточное содержание титана значительно ухудшает свойства стали, поэтому необходимо контролировать содержание титана в шихте (чугуне, стальном ломе) при выплавке стали.

#### 2. Влияние олова или сурьмы на магнитные свойства электротехнической стали

В [2] исследовано влияние отжига на магнитные свойства бестекстурной электротехнической стали с содержанием 2,68% Si (сталь А) и стали, дополнительно содержащей 0,1% Sn (сталь В). Введение Sn привело к снижению потерь на перемагничивание (рисунок 4). Наименьшие потери, составившие 10,2 Вт/кг, были получены отжигом при 900 °С. С повышением температуры отжига разница между потерями в сталях, А и В постоянно снижалась.

W, Вт/кг

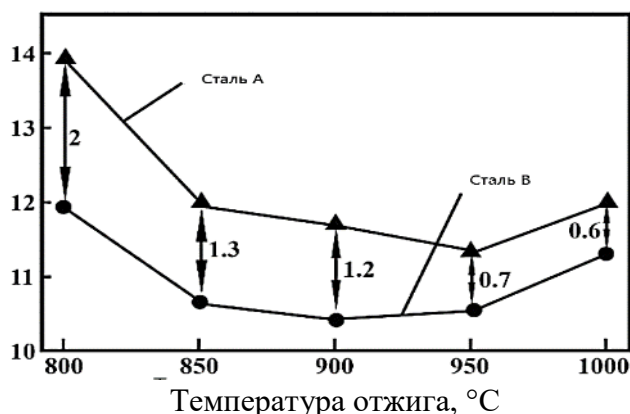


Рисунок 4 – Изменения потерь на перемагничивание при различных температурах отжига

Установлено, что введение 0,075% Sn в сталь с 3%Si снижает потери с 2,26 Вт/кг до 2,00 Вт/кг и повышает индукцию с 1,674 Тл. до 1,729 Тл. Введение Sb в сталь со сверхнизким содержанием серы приводит к сегрегации Sb на поверхности стального листа, и по границам



зерен, тем самым препятствуя азотированию поверхности во время отжига и образованию нитрида алюминия (AlN).

Показано, что на свойства электротехнической стали влияет как ее легирование Ti, Sn или Sb, так и размер зерна, температура нормализации, количество проходов и степень обжата при холодной прокатке, температура окончательного отжига и др. факторы.

Так, использование совмещенной технологии *литья–прокатки* листовой стали на два порядка снижает время ее кристаллизации по сравнению с обычным литьем. Легирующие элементы образуют при этом пересыщенные твердые растворы  $\alpha$ -Fe при отсутствии фазы  $\gamma$ -Fe. Структура прокатанной по совмещенной технологии *литья–прокатки* бестекстурной электротехнической стали состава Fe-0,7% Si показана на рисунке 3. Средний размер зерна составляет около 35 мкм. Повышенная протяженность границ зерен оказывает сильное влияние на снижение потерь на перемагничивание в высокочастотных магнитных полях (до 3 кГц). Это связано с высоким переходным электрическим сопротивлением между зернами ввиду сегрегации Sb или карбонитридатитана по границам зерен, что снижает плотность токов Фуко. Индукция насыщения достигает значений выше 1.80 Т, а потери на перемагничивание не выше 6 Вт/кг.

### **Заключение**

Совмещенная технология *литья–прокатки* имеет существенные преимущества перед обычным процессом прокатки стального листа. Сверхбыстрая кристаллизация при совмещенной прокатке позволяет получить бестекстурную тонколистовую электротехническую сталь с повышенными электромагнитными свойствами и потерями на перемагничивание не выше 6 Вт/кг. Легирование электротехнической стали состава Fe-0,7% Si титаном, оловом или сурьмой, образующих твердые растворы с  $\alpha$ -Fe, позволяют повысить переходные электрические сопротивления между зернами ввиду сегрегации Sb или карбонитридатитана по границам зерен, что снижает плотность токов Фуко в стали в высокочастотных магнитных полях. Снижение потерь позволит повысить КПД электродвигателей, эффективность использования бытовой техники и пробег электротранспортных средств без перезарядки тяговых аккумуляторных батарей.

### **Список использованных источников**

1. Ли, Цзинцай Влияние содержания титана на микроструктуру и магнитные свойства нетекстурированной электротехнической стали / Цзинцай Ли, Янь Синь // Железо, сталь, ванадий и титан, 2021, №42(04). – Р. 156–161.

2. Прогресс исследований олова или сурьмы в бестекстурной электротехнической стали / Шаоян Чу, GAN Yong [и др.] // China Metallurgy: 1-7 [2022-03-15]. DOI: 10.13228 /j. boyuan. issn1006-9356.20210820.

3. Хао. Цзян Развитие технологии прокатки стального листа в Китае. / Хао Цзян; науч. рук. В.А. Зеленин// Литьё и металлургия 2021 [Электронный ресурс]: сборник. научн. работ IV Международной научно-практической интернет конференции студентов и магистрантов, 18–19 ноября 2021 г / ред.: А.П. Бежок, И.А. Иванов. – Минск: БНТУ, 2021 (в печати).

**Листовая штамповка деталей из сплавов на основе алюминия**

Студенты гр. 10402319 Лю Чэнной, Лю Шинань  
Научные руководители – Зеленин В.А., Костюченко Ю.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Листовая штамповка алюминиевых сплавов отличается от традиционной штамповки, например, деталей из стали 08кп.В связи с этим при использовании алюминиевых сплавов применяются наработанные практикой приемы и способы штамповки, обусловленные особенностями пластической деформации алюминиевых сплавов.

Прежде всего, для выбора основных легирующих элементов литых алюминиевых сплавов необходим анализ их влияния на свойства сплавов, в основном влияния температуры на процессы их окисления. Затем анализ информации об экономической и практической целесообразности использования алюминиевых сплавов при изготовлении соответствующих изделий [1].

*1 Свойства алюминиевых сплавов*

1 Плотность 2,73 г/см<sup>3</sup>, около трети от плотности стали. Температура плавления ~ 660 °С.

*2 Механические свойства:*

– алюминиевые сплавы имеют более низкие значения относительного удлинения по сравнению со сталями, т.е. они менее пластичны;

– соотношения предела прочности к относительному удлинению ( $\sigma/\delta$ ) и предела прочности к плотности ( $\sigma/\rho$ ) у них выше, чем у сталей;

– коэффициент вытяжки при штамповке ниже, чем у сталей;

– антикоррозионные свойства выше, чем у углеродистых сталей;

– листы толщиной 0,5–5 мм легко обрабатываются холодной или горячей штамповкой.

3 Поскольку алюминиевые сплавы обладают такими преимуществами, как меньшая плотность, высокая электро- и теплопроводность, устойчивость к коррозии, то они широко используются в промышленности.

*2 Деформируемые алюминиевые сплавы*

Деформируемые алюминиевые сплавы имеют низкую плотность и достаточно высокую пластичность, обеспечивающую их переработку давлением в различные детали, которые широко используются в промышленности, наряду с изготовляемыми из сталей. Некоторые алюминиевые сплавы приобретают высокие механические и антикоррозионные свойства в результате термообработки. Сплавы системы Al-Cu-Mg обычно содержат небольшое количество Mn, который повышает их механические свойства при термообработке, но снижает пластичность.

Сплавы системы Al-Cu-Mg-Zn при термообработке приобретают высокую твердость, но имеют низкую коррозионную стойкость и при высоких температурах быстро размягчаются. Алюминиевые сплавы системы Al-Zn-Mg-Si, которые содержат много легирующих элементов, но в небольших концентрациях, имеют высокую термопластичность, наиболее удобны дляковки и штамповки.

*3 Влияние температуры на штамповку алюминиевых сплавов*

Температура является важным фактором процесса штамповки алюминиевых сплавов. Нарушение температурных режимов может вызвать деформацию и коробление изготовляемых деталей, дефекты на их поверхностях и др. проблемы с деталями. При различных температурах структура и пластичность алюминиевого сплава также постоянно меняется.

Для штамповки металлов и сплавов с небольшой температурой начала штамповки (алюминиевые и магниевые сплавы), а также и для штамповки крупных поковок, которые нельзя получить на другом оборудовании из-за недостатка мощности, используют гидравлические прессы [2].

Ковка и штамповка сплавов типа дуралюмина проводится при температуре около 380 °С. Так как сопротивление деформации сплавов на алюминиевой основе в области температур горячей обработки давлением довольно высокое, степень деформации при свободной ковке равна 3–5 %, а при безоблойной штамповке – 2–3 %. Чтобы зерна структуры получились одинаковыми по величине, нельзя допускать снижения температуры ниже заданного предела.

Дляковки и штамповки применяют алюминиевые сплавы АК (АК1, АК6, АК8 и т.д.), обладающие высокой пластичностью при температурахковки. Ковку и штамповку сплавов проводят при 450–475 °С. Ряд деталей, изготавливаемых литьем или штамповкой из алюминиевых сплавов, работает при температурах порядка 200–300 °С и даже 350 °С (например, поршень, головка цилиндра и т. п.).

Многие алюминиевые сплавы хорошо куется при температурах 400–480 °С. К ним относятся дуралюмины марок Д1, Д6, Д16, а также сплавы типа АК (алюминиевые ковкие) АК2, АК4, АК6, АК9 (силумин) и др. Эти алюминиевые сплавы обладают повышенной прочностью и могут принимать закалку. Из таких сплавов путемковки и штамповки изготавливают ответственные детали для автомобилей, тракторов (например, поршни), самолетов и кораблей.

Применяемые для этих целей алюминиевые сплавы легируют такими элементами, как Cu, Mg, Ni, Ti. Для получения необходимых свойств эти сплавы подвергают закалке (перевод избыточных фаз в твердый раствор) и затем искусственному старению (стабилизация структурного состояния). Чем сложнее состав сплава и состав выделяющихся фаз, тем медленнее происходит разупрочнение сплава при высоких температурах. Поэтому жаропрочные сплавы обычно имеют сложный химический состав. Ковкие алюминиевые сплавы отличаются высокой пластичностью при температурахковки и штамповки (450...475 °С) и удовлетворительными литейными свойствами. Закалку проводят при 515–525 °С с охлаждением в воде, старение при 150...160 °С в течение 4–12 ч [3].

#### 4 Штамповка деталей автомобилей из алюминиевых сплавов

Использование алюминиевых сплавов позволяет максимально уменьшить собственный вес автомобиля при сохранении его прочности и безопасности, тем самым улучшить маневренность, снизить расход топлива и загрязнение среды выхлопными газами (рис. 1).

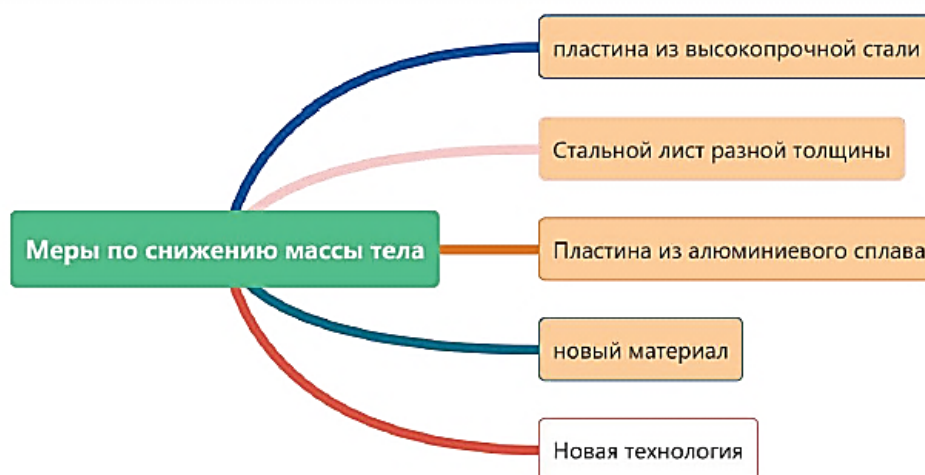


Рисунок 1 – Меры по снижению массы автомобиля

Наиболее распространенными узлами и деталями из алюминиевых сплавов, применяемыми в автомобилях, являются:

- полностью алюминиевый двигатель;
- цельноалюминиевый кузов, наиболее распространенной является Audi A8 (рисунк 2);
- ступица колеса;
- детали подвески, поворотные рычаги, и др. (рисунк 3).
- капот, багажники на крышу и др.



Рисунок 2 – Автомобиль и полученные штамповкой детали из алюминиевых сплавов, используемые в его производстве

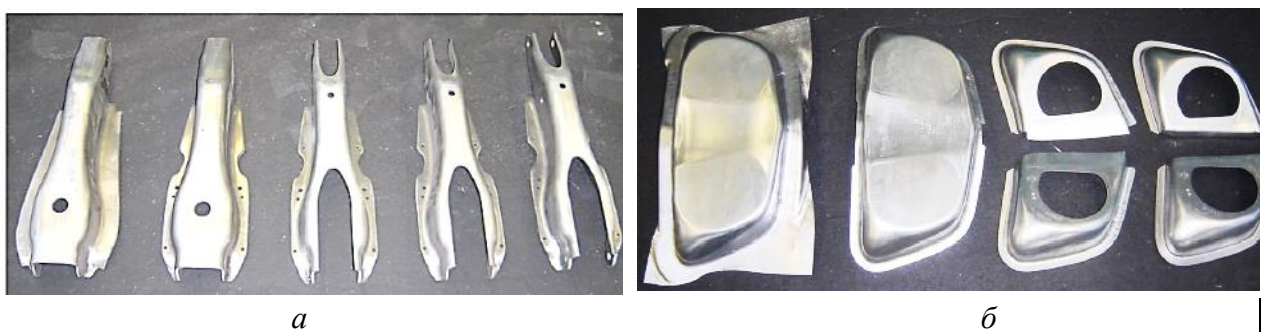


Рисунок 3 – Детали из алюминиевых сплавов, полученные штамповкой:  
а – в 5 этапов; б – в 4 этапа

### 5 Особенности процесса штамповки деталей из алюминиевых сплавов

- 1) Угол изгиба при вытягивании должен оставаться  $\alpha = 15 \sim 30^\circ$  (рис.4), если он больше, то теряется устойчивость тонкостенной оболочки детали

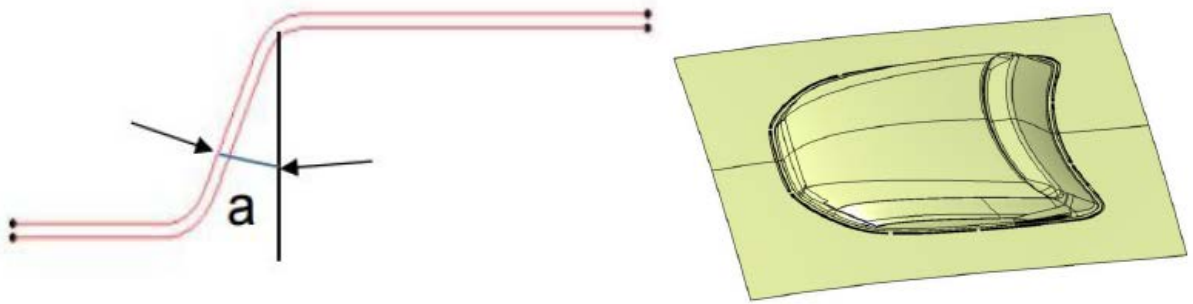


Рисунок 4 – Угол изгиба  $\alpha$  при штамповке капота из сплава алюминия составляет  $15\sim 30^\circ$

2) Радиус закругления штампа  $R$  должен быть, где  $t$  – толщина листа (рис. 5).

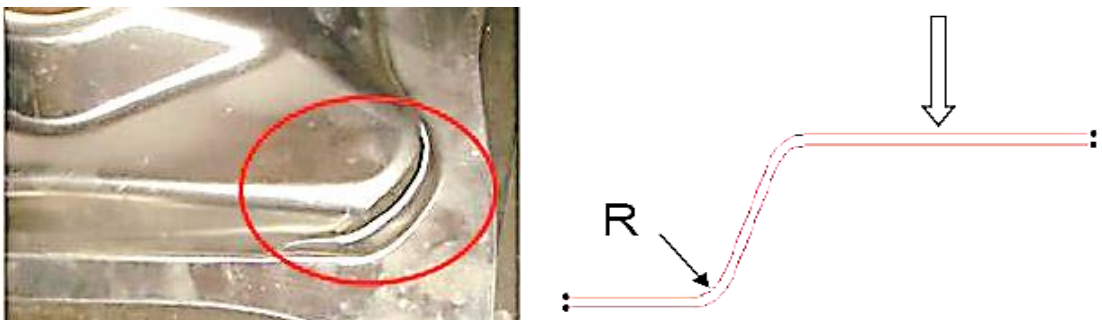
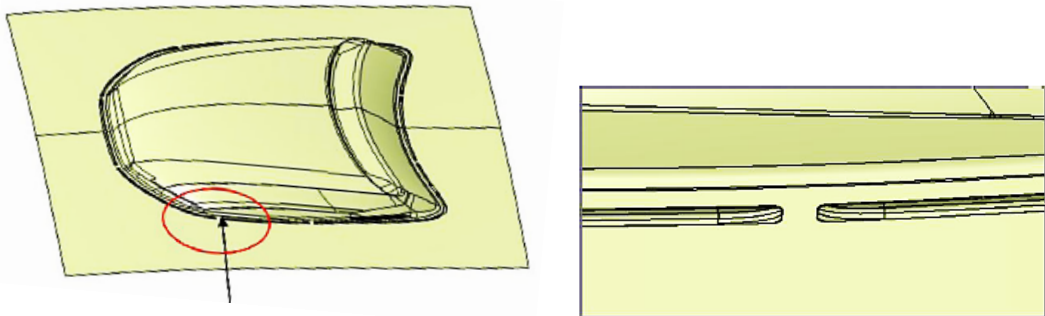


Рисунок 5 – Радиусы закругления пуансонов  $R \geq 3t$

3) Накладки: в местах подрезки бортика нарезки не делайте, разделяйте их, переход концов валиков должен быть плавным (рис. 6).



Вытягивание

Рисунок 6 – Разделение и закругление концов валиков для накладок

### 6 Преимущества деталей из сплавов на основе алюминия

Кузова автомобилей из алюминиевых сплавов имеют ряд преимуществ. Они более эффективны, чем традиционные стальные кузова, поскольку снижают массу автомобиля и таким образом улучшают его маневренность и снижают потребление топлива.

Другая причина, по которой алюминиевый кузов лучше, заключается в сокращении выброса загрязняющих веществ, поскольку до 99 % алюминиевых отходов может быть вторично переработано, что частично компенсирует высокое энергопотребление при восстановлении первичного алюминия из руды. Применение алюминия в производстве кузова

позволяет уменьшить вес автомобиля на 20–30 %, а также снизить потребление топлива на 10 %, т.е. ~ 0,5 литра на 100 км.

На поверхности алюминия на воздухе быстро образуется плотный слой полупрозрачного оксида, который защищает его от дальнейшего окисления и коррозии. При толщинах листа 1–5 мм алюминий обладает высокой прочностью, достаточной для изготовления кузова или его частей. При сравнительно низких затратах энергии из алюминия производят изделия различных геометрических форм и размеров, качество и точность изготовления которых позволяют сразу использовать их по прямому назначению. Алюминий обладает высокой энергией поглощения, что повышает пассивную безопасность кузова.

#### **Список использованных источников**

1. Чирин, Бай. Исследование и применение алюминиевых сплавов / Бай Чирин // Шестидисковый педагогический колледж, Китай. Классификация китайских книг: TG146 1671-4792 (2015) 12-0018-03.
2. Чжонан, Лю. Применение алюминиевых сплавов в технике // Лю Чжонан, Шэй Шуйшуй. – Изд. металлургической промышленности, Пекин. – 2004.
3. Сики, Хао О влиянии температуры на технологии обработки алюминиевого сплава / Хао Сики, Су Гунгю, Ю Лили, Лю Джинлонг // Частная техника, 2012.

Студенты гр. 10402319: Су Сяодун, Фан Цзинчи, Го Кэ  
 Научный руководитель – Зеленин В.А.  
 Белорусский национальный технический университет  
 г.Минск

Способ равноканального углового деформирования (РКУ) был разработан В.М. Сегалом и основан на деформации образцов простым сдвигом [1]. Он позволяет проводить пластическую деформацию различных материалов экструзией через два канала, пересекающихся обычно под углом  $90^\circ$  без изменения их поперечного сечения, как при нормальной, так и при повышенной температуре.

В 1990-х годах метод РКУ был всесторонне изучен и использован в качестве способа получения наноструктурированных материалов. Пластическая деформация является эффективным способом получения различных изделий с улучшенной микроструктурой. РКУ имеет свои уникальные преимущества: в процессе экструзии размер заготовки сохраняется практически неизменным, но многократное ее деформирование позволяет получить ультрамелкозернистую структуру.

Одним из новых способов улучшения свойств биметаллической сталемедной проволоки является метод РКУ-протяжки (РКУП) [2]. Данный метод осуществляется с помощью многократного пропускания проволоки через специально разработанный инструмент, схема которого представлена на рисунке 1.

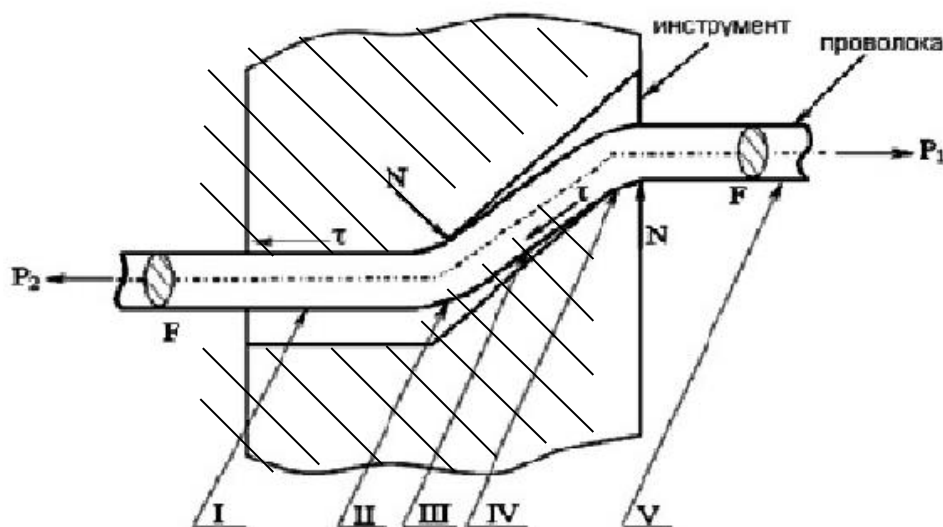


Рисунок 1 – Принципиальная схема процесса РКУ-протяжки [2]:  
 $P_1$  – сила волочения;  $P_2$  – сила натяжения;  $\tau$  – контактное трение

Непрерывность процесса деформационной обработки обеспечивается сочетанием РКУ-протяжки с традиционным способом волочения проволоки.

С целью обеспечения эффективности и технологической стабильности РКУ-протяжка реализуется при неполном заполнении канала инструмента проволокой, которая в процессе обработки сохраняет неизменной площадь поперечного сечения  $F$  и последовательно проходит следующие зоны технологического инструмента (рисунок 1):

- зону свободного входа проволоки в инструмент I;
- зону упругопластического контакта и изгиба в области пересечения каналов II;

- межочаговую зону III;
- зону упругопластического контакта и изгиба проволоки при выходе из инструмента IV;
- зону свободного выхода проволоки из инструмента (область V).

#### *Типы процессов РКУП*

Технологические маршруты РКУП можно разделить на 3 вида, а именно: маршрут А, В и С; в зависимости от направлений вращения обрабатываемой заготовки маршрут В подразделяется на В<sub>а</sub> и В<sub>с</sub> (рисунок 2).

Маршрут А: Ориентация заготовки в форме не меняется при каждом проходе.

Маршрут С: Заготовку поворачивают на 90° вокруг осевого направления после каждого прохода через форму.

Маршрут В<sub>с</sub>: Заготовку поворачивают на 90° по часовой стрелке вокруг осевого направления после каждого прохода через форму.

Маршрут В<sub>а</sub>: после каждого прохода через форму заготовку попеременно поворачивают на 90° по часовой стрелке и на 90° против часовой стрелки вокруг оси.

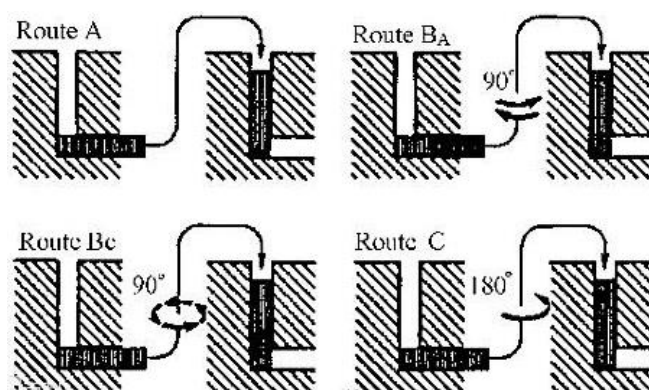


Рисунок 2 – Технологические маршруты РКУП

В последние годы на основе исследований процесса РКУП созданы технологии упругопластической деформации многоуглового процесса РКУП и непрерывного процесса РКУП.

В зависимости от направления потока экструзии в многоугловой головке РКУП могут быть реализованы три основных технологических маршрута.

В установке, схематически изображённой на рисунке 3, приведены 3 схемы гидроэкструзии полимерных материалов. При количестве волок, равном 8 (схема 3), углы пересечения каналов составляют  $\theta_1 = \theta_7 = 75 \dots 80^\circ$ ,  $\theta_2 = \theta_3 = \theta_4 = \theta_5 = \theta_6 = 60 \dots 70^\circ$ .

#### *Непрерывный процесс деформации РКУП и прокатки*

Комбинирование процессов РКУ прессования и прокатки привело к созданию способа непрерывной равноканально-углового прессования и прокатки, представленной на рисунок 4 [3].

При этом исходная заготовка в виде тонкой полосы подается в зазор между двумя валками и подвергается обжатю. Затем деформируемый материал поступает в выходной канал, где толщина полосы восстанавливается до исходного значения.



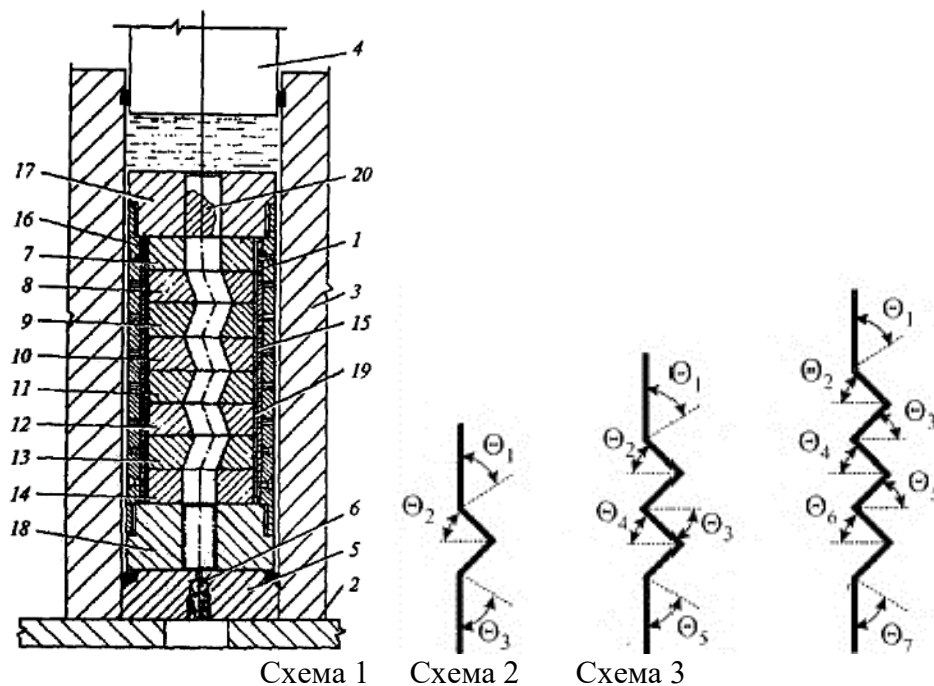


Рисунок 3 – Схемы равноканальной многоугловой гидроэкструзии полимеров:  
 1 – компакт блок; 2 – траверса пресса; 3 – контейнер; 4 – плунжер;  
 5 – матрицедержатель; 6 – перепускной клапан; 7 – 14 – волокна; 15, 16 – шпонки;  
 17, 18 – опорные элементы; 19 – шпоночный паз; 20 – заготовка

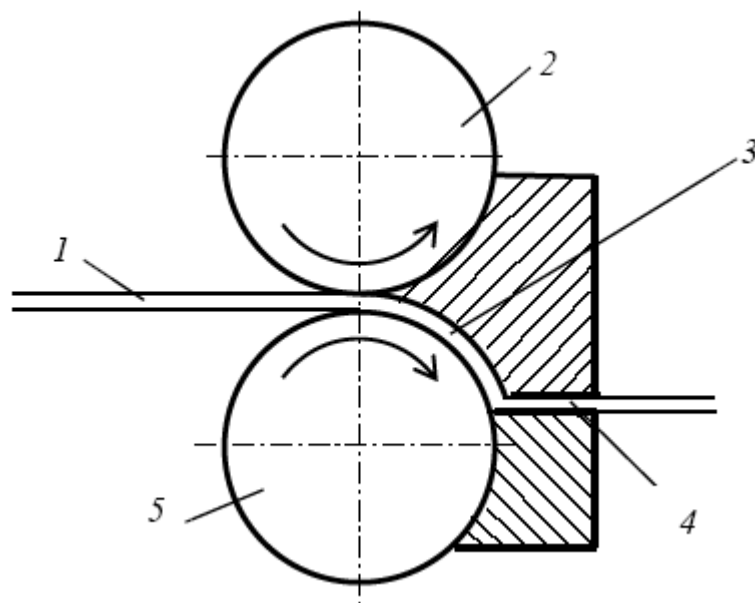


Рисунок 4 – Схема комбинирования прокатки РКУП:  
 1 – полоса; 2 – направляющий валок; 3 – зазор;  
 4 – выходной канал; 5 – подающий валок

*Факторы, влияющие на физико-механические свойства полимеров*

1. *Влияние строения и молекулярной массы.* Структура макромолекулярных цепей оказывает большое влияние на прочность полимерных материалов. Предел прочности полимерного материала зависит от силы химической связи атомов основной цепи и сил межмолекулярного взаимодействия. Увеличение полярности или образование водородных

связей повышает прочность. Сшивание молекул повышает прочность полимера, но если степень сшивания слишком велика, то материал становится хрупким. Ветвление макромолекул разрушает регулярность цепи и снижает кристалличность, а также увеличивает межмолекулярное расстояние и уменьшает Ван дер Ваальсовы силы межмолекулярного взаимодействия. Молекулярная масса является структурным параметром, который играет решающую роль в механических свойствах (включая прочность, эластичность и ударную вязкость) полимерных материалов. Чем она выше, вплоть до  $(5-7) \cdot 10^6$  к.е.м., например у сверхвысокомолекулярного полиэтилена, тем выше его физико-механические свойства.

2. *Влияние кристаллизации и ориентации макромолекул.* Образование микрокристаллитов также, как и сшивание макромолекул, увеличивает прочность на растяжение, на изгиб и модуль упругости полимера, но снижает его ударную вязкость. При упорядоченном расположении молекул, т.е. ориентации их в направлении приложения внешних сил, увеличивается доля основных связей макромолекул, что повышает прочность полимера от нескольких раз до десятков раз.

3. *Влияние остаточных напряжений.* Концентрация напряжений происходит в основном по трещинам, пустотам, зазорам и примесям в полимерном материале. При воздействии внешних сил напряжения вблизи этих дефектов возрастают, превышая десятки и даже в сотни раз среднее значение, что приводит к разрушению изделий.

4. *Влияние пластификаторов.* Пластификаторы представляют собой низкомолекулярные жидкие или твердые органические соединения. Добавление пластификаторов разбавляет полимер и уменьшает энергию связей между полимерными цепями, тем самым снижая прочность и увеличивая пластичность. В связи с этим их вводят в полимерные компаунды для повышения пластичности и для снижения низкотемпературной хрупкости.

5. *Влияние внешних условий.* Прочность на растяжение и предел текучести полимеров увеличиваются с увеличением скорости их деформирования. Пластическая деформация полимера как вязкоупругого материала представляет собой процесс релаксации напряженного состояния путем перемещения сегментов макромолекулярных цепей. При высоких скоростях растяжения процесс деформирования контролируется скоростью распрямления сегментов цепи. В связи с этим требуется большая внешняя сила, чтобы полимер стал текучим, т.е. предел текучести материала увеличивается.

При повышении температуры нагрева полимера сегменты цепи перемещаются при меньших внешних нагрузках, т.е., предел их текучести уменьшается. Наоборот, понижение температуры уменьшает сегментную подвижность, и при воздействии высоких внешних сил происходит хрупкое разрушение полимера.

#### *Перспективы применения РКУ*

Метод РКУ применяется для получения высокоплотных наноструктурированных материалов с высокой морфологической однородностью зерна из массивных пластически деформируемых заготовок. Сдвиговая деформация образца происходит при пересечении им области контакта между каналами (рисунок 1). При повторении процедуры РКУП происходит систематическое увеличение деформации, приводящее к последовательному уменьшению размера зерна за счет формирования сетки сначала малоугловых, а затем и высокоугловых границ. Эта особенность метода позволяет подвергать интенсивной пластической деформации не только пластичные, но и труднодеформируемые металлы и сплавы. Угол, под которым пересекаются каналы пресс-формы, имеет большое значение. РКУП может использоваться и для управления кристаллографической текстурой объемных конструкционных материалов.

Уменьшение до субмикронного размера зерна обрабатываемых металлов и сплавов может приводить к значительному улучшению их механических свойств, в частности, к повышению предела прочности и текучести, а также к появлению у них способности к

сверхпластическому деформированию, что представляет большой интерес для современной аэрокосмической промышленности.

Кроме того, были проведены исследования по уточнению микроструктуры РКУП на различных материалах, включая чистые металлы, однофазные сплавы, многофазные сплавы и композиты с металлической матрицей, и были получены хорошие результаты. В настоящее время технология развивается в направлении промышленного применения, такого как резьбовые детали из сплава с высоким содержанием титана, используемые в аэрокосмической области, и поршни двигателей внутреннего сгорания в автомобильной области. Кроме того, гистерезис материала улучшается после большой пластической деформации, и ожидается, что метод РКУП будет использоваться для производства магнитотвердых материалов.

#### **Список использованных источников**

1. Сегал, В.М. Процессы обработки металлов интенсивной пластической деформацией / В.М. Сегал // Металлы. – 2006. – № 5. – С. 130–141.
2. Маньцзюнь, Хэ Факторы, влияющие на фактическую прочность полимеров [М] / Хэ Маньцзюнь [и др.] // Физика полимеров, 3-е издание. Шанхай: Издательство Фуданьского университета, 2006. – №10. – Р. 210–218.
3. Nanomaterials by Severe Plastic Deformation: edited by M.J. Zhetbauere and R.Z. Valiev. Wiley-VCH, Weinheim, Germany, 2004. – 809 с.
4. Рааб, Г.И. Равноканальное угловое прессование по схеме «Конформ» длинномерных наноструктурных полуфабрикатов из титана / Г.И. Рааб, Р.З. Валиев // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка металлов давлением. – 2008. – № 1. – С. 21– 27.

Студенты гр. 10402319: Лю Сяошэн, Чжан Ци  
Научный руководитель – Зеленин В.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Содержание алюминия в земной коре достаточно велико, а сплавы на основе алюминия легкие, нетоксичные и технологичны в переработке, что отвечает требованиям к разрабатываемым экологически чистым материалам [1]. Алюминиевые сплавы находят широкое применение в сферах транспорта, обороны и безопасности [2, 3].

Для снижения массы аэрокосмических аппаратов их топливные баки и другие конструктивные элементы в процессе оптимизации приобрели сложнопрофильные специальные формы [4], что привело к росту спроса на различные длинномерные профили из алюминиевых сплавов. В связи с этим профили из алюминиевых сплавов, востребованные в аэрокосмической отрасли и высокоскоростных поездах, развиваются в направлении крупногабаритных и тонкостенных [5], что ставит задачи разработки новых процессов создания и обработки алюминиевых сплавов.

В настоящее время процесс обработки и формования профилей из алюминиевого сплава в основном представляет собой экструзионное формование. Одной из основных технологий экструзионного формования является проектирование и производство экструзионных головок. Производительность, качество поверхности и точность формования профилей из алюминиевого сплава ограничены уровнем дизайна штампа.

#### *Процесс прессования алюминиевых профилей*

Сложные алюминиевые профильные изделия обычно выдавливают из алюминиевых слитков через фильеру. Сначала расплавляют и отливают исходный алюминиевый слиток, добавляя, а расплава алюминия необходимые легирующие элементы, контролируют их состав, и гомогенизируют структуру. Гомогенизированный алюминиевый слиток помещают в экструзионную матрицу.

Процесс прессования включает следующие операции:

1) Предварительный нагрев алюминиевого слитка и экструзионной головки. Алюминиевые сплавы трудно поддаются формованию при комнатной температуре, но после нагревания размягчаются. Температура плавления алюминиевого сплава составляет около 660 °С, поэтому температура нагрева слитка не превышает 500 °С.

2) Экструзия. Нагретый слиток помещают в экструзионный цилиндр, плунжер экструдера, перемещаясь с определенной скоростью, выдавливает слиток через профильное отверстие матрицы-фильеры. В случае разъемной матрицы слиток разделяется на несколько металлических полос, которые затем сваривают в составной профиль в сварочной камере.

3) Закалка в режиме онлайн. В зависимости от состава сплава выполняют естественное охлаждение на воздухе или закалку с водяным охлаждением, что обеспечивает получение требуемых механических свойств профиля после старения.

4) Рихтовка. После остывания экструдированного профиля обычно происходит его деформация. Рихтовку осуществляют путем захвата его концов и растяжения до допустимой пластической деформации с сохранением профиля поперечного сечения.

6) Резка профилированных изделий на отрезки требуемой длины.

7) Старение. Изделия из алюминиевого сплава необходимо состарить для достижения наилучшей прочности. Механизм упрочнения – дисперсионное старение, в процессе которого выделяются частицы упрочняющей фазы, улучшающие механические свойства сплава, такие как предел текучести и твердость.

### *Характеристики течения металла при прессовании алюминиевых профилей*

Процесс течения металла при прессовании можно разделить на три стадии [6]:

1) Стадия заполнения матрицы-фильтры. Стадию заполнения также называют начальной стадией экструзии, как показано на рисунке 1 (а).

2) Стадия активного выдавливания. Этап активной экструзии, также известный как базовый этап экструзии, является наиболее важным этапом в процессе экструзии алюминиевых профилей.

Из-за трения о стенки матрицы скорость течения металла внешнего слоя заготовки снижается, а степень его деформации больше, чем у центральных (внутренних) слоев. Линии, соответствующие скоростям течения металла в осевом сечении профиля, становятся дугообразными с максимумом скорости по оси профиля, что вызвано медленным течением внешнего слоя и быстрым течением металла во внутреннем слое, и разница скоростей по длине матрицы постепенно накапливается, как показано на рисунке 1 (b).

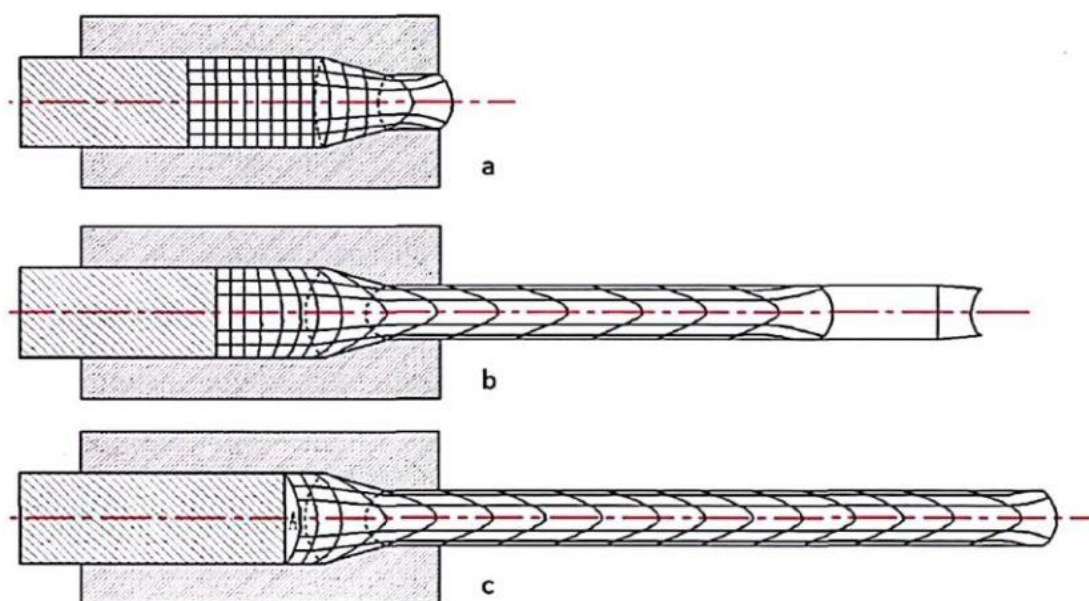


Рисунок 1 – Стадии экструзии профиля из сплава алюминия

### *Стадия турбулентной экструзии*

Стадию турбулентной экструзии также называют конечной стадией экструзии. Металл течет в радиальном направлении от края к оси слитка, и внешний слой металла не просто течет в направлении экструзии, а начинает течь к оси, тем самым образуя хвост экструзии (область А), который является уникальным дефектом экструзии. И чем равномернее течение металла, тем хвост меньше, как показано на рисунке 1 (с).

### *Существующие проблемы технологии прессования алюминиевых профилей*

Отечественные (китайские) и зарубежные исследователи провели ряд систематических исследований технологии экструзии алюминиевых профилей и добились значительных успехов. Исследования в основном касаются трех аспектов: процесса отдельной экструзии алюминиевого профиля, моделирования процесса экструзии алюминиевого профиля методом конечных элементов и оптимизации конструкции экструзионной головки:

1) Технологии экструзии с разделенным потоком для алюминиевых профилей.

Течение металла в процессе отдельной экструзии очень сложное, и необходимо учитывать синергетический эффект нескольких параметров. Выполнена серия исследований

процесса раздельной экструзии алюминиевых профилей.

2) Численное моделирование штамповки алюминия.

В процессе экструзии металл подвергается сильной пластической деформации в полости формы, и его физическое описание достаточно сложное. Изучение закона течения металла в процессе экструзии экспериментальным путем также затруднительно, так как трудно фиксировать течение металла внутри формы, особенно для пористых и сложных профилей, предполагающих процесс разделения и сварки. Качество сварки сильно влияет на качество изготовления профиля. Как проверить рациональность конструкции формы и обеспечить равномерность течения металла в полости формы, а также как улучшить качество сварки и продлить срок службы формы, максимально повысить качество и механические свойства профиля, это ряд проблем технологии экструзии. Разработчики штампов и исследователи ставят перед ними огромные задачи. Традиционный дизайн пресс-формы в основном основан на опыте, непрерывном ремонте пресс-форм и их испытании без строгой теоретической базы и поддержки данных, поэтому он требует больших трудозатрат и материальных ресурсов, что повышает стоимость профилей. Как снизить стоимость экструзии при обеспечении качества профиля всегда было технической проблемой, которую необходимо решить в экструзионной промышленности.

3) Оптимизация структуры головки для экструзии алюминия. Конструкция матрицы является ключевым этапом в процессе экструзии. Точность конструкции и качество изготовления матрицы напрямую влияют на качество поверхности и производительность экструдированного профиля. Таким образом, как разумно спроектировать и оптимизировать экструзионную головку, всегда было горячей темой исследований в академических кругах. В экструзионной головке материал из алюминиевого сплава проходит несколько этапов, таких как разделение на полосы, сварка полос и формование. Влияние конструкции головки на закон течения металла очень сложное. Кроме того, в процессе экструзии внутренняя часть матрицы находится в состоянии высокого давления, высокой температуры и высокого вакуума, что затрудняет исследование.

### Список использованных источников

1. Цзинань, Лю Обзор развития и тенденции технологии экструзионных головок из алюминиевого сплава [J] / Лю Цзинань // Обработка алюминия, 2010. – №1. С. 16–23.
2. Влияние высоты сварочной камеры на процесс экструзии разъемной комбинированной головки [J] / Ченг Лэй [и др.] // Редкие металлы, 2008. – 32(04). – С. 442–446.
3. Лэй, Ченг Пошаговое моделирование методом конечных элементов процесса экструзии комбинированной головки с раздельным потоком [J] / Ченг Лэй [и др.] // Journal of System Simulation. – 2008. – 20(24). – С. 6603-6606+6612.
4. Буфанг, Лэй Процесс и оборудование для экструзии алюминия и алюминиевых сплавов (1-е издание) [M] / Лэй Буфанг, // Пекин: National Defense Industry Press, 2014.11. – С. 30–36.
5. Конечно-элементный анализ деформации сердцевины экструзионной головки с полым профилем [J] / Тянь Сяофэн [и др.] // Редкие металлы, 2002, 26(05). – С. 360–363.
6. Юнсяо, Ван Исследование процесса экструзии и оптимизация матрицы полых алюминиевых профилей для поездов [D] / Ван Юнсяо // Шаньдун: Шаньдун университет науки и технологий, 2016. – С. 2–3.

Студенты гр. 10402319: Ван Ихань, Ван Щэнцяо  
 Научный руководитель – Зеленин В.А.  
 Белорусский национальный технический университет  
 г. Минск

Шатун является важной частью ДВС, его роль заключается в передаче возвратно-поступательного движения поршня коленчатому валу. Шатун испытывает сложное напряженное состояние сжатия и изгиба, что требует, чтобы он обладал высокой прочностью, усталостным сопротивлением, а также достаточной жесткостью.

Конструкция рассмотренного в статье шатуна отличается высокой точностью обработки, соответствующей современным требованиям к качеству комплектации двигателей. Приведена технология изготовления шатуна на существующем технологическом оборудовании, обеспечивающая снижение производственных затрат и повышение эффективности работы ДВС.

### *1 Конструкция шатуна*

Шатун состоит из стержня, соединяющего верхнюю поршневую и нижнюю кривошипную головки (рисунок 1). В качестве материала для его изготовления используют высококачественную сталь 35CrMoA с пределом прочности  $> 980$  МПа. Зубчатая поверхность разъема стержня с нижней половиной кривошипной головки наклонена к оси под углом  $45^\circ$ . Межосевое расстояние между отверстиями головок  $\varnothing 25+0.045+0.03$  и  $\varnothing 57H6$  составляет  $117 \pm 0.05$  мм.

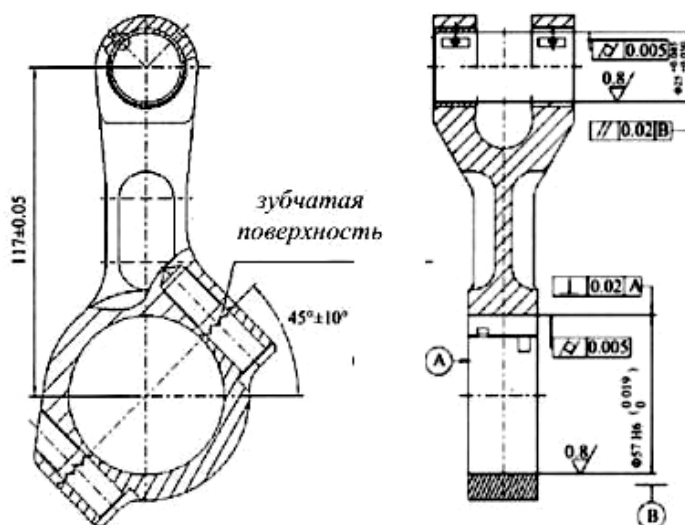


Рисунок 1 – Шатун ДВС

### *2 Анализ технологичности конструкции*

Анализ технических требований показал, что трудности изготовления шатуна связаны с выбором базы, с точностью обработки отверстий головок с требуемыми допусками размеров, формы и взаимного расположения, а также с присоединением нижней части кривошипной головки к стержню шатуна по зубчатой поверхности высокой точности ввиду ее легкой деформации при сложной обработке [1].

#### *2.1 Выбор базы для обработки*

Анализ показал, что все шесть сторон шатуна не имеют пригодных для базирования и надежного его закрепления поверхностей. Штамповка заготовки без нижней части

кривошипной головки также неприемлема. Наиболее удобными для базирования и закрепления заготовки шатуна при обработке являются плоскости нижней головки при расстоянии между ними 91,7 мм и отверстие верхней поршневой головки, расположенное на расстоянии 128,6 мм от нижней плоскости. Штамповка заготовки шатуна и базовые поверхности показаны на рисунке 2.

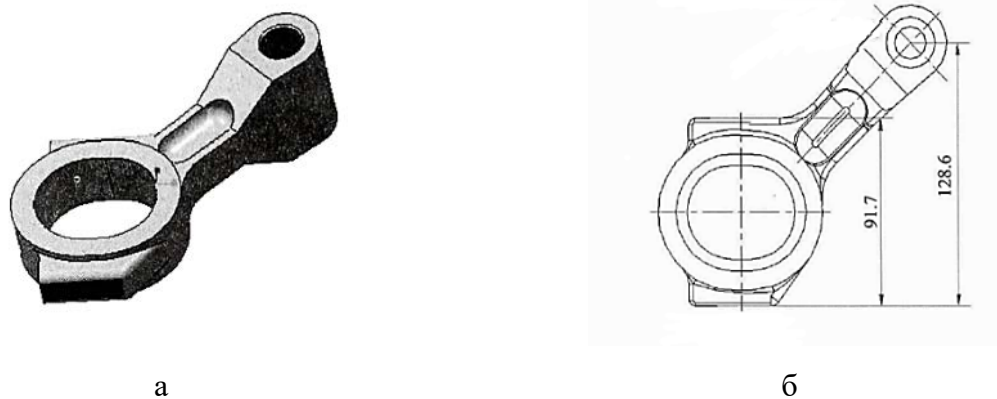


Рисунок 2 – Поковка шатуна (а) и базовые поверхности (б)

### 2.2 Точность обработки отверстий головок

Требования к точности обработки поверхностей отверстий головок высокие. Верхняя головка с отверстием  $\varnothing 25H6$  должна иметь овальность до 0.005 мм. Нижняя головка состоит из двух деталей с зубчатыми поверхностями границы раздела. Чистовую обработку отверстия  $\varnothing 57H6$  проводят после сборки головки с контролируемым натягом, т.е. с деформацией, поэтому технология изготовления должна обеспечить требуемую точность обработки.

### 2.3 Соединение стержня шатуна с нижней частью кривошипной головки

Требования к обработке зубьев треугольного профиля поверхностей раздела указаны на рисунке 3: шаг зубья  $4.5 \pm 0.01 \times 90^\circ \pm 10'$ ; шероховатость Ra1.6; радиусы закругления R0.2; площадь контакта соединяемых деталей не менее 75%. Требования к обработке поверхностей соединения стержень – головка указаны на рисунке 3.

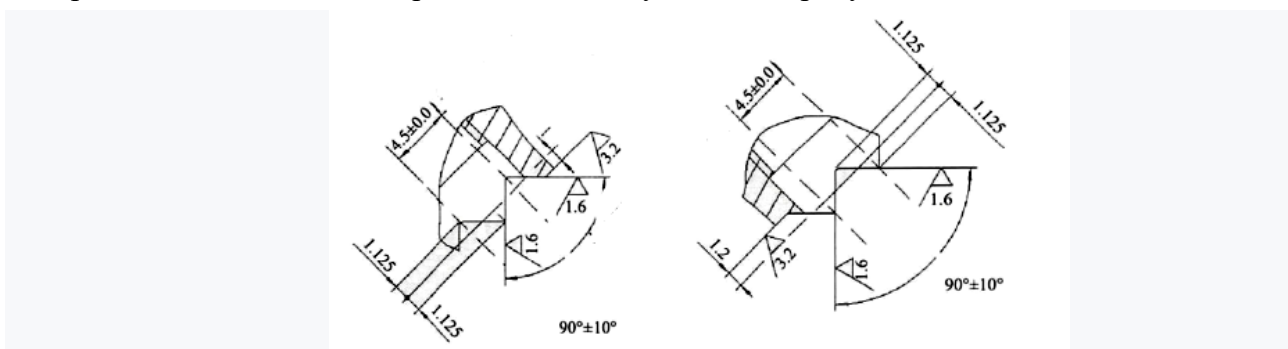


Рисунок 3 - Схема профиля зуба поверхностей соединения стержень – головка

### 3 Разработка технологии изготовления шатунов

Для разработки технологии изготовления шатунов были проведены исследования влияния способа обработки зуба треугольной формы на действительную площадь контакта соединяемых деталей. В соответствии с результатами испытаний, наличием технологического оборудования и техническим уровнем производственного цеха, разработана технологическая схема изготовления шатунов.

Технологический процесс включает следующие основные операции:



1 Черновое фрезерование торцевых сторон верхней и нижней головок шатуна с допуском на последующую обработку 2 мм.

2 Фрезерование базовых плоскостей А и Б в размер 91,7 мм. При этом для обеспечения точности позиционирования деталей в качестве технологического оборудования используется вертикальный обрабатывающий центр с ЧПУ.

3 Сверление отверстия верхней головки  $\varnothing 25H7$  с выдержкой размера  $128.6 \pm 0.015$  мм. В процессе последующей обработки для обеспечения точности обработки шатунов используется унифицированный эталон.

4 Получистовое фрезерование плоскостей шатуна с припусками под дальнейшую обработку.

5 Резка шатуна по плоскости разъема шатунной головки с выдержкой угла  $45^\circ$  к оси стержня с припуском верхней части под нарезание зуба 1,5 мм.

Для резки вместо фрезерования с целью снижения деформаций в качестве технологического оборудования использовали линию FW2 проволочной резки. Качество изготовления зубьев контролировали использованием красного порошка. Установлено, что фрезерование позволяет получить соприкосновение только на 60 % площади контакта из-за деформирования зубьев, а при проволочной резке эта площадь составляет более 80%, что соответствует проектным требованиям [2].

6 Сверление отверстий и нарезание резьбы  $M12 \times 1 - 6H$ .

7 Сборка шатуна в соответствии с требованиями к крутящему моменту затягивания.

8 Чистовое фрезерование торцевых плоскостей верхней и нижней головок шатуна.

9 Шлифование шатуна для обеспечения симметрии относительно осей до 0,03 мм.

10 Шлифование отверстия верхней головки с овальностью до 0.005.

Проведен анализ технологичности конструкции шатуна с кривошипной головкой, наклоненной под углом  $45^\circ$  к оси стержня. Показано, что трудности изготовления связаны с надежностью крепления нижней части головки к стержню шатуна. Исследовано влияния способа обработки зубчатых поверхностей раздела на действительную площадь контакта соединяемых деталей. Разработана технология изготовления шатуна с использованием вертикального обрабатывающего центра с ЧПУ и линии FW2 проволочной резки, что позволило повысить точность обработки поверхностей отверстий головок, снизить производственные затраты и повысить эффективность работы ДВС.

#### **Список использованных источников**

1. Гао, Юньвэй Технология обработки дизельных отверстий двигателя внутреннего сгорания / Юньвэй Гао, Фэньюй Чан, Юнминь Ван // Технология локомотивов. – 2017 (06). – С. 21–23.

2. Цинь, Цзяньцзянь Оптимизация дизельных соединений, основанных на многоостровных генетических алгоритмах / Цзяньцзянь Цинь, Хунинь Мао // Машинный дизайн и производство. – 2017 (04). – С. 218–221.

# **Материаловедение в машиностроении**

Студенты группы 10405517 Мышкевич П.С., Белов А.Р.  
Научный руководитель – д.т.н. Константинов В.М.  
Белорусский национальный технический университет  
Республика Беларусь, г. Минск

При производстве машин и устройств в индустрии существенный вклад в обеспечение качества продукции вносят технологические операции заготовительного и металлообрабатывающего производства. Одним из специфических физико–химических источников является энергия магнитного поля, которая обширно применяется во многих областях техники, вплоть до атомной промышленности.

В разработку теоретических и практических основ метода магнитно-абразивной обработки (МАО), применяемых в промышленности технологических процессов и оборудования для полирования в магнитном поле, существенный вклад внесли такие ученые, как: Н.И. Карганов, А.Г. Зайцев, Е.Г. Коновалов, З.И. Кремь и др. [1].

Назначение методов финишной обработки поверхностей изделий состоит в обеспечении их основных параметров, таких как:

- геометрическая форма и размеры;
- характеристики шероховатости поверхности, ее оптические, электрофизические и другие свойства;
- напряженно–деформированное состояние приповерхностного слоя [1].

Во время процесса магнитно–абразивной обработки, сравнительно небольшое давление абразивного материала на обрабатываемую поверхность и малый нагрев изделия, приводят к формированию поверхностных слоев с минимальным количеством дефектов структуры. При воздействии порошка–инструмента в магнитном поле с преобладанием операций микро– и субмикрорезания глубина собственного нарушения слоя находится в пределах 1–2 мкм.

Традиционно, в качестве абразивов для МАО применяют керметы, а также чугунные и стальные опилки, дробь. Абразивная составляющая в керметах может состоять из оксида алюминия, карбида титана, карбида кремния, карбида хрома. Массовая доля железа составляет около 70...80 %. Следует отметить, что общей классификации ферроабразивных порошков не существует. Весьма распространенными являются классификации по структуре частиц порошка и по технологии их получения.

Металлическая деталь, находящаяся под воздействием магнитного поля, способна нагреваться токами Фуко до 70 °С, а непосредственно температура во время обработки, при контакте поверхности изделия с абразивным порошком, составляет не более 110 °С. Существенно понизить температуру нагрева в процессе обработки (до 60 °С) можно с использованием смазочно–охлаждающей жидкости. При шлифовании этот показатель доходит до 1500 °С.

Показателен пример применения МАО для полирования рабочих дорожек колец подшипников качения привода вращения лопастей вертолета. Полирование этих изделий в магнитном поле позволило снизить шероховатость и волнистость поверхностей в 4–10 раз и сформировать качественный поверхностный слой, что дало возможность повысить износостойкость и контактную прочность на 30–60% по сравнению со шлифованной поверхностью [2].

При магнитно–абразивной обработке механический и температурный эффект на формируемую поверхность на 1–2 порядка меньше, чем при традиционном абразивном

шлифовании. По этим причинам качество шлифованной поверхности меньше, чем у обработанной в магнитном поле.

В процессе магнитно-абразивной обработки представляется возможным в широких пределах управлять механизмами микрорезания, упруго-пластического деформирования и атомно-молекулярного массопереноса, что позволяет оптимизировать соотношение между производительностью обработки, характеристиками нанорельефа поверхности и глубиной нарушенного слоя [1].

Одной из весьма сложных проблем в процессе МАО является выбор порошка для каждой конкретной схемы обработки и обрабатываемого изделия, в связи с отсутствием информации об использовании их в различных условиях и разнообразных свойств, определяющих технологические параметры. Поэтому приоритетной задачей остается создание новых высокоэффективных порошков, с повышенными магнитными, а также режущими свойствами. Весьма перспективным представляется применение диффузионно-легированных (борированных) стальных и чугуновых порошков [3,4]. Высокая твердость боридов (более 12 ГПа) и наличие ферромагнитной сердцевины позволяет этим порошкам эффективно обрабатывать различные материалы.

#### **Список использованных источников**

1. Хомич, Н.С. Магнитно-абразивная обработка изделий: монография / Н.С. Хомич. – Мн.: БНТУ, 2006. – 218 с.

2. Хомич, Н.С. Обработка поверхностей в магнитном поле: эффективность и экология / Н.С. Хомич, Ю.Г. Алексеев, В.Г. Нисс // Литье и металлургия. – 2006. – № 3. – С. 115–120.

3. Ферромагнитный абразивный материал : патент 16981 Республика Беларусь : МПК (2006.01) С 09К 3/14, В 24D 3/34, С 23С 8/68 / Ф.И. Пантелеенко, Г.В. Петришин, В.М. Быстренков, Е.Н. Демиденко, А.Ф. Пантелеенко ; заявитель и патентообладатель Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого" ; опубл. 2013.04.30.

4. Кульгейко, М.П. Роль инверсионности способов магнитно-электрической обработки при создании технологических комплексов генерации поверхностей / М.П. Кульгейко, Г.В. Петришин, Н.М. Симанович // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2020. – № 4 (69). – С. 21–30.

## Исследование предела прочности детали с использованием программы Solidworks Simulation

Студенты группы 10405517 Белов А.Р., Мышкевич П.С.  
Научный руководитель – Пацеко Е.К.  
Белорусский национальный технический университет  
Республика Беларусь, г. Минск

В процессе эксплуатации детали машин и различных механизмов подвергаются различным механическим нагрузкам. Для оценки качественных и эксплуатационных характеристик материалов, в частности, прочности и пластичности проводят различные механические испытания. Методики таких испытаний делятся на: статические; динамические и циклические испытания.

На практике такие испытания проводятся как в специальных лабораториях, так и с использованием различных компьютерных программ для 3D моделирования.

В течение последних десяти лет SolidWorks уверенно присутствует среди наиболее востребованных систем автоматизированного проектирования в машиностроении. Сфера его применения непрерывно расширяется за счет смежных отраслей: приборостроения, строительства, разработки товаров бытового назначения [1].

Наиболее распространенным методом автоматизированного расчета во многих программных комплексах, в том числе и Solidworks Simulation, можно назвать метод конечных элементов (МКЭ). Суть метода заключается в разбиении некоторой области, в которой интересующий нас параметр изменяется по сложному закону, на множество подобластей, связанных между собой в точках соприкосновения. Закон изменения неизвестного параметра в этих подобластях предполагается известным (например, линейным или квадратичным) [2].

Исследование на предел прочности проводилось на примере детали: рычаг пневматического захвата (рисунок 1).



Рисунок 1 - Рычаг пневматического захвата

Для исследования в Solidworks Simulation, необходимо использовать шаблон анализа статических нагрузок. Анализ статический, поскольку предполагается, что все нагрузки прикладываются очень медленно, пока не достигнут своего заданного значения, после этого нагрузка остается постоянной [3].

Чтобы получить необходимый результат исследований, следует задать физические характеристики материала из базы данных. Далее с помощью команд «зафиксированный шарнир» и «зафиксированная геометрия», задаются точки крепления рычага. После чего выбираем плоскости, на которые приходятся нагрузки, и числовые значения для данной

нагрузки. Последним этапом будет создание сетки детали. Чтобы результат был более точным, ячейка сетки должна иметь минимальный размер. Необходимо учесть, что с уменьшением размера ячейки будет увеличиваться время, затраченное на проведения расчетов.

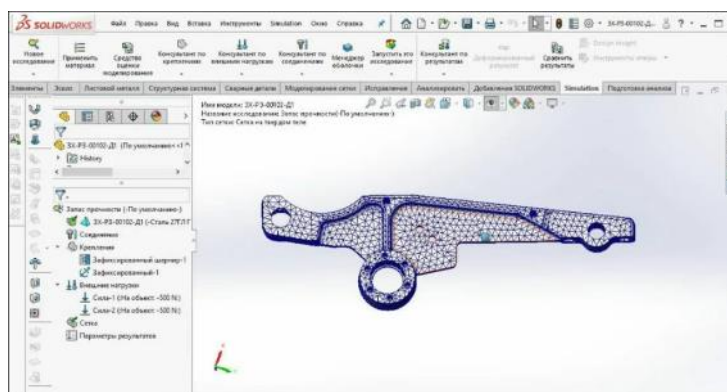


Рисунок 2 – Готовая сетка исследуемого объекта

Так как в результате испытаний характеристика «запас прочности» не показывается, ее необходимо добавить с помощью команды «определение эпюры запаса прочности».

Для первоначального расчета можно использовать автоматические настройки. Также необходимо установить цвет для отображения данных (рисунок 3), и задать минимальный и максимальный предел прочности.

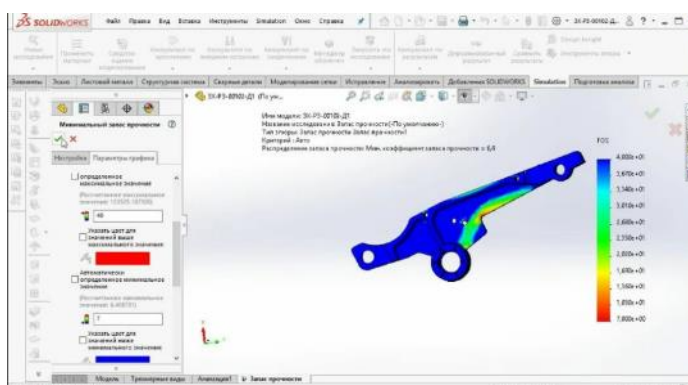


Рисунок 3 – Объект исследования с заданным цветом значения нагрузок

С помощью контекстного меню «анимировать» можно наблюдать такие результаты как: деформация и перемещение объекта исследования.

### Список использованных источников

1. Алямовский А. А. SolidWorks Simulation. Как решать практические задачи / А. А. Алямовский – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 448 с.
2. КБ 2.0 IT consulting: [Электронный ресурс] // Solidworks URL: <https://kb20.ru/articles/vvedenie-v-metod-konechnykh-elementov>.
3. Журавлев С. А. «Использование метода конечных элементов в энергомашиностроении» / С. А. Журавлев – Конспект лекций по дисциплине «Использование метода конечных элементов в энергомашиностроении». – Владимир: ВлГУ, 2015. – 39 с.

**Электролитно-плазменная полировка, как метод предварительной подготовки поверхности перед химико-термической обработкой**

Студент гр.10401118 Гладинов А.Д.

Научный руководитель – д.т.н. Константинов В.М.  
Белорусский национальный технический университет  
г.Минск

Важной частью получения качественных покрытий и диффузионных слоев на металлах является предварительная подготовка поверхности. Существуют различные способы подготовки поверхности (рис.1.), одним из новых и перспективных методов подготовки – является электролитно-плазменная обработка.

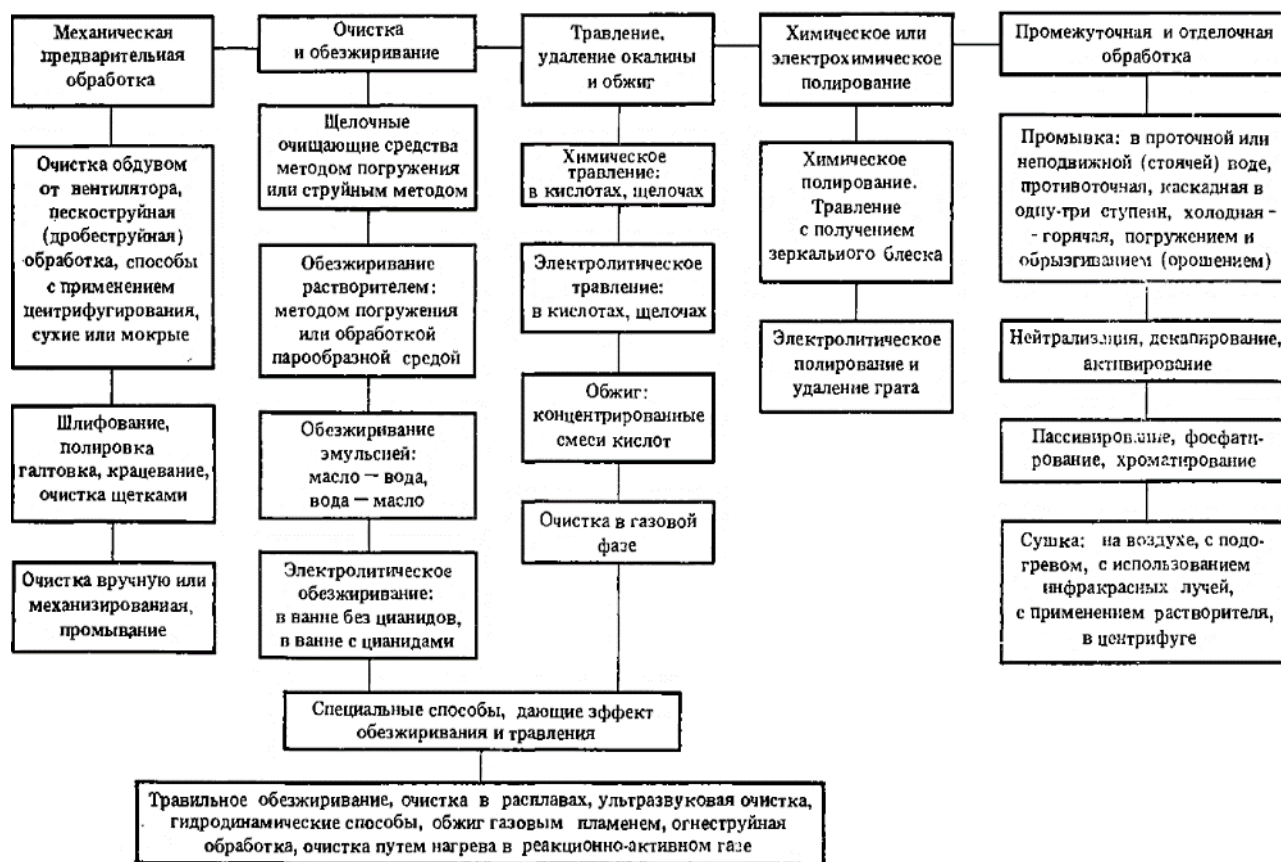


Рисунок 1 - Способы подготовки поверхностей металлов перед нанесением покрытий [1]

Электролитно-плазменная обработка (ЭПО) – это метод обработки поверхности, основанный на особенностях протекания электрического тока большой плотности (несколько ампер на квадратный сантиметр) на границе металл-электролит, при протекании которого образуется стационарная парогазовая оболочка и устанавливается электрогидродинамический режим анодного процесса растворения металла (рис. 2).

Электролитно-плазменная обработка обладает рядом преимуществ:

- возможность обрабатывать детали сложного геометрического профиля;
- возможность использования водных растворов с низкими концентрациями малотоксичных химических веществ;

-отсутствие механического воздействия на деталь по сравнению с механической полировкой;

-высокая производительность.

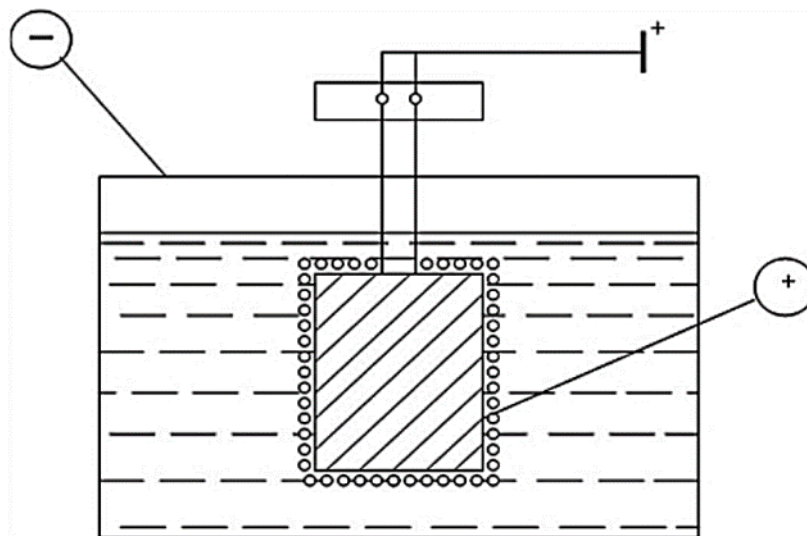


Рисунок 2 - Схема электролитно-плазменной обработки [2]

Данный метод подготовки поверхности позволяет обрабатывать различные металлы такие как:

- алюминий и его сплавы;
- нержавеющие стали;
- титан и его сплавы;
- медь и латунь.

В последнее время ЭПО активно применяют для повышения качества финишной обработки металлических изделий. Так, существуют технологии ЭПО, обеспечивающие повышение коррозионной стойкости, улучшающие прочностные свойства, увеличивающие устойчивость к эрозии частиц.

Технология ЭПО нашла применение при изготовлении изделий медицинского назначения, позволяющая получить не только высокий класс шероховатости поверхности, но и формировать поверхности с пористой структурой (размеры пор 0,5–2 мкм), что позволяет повысить биосовместимость имплантата. Успехов применения ЭПО для изделий медицинского назначения добились ученые из БНТУ [3].

Совмещение электролитно-плазменной обработки с последующей химико-термической обработкой (ионно-плазменное азотирование) является перспективным, так как позволит получить более высокое качество упрочнения поверхности с большей глубиной слоя и микротвердостью.

Результаты исследований влияния шероховатости поверхности и составов среды для азотирования на свойства диффузионных слоев приведены на рис.3,4 и 5. В качестве образцов использовали нержавеющую сталь марки AISI-304. Образцы имели вид дисков диаметром 25 мм и толщиной 5 мм. Шероховатость зеркальной полировки составляла  $R_a = 0,05$  мкм, грубой полировки  $R_a = 0,075$  мкм, обработка на токарном станке  $R_a = 0,47$  мкм, шлифовка  $R_a = 1,02$  мкм.

Режим азотирования состоял из двух стадий: ионное распыление и стадии выдержки. Ионное распыление проводилось в среде  $Ar:H_2=80:20$  при давлении 100 Па и температуре 250 °С в течение 1 ч. Стадия выдержки для первого режима:  $N_2:H_2 = 20:80$ , давление 400 Па,



температура 560 °С, длительность 24 ч. Для второго: N<sub>2</sub>:H<sub>2</sub> = 80:20, давление 400 Па, температура 560 °С, длительность 24 ч. После выполнения ХТО образцы охлаждались в той же смеси газов до температуры 180 °С [4].

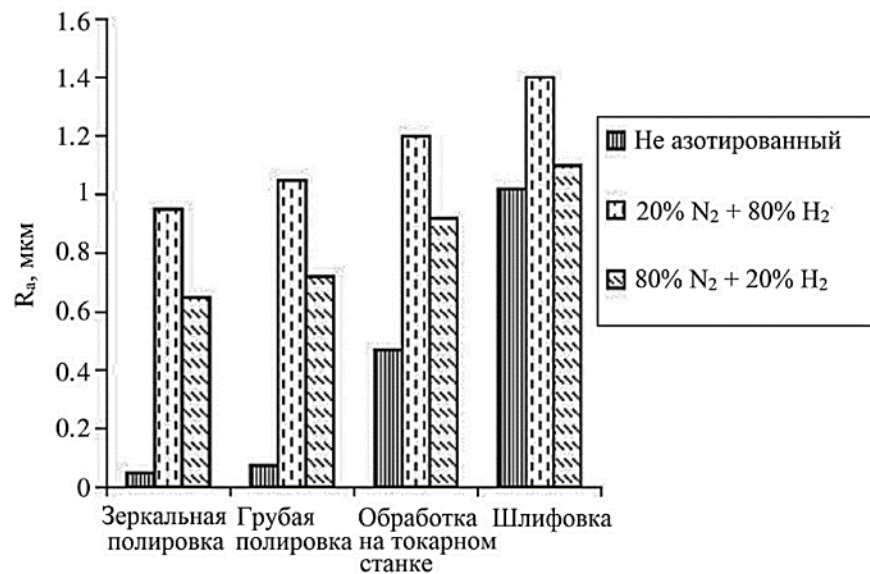


Рисунок 3 - Шероховатость четырех механически обработанных образцов, не азотированных и азотированных в различных газовых смесях [4]

Как видно из рис. 3 в процессе азотирования происходит увеличение шероховатости поверхности, что неприемлемо для ряда изделий (таких как имплантаты), а после проведения ХТО нежелательна последующая обработка, ввиду удаления полученных диффузионных слоев.

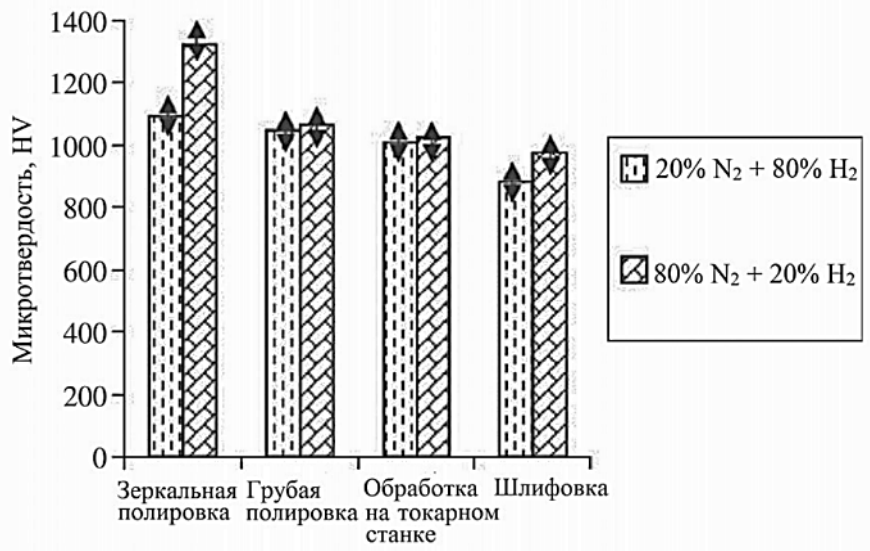


Рисунок 4 - Микротвердость поверхности четырех механически обработанных образцов, азотированных в различных газовых смесях [4]

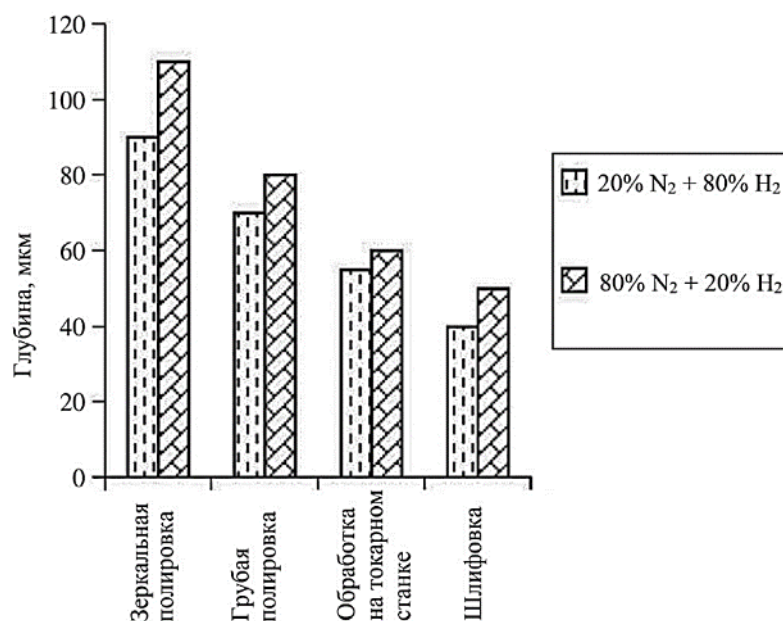


Рисунок 5 - Глубина плазменного азотирования образцов после различной их механической обработки [4]

### Заключение

Использование комбинированного подхода к получению диффузионных слоев методом ионного азотирования с предварительной электролитно-плазменной обработкой является целесообразным и эффективным методом получения азотированных слоев на изделиях медицинского назначения, поскольку позволяет обеспечить не только высокий уровень шероховатости итоговой поверхности, но и в перспективе получить диффузионные слои большей глубины и микротвердости.

### Список использованных источников

1. Кнаушнер, А. Повышение качества поверхности и плакирование металлов: справочник / Под ред. А. Кнаушнер; Пер. с нем. Е.К. Бухмана, В.Н. Пальянова под ред. А.Ф. Пименова. - М.: Металлургия, 1984. – 368 с.
2. Куликов, И.С. Электролитно-плазменная обработка материалов / И.С.Куликов, С.В.Ващенко, А.Я.Каменев. - Минск: Беларуская навука, 2010. – 232 с.
3. Алексеев, Ю. Г. Исследование процесса полирования матричных стентов из коррозионностойкой стали методом импульсной биполярной электрохимической обработки / Ю. Г. Алексеев, В. С. Нисс, А. С. Будницкий // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Международной научно-технической конференции, Могилев, 26-27 апреля 2018 г. / гл. ред. И. С. Сазонов. – Могилев: Белорусско-Российский университет, 2018. – С. 18-19.
4. Берлин, Е.В. Плазменная химико-термическая обработка поверхности стальных деталей / Е.В. Берлин, Н.Н. Коваль, Л.А. Сейдман // М.: Техносфера, 2012. – 464 с.

## Эффект памяти формы в сплавах

Студент группы 10401121 Калинина А. В.

Научный руководитель – Пацеко Е. К.

Белорусский национальный технический университет  
Республика Беларусь, г. Минск

Сплав с памятью формы – это материал, претерпевающий фазовое превращение при механическом воздействии или при изменении температуры. Когда условия снова становятся нормальными, сплав «вспоминает» свою исходную форму и возвращается к ней.

Сплавы с памятью формы имеют две кристаллические модификации: *аустенит* и *мартенсит*. При высоких температурах сплав имеет кристаллическую структуру аустенита, а при низких – мартенсита. Переход от аустенита к мартенситу и обратно является причиной явления «памяти».

**Эффект памяти формы.** Механическое двойникование – переориентация кристалла, как механизм неупругой деформации в принципе родственно скольжению, хотя и с некоторыми ограничениями.

Причины для самопроизвольного восстановления деформации при удалении силы, вызвавшей сдвиг, может возникнуть, если двойникование происходит внутри среды: в ней из-за стесненности деформации будут генерироваться напряжения, стремящиеся вернуть кристаллу исходную форму. Иногда образовавшиеся двойники самопроизвольно исчезают посредством раздвойнивания, то есть сдвигами в обратном направлении. Раздвойникование сопровождается восстановлением приобретенной деформации, притом уже на этапе разгрузки.

Поскольку деформации нередко достигают гигантских значений – в рекордных случаях около 30%, – то двойникующиеся кристаллы способны демонстрировать упругость, почти подобную упругости резины.

Деформации кристаллов инициируются тремя факторами: температурным, магнитным и механическим. Известно, что, нагрев ферромагнетика выше некоторой температуры, называемой температурой Кюри, ликвидирует ферромагнитное состояние, а охлаждение вновь восстанавливает его. Переход от низкой к высокой температуре и наоборот кроме деформации теплого расширения или сжатия вблизи температур Кюри или Нееля вызывает дополнительные деформации.

Другой известный пример деформирования кристаллической решетки через возбуждение электронно-атомной подсистемы относится к сегнетоэлектрикам и антисегнетоэлектрикам.

Таким образом, кроме пластической деформации и механического двойникования имеются другие варианты реализации деформаций неупругого характера, связанные прежде всего с изменением кристаллической структуры твердого тела при фазовом превращении. Характерной особенностью такой деформации обычно оказывается ее полная обратимость. Сейчас известны сотни веществ, изменяющих свою кристаллическую структуру при так называемых обратимых мартенситных превращениях (по имени немецкого металловеда А. Мартенса). В процессе мартенситных превращений атомы не мигрируют далеко по кристаллу, а перемещаются на расстояния, не превышающие межатомные. При этом смещения атомов в новые позиции происходят скоординированно в большом ансамбле частиц и сопровождаются деформационными явлениями.

Интересно, что как реализация эффекта пластичности превращения, так и деформирование мартенсита не требуют значительных усилий. Напряжения, вызывающие мартенситную неупругость, могут быть во много раз ниже обычного предела текучести. Как

уже отмечалось, нагрев приводит к обратному превращению мартенсит в аустенит, при котором восстанавливаются кристаллические структуры и соответствующие микродеформации. Воспрепятствовать возврату не удастся даже приложением нагрузок обратного знака, близких к разрушающим. Явление возврата неупругих деформаций называют теперь эффектом памяти формы. [1]

Способность сплавов с памятью формы проявлять эффект памяти формы способствовала широкой популярности этого материала для широкого спектра применений. Один из первых популярных сплавов состоял из никель-титанового сплава, широко известного как нитинол. Нитинол представляет собой сплав никеля и титана в пропорциях 45% титана и 55% никеля. Температура активации нитинола около 40°C.

**Применение.** Благодаря уникальному поведению сплавов с памятью формы в производстве продукции и компонентов в самых разных отраслях промышленности часто делается выбор именно в их пользу.

В аэрокосмической промышленности сплавы с памятью формы используются для разработки легких, тихих и эффективных конструкций, а это три важнейших фактора в проектировании летательных аппаратов. Из материалов с памятью формы создаются такие компоненты, как вентиляторные сопла с изменяемым сечением, демпферы колебаний и приводы. Эти устройства являются аустенитными при нормальной для них температуре и превращаются в мартенситные (и принимают требуемую форму) при охлаждении благодаря изменению температуры под действием воздушного потока вокруг летательного аппарата или даже смене температуры окружающей среды во время обычного полета.

В некоторых легковых автомобилях имеется клапан из сплава с памятью формы для пневматических камер в сиденьях. При нажатии с определенным усилием элемент поддержки поясницы принимает форму, соответствующую спине водителя или пассажира.

Сплавы с памятью формы используются и для конструирования приводов, с помощью которых становится проще закрывать багажник автомобиля, а также клапанов ограничения шума, вибрации и жесткости для контроля шума и вибрации двигателей.

Стержни из сплавов с памятью формы в бетонных балках обеспечивают предварительное напряжение моста или здания. Изделия меньших размеров из материалов с памятью формы могут использоваться в качестве надежной арматуры трубопроводной сети.

Применение сплавов с памятью формы в области биомедицины может сократить необходимость хирургического вмешательства. Например, в артерии можно имплантировать специальные стенты, что является наименее инвазивным способом улучшить кровоток у пациентов с заболеваниями сердца. Микроприводы и искусственные мышцы в робототехнических протезах также состоят из материалов с памятью формы, что дает пациентам с ампутированными конечностями больше свободы движения.

#### **Список использованных источников**

1. Лихачев, В. А. Эффект памяти формы / В. А. Лихачев // Соросовский образовательный журнал. – 1997. – №3. – с.107-114.
2. Технология и промышленность [Электронный ресурс] / Универсальная научно-популярная энциклопедия Кругосвет. – Режим доступа: <https://www.krugosvet.ru>. – Дата доступа: 24.03.2022.

Студент группы 10405521 Козлова А.В.

Научный руководитель Пацеко Е.К.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Повышение надежности и долговечности деталей машин, отдельных конструкций и целых сооружений является одним из главных эффективных направлений хозяйственного использования и экономии всех трудовых и энергетических ресурсов.

Из всех видов механических свойств металлов, определяющих надежность работы подавляющего большинства деталей машин, важнейшим является их способность сопротивляться хрупким разрушениям, а из всех видов механических свойств, характеризующих долговечность – способность противостоять циклическим нагрузкам [1].

Порог хладноломкости – это температура, при которой происходит охрупчивание материала, т.е. резкое снижение ударной вязкости. Эффект хладноломкости наблюдается у многих металлов и сплавов (особенно характерно для металлов, имеющих решетки ОЦК и ГПУ).

Содержание углерода в стали 0,2–0,3% несколько повышает порог хладноломкости, однако не влияет на предел ползучести. В то же время ухудшается характеристика свариваемости и усложняется технология сварки

Факторы, влияющие на хладноломкость металлов, можно разделить на 4 основные группы.

1. Внешние факторы: температура, условия и скорость нагружения.
2. Внутренние металлургические факторы: тип кристаллической решетки, химический состав, структура и размер зерна, загрязненность металла неметаллическими включениями, метод выплавки.
3. Конструктивные факторы: масштабный эффект, концентраторы напряжений.
4. Технологические факторы: состояние поверхности, остаточные напряжения, обусловленные технологией изготовления.

Легирование – добавление в состав материалов примесей для изменения (улучшения) физических или химических свойств основного материала. Легирование является обобщающим понятием ряда технологических процедур, различают объемное (металлургическое) и поверхностное (ионное, диффузное и др.) легирование [2].

Важное значение имеет влияние легирующих элементов на порог хладноломкости, что характеризует склонность стали к хрупкому разрушению. Наиболее сильно снижает порог хладноломкости никель, уменьшая тем самым вероятность хрупкого разрушения. Легирующие элементы влияют на положение температурного интервала мартенситного превращения, что в свою очередь отражается и на количестве остаточного аустенита, которое фиксируется в закалённой стали

Легирование сталей и сплавов используют для улучшения их технологических свойств. Легированием можно повысить предел текучести, ударную вязкость, относительное сужение и прокаливаемость, а также существенно снизить скорость закалки, порог хладноломкости, деформируемость изделий и возможность образования трещин. В изделиях крупных сечений (диаметром свыше 15–20 мм) механические свойства легированных сталей значительно выше, чем механические свойства углеродистых сталей [3].

Микролегирование – введение в металл или в сплав небольшого количества легирующих добавок, общая масса которых не должна превышать 0,1 % массы исходного металла или сплава. Применяется для улучшения эксплуатационных свойств

конструкционных, жаропрочных, нержавеющей сталей, цветных сплавов и модификации параметров многих полупроводниковых материалов [4].

Повышение хладостойкости и хрупкой прочности стальных изделий может быть достигнуто за счет модифицирования и микролегирования стали малыми добавками редких и редкоземельных элементов.

В работе рассматривается влияние некоторых модифицирующих и микро легирующих добавок на структуру и склонность к хладноломкости литой и деформированной конструкционной стали.

Влияние различного рода элементов, присутствующих в малом количестве в стали – будь ли это остаточные содержания раскислителей, модификаторов или, собственно, микро легирующих добавок – следует рассматривать по их воздействию:

- на содержание в стали отдельных вредных примесей (например кислорода, водорода, серы и др.);
- на состав, количество и геометрию образующихся в стали неметаллических включений;
- на состав и свойства образующихся в структуре стали карбидов, нитридов и карбонитридов;
- на состав и состояние зерно граничных объемов.

С этих позиций особый интерес представляют такие элементы как титан, ванадий и редкоземельные металлы, общим для которых является высокая активность ко многим примесям, присутствующим в стали [1,5].

#### **Список использованных источников**

1. Гольдштейн, Я. Е. Оптимизация металлургических процессов / Я. Е. Гольдштейн, М. П. Лазарева, Ю. Г. Разумов. – Вып. 5. – М.: Металлургия. – 1971.
2. Легирование (металлургия) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://wikipedia.org>. – Дата доступа: 28.03.2022.
3. Металловедение и технология металлов: Учебник для вузов / Ю. П. Солнцев [и др.] – М.: Металлургия. – 1988. – 512 с.
4. Шведков, Е. Л. Словарь-справочник по порошковой металлургии / Е. Л. Шведков, Э. Т. Денисенко, И. И. Ковенский. – Киев: Наукова думка, 1982. – 270 с.
5. Влияние микролегирования на хладноломкость исследуемых сталей. Студенческая экспозиция – Studexpo [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studexpo.net>. – Дата доступа: 14.04.2022.

Студент группы 10405517 Чернявская Е.С.  
Научный руководитель- к.т.н. Стефанович В.А.  
Белорусский Национальный Технический Университет  
Республика Беларусь, г. Минск

Для изделий, работающих в условиях абразивного износа, широко применяют высокомарганцовистую аустенитную сталь 110Г13Л (сталь Гадфильда). Данная сталь с большим трудом поддаётся обработке резанием, поскольку возникающая пластическая деформация под резцом приводит к сильному упрочнению за счет превращения аустенита в мартенсит.

Химический состав стали обеспечивает аустенитную структуру, которая стабильная при температурах, не на много отличающихся от комнатной, при более высоких или более низких температурах является неустойчивой. Поэтому, например, уже при нагреве до 400 °С наблюдается существенное изменение свойств стали: заметно падает пластичность, хотя существенных изменений в структуре при кратковременном нагреве еще не отмечается. Распад начинается с диффузионного перемещения атомов углерода и соответствующего расслоения твёрдого раствора. Охрупчивание наблюдается уже при 300-350 °С, а микроскопически заметное выделение карбидов отмечается при более высоких температурах, причём карбиды имеют пластинчатую форму и выделяются по определенным кристаллографическим плоскостям аустенитных зерен. При охлаждении от температуры отпуска из остаточного аустенита вследствие обеднения углеродом образуется мартенсит. При более длительном и более высоком отпуске процесс распада аустенита идёт вплоть до образования перлитных структур [1].

Детали из стали Гадфильда изготавливают литьем. Структура стали после литья представляет зерна аустенита с включениями карбидов пластинчатой формы, которые являются концентраторами напряжений, что приводит сильному снижению вязкости. Для повышения вязкости применяют термическую обработку - закалку с 950-1000 °С в воде, которая должна обеспечить аустенитную структуру без включений карбидов. Для получения данной структуры требуется соблюдение температурно-временных параметров. При пониженной температуре закалки, недостаточной выдержке или малой скорости охлаждения в структуре возможно присутствие карбидов и как следствие пониженная вязкость [2].

В данной работе выполнены исследования структуры трака гусеницы, который разрушился при динамической нагрузке. Анализ структуры стали 110Г13 показывает, что в аустенитных зернах присутствуют пластинчатые включения карбидов. Измерение микротвердости показало, что аустенитные зерна имеют твердость 5490 МПа, а зона с карбидной фазой 9270 МПа.

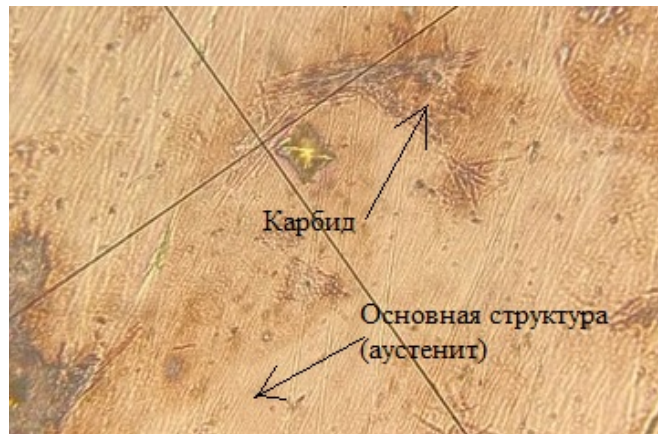


Рисунок 1 – Микроструктура стали 110Г13, х500

Причиной разрушения трака гусениц является не соблюдение режимов термической обработки или нагрев трака после ТО до температур, превышающих 400 °С.

#### **Список использованных источников**

1. Специальные стали / Гольдштейн М.И., Грачев С.В., Векслер Ю.Г.- М.: Металлургия, 1985 г. -408 с.
2. Специальные стали. Том 2 / Гудремон Э.А.- М.: Металлургия, 1966 г.



Студенты группы 10401117 Казак А.В., Макаревич Н.А.  
 Научный руководитель – Стефанович В.А.  
 Белорусский национальный технический университет  
 Республика Беларусь, г. Минск

В соответствии с теорией химико-термической обработкой (ХТО) [1, 2] процесс насыщения разделяют на 5 этапов:

1 – реакции в карбюризаторе, в результате которых образуются вещества для транспортировки насыщающего элемента;

2 – диффузия данных веществ в реакционной среде к поверхности насыщаемого материала;

3 – адсорбция данных веществ поверхностью материала и протекание реакций с выделением насыщающего элемента на поверхности;

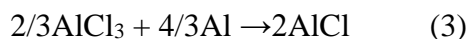
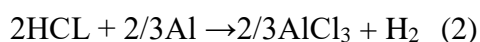
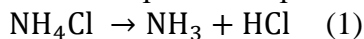
4 – диффузия насыщающего элемента в насыщаемый материал;

5 – взаимодействие насыщающего элемента с элементами насыщаемого материала с образованием новых фаз.

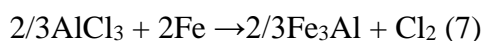
Вероятность протекания и температура их начала реакции оценивается при помощи термодинамических расчетов. Так как ХТО проводится при постоянной температуре и давлении, то термодинамические расчеты выполняют по изменению изобарно-изотермического потенциала (энергия Гиббса).

В данной работе выполнен анализ возможных химических реакций и определение температур начала данных реакций для процесса алитирования железа в порошковой смеси, состоящей из поставщика алюминия – порошок  $Al$ ; активатора  $-NH_4Cl$ ; инертного компонента  $-Al_2O_3$ .

Расчет энергии Гиббса проводился в интервале температур 300...1000 °С. В результате выполненных расчётов установлены основные реакции протекания на первом этапе:



На втором этапе хлориды  $AlCl_3$ ,  $AlCl$ ,  $AlCl_2$  диффундируют к стальной поверхности и взаимодействуют с Fe по следующим реакциям.



Расчеты показывают, что реакция (7) термодинамически невозможна в интервале температур 300...1000°С, поэтому на поверхности протекают реакции (5), (6), образуя повышенную концентрацию  $AlCl_3$ , который перемещается от стальной поверхности к частицам  $Al$  и взаимодействуя с ним по реакциям (3), (4) образует хлориды  $AlCl$  и  $AlCl_2$ .

Более высокая концентрация  $AlCl$  и  $AlCl_2$  в карбюризаторе обеспечивает их диффузию к стальной поверхности. Таким образом процесс алитирования протекает непрерывно по реакциям (2), (3), (4), (5), (6).

Температуры при которых начинают протекать реакции составляют: (1) $t \geq 340^{\circ}\text{C}$ ; (2) $t \geq 20^{\circ}\text{C}$ ; (3) $t \geq 822^{\circ}\text{C}$ ; (4) $t \geq 447^{\circ}\text{C}$ ; (5) $t \geq 788^{\circ}\text{C}$ ; (6) $t \geq 624^{\circ}\text{C}$ . Анализируя температуру начала реакций можно определить температуру, при которой процесс алитирования стали возможен: при  $t > 624^{\circ}\text{C}$  процесс насыщения происходит по следующим реакциям (1)→(2)→(4)→(6); при  $t > 822^{\circ}\text{C}$  дополнительно протекают реакции (1)→(2)→(3)→(5).

#### **Список использованных источников**

1. Ворошнин Л.Г., Менделеева О.Л., Сметкин В.А. Теория и технология химико-термической обработки. Учебное пособие. Новое знание. Минск, 2010. – 304 с.
2. Лахтин Ю.М., Арзамасов Н.М. Учебное пособие для ВУЗов. Химико-термическая обработка металлов. - М.: Металлургия, 1985. – 256 с.

**К вопросу об обработке данных в MS Access 2016**

Студент гр. 10401118 Комар Н.В.  
Научный руководитель Мельниченко В.В.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Практически вся современная информация уже не двух- или трехмерная. Ранее попытка анализа разноплановой информации легко проводилась путем размещения информации в виде одной таблицы с множеством столбцов. Таблица оформлялась в виде списка, то есть в каждом столбце размещается строго одинаковая по типу информация. Такая таблица является примером простейшей базы данных. Одна строка таблицы – это **запись** сведений об определенном объекте. Каждый столбец таблицы описывает некоторые одинаковые свойства объектов. Тогда клетка в таблице является **полем записи** конкретного объекта.

К данным правильно оформленной таблицы можно применить ряд стандартных действий [1, 2]: сортировка записей по возрастанию или убыванию по одному или нескольким полям с указанием в каких столбцах применить, с помощью инструмента открытия списка имен столбцов. В столбцах поддерживаются вычисляемые столбцы.

Не смотря на множество действий с таблицами, существует жесткое ограничение при работе с таблицами. В таблице можно производить специальный поиск по горизонтали функцией ВПР. В работе [2] приведено множество способов решения задач анализа данных.

Но в тоже время есть задачи связи данных о нескольких объектах, тогда необходимо использовать специальное приложение обработки данных в виде многих таблиц, связанных между собой особым образом, это приложение MS Access.

СУБД MS Access (система управления базами данных) можно считать универсальной программой создания и обслуживания баз данных и приложений в любой практической предметной области. Методы логической организации данных, используемые в СУБД – это модели данных [3,4].

Целью нашей работы является автоматизация части работы кафедры, связанной с учебным процессом. В самом общем смысле кафедра является подразделением факультета и университета и решает множество разного уровня задач, которые в укрупненном виде представлены на рисунке 1.

Рассмотрим часть деятельности кафедры, связанную с контролем обучения. В этом случае объект моделирования будет связан с контингентом студентов, названием дисциплин, фамилиями и должностями преподавательского состава, и контролем аттестации студентов по изучаемым дисциплинам. Следуя требованиям нормализации данных, получим, что база данных для данного объекта может быть сформирована из пяти таблиц.

1. Таблица **Преподаватель**;
2. Таблица **Студент**;
3. Таблица **Предмет**;
4. Таблица **Изучение**;
5. Таблица **Успеваемость**.

## Схема деятельности кафедры «как процесса»



**Рисунок 6. Деятельность кафедры.**

Для связи между таблицами следует создать ключевые поля, которые должны иметь совместимый тип данных. Приведем краткое описание таблиц создаваемой базы данных.

**Таблица 1. Описание полей таблиц базы данных**

Имя поля	Ключевое поле	Уникальное поле	Обязательное поле	Тип данных	Размер	Число знаков	Подпись поля
<b>Таблица Преподаватель</b>							
ТАБН	Да	Да	Да	Текстовый	5		Табельный номер
ФИО			Да	Текстовый	30		ФИО преподавателя
СТ			Нет	Текстовый	15		Ученая степень
ЗВ			Нет	Текстовый	10		Ученое звание
ККАФ			Да	Текстовый	5		Код кафедры
<b>Таблица Студент</b>							
НГ	Да		Да	Текстовый	8		Номер группы
НС	Да		Да	Текстовый	2		Номер студента в группе
ФИО			Да	Текстовый	20		ФИО студента
ГОДР			Нет	Числовой	Целое		Год рождения
АДРЕС			Нет	Текстовый	35		Адрес проживания
<b>Таблица Предмет</b>							
КП	Да	Да	Да	Текстовый	2		Код предмета
НП			Нет	Текстовый	20		Название предмета
ЧАСЫ			Нет	Числовой	Целое		Всего часов
ЛЕК			Нет	Числовой	Целое		Лекции
ЛАБ			Нет	Числовой	Целое		Лабораторные работы
ПР			Нет	Числовой	Целое		Практические занятия
КР			Нет	Числовой	Целое		Курсовая работа
ЧС			Нет	Числовой	Целое		Число семестров
ПРОГР				Поле Мемо			Программа курса

<b>ЗАЧ</b>			Да	Логический			Зачет
<b>ЭКЗ</b>			Да	Логический			Экзамен
<b>Таблица Изучение</b>							
<b>НГ</b>	Да		Да	Текстовый	8		Номер группы
<b>КП</b>	Да		Да	Текстовый	2		Код предмета
<b>ТАБН</b>	Да		Да	Текстовый	5		Табельный номер
<b>ВИДЗ</b>	Да		Да	Текстовый	3		Вид занятий
<b>ЧАСЫ</b>			Нет	Числовой	Целое		
<b>СБАЛГ Р</b>			Нет	Числовой	С пл. точкой	2	Средний балл группы
<b>Таблица Успеваемость</b>							
<b>НГ</b>	Да		Да	Текстовый	8		Номер группы
<b>НС</b>	Да		Да	Текстовый	2		Номер студента
<b>КП</b>	Да		Да	Текстовый	2		Код предмета
<b>ТАБН</b>	Да		Да	Текстовый	5		Таб. Номер преподавателя
<b>ВИДЗ</b>	Да		Да	Текстовый	3		Вид занятий
<b>ОЦНК</b>			Нет	Числовой	Целое		Оценка

После заполнения исходных таблиц необходимо их связать между собой, чтобы обеспечить целостность данных в БД. При этом одна таблица становится главной, а вторая таблица подчиненной. В нашей БД главными таблицами будут **Преподаватель, Предмет, Студент**. Связь между таблицами отображается в виде жирной линии, если включен режим каскадного удаления и обновление данных.

Дальнейшая работа с базой данных обеспечивается через использование форм. При этом форма может быть построена на основе одной или нескольких таблиц. После ввода данных, оператор базы данных может настроить отображение данных в удобном для него виде. Произвести фильтрацию данных, применив разветвленную систему запросов. Результаты обработки данных можно отображать в новых таблицах, в новых формах и в виде бумажных копий (отчетов).

Для удобства работы с разветвленной базой данных создается дополнительный специализированный объект базы данных Кнопочная Форма. Она является своего рода прообразом объектно-ориентированного программирования. При этом каждая группа действий связывается с конкретной кнопкой на этой форме. Используя, конструктор построения кнопочной формы, мы ограничиваем доступ пользователям разных назначений к разным заданиям, это называется права доступа к базе данных. Соответственно База данных может быть оформлена как окончательно завершённый процесс, тогда главному файлу ее присваивается имя базы данных, и он сохраняется с расширением EXE.

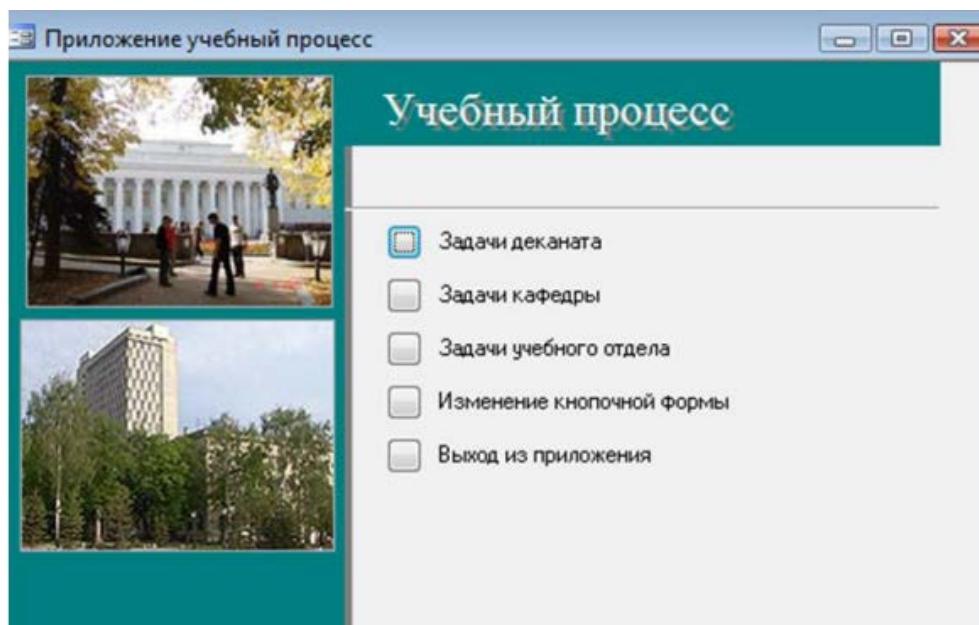
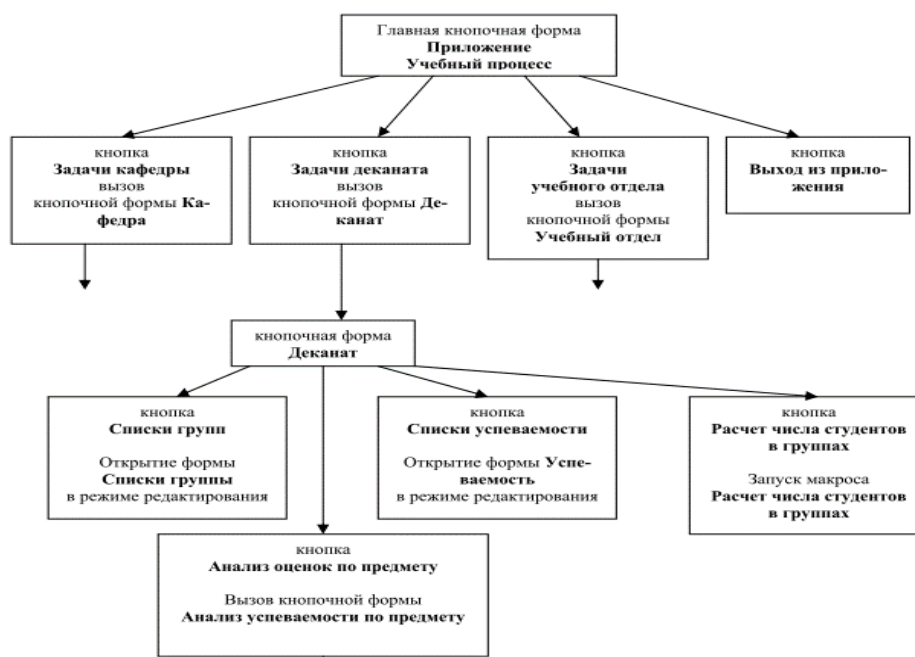


Рисунок 7. Пример кнопочной формы для базы данных "Учебный процесс".

При создании кнопочной формы можно производить дополнительную разбивку задач, связанных с определенной кнопкой. В этом случае схема кнопочной формы усложняется.



### Список использованных источников

1. Уокенбах, Дж. Excel 2013. Трюки и советы Джона Уокенбаха. / Дж. Уокенбах. – СПб.: Питер, 2014. – 336 с.
2. Winston, W.L. Microsoft Excel 2016. Data Analysis and Business Modeling. / W.L. Winston. Published by Microsoft Press, 2016. -865 p.
3. Бекаревич, Ю.Б. Самоучитель Access 2010/ Ю.Б. Бекаревич, Н.В. Пушкина. – СПб.: БЧИ-Петербург, 2011. - 432 с.
4. Groh, M.R. Access 2010 Bible/ / M. R. Groh/ Wiley Publishing Inc., 2010. – 1395 p.

**Порошковая  
металлургия, сварка и  
технология  
материалов**

### Разновидности подводной сварки

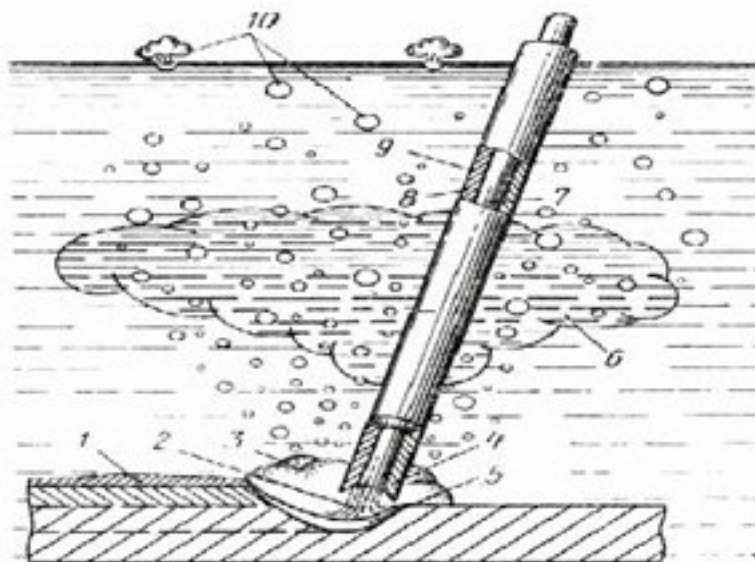
Студенты гр. 10403119 Сташкевич В. Г.,  
Алексиевич Е.В., Труханович Д.В.  
Научный руководитель Гольцова М. В.  
Белорусский национальный технический университет,  
г.Минск

Концепция подводной сварки довольно интересна. Если мы выполняем процесс гипербарической сварки во влажной среде, то это называется подводной сваркой. Многие люди часто путают слова «подводная сварка» и «гипербарическая сварка». Процесс гипербарической сварки можно назвать подводной сваркой тогда и только тогда, когда он проводится в среде, где присутствует вода.

Подводная гипербарическая сварка была изобретена советским металлургом Константином Хреновым в 1932 году. Данный вид сварки применяется для ремонта судов, морских нефтяных платформ и трубопроводов в речных и морских средах. Он классифицируется на два типа: мокрая подводная сварка и сухая подводная сварка.

В процессе мокрой подводной сварки сварщики должны быть очень внимательны и соблюдать технологию сварки. Главным требованием при сварке является то, что сварщик должен содержать электрод в чистоте. Перед сваркой сварщики предупреждают свою команду о необходимости пропустить ток, когда электрод соприкасается с основным металлом.

Процесс мокрой подводной сварки происходит следующим образом: изделие присоединяется к одному концу электрической цепи, а металлический электрод – к другому. Электрическая дуга образуется за счет подаваемого тока. Затем производится сварка металла и формирование сварочной ванны. За счет выделения тепла происходит плавление электрода и выброс капель металла в зону сварки. В то же время флюс, нанесенный на электрод, плавится, образуя защитный газ. Этот защитный газ используется для стабилизации столба дуги.



1 – шлак, 2 – дуга, 3 – газовый пузырь, 4 – козырек, 5 – сварочная ванна, 6 – облако, 7 – металлический стержень, 8 – обмазка, 9 – водонепроницаемое покрытие, 10 – пузырьки  
Рисунок 1 – схема горения дуги под водой [1]



Важным преимуществом мокрой подводной сварки является то, что сварку можно выполнять в сложной морской зоне. Для мокрой подводной сварки требуется минимальное оборудование – стандартный сварочный аппарат.

Главным недостатком мокрой подводной сварки является низкая прочность сварного шва. Это связано с быстрым процессом закалки, так как закалка также влияет на пластичность. Поскольку весь процесс происходит в воде, то из-за плохой видимости сварщик не может качественно выполнять сварку.

В процессе сухой подводной сварки в качестве сварочной среды используется специальный тип камеры. Здесь сварка выполняется так же, как и при обычной сварке, но вокруг зоны сварки создается уплотняющая структура. В такой области присутствует смесь газов, таких как гелий и кислород. Сухая подводная сварка выполняется в камере в сухом состоянии. Поскольку в камере нет воды, сварочный аппарат находится в безопасном состоянии, сухая зона хорошо освещена. При сухой сварке под водой используются следующие четыре метода сухой сварки: сварка в среде обитания, сухая точечная сварка, сварка давлением, сварка в сухой камере

Основным преимуществом подводной сварки является получение более качественных сварных соединений по сравнению со сварными соединениями на открытом воздухе. Первая причина заключается в том, что внутри камеры или во время этого процесса нет воды, сварка не так легко закаливается. Вторая причина заключается в меньшем присутствии водорода вблизи зоны сварки. Во время сухой подводной сварки можно легко контролировать поверхность металла. Это означает, что мы обычно можем проверить соединение, выравнивание трубы без каких-либо хлопот.

**Недостатком сухой подводной сварки является использование камеры в качестве среды обитания.** Для построения данной камеры требуется сложный технологический процесс. Кроме того, необходимо принять различные меры предосторожности для создания всей среды обитания, где мы можем без проблем выполнять сварку. На большей глубине внутри воды происходит сужение дуги. Чем больше сужение, тем больше требование к напряжению. Иногда процесс становится невозможным, если требуемое напряжение слишком велико.

К опасностям работы сварщика под водой относится гипотермия – это переохлаждение, которое возникает при индивидуальной работе в водных условиях в течение многих часов. Гипотермия наиболее распространенная проблема у подводных сварщиков. Поражение электрическим током происходит, если сварщик под водой использует для сварки переменный ток. Перепад давлений может вызвать потерю сознания. Поэтому сварщик, выполняющий работу под водой, должен находиться в контакте со своими товарищами по команде – он должен время от времени связываться со своими коллегами в течение всего процесса сварки. Одежда должна быть водонепроницаемой. Прежде чем заниматься подводной сваркой, необходимо пройти соответствующее обучение.

Помимо сварки металла под водой, может возникать технологическая необходимость в проведении резки стали. Она может производиться как стандартным подводным электродом, так и методом кислородно-электродной резки. Металл разогревается электрической дугой, закипающая вода создает пузырь, предотвращающий попадание воды в разрез. В это время струя кислорода выдувает расплав из разрезаемого шва.

#### **Список использованных источников**

1. <https://svarkoy.ru/teoriya/podvodnaya-svarka.html>

**Сварка нержавеющей стали**

Студенты гр. 10403119 Труханович Д. В.,  
Алексиевич Е. В, Миношин В. В.

Научный руководитель Гольцова М. В.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Нержавеющие стали имеют широкое применение во всех отраслях промышленности. В судостроении из нержавеющей стали изготавливают арматуру и трубопроводы, гребные винты, крышки, патрубки, фланцы и многое другое. Из двухслойной нержавеющей стали производят ёмкости для питьевой и пресной воды. В химической промышленности делают резервуары для производства кислот, их перевозки и хранения. В нефтяной и газовой промышленности используются шахтные насосы и аппаратура, также изготовленные из нержавеющей сталей. В последнее время уделяется большое внимание внедрения нержавеющей сталей в медицине, а также текстильной и пищевой промышленности.

Для того чтобы правильно выбрать технологию сварки, сварочные материалы, а также избежать появления различных дефектов в сварных швах, необходимо изучить свойства и характеристики нержавеющей сталей. Знать процентное содержание и влияние легирующих элементов на механические свойства нержавеющей сталей, проанализировать поведение этих сталей при различных температурных интервалах.

Во многих промышленных отраслях основное внимание уделяется нержавеющей хромоникелевым, содержащим 18% и более хрома, и нержавеющей хромистым, содержащим около 13% хрома, сталям. Легирование хромом позволяет стали обладать высокой стойкостью против химической коррозии и не нуждаться в антикоррозионных покрытиях. Также содержание значительного количества хрома и легирующих элементов, позволяет стали хорошо сопротивляться образованию окалина. Сталь становится нержавеющей при содержании хрома более 12,5%, когда образуется поверхностный слой окиси хрома, который предохраняет металл от окисления (ржавления). Однако, нержавеющие стали имеют важный недостаток – это склонность к межкристаллитному и другим видам коррозионного разрушения. Периодическая полировка существенно повышает коррозионную стойкость нержавеющей сталей в любой атмосферной среде.

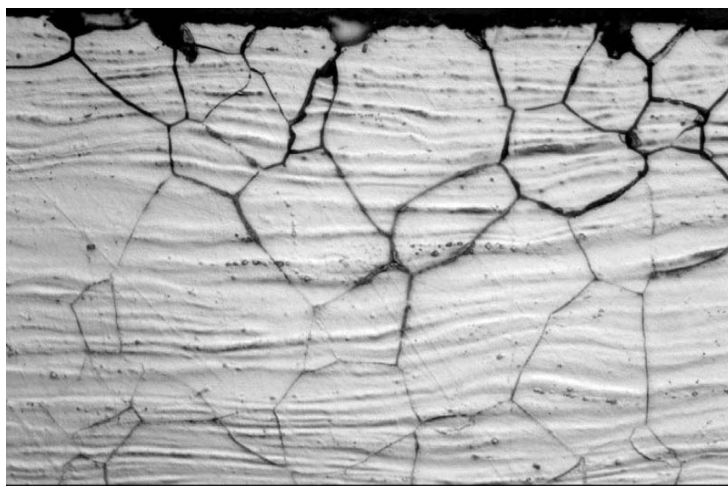


Рисунок 1 – межкристаллитное коррозионное разрушение [1]

Знание основных физических свойств нержавеющей сталей помогает сварщику учитывать поведение сталей при сварке, самостоятельно менять режимы сварки и правильно выполнять требования, предписанные технологическим процессом. Например, из-за низкого коэффициента теплопроводности и высокого электрического сопротивления, для расплавления хромоникелевых сталей потребуется затратить меньше электрической энергии, чем для сварки обычной малоуглеродистой стали. Меняется глубина проплавления. Так, при одинаковом режиме свариваемые кромки хромоникелевых сталей из-за невысокого коэффициента теплопроводности нагреваются быстрее и увеличивается глубина проплавления, чем у малоуглеродистой стали. Однако, главная задача сварщика при дуговой сварке нержавеющей сталей – защита жидкого металла от действия кислорода и азота воздуха (окисления). Первый признак окисления – тёмный на поверхности шва и плохая отделимость шлака от поверхности шва. Также с увеличением длины дуги, ухудшается защита и больше окисляются легирующие элементы и примеси. При ручной дуговой сварке покрытыми электродами хром окисляется вследствие непосредственного контакта жидкого металла с воздухом. При сварке под флюсом непосредственного контакта жидкого металла с воздухом нет т. к. металл надёжно защищён оболочкой расплавленного флюса (шлака) и слоем сыпучего флюса. Во флюсе содержатся окислы кремния и марганца, поэтому стремятся применять флюсы, содержащие наименьшее количество окислов кремния и марганца.

В результате окисления химический состав шва отличается от состава исходного металла, если требуется сохранить изначальный химический состав металла шва, требуется легировать шов. Легирующие элементы вводят в покрытие электродов, флюса или проволоку. Окисление легирующих элементов хромистых и хромоникелевых сталей при сварке в защитных инертных газах настолько незначительно, что не влияет на металл шва. Швы получаются высокого качества.

От скорости охлаждения также зависит качество и структура сварного шва. Неравномерное распределение легирующих элементов в кристалле увеличивает химическую неоднородность кристаллов, что отрицательно влияет на коррозионные свойства шва. Поэтому сварщики всегда стремятся получить измельчённую структуру сварного шва, т. к. она благоприятно влияет на многие свойства шва.

Сварщик должен строго соблюдать режим и технологию сварки, добиваться уменьшения размеров ванны, улучшать условия охлаждения металла шва. От этого зависит качество сварного шва и сварного соединения.

#### **Список использованных источников**

1. В.В. Масаков, Н.И. Масакова, А.В. Мельзитдинова. Сварка нержавеющей сталей. – Тольятти: ТГУ, 2011. – 184 с.

# **Охрана труда и промышленная безопасность**

Студенты гр. 10604118 Алимов Г. В., Яковенко А. Д.  
Научный руководитель Абметко О. В.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Опасность для персонала во время труда является глобальной проблемой на промышленных предприятиях. Одним из методов решения этой проблемы является использование техники безопасности для защиты работников, в рамках которой разрабатываются новые подходы или процессы, которые помогут обеспечить наивысшую безопасность работника на рабочем месте.

Инновации в области безопасности на рабочем месте можно определить как любое новое комбинированное вмешательство в существующие правила и внедрение современных подходов. В этой статье будут обсуждаться инновации в области техники безопасности. Инновации в области безопасности могут варьироваться от чисто технических достижений до простых изменений в практических нормах. Целью любой внедряемой инновации является повышение безопасности, благополучия и вовлеченности работников, что приводит к повышению эффективности труда. Выбор правильной инновации крайне важен, чтобы не попасться на уловки или синдром блестящего объекта, чтобы она добавила ценности и решила реальную проблему.

Далее представлены 10 новейших инноваций в области технологий безопасности, которые могут помочь повысить безопасность работников в промышленности.

Использование данных о безопасности для проведения прогностического анализа. Поскольку данные становятся наиболее актуальным активом, их использование для создания прогнозного анализа будет увеличиваться. Организации должны внедрять больше программного обеспечения для машинного обучения, с целью обеспечения превентивных мер с помощью прогностического анализа. Специалисты по охране труда должны постепенно учиться считывать и интерпретировать данные, чтобы предвидеть потенциальные угрозы безопасности. Прогностический анализ является мощным инструментом, когда речь заходит о риске травматизма, и анализ данных отдельных работников может обеспечить упреждающие изменения для обеспечения безопасности. Изменения, который обычно являются реактивными, вводятся в действие только после того, как произошла травма. По состоянию на 2021 год только 12% предприятий в таких отраслях, как энергетика и энергетическое строительство, внедрили технологии, позволяющие проводить прогнозную аналитику.

*Технология захвата движения.* Она использует аппаратное обеспечение для записи движения объектов или людей. Первоначально возникшая из технологии, используемой для анализа движений в различных областях естественных наук, распространилась на спорт и развлечения, и только после этого технология получила применение в усовершенствовании техники безопасности на рабочем месте. Технология предполагает различные виды обработки данных, которые способны анализировать множество факторов, например – неправильные эргономические позы.

*Робототехника.* Промышленные роботы используются на рабочих местах уже несколько десятилетий. В настоящее время, роботы используются для выполнения задач, таких как уборка на заводе, пожаротушение или хирургия. Они могут защитить работников от вреда, сводя к минимуму воздействие опасных факторов окружающей среды, таких как пыль, химикаты, экстремальные температуры, и снижая эргономические риски за счет сокращения повторяющихся задач.

*Дроны.* Они же беспилотный летательный аппарат (БПЛА) – это летательные аппараты, которые пилотируются наземным диспетчером. БПЛА могут использоваться для мониторинга опасных для человека зон, таких как токсичная окружающая среда, работа на высоте и в замкнутых пространствах. Они передают мгновенную информацию, устраняя возможность человеческой ошибки при сборе критических показателей.

*Интеллектуальные датчики.* Или носимая техника – это общий термин для всех технологических устройств, которые надеваются на тело или близко к нему. Часто известные как “носимые устройства”, эти устройства прошли долгий путь от очков в 13 веке, плееров в конце 70-х годов до более поздних умных часов 21-го века. Теперь, благодаря фитнес-трекерам, мы гораздо лучше знакомимся с устройствами для улучшения нашего здоровья. Растущая популярность носимых устройств в сфере охраны труда и техники безопасности широко распространена. На рынке доступно несколько различных типов носимых устройств для обеспечения безопасности и предотвращения травм. Каждое устройство обладает своими уникальными характеристиками и способностью снижать риски. Они варьируются от датчиков падения, которые фиксируют любые жизненно важные показатели, устройств мониторинга, которые чувствуют тепло или загрязнение воздуха, устройств отслеживания шагов и состояния здоровья для тех, кто работает за столом весь день, датчик коррекции осанки в офисе для уменьшения боли в спине, до трекеров, которые публикуют местоположение удаленных работников в случае чрезвычайных ситуаций.

*Геймификация.* Это применение элементов игрового дизайна и игровых принципов в неигровых контекстах. Его также можно определить как набор действий и процессов для решения проблем с использованием или применением игровых характеристик. Она включает в себя элементы конкуренции, вознаграждения, вызова и социальной вовлеченности и, как было замечено, повышает эффективность усилий по вовлечению без увеличения затрат. Поскольку обязательства по обеспечению безопасности в организациях все больше становятся ценностями компании, а не первоочередной заботой, привлечение и наделение отдельных лиц инструментами, помогающими и мотивирующими их к мышлению в области безопасности, а также индивидуализация их ответственности обеспечивают подлинно человеческий подход к повышению общей безопасности.

*Виртуальная реальность (VR).* Создавая воображаемый мир, виртуальная реальность – это компьютерная среда, имитирующая трудовую практику. Что касается безопасности, то становится обычным делом погружать работников в ситуации, с которыми они могут столкнуться на работе, и обучать их на безопасной территории. Используя то, что психологи называют “воплощенным познанием”, работник использует все свое тело, подключаясь к своим двигательным и перцептивным системам, что приводит к лучшей памяти и сохранению знаний. Эта технология потенциально может помочь работникам улучшать их понимание в рабочих ситуациях с высоким риском.

*Дополненная реальность (AR).* Улучшая реальный мир или природную среду, дополненная реальность (AR) предлагает обогащенный восприятием опыт за счет наложения визуальной, слуховой или другой сенсорной информации. Он использует технологию для наложения изображений, звуков или текстов, как правило, с помощью мобильного телефона или планшета. В области безопасности AR может использоваться во многих случаях, таких как обучение, техническое обслуживание оборудования, при котором AR будет предупреждать о любых потенциальных опасностях, подключенные очки могут выделять опасные зоны, а оценка рисков может проводиться в режиме реального времени.

*Программное обеспечение HES.* Программное обеспечение для охраны окружающей среды, здоровья и безопасности (EHS) – это технология, которую предприятия используют для управления всеми своими данными и действиями по соблюдению нормативных требований и прочего. В большинстве компаний важнейшие сведения хранятся в самых разных местах – в электронных таблицах, базах данных, бумажных документах или в головах людей. Трудно

быстро найти информацию. Рабочие часами просматривает данные, исправляют ошибки и вручную вводят записи. Важные задачи и сроки легко ускользают из-под контроля. Вы, как руководитель, не сможете получить четкую картину до тех пор, пока не будут запущены отчеты, а это значит, что многие проблемы остаются незамеченными до конца месяца или квартала. Программное обеспечение EHS начинается со сбора всех ваших данных, задач, документов и разрешений в централизованной базе данных. Он также может извлекать информацию из других ваших источников, таких как финансовые или производственные данные. Затем программное обеспечение организует всю эту информацию в мощные информационные панели, чтобы дать вам полную картину работы вашей компании в режиме реального времени и поделиться ею с нужными сотрудниками. В дополнение к сбору и управлению данными программное обеспечение может автоматизировать административные задачи, такие как предоставление оповещений и уведомлений, отслеживание выполнения назначенных задач, запуск корректирующих или предупреждающих действий и создание отчетов. Сняв с себя эти задачи, вы можете сосредоточиться на более ценных занятиях. Встроенный интеллектуальный анализ помогает вам лучше понимать тенденции и производительность, чтобы вы могли принимать упреждающие решения.

*QR-коды.* QR означает быструю реакцию, и с точки зрения безопасности эта фраза хорошо сочетается. QR-коды используются для обучения на рабочем месте или для мгновенного просмотра того, что требуется. Требования безопасности или процедуры использования системы для работы в течение дня или для конкретного оборудования могут быть быстро отсканированы и закодированы с помощью легко усваиваемой информации. Это может быть полезно для сменных работников, для оборудования, которое используется не очень часто, или просто для постоянных напоминаний.

Одновременно повышая эффективность предприятия, благосостояние и вовлеченность, инновации в области техники безопасности вносят радикальные изменения в среду труда, снижая риски для работника. Технологические инновации для обеспечения безопасности всё больше становятся обыденными, внедряясь на каждое предприятие, на каждое рабочее место, в каждый процесс. Благодаря этому мы получаем снижение рисков, повышения безопасности рабочего места, а также увеличиваем эффективность труда.

#### **Список использованных источников**

1. Охрана труда: учебно-методическое пособие / А. А. Пивоварчик. – Гродно. ГрГУ, 2021. – 431 с.
2. Охрана труда: учебник / В. Г. Андруш, П. Т. Ткачёва, К. Д. Яшин. – 2-е изд., исправленное и дополненное. – Минск. РИПО, 2021. – 334 с.
3. Охрана труда: учебник / Г. А. Вершина, А. М. Лазаренков. – Изд. 2-е, дополненное и переработанное. – Минск. ИВЦ Минфина, 2020. – 562 с.

Студенты гр.10302118 Козачук С.И., Сташёнко К.А.  
Научный руководитель Абметко О.В.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

В статье приведены анализ условий труда и структура профессиональной патологии операторов станков. Неудовлетворительное состояние условий труда является главным фактором формирования профессиональных заболеваний у работников [1]. Вредные и опасные производственные условия непосредственно влияют на работников во время выполнения рабочего процесса, находятся в непосредственной связи со структурой и уровнем профессиональной заболеваемости [2].

Условия труда в разных секторах экономики в том числе и в машиностроении в последнее время были значительно улучшены благодаря набирающему темп техническому прогрессу. Ручной труд тем самым стремительно сокращается. Этому также способствует механизация и автоматизация большинства процессов производства. Однако итоговая производительность и эффективность труда остаются в непосредственной зависимости от двигательной активности работника. Поэтому, даже в настоящее время на автоматизированном и механизированном производстве физическая работа человека составляет существенную долю.

На предприятиях машиностроительного производства все еще имеются рабочие места, на которых значительную роль играет ручной труд, сопровождающийся физическими нагрузками. Одним из примеров профессий является профессия оператора станков, который занимается техническим обслуживанием и ремонтом производственных машин и оборудования.

Во время обслуживания металлорежущего оборудования рабочий подвергается влиянию на организм совокупности неблагоприятных производственных факторов. К таким факторам можно отнести недостаточную освещенность рабочего места, физическое напряжение работника, а также высокие уровни шума и вибрации, которые значительно превышают предельно допустимый уровень.

Проанализировав работу оператора станков с физиологической точки зрения можно утверждать, что для нее в большей степени свойственны множественные ручные операции при вынужденном рабочем положении с локальными статическими усилиями [3].

Компоновка рабочей зоны определяется досягаемостью средств и органов управления, величиной усилий на органах управления, частотой их использования, характеристиками обзорности, а также положением тела человека. Невысокий уровень соответствия размещения органов управления размерам тела рабочего, недостаточно оптимальная компоновка рабочего места является причинами увеличения энергозатрат рабочего, поскольку взаимодействие оператора станка с производственным оборудованием происходит через рычаги, кнопки и некоторые другие органы управления.

Самая распространенная рабочая поза при работе на металлорежущем станке – поза «стоя». Среди рабочих, которые выполняют работу стоя, заболевания спины и позвоночника встречаются у 45...65%. Причиной этому является небольшое, но длительное усилие для поддержания вынужденного рабочего положения. Именно оно приводит к росту болезней костно-мышечной системы [4].

Клинико-физиологические показатели находятся в прямой зависимости с ростом заболеваемости от условий рабочего процесса и расположения органов управления оборудованием.



К сожалению металлообрабатывающее оборудование имеет ряд недостатков в том числе конструктивных, технологические процессы порой несовершенны и некоторые трудоемкие операции производятся вручную. Влияние этих факторов с совокупности с факторами рабочего процесса приводят различным профессиональным заболеваниям и иммобилизации рабочих трудоспособного возраста.

Анализ структуры профессиональной заболеваемости рабочих позволил определить наиболее распространенные болезни. Среди них распространены заболевания опорно-двигательного аппарата, кожные заболевания, а также заболевания легких и дыхательных путей. Наибольшему влиянию условий рабочего процесса и как следствие профессиональным заболеваниям подвержены рабочие в возрастной группе 40-54 года, которые являются зачастую наиболее квалифицированными. Это в первую очередь сказывается на уровне ритмичности производства и, как следствие, масштабов производства.

Проанализировав информацию выше, можно сказать, что значительную долю в профессиональных заболеваниях среди операторов машиностроительного оборудования занимают болезни опорно-двигательного аппарата. Одной из главных причин является полуавтоматизированная работа на станках, которая связана с выполнением рабочих движений в течении короткого промежутка времени, а также большого физического напряжения. Неравномерный ритм трудового процесса и неудобное рабочее положение тела, также неблагоприятно влияют на здоровье оператора станков и приводят к физическому перенапряжению и микротравмам [3].

Наибольшему влиянию производственных факторов подвержены верхние конечности. Как следствие более половины всех заболеваний опорно-двигательного аппарата относятся к ним. Такие заболевания отличаются большой стойкостью и резко снижают трудоспособность заболевших [5].

#### **Список использованных источников**

1. Прокошина Т.С., Фальянов И.В. Условия труда работников, занятых на производстве машин и оборудования // Тр. ФОСНИТИ. 2011. Т. 108. С. 138-139.
2. Прокошина Т.С., Заикин И.Ю. Опасные факторы, возникающие при обработке металлов резанием // Особенности технического и технологического оснащения современного сельскохозяйственного производства сб. матер. междунар. науч.-практ. конфер. Орел: изд-во Орел ГАУ. 2013. С. 419322.
3. Прокошина Т.С. Влияние рабочего положения оператора универсального токарно-винторезного станка на его производительность труда и уровень соматического здоровья // Безопасность жизнедеятельности. 2016. № 5. С. 14-17.
4. Боброва-Фоликова Л.П., Крюкова Д.Н. Вынужденная рабочая поза и профилактика заболеваний на производстве. М., 1988. 60 с.
5. Бойко И.В. Профессиональные заболевания опорно-двигательного аппарата. СПб: Изд-во СЗФМУ им. И.И. Мечникова, 2013. 35 с.

## **Средства индивидуальной защиты как инструмент снижения травматизма и сохранения здоровья работников**

Студенты гр. 10604118 Маркевич С.Е., Савенко Е.А., Хлопкова Д.А.,  
Научный руководитель Абметко О.В.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Охрана труда является важным условием полноценной работы каждого предприятия. Для защиты здоровья и жизни всех работников необходимо создавать условия, которые напрямую будут связаны с повышением безопасности труда, что приведет к снижению производственной травмы и профессиональных заболеваний. Существует ряд факторов, влияющих на здоровье работников, а именно: загрязнения, токсичные химические вещества, пыль, расплавленные металлы, кипящие жидкости и другое.

Для защиты работников на предприятии обязательным условием является использование средств индивидуальной защиты (СИЗ). СИЗ – комплект одежды с необходимым инвентарем и аксессуарами, позволяющий уменьшать влияние вредных факторов окружающей среды на кожные покровы, а также на органы зрения, дыхания и слуха человека.

Классификация средств индивидуальной защиты в Республике Беларусь:

- защитная одежда (комбинезоны, халаты, куртки, брюки и т.п.);
- средства для защиты ног (сапоги, ботинки, бахилы и т.п.);
- средства для защиты головы и лица (каска, шапки, щитки и т.п.);
- средства для защиты рук (перчатки, нарукавники, напульсники и т.п.);
- изолирующие костюмы (костюмы для погружений в воду, пневмокостюмы и т.п.);
- средства для защиты органов дыхания (респираторы, маски, противогазы и т.п.);
- средства для защиты зрительных органов (очки защитные);
- средства для защиты органов слуха (бируши, наушники, шлемы и т.п.).

Спецодежда обеспечивает защиту людей от механических, химических, термических повреждений, обеспечивая высокий уровень безопасности. Данная спецодежда изготавливается из материалов повышенной прочности, с водоотталкивающей, огнестойкой пропиткой, обеспечивающих максимальную защиту работника от неблагоприятных факторов производства. Каждый вид СИЗ должен соответствовать требованиям и гарантировать высокую степень защиты персонала.

Перед началом работы работнику выдаются средства индивидуальной защиты по типовым нормам и межотраслевым правилам. При несоблюдении персоналом требований об использовании средств защиты выдается письменное замечание о нарушении требований охраны труда. Важную роль играет соблюдение требований хранения СИЗ, которые установлены в стандартах и включают в себя:

- хранение в отдельном сухом помещении;
- распределение по видам, размерам и защитным свойствам.

Работники обязаны использовать и правильно применять предоставленные предприятием СИЗ, а при их отсутствии или деформации – сообщить об этом руководителю.

Средства индивидуальной защиты должны использоваться рабочими на каждом предприятии, что позволяет существенно снизить риски травматизма. Также при использовании СИЗ снижается вероятность появления хронических и профессиональных заболеваний.

**Производственный травматизм на предприятиях энергетики**

Студенты гр. 10604118 Полещук В. Г., гр. 10604218 Шиманчик Д. Н.

Научный руководитель АБметко О. В.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Важной проблемой на каждом предприятии энергетики считается вопрос обеспечения безопасности сотрудников, с целью устранения травматизма на производстве, создаются разнообразные мероприятия, которые обеспечивают защиту работников от их взаимодействия с объектами под напряжением. Электротравматизм в сравнении с иными формами травм, полученных на производстве, составляет малый процент, но, по количеству серьезных травм и травм со смертельным исходом находится в первых местах.

Нынешние энергетические предприятия оснащаются необходимыми механизмами защиты и устранения травматизма. Однако, независимо от введения новейших и современнейших для человека технологий, в нынешнее время есть еще множество областей, в которых травмы и профзаболевания являются важным вопросом. Тем самым, степень травм на производстве и профессиональных заболеваний, прежде всего устанавливается уровнем технологий предприятия. Энергетика входит в ту область, где риска и угрозы не избежать – они составляют одну из основных частей. Деятельность в сфере энергетики связана со значительной нагрузкой и вредоносностью производственного процесса, который занимает по данному критерию третье место среди отраслей промышленности. Персонал работает с высоким напряжением, вынужден трудиться на высоте, а иногда даже испытывает ряд факторов, которые представляют опасность и вред человеческому организму. Достигнуть минимума рисков на предприятиях энергетики можно с помощью обдуманной подготовке производства и работ по охране труда.

Производственная травма – это непредусмотренный вред человеческому организму и ухудшение им работоспособности, спровоцированные несчастным случаем на предприятии. Несчастные случаи включают профзаболевания, профессиональные отравления и, в отдельных обстоятельствах, множество иных заболеваний. К тому же, повторение подобных ситуаций, связанные с производством, предполагают под собой производственный травматизм. К настоящему времени нет разделения причин производственного травматизма, но большая часть профессионалов отмечают три важнейших фактора.

Сперва, это технические причины. Их обычно относят к причинам, напрямую зависящим от «несоответствия» технологических стадий, конструкторских потребностей и технического состояния оборудования. О производстве и постройках приспособления и способов совместной и персональной защиты, неполноценной механизации трудных работ и т. п. Еще можно назвать эти причины инженерными или конструктивными. К ним также относятся несоблюдение санитарно-гигиенических норм, к которым относится завышенное (выше ПДК) содержание вредных веществ в воздухе рабочих зон, недостаток освещения; завышенное звуковое давление, вибрации; плохие погодные условия; разнообразные излучения выше пороговых значений и т. п.

На втором месте, это организационные причины. Они могут зависеть от степени подготовки дел на рабочем месте и на предприятии в целом. Они могут включать: недостатки в содержании проездов, территории, проходов; нарушение условий эксплуатации приборов и средств передвижения; нехватки на предприятии постоянных рабочих мест; нарушение правил ремонтных работ оборудования, приборов и средств передвижения и т. п. или несовершенство ограждений мест работы; отсутствие, неисправность или неприменение средств индивидуальной защиты и т. п.

На третьем месте это индивидуальные (психологические) причины. К ним можно отнести физиологическое и нервно-психическое истощение рабочего, которые приводят к ошибкам. Человек может допустить ошибки из-за переутомления, создаваемого на фоне чрезмерных физических перегрузок, умственного переутомления, однообразностью труда, эмоциональным потрясением, недомоганием.

Главная деятельность по предупреждению травм на производстве сопряжена с предотвращением основных видов причин: технологических, организационных, индивидуальных.

Предотвращение технологических причин сопряжено с улучшением или сменой оборудования, которое имеет серьезные неисправности и высокую изношенность, постоянной диагностикой технологического состояния механизмов, приборов и средств защиты. Результативными мерами безопасности считаются инженерные меры защиты работников от источника вредоносного влияния путем изоляции элементов, представляющих опасность.

Организационные причины предотвращают путем внедрения корпоративной системы управления охраной труда. Основной мерой безопасности считается обеспечение защиты работников от опасного воздействия источников путем предоставления сотрудникам средств индивидуальной защиты и грамотной организации трудового процесса.

Предотвращение индивидуальных причин травмирования связано с выбором персонала и его подготовкой, проведением инструктажа для безопасного поведения сотрудников. Полностью предотвратить риски с помощью данных мероприятий невозможно, поэтому безопасность сотрудника чаще всего зависит только от его поведения.

Так как совершенной защищенности на предприятии не может быть, то любой сотрудник обязан быть готов к активному противодействию опасностям и к оказанию первой помощи пострадавшему. Действия персонала в чрезвычайной ситуации и непосредственно после возникновения несчастного случая должны быть обдуманы и “организованы” предварительно.

#### **Список использованных источников**

1. Охрана труда: учебник / А. А. Челноков, И. Н. Жмыхов, В. Н. Цап. – Минск: Вышэйшая школа, 2020. – 541 с.
2. Охрана труда: учебник / В. Г. Андруш, П. Т. Ткачёва, К. Д. Яшин. – 2-е изд., исправленное и дополненное. – Минск. РИПО, 2021. – 331 с.
3. Охрана труда: учебник / Г. А. Вершина, А. М. Лазаренков. – Изд. 2-е, дополненное и переработанное. – Минск. ИВЦ Минфина, 2020. – 434 с.

**Электробезопасность при эксплуатации трансформаторов в филиале «Минские кабельные сети» РУП «Минскэнерго»**

Студенты гр.10903618 Рачицкая В.А, Зверева А.И.  
Научный руководитель Автушко ГЛ.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Филиал «Минские кабельные сети» является частью единого производственно-технологического комплекса по производству, передаче и распределению электрической и тепловой энергии [1].

Основными целями деятельности филиала «Минские кабельные сети» являются:

- обеспечение надежного энергоснабжения потребителей;
- хозяйственная деятельность, направленная на получение прибыли [1].

Для достижения первой цели, используются трансформаторы, но, как и любая установка, трансформатор имеет свои правила по электробезопасности. Ниже рассмотрены и приведены в пример установленные правила по электробезопасности при эксплуатации трансформаторов в филиале «Минские Кабельные сети» РУП «Минскэнерго».

При эксплуатации трансформаторов учитываются следующие правила по электробезопасности:

-Установка трансформаторов осуществляется в соответствии с правилами устройства электроустановок и нормами технологического проектирования подстанций [2].

При игнорировании данного правила, велик риск возникновения дефектов оборудования и, как следствие, травм рабочего персонала, при эксплуатации трансформаторов.

-Транспортирование, разгрузка, хранение, монтаж и ввод в эксплуатацию трансформаторов выполняются в соответствии с руководящими документами (инструкциями) заводов-изготовителей [2].

Соблюдение рекомендаций заводов-изготовителей способствует правильной работе оборудования, уменьшению затрат на его эксплуатацию и, следовательно, безусловному уменьшению рисков нарушения правил охраны труда.

-При эксплуатации силовых трансформаторов (автотрансформаторов) обеспечивается их надежная работа: нагрузки, уровень напряжения, температура, характеристики масла и параметры изоляции находятся в пределах установленных норм; устройства охлаждения, регулирования напряжения, защиты, маслохозяйство и другие элементы содержатся в исправном состоянии [2].

Параметры трансформатора, которые находятся в пределах нормы, указывают на, что установка исправна, пригодна к дальнейшему использованию. Следовательно, количество несчастных случаев на производстве значительно снижаются.

-На дверях трансформаторных пунктов и камер с наружной и внутренней стороны указаны подстанционные номера трансформаторов, а также, с наружной стороны предупреждающие знаки. Двери постоянно заперты на замок [2].

Применение средств защиты является неотъемлемой частью в эксплуатации любой электроустановки, в том числе и в трансформаторах. Игнорирование и несоблюдение данных правил может привести к серьёзным травмам для работника и большим потерям для производства. Знаки и предупреждающие плакаты размещаются в пределах видимой зоны работающего персонала в соответствии с нормативными документами по охране руда.

-Гравийная засыпка маслоприёмников трансформаторов содержится в чистом состоянии и не реже одного раза в год промываться. При загрязнении гравийной засыпки

(пылью, песком и т.д.) или замасливания гравия его промывка проводится, как правило, весной и осенью. При образовании на гравийной засыпке твёрдых отложений от нефтепродуктов толщиной более 3мм, появления растительности или невозможности его промывки осуществляется замена гравия [3].

Необходимость соблюдения денного правила обусловлена предотвращением растекания масла и распространения пожара при повреждениях маслonaполненных силовых трансформаторов.

-На баках трёхфазных трансформаторов наружной установки указаны подстанционные номера. На группах однофазных трансформаторов и реакторов подстанционный номер указывается на средней фазе. На баки группы однофазных трансформаторов и реакторов наносится расцветка фаз [2].

Знаковые обозначения фаз необходимы для эффективного и быстрого ремонта, без возникновения брака и ошибок. Допущенные работником, обслуживающим трансформатор, ошибки в ремонте могут привести к необратимым отрицательным последствиям в работе трансформатора.

-Осмотр и техническое обслуживание высоко расположенных элементов трансформаторов (более 3 метров) выполняется со стационарных лестниц с перилами и площадками наверху с соблюдением правил безопасности [3].

Соблюдение данных норм уменьшает риск возникновения несчастных случаев среди рабочего персонала.

-Для каждой электроустановки в зависимости от графика нагрузки с учётом надёжности питания потребителей и минимума потерь определяется число одновременно работающих трансформаторов [3].

Данное правило необходимо выполнять для предотвращения возникновения короткого замыкания, либо же обрыва линии, что может привести к отключению потребителей от электроэнергии, а также к травмам, связанным с обрывом линий электропередач.

-При автоматическом отключении трансформатора действием защит от внутренних повреждений, трансформатор можно включать в работу только после осмотра, испытаний, анализа газа, масла и устранения выявленных дефектов. В случае отключения трансформатора от защит, действие которых не связано с его внутренним повреждением, он может быть включен вновь без проверок [2].

Осмотр трансформатора и проверка его параметров перед введением его в работу способствуют его дальнейшей правильной работе, т.к. в период проверки есть возможность устранить неполадки до включения трансформатора в сеть. В случае пренебрежения данного правила трансформатор выйдет из строя и может привести к необратимым последствиям для предприятия.

#### **Список использованных источников**

- 1.Филиал «Минские Кабельные сети» РУП «Минскэнерго» [Электронный ресурс] режим доступа <https://minks.by/>. Дата доступа: 15.03.2022
2. Минскэнерго ТКП 427-2012 (02230) «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок»; от 28 ноября 2012 г. № 228
- 3.Минскэнерго ТКП 181-2009 «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей»; от 20 мая 2009 г. №16

**Особенности требований по охране труда при эксплуатации медицинского импульсного аппарата индукционной терапии**

Студент гр. 11307118 Степаненко А.И.  
Научный руководитель Автушко Г.Л.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

При работе на аппарате импульсном индукционной терапии «СЕТА-ТМ», который предназначен для лечения заболеваний и травматических повреждений периферической и центральной нервной, сердечно-сосудистой, опорно-двигательной, пищеварительной и мочеполовой систем человека, требуется соблюдение особых требований по охране труда. В зависимости от места работы с данным аппаратом: в условиях организаций здравоохранения, на дому или в производственных условиях - эти требования должны соответствовать как общим требованиям по охране труда при эксплуатации медицинских приборов, так и иметь некоторые особенности как к импульсному индукционному аппарату.

К общим требованиям по охране труда аппарата относятся следующие.

Аппарат в соответствии с ГОСТ 30324 по части безопасности относится к классу II, типу В. Это означает, что аппарат СЕТА-ТМ имеет прочный и жесткий корпус из изоляционного материала, который закрывает все токопроводящие части. При этом корпус не имеет шероховатые поверхности, острые углы и кромки и обеспечивает защиту от прикосновения к частям, находящимся под напряжением, и к частям, которые могут оказаться под напряжением в условиях единичного нарушения [9,10].

Электрическая изоляция аппаратов, обеспечивающая защиту от поражения электрическим током, сделана таким образом, что токи, текущие через нее, не превышают допустимые значения. Допустимые значения длительного переменного тока утечки в нормальных условиях, не более 0,1 мА. Допустимые значения длительного переменного тока утечки в условиях единичного нарушения, не более 0,5 мА.

Аппарат сконструирован таким образом, что через 1 с после отсоединения вилки напряжение между штырями вилки не превышает 60 В и прочность электрической изоляции после воздействия влагой, повышенной температуры, механических воздействий способна выдержать испытательное эффективное напряжение 4000В. Доступные поверхности рукояток, кнопок, ручек и других подобных частей аппарата, которые при нормальной эксплуатации длительное время находятся в руке оператора не достигают температуры, превышающей 40 °С. [7].

Как к электрическому прибору к аппарату СЕТА-ТМ предъявляются требования к пожарной безопасности [12]. Аппарат имеет достаточные прочность и жесткость для предотвращения опасности воспламенения в результате их полного или частичного разрушения при неправильном обращении, которое может иметь место при нормальной эксплуатации. Аппарат сконструирован и изготовлен так, чтобы в условиях единичного нарушения не возникают опасности. Вероятность возникновения пожара от аппарата не превышает  $1 \times 10^{-6}$  в год.

Как к аппарату, генерирующему электромагнитное поле, предъявляются требования к уровням физических факторов. Основные требования санитарной безопасности при производстве устанавливаются согласно единых санитарно-эпидемиологических и гигиенических требований к товару [5,6,11]. Напряженность электрического поля промышленной частоты (50 Гц) не превышает 0,5 кВ/м согласно этим требованиям. [5,6]. Напряженность электростатического поля не превышает 15 кВ/м [5,6]. Уровень звука не

превышает 50 дБА [5,6,8]. Переменное магнитное поле частоты 50 Гц, создаваемое аппаратом, не превышает 4 А/м (5 мкТл) [5,6].

Аппарат устойчив к электростатическим разрядам по СТБ IEC 61000-4-2, испытательный уровень 3 с критерием качества функционирования А,  $\pm 2$ ,  $\pm 4$  и  $\pm 8$  кВ - для воздушного разряда;  $\pm 2$ ,  $\pm 4$  и  $\pm 6$  кВ - для контактного разряда по СТБ МЭК 60601-1-2-2006.

Непосредственно в отношении данного аппарата следует отметить некоторые особенные требования при его эксплуатации. Аппарат устойчив к радиочастотным электромагнитным полям по СТБ IEC 61000-4-3, испытательный уровень 2 с критерием качества функционирования А, частота испытательного электромагнитного поля плавно перестраивается или дискретно изменяется в полосе частот от 80 МГц до 2,5 ГГц (3 В/м) по СТБ МЭК 60601-1-2-2006.

Также, одним из требований к аппарату является устойчивость к наносекундным импульсным помехам в цепях электропитания по СТБ МЭК 61000-4-4, испытательный уровень 3 с критерием качества функционирования А,  $\pm 2$  кВ - для цепей электропитания переменного тока и постоянного тока;  $\pm 1$  кВ - для сигнальных и соединительных кабелей по СТБ МЭК 60601-1-2-2006.

Аппарат устойчив к микросекундным импульсным помехам большой энергии в цепях электропитания по ГОСТ IEC 61000-4-5, испытательный уровень 3 с критерием качества функционирования А,  $\pm 0,5$ ;  $\pm 1$  и  $\pm 2$  кВ - при подаче помехи на цепи электропитания переменного тока по схеме "провод-земля";  $\pm 0,5$  и  $\pm 1$  кВ - при подаче помехи по схеме "провод-провод".

Устойчивость аппарата к провалам, кратковременным прерываниям и изменениям напряжения обеспечивается по СТБ МЭК 61000-4-11, испытательный уровень 70 % с продолжительностью 25/30 периодов для провалов напряжения, испытательный уровень 0 % с продолжительностью 250/300 периодов для кратковременных прерываний, испытательный уровень 70 %, время выдержки при пониженном напряжении 1 период с критерием качества функционирования С. По СТБ МЭК 60601-1-2-2006 при испытаниях на устойчивость к провалам напряжения испытательный уровень  $< 5\%$  с продолжительностью 0,5 периода, испытательный уровень 40% с продолжительностью 5 периодов, испытательный уровень 70% с продолжительностью 25 периодов, при испытаниях на устойчивость к прерываниям напряжения испытательный уровень  $< 5\%$  с продолжительностью 5 секунд. Требованиям к данному аппарату является устойчивость к кондуктивным помехам, наведенным радиочастотными электромагнитными полями 2 степени жесткости с критерием качества функционирования А по СТБ IEC 61000-4-6 и соответствие требованиям для испытательного уровня при испытаниях на помехоустойчивость 3 В (среднеквадратичное значение) в полосе частот, начиная с начальной частоты, определенной в перечислении f, до частоты 80 МГц по СТБ МЭК 60601-1-2-2006.

Аппарат устойчив к магнитным помехам и соответствует требованиям, установленным в СТБ МЭК 60601-1-2-2006 для испытательного уровня при испытаниях на помехоустойчивость 3 А/м.

Предварительная проверка соответствия требованиям проводятся на приемочно-технических испытаниях в организациях, проводящих испытания. По результатам испытаний оформляются протоколы приемочно-технических испытаний и акты гигиенической экспертизы.

Все испытания, если их режим дополнительно не оговорен, проводят при нормальных климатических условиях: относительная влажность от 45 % до 80 %; температура окружающей среды ( $25 \pm 10$ ) °С; атмосферное давление от 84,0 до 106,7 кПа (от 630 до 800 мм рт. ст.); отклонения напряжения питания сети от номинального значения  $\pm 2$  %.

При проведении испытаний в условиях воздействия климатических и механических факторов устанавливаются следующие допустимые отклонения поддержания режимов



оборудования: повышенных и пониженных температур  $\pm 3^{\circ}\text{C}$ ; повышенной относительной влажности воздуха  $\pm 3\%$ ; по частоте вибрации  $\pm 5\%$ ; по времени  $\pm 2\%$ .

Основные требования при продаже и применении изделия медицинского назначения удовлетворяют требованиям по эксплуатации, приведенные в паспорте и инструкции по медицинскому применению.

При эксплуатации аппарата не допускается его использование при обнаружении явных дефектов корпуса, электропроводки, средства отображения. Еще одним требованием данного аппарата является то, что он не предназначен для применения во взрывоопасных и пожароопасных зонах.

### Список использованных источников

1. Паспорт. Руководство пользователя. Аппарат импульсный индукционной терапии СЕТА-ТМ.
2. Инструкция по медицинскому применению аппарат импульсный индукционной терапии СЕТА-ТМ.
3. Акт гигиенической экспертизы импульсного аппарата индукционной терапии СЕТА-ТМ.
4. Протокол приемочно технических испытаний импульсного аппарата индукционной терапии СЕТА-ТМ.
5. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю), утвержденные Решением Комиссии Таможенного союза от 28.05.2010г. №299, глава II, раздел 18.
6. СанПиН № 9-29-95 Санитарные нормы допустимых уровней физических факторов при применении товаров народного потребления в бытовых условиях.
7. Санитарные нормы и правила «Требования к микроклимату рабочих мест в производственных и офисных помещениях» и гигиенический норматив «Показатели микроклимата производственных и офисных помещений», утвержденные постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 30.04.2013г. № 33
8. Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы "Шум на рабочих местах, в транспортных средствах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки", утвержденные постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 16.11.2011г. № 115
9. СанПиН «Требования к изделиям медицинского назначения, медицинской техники и материалов, применяемых для их изготовления», утв. постановлением МЗ Республики Беларусь от 16.12.2013 №128
10. ГН «Показатели безопасности изделий медицинского назначения, медицинской техники и материалов, применяемых для их изготовления», утв. постановлением МЗ Республики Беларусь от 16.12.2013 №128
11. ГН «Предельно-допустимые уровни электрических и магнитных полей тока промышленной частоты 50 Гц при их воздействии на население», утв. постановлением МЗ Республики Беларусь от 12.06.2012 №67.
12. Пожарная безопасность в Республике Беларусь. Общие требования. Утв. Декретом Президента Республики Беларусь №7 от 23.11.2017

**Гигиена труда при проведении урока информатики**

Студенты гр. 10903518 Шнитко А.В., Мелихов В.А  
Научный руководитель Автушко ГЛ.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

В наше время тема охраны труда на учебных занятиях по информационным технологиям весьма актуальна, поскольку за 30 лет сфера технологий вышла на совершенно новый уровень и перед нами стоит задача понять, как изменилась техника безопасности в аудиториях, классах и рабочих помещениях. Требования охраны труда при работе за компьютером – это обязательные правила, позволяющие свести к минимуму вредное воздействие оборудования на здоровье и работоспособность людей. Работа с видеодисплейными терминалами (ВДТ) и ПЭВМ сочетается с воздействием на организм пользователя широкого круга неблагоприятных факторов. К их числу относятся, например, воздействие электростатического поля и электромагнитного поля.

Во время работы за компьютером пользователь получает различную нагрузку на организм, к их числу относят умственную, эмоциональную, статическую, зрительную. Для снижения воздействия этих факторов на государственном уровне разрабатываются нормативные документы, устанавливающие правила техники безопасности и гигиены труда при работе с компьютером и другим оборудованием. К таким документам можно отнести Санитарные нормы и правила «Требования при работе с видеодисплейными терминалами и электронно-вычислительными машинами», гигиенический норматив «Предельно-допустимые уровни нормируемых параметров при работах с видеодисплейными терминалами и электронно-вычислительными машинами», утвержденные постановлением Республики Беларусь 28 июня 2013 № 59. В компьютерном классе для проведения учебных занятий должны соблюдаться правила по таким разделам охраны труда, как производственная санитария, техника безопасности и пожарная и взрывная безопасность.

К работе в кабинете информатики допускаются только учащиеся и преподаватели, прошедшие инструктаж по технике безопасности, соблюдающие указания преподавателя и расписавшиеся в журнале регистрации инструктажа.

При оборудовании и использовании компьютерных кабинетов чрезвычайно важное значение имеет строгое соблюдение санитарных правил и норм, предназначенных для предупреждения негативного влияния на человека вредоносных факторов, проявляющихся во время занятий с видеодисплейными терминалами и ПЭВМ. Вопрос о вреде работы с ВДТ и ПЭВМ актуален, в первую очередь потому, что речь идет о здоровье детей. Но также данный вопрос не менее важен для сохранения здоровья самого преподавателя и всех, кто принимает участие в образовательном процессе. Поэтому необходимо соблюдать все предписанные положения. Согласно СанПиН для преподавателей длительность работы в компьютерных классах устанавливается не более 4 часов в день, а для инженеров, обслуживающих учебный процесс в кабинетах с ВДТ и ПЭВМ, продолжительность работы не должна превышать 6 часов в день. Для учащихся старшей возрастной группы (10-11 классы) плотность занятий с использованием ВДТ и ПЭВМ не должна превышать 80%, при допустимом количестве занятий в течение дня – не более 3-х.

Дополнительно для снижения нагрузки в течение рабочего дня устраивают регламентированные перерывы в работе.

В помещениях, предназначенных для работы с компьютерами и прочими электронными устройствами, для создания оптимальных условий микроклимата предусмотрена централизованная система отопления и эффективная приточно-вытяжная

вентиляция, обеспечивающие температуру 19-21С, относительную влажность 55-62 %, скорость движения воздуха не более 0,1 м/с. [4]. Содержание вредных химических веществ в воздухе не превышает предельно допустимых среднесуточных концентраций для атмосферного воздуха.

Во время работы с компьютером в учебном классе поддерживается необходимая освещенность. Естественное освещение учебного помещения осуществляется через светопроемы. Рабочие места по отношению к световым проемам располагаются так, чтобы естественный свет падал сбоку, преимущественно слева. Также, оконные проемы оборудованы регулируемыми устройствами: жалюзи, занавеси, внешние козырьки и др. Искусственное освещение осуществляется системой общего равномерного освещения с коэффициентом равномерности 3:1 – 5:1. Для организации искусственного освещения используются люминесцентные лампы типа ЛБ, с применением светильников с зеркальными параболическими решетками, укомплектованными электронными пускорегулирующими аппаратами, поскольку они обладают высоким индексом цветопередачи, что улучшает качество освещения. Не допускается максимальная яркость дисплея при работе с компьютером.

Кабинет также хорошо вентилируется. В соответствии с требованиями СанПиН, кабинет информатики проветривается после каждого академического часа или непосредственно перед учебными занятиями, чтобы обеспечить присутствующим более качественный состав воздуха.

Немаловажное значение имеет посадка учащихся за рабочим столом и расположение экрана компьютера относительно глаз учащегося. Правильное положение за рабочим местом и верная его организация способствует нормальному функционированию органов и систем организма, минимизирует риски нарушений осанки и зрения, способствуют сохранению здоровья и хорошей работоспособности. Оптимальная посадка обеспечивается подбором стола и стула в соответствии с ростом учащихся в обуви, поэтому регулируемые по высоте стол и стул являются лучшим выбором для компьютерного класса.

Конструкция рабочего стула обеспечивает поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ, позволяет изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления.

Конструкция рабочего стола обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности оборудования.

При правильной посадке учащиеся должны сидеть прямо, напротив видеомонитора, не сутулясь. Спина должна иметь твердую опору в области нижних углов лопаток, предплечья должны постоянно находиться под прямым углом по отношению к плечам и опираться на наклонную поверхность стола с клавиатурой; тем самым снимается статистическое напряжение с мышц плечевого пояса и рук.

Расстояние между рабочими столами с видеомониторами - не менее 2,0м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов – не менее 1,2 м. Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600-700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров знаков и символов.

Существует ряд ограничений перед началом работы в компьютерном классе: запрещается входить в кабинет в верхней одежде, с громоздкими предметами, напитками и едой, запрещается начинать работу в утомленном состоянии, с раздраженными органами зрения и/или слуха, бегать, прыгать и самовольно передвигаться по кабинету. Учащимся запрещено включать и выключать напряжение в сети кабинета, подключать сторонние устройства в сеть, пытаться исправить неполадки оборудования самостоятельно и т.д.

При непосредственной работе с оборудованием необходимо остерегаться:

- поражения электрическим током;
- механических повреждений, травм.

Помимо инструктажа по технике безопасности, также необходимо провести инструктаж по пожарной безопасности. Причины, по которым может произойти возгорание в компьютерном классе, следующие:

- резкие перепады напряжения;
- короткое замыкание в проводке, когда рубильник не отключен;
- пожар в соседней аудитории;
- короткое замыкание в розетке;
- при работе учащиеся могут булавкой или шпилькой перемкнуть сеть;
- не защищенная проводка.

В классах, оборудованных персональными компьютерами (ПК), применяют только такие средства пожаротушения, которые не проводят электричество:

- порошок;
- хладон;
- диоксид углерода.

В случае возникновения пожарной ситуации или возникновения пожара персонал немедленно принимает необходимые меры для его ликвидации и одновременно уведомляет об этом пожарный контроль. В конце учебного занятия все компьютерное оборудование и периферийные устройства в обязательном порядке выключаются. В случае непрерывного процесса можно оставить только необходимое оборудование.

#### **Список использованных источников**

1. Гигиенические основы компьютеризации обучения. Учебно-методическое пособие [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://www.bsmu.by/downloads/kafedri/k\\_gig\\_det/stud/2017-2/gig\\_osnovy\\_komp\\_obucheniya.pdf](https://www.bsmu.by/downloads/kafedri/k_gig_det/stud/2017-2/gig_osnovy_komp_obucheniya.pdf) – Дата доступа: 03.03.2022.

2. Инструкция о мерах по пожарной безопасности в компьютерном классе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://itc.belstu.by/wp-content/uploads/2018/09/instruktsiia-po-pb-v-komp-klasse.pdf> – Дата доступа: 03.03.2022.

3. Правила пожарной безопасности в компьютерном классе [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://rutd-ksk.com/pravila-pozharnoy-bezopasnosti-v-kompyuternom-klasse/> – Дата доступа: 03.03.2022.

4. Санитарные нормы и правила «Требования к микроклимату рабочих мест в производственных и офисных помещениях» и гигиенический норматив «Показатели микроклимата производственных и офисных помещений», утвержденные постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 30.04.2013г. № 33

## Шум на строительной площадке

Студенты гр.11201320 Глушенок А.В., Прищиц А.А.  
Научный руководитель Вершеня Е.Г.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Строительство на протяжении многих веков является одной из самых значимых сфер человеческой деятельности. Однако, несмотря на то, что возведение различных зданий и сооружений необходимы для комфортной жизни людей, в процессе строительства возникает ряд вредных производственных факторов. Одним из примеров является шум.

Шум – сопутствующий фактор любого строительного производства: строительство нового здания, ремонт, реконструкция или модернизация уже существующего сооружения. Шум возникает и зависит от многих факторов, например, таких как:

- работа строительными инструментами;
- работа строительных машин, техники;
- перекивания рабочих и многое др.

Поскольку продолжительное воздействие шума негативно сказывается на организме человека не только, если он работает на строительных площадках, но и вынужден находится на протяжении долго времени вблизи строительной площадки, например, на рабочем месте, в собственном жилище или в общественном месте, расположенном рядом с проведением строительных работ, возникает необходимость в установке определенных нормативных требований, которые будут либо ограждать полностью от данного вредного фактора, либо максимально снизят влияние шума на организм человека. На сегодняшний день, нормативными документами, которые устанавливают допустимые нормы шума на строительной площадке и предусматривают меры защиты от него являются:

- Санитарные нормы, правила и гигиенический норматив «Шум на рабочих местах, в транспортных средствах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки», утвержденные постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 16.11.2011г. №115;

- Гигиенический норматив «Показатели безопасности и безопасности шумного воздействия на человека», утвержденный постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 25.01.2021 №37;

- СН 2.04.01-2020 «Защита от шума».

Нельзя не отметить, что большинство строительных работ сопровождается значительно большим уровнем звука, который превышает допустимые нормы. Например, если ремонтные работы проводятся в незаселенном доме, то есть объект еще не был сдан и не был подписан акт о приёме, то очевидно, что они могут проводиться и ночью.

Чтобы стало более понятно, приведём примеры:

- работа перфоратором или дрелью создают уровень шума в 90-95 дБА;
- проезды одиночного легкового автомобиля до 67 дБА, а грузового до 77 дБА;
- пескоструйный аппарат на расстоянии в 1м от объекта, воспринимающего шум – 115 дБА;
- отбойный молоток на расстоянии 1м – 120 дБА;
- шум от цепной пилы составляет- 100 дБА, а от угловой шлифовальной машинки или циркулярной пилы- 90 дБА;
- электрический лобзик издаёт шум в 80 дБА;
- а допустимый уровень шума на территориях, прилегающих к жилым домам:
  - 70 дБА в дневное время;

- 60 дБА ночное время.

Длительное воздействие шума является прямым раздражителем центральной нервной системы, что, в свою очередь вызывает её перенапряжение, может вызвать тугоухость и глухоту. Стоит отметить, что все люди по-разному воспринимают шум и некоторые могут потерять слух даже от короткого воздействия шума относительно-допустимой интенсивности, а некоторые могут работать всю жизнь в условиях постоянного шума и при этом практически не терять слух. Конечно, постоянное воздействие шума на организм способно не только повлиять на потерю слуха, но и может проявиться в виде: головокружения, звона в ушах, постоянных головных болей, повышенной усталости или бессонницы.

Для защиты от действия шума применяют общие и индивидуальные средства защиты.

Рассмотрим **средства индивидуальной защиты от шума**. Основные используемые в данное время СИЗОС можно разделить на две основные группы: противозумные вкладыши (беруши) и противозумные наушники.



**Беруши** - это максимально примитивные, но от этого не менее эффективные средства защиты органов слуха. Они легко вставляются во внутрь ушной раковины, принимая анатомическую форму. За счет звукопоглощающего материала, из которого они изготовлены, громкие звуки глушатся и не достигают барабанной перепонки. Существуют как одноразовые, так и многоразовые беруши.



**Противозумные наушники** - при использовании таких наушников защита органов слуха выполняется путем использования звукопоглощающего материала, акустической пены. В своей конструкции наушники используют большие чаши, которые полностью обхватывают ухо, что в свою очередь усиливает шумоподавление (в сравнении с берушами). Такой тип защиты органов слуха эффективнее всего гасит средние и высокие частоты звука.



**Шлемофоны** – являются наиболее эффективным способом шумоподавления, защищающим органы слуха от звуков на высоких частотах, в диапазоне от 120 дБ. Принцип

их заключается в том, что они останавливают прохождение шума не только через ушной проход, но и через кости черепа, предотвращая жизненно опасные влияния на мозг. Также отметим, что шлемофоны и наушники делят на активные и пассивные.

**Активными** - называют те средства защиты, которые оборудованы микрофоном и динамиками, сделано это для того, чтобы иметь возможность разговаривать с коллегой на большом расстоянии и не прибегать к крику.

**Пассивные** – созданы исключительно для подавления внешних источников шума, воздействующих на слуховые органы.

Производители строительной техники стараются разрабатывать изделия таким образом, чтобы вследствие их использования в технологическом процессе, работа изделий сопровождалась минимальным уровнем шума. Например, клеят внутри корпуса шумоизоляцию или производят корпус из материалов, гасящих шум.

Города постепенно расширяются, из-за это возникает следующая проблема: на небольшом расстоянии от магистралей находятся небольшие деревни или поселки, а через дорогу ведётся строительство нового микрорайона. Естественно, для жильцов частных домов, данное строительство является нежелательным, поскольку частый и продолжительный шум со стройки начинает со временем угнетать функции организма: вызывает бессонницу, раздражительность, ухудшение слуха и другие симптомы. Возникает потребность в создании шумоизолирующих сооружений.

С шумом весьма эффективно справляется экранирование. Поэтому прилегающие жилые территории ограждают с лицевой стороны к стройке шумозащитным забором. И, когда звуковая волна идёт в сторону домов, она частично отталкивается от экрана, что способствует уменьшению уровня шума, доходящего до жилых сооружений. Аналогично работает живая изгородь.



Подводя итоги повторим, что любой строительной деятельности обязательно будет сопутствовать шум. Шум – вредный производственный фактор как для рабочих, так и для людей, живущих или вынужденных находиться рядом с местом строительства продолжительное время. Для понижения влияния уровня шума на организм человека проводятся различные мероприятия по снижению уровня шума, постоянно разрабатываются новые средства индивидуальной защиты органов слуха человека, а также модернизируются уже существующие.

Студенты гр. 10302118 Авсиевич Н.А., Сучков Н.М.  
Научный руководитель Кот Т.П.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

При выборе системы пожаротушения необходимо учитывать множество факторов, в первую очередь, характеристики защищаемого объекта и вероятность возникновения пожара.

Выделяют следующие виды автоматического пожаротушения: водяные, порошковые, газовые, пенные, аэрозольные.

Достаточно широко на сегодняшний день распространены установки водяного пожаротушения, их главными достоинствами являются простота, доступность и экологичность по отношению к окружающей среде.

Один из видов систем водяного пожаротушения – спринклерная. Несмотря на широкое распространение спринклерные системы имеют ряд недостатков.

- длительное время срабатывания (2-3 мин.);
- сложность проектировки, монтажа;
- применяется только для тушения пожаров класса А и В;
- при отсутствии централизованного водоснабжения – потребность в емкостях для огнетушащего вещества, дополнительных насосах;
- невозможность использования при отрицательных температурах;
- необходимость замены спринклеров после активации.

Наряду со спринклерными системами широко применяются дренчерные водяные системы пожаротушения. К их преимуществам относят: отсутствие необходимости в замене после срабатывания и минимальное время срабатывания. Среди недостатков следует отметить: необходимость в дополнительных датчиках пожарной сигнализации и большой расход воды (0,1-0,3 л/с/м<sup>2</sup>) [1].

Работа установок газового пожаротушения осуществляется путем заполнения помещения расчетным количеством газа. Основное их преимущество заключается в том, что они не вызывают никаких повреждений защищаемого объекта, последствия тушения легко устраняются путем проветривания. Также неоспоримым преимуществом является широкий температурный диапазон (от -40° до +50°С). Главный их недостаток – опасность для человека. Запрещено применение автоматических газовых установок пожаротушения в помещениях, которые не могут быть покинуты людьми до начала работы установки и в помещениях с большим количеством людей (50 человек и более). Установки газового пожаротушения не могут охватить большой объем, поэтому применяются в основном в небольших закрытых пространствах [2].

При тушении возгораний с помощью пенных установок в защищаемое пространство подается водопенный раствор, изолирующий зону горения от кислорода и снижающий температуру горения. Преимуществами систем пенного пожаротушения являются:

- низкий расход огнетушащей жидкости по сравнению с водяными установки;
- минимальный ущерб имуществу в сравнении с водяными установки;
- безопасность для человека и большинства защищаемых поверхностей.

Среди недостатков пенных систем пожаротушения следует отметить то, что в пене в любом случае будет содержаться доля воды, поэтому такие установки не устанавливаются в неотапливаемых зданиях, и для тушения электрооборудования под напряжением они непригодны.



Системы порошкового пожаротушения наиболее универсальны и на сегодняшний день являются одними из самых недорогих и простых в применении. Недосток порошковых систем заключается в том, что порошковые системы нельзя применять для тушения веществ, способных гореть без доступа кислорода, и тлеющих материалов. Кроме того, огнетушащий порошок вреден, поэтому в помещениях с людьми его использовать не допускается [3].

Системы аэрозольного пожаротушения не относятся к универсальным, применяются чаще всего для тушения пожаров электроустановок под напряжением.

Все перечисленные автоматические системы пожаротушения являются технологичными установками, занимающими какое-то пространство и являющимися недешевым оборудованием. Сложность установки этого оборудования также имеет значение при их выборе. Все системы, за исключением спринклерных установок с запорными механизмами, имеют датчики, питающиеся от общей электросети здания, и если в чрезвычайной ситуации сеть отключится, то при возникновении возгорания автоматически система не работает.

Для эффективного обеспечения пожарной безопасности Кирово-Чепецким заводом «Агрохимикат» разработано альтернативное средство автоматического пожаротушения – FINFIRE «СФЕРА».

FINFIRE «СФЕРА» – небольшой шар, представляющий собой мягкий корпус, наполненный инновационным огнетушащим порошком FINFIRE ABCE (рисунок 1). На поверхности шара находятся огнепроводящие шнуры, которые активируют устройство при контакте с огнем. После контакта в течение 10 секунд происходит взрыв, разрывающий корпус и выбрасывающий огнетушащее вещество во все стороны вокруг устройства. Взрыв сопровождается хлопком, что оповещает всех находящихся рядом о пожаре. При разбрасывании огнетушащего средства огонь мгновенно подавляется.



Рисунок 1 – FINFIRE «СФЕРА» в разрезе

Одна сфера способна защитить до 5 м<sup>3</sup> пространства. При возникновении возгорания в отсутствие человека «Сфера», размещённая в пожароопасной зоне, срабатывает автономно и очень быстро. Ее целесообразно размещать в наиболее пожароопасных местах, например, рядом с электроустановками под напряжением, печами, станками, оборудованием с сильно нагревающимися элементами. «Сфера» не требует технического обслуживания и имеет срок службы 10 лет.

#### Список использованных источников

1. Современные способы пожаротушения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://admiral-omsk.ru/sposobi-tusheniya-pozharov>.
2. Основные методы тушения пожаров. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fireman.club/statyi-polzovateley>.
3. Системы автоматического пожаротушения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://extxe.com/4322/sistemy-avtomaticheskogo-pozharotusheniya>.

Студенты гр. 10505119 Бортовая А.Ю., Комок Е.В.  
Научный руководитель Кот Т.П.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Работники организаций общественного питания в процессе трудовой деятельности подвергаются воздействию различных вредных и опасных производственных факторов.

В первую очередь это физические факторы:

- повышенная температура и относительная влажность воздуха;
- механические воздействия (острые кромки режущего инструмента);
- повышенный уровень шума;
- повышенный уровень вибрации;
- опасность поражения электрическим током;
- инфракрасные (ИК) и сверхвысокочастотные (СВЧ) излучения.

Повышенная температура и относительная влажность воздуха в наибольшей степени проявляются в горячих, кондитерских цехах, в моечных.

Источниками повышенного уровня шума и вибрации являются работающее механическое оборудование, вентиляционные и холодильные установки.

При работе с механическим оборудованием существует высокий риск получения механических травм (ушибы, порезы). Наиболее травмоопасным является измельчительное и режущее оборудование (машины для нарезки гастрономических продуктов, для резки рыбного филе, мяса и субпродуктов, мясорубки, хлеборезательные машины и др.).

В процессе тепловой обработки пищевых продуктов работники оказываются под воздействием ИК- и СВЧ-излучений. Так, источниками ИК-излучения являются нагретые поверхности духовых шкафов, фритюрниц, плит, сковород, а источниками СВЧ-излучения – микроволновые печи.

Следует отметить также воздействие на работников предприятий общественного питания и химических факторов. В воздухе рабочей зоны на разных этапах производства могут присутствовать такие вещества как: оксиды азота, сероводород, аммиак, оксид и диоксид углерода, бенз(а)пирен, акролеин, биологически активные вещества. В горячих и кондитерских цехах при термической обработке продуктов выделяются бенз(а)пирен, оксид и диоксид углерода; при разделке рыбы, мяса, птицы и их дальнейшей термической обработке – аммиак, двуокись азота, сероводород.

В процессе работы персоналу приходится контактировать с кислотами, щелочами, маслами, дезинфицирующими и моющими средствами, оказывающими раздражающее действие на кожные покровы и вызывающими аллергические реакции.

Отдельные категории работников, прежде всего занятые в холодных, мясорыбных, горячих цехах на разделке сырого мяса и рыбы, подвержены воздействию биологических вредных факторов (патогенных микроорганизмов – микрококки, стафилококк; грибы – *Penicillium*, *Aspergillus*, *Rizopus* и др.).

Кроме того, труд работников общественного питания связан с достаточно высокими физическими нагрузками и напряжённостью труда. Повышенные физические нагрузки характерны для ручных операций чистки, разделки, резки, формовки, загрузки, разгрузки. Напряжённость труда определяется как повышенными сенсорными нагрузками, так нервно-психическими, обусловленными необходимостью общения с большим количеством людей.

Перечисленные факторы могут стать причиной нарушения здоровья и развития различных заболеваний (рис.1).



Рисунок 1 – Характерные заболевания работников предприятий общественного питания (процентное соотношение)

Длительное воздействие вредных факторов производственной среды приводит к развитию специфических профессиональных заболеваний работников данной отрасли. Так у работающих в хлебопекарных, кондитерских цехах наблюдаются пневмокониозы и пылевые бронхиты; у операторов холодильных установок, мойщиков посуды и оборудования в результате длительного контакта с раздражающими веществами – пневмосклерозы, бронхиальная астма, хронические отравления, токсические бронхиты, дерматиты, экземы, аллергии [1].

Физические перегрузки вследствие напряжения отдельных мышц, неудобной рабочей позы являются причиной развития тромбофлебита, бурсита, тендовагинита, радикулита, неврита, облитерирующего эндартериита.

Длительный контакт с растительным и животным сырьем может спровоцировать развитие инфекционных, паразитарных и грибковых заболеваний.

Специфические особенности труда работников общественного питания обуславливают необходимость проведения систематического контроля и анализа условий труда на их рабочих местах, а также оценки состояния здоровья для предупреждения развития профессиональных и производственно обусловленных заболеваний.

#### Список использованных источников

1. Шулькин Л.Л. Гигиена ресторанного бизнеса. Условия труда и здоровье работников ресторанов: монография. – Омск, издатель ИП Скорнякова Е.В., 2012. – 148 с.

Студент гр. 10302118 Пармон А.С.  
 Научные руководители Кот Т.П., Абметко О.В.  
 Белорусский национальный технический университет  
 г. Минск

Основной операцией в технологическом процессе на машиностроительных предприятиях является металлообработка – операция, в ходе которой происходит изменение формы, размеров и качества заготовок из металла.

Металлообработка осуществляется оператором, который в зависимости от типа станка либо полностью участвует в процессе обработки, либо частично. В процессе работы на оператора воздействуют различные опасные и вредные производственные факторы (рис. 1), которые могут причинить вред здоровью оператора и травмировать его.



Рисунок 1 – Опасные и вредные производственные факторы, влияющие на операторов металлорежущих станков

Нередки случаи получения механических травм операторами при взаимодействии с приспособлениями для закрепления заготовок деталей (приводные и передаточные механизмы станка, планшайбы, поводковые и кулачковые патроны). Причинами травм являются также ситуации, обусловленные случайным соприкосновением с вращающимися резцами, фрезами, сверлами, зенкерами, зуборезным и резьбонарезным инструментом, абразивными кругами, либо в случае затягивания ими элементов одежды. Опасность представляет также внезапное разрушение инструментального оборудования (например, разрыв заточного и шлифовального кругов, вылет частей сборного инструмента и т.д.).

Серьезную опасность представляет металлическая стружка, так как может отлетать от станков на значительное расстояние (до 3-5 м).

В воздухе рабочей зоны операторов металлорежущих станков присутствуют вредные вещества, оказывающие токсическое и раздражающее действие: аэрозоль масла (концентрация может достигать до 8,4 мг/м<sup>3</sup>, что превышает допустимое значение – 5 мг/м<sup>3</sup>), смазочные материалы и смазочно-охлаждающие жидкости (минеральные и синтетические масла, эмульсии и др.) [1].

Значительное влияние на здоровье операторов оказывает повышенный уровень шума на рабочих местах. Так, превышение нормативного значения уровня звука (80 дБА) на рабочих местах у расточных станков – на 13 дБА, вблизи осетокарных станков – на 17 дБА [2].

Используемое оборудование, подъемно-транспортные устройства являются источниками опасности поражения электрическим током в случае нарушения режимов их эксплуатации и ненадлежащего контроля за состоянием электрооборудования.

В процессе выполнения работы операторы испытывают физическую динамическую нагрузку, обусловленную перемещением заготовок на станки вручную при их установке, закреплении и съеме. Также движения операторов можно охарактеризовать как стереотипные. 43% общего времени работы операторы тратят на управление станком, при этом 40% времени находятся в положении «стоя, наклонив корпус». Данное положение тела является неудобным.

Нервно-психические перегрузки обусловлены перенапряжением анализаторов, монотонностью труда.

Таким образом, условия труда операторов металлорежущих станков являются небезопасными. Необходимо разрабатывать и соблюдать мероприятия по минимизации их воздействия.

#### **Список использованных источников**

1.Семак К.С, Прокошина Т.С. Анализ условий труда операторов металлообрабатывающих станков. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-usloviy-truda-operatorov-metalloobrabatyvayuschih-stankov/viewer>. Дата обращения – 15.03.2022 г.

2.Гогуадзе М.Г. Автореферат: Снижение шума на рабочих местах операторов специальных расточных и осетокарных станков. [Электронный ресурс]: Режим доступа: [https://viewer.rusneb.ru/ru/000199\\_000009\\_010250846?page=1&rotate=0&theme=white](https://viewer.rusneb.ru/ru/000199_000009_010250846?page=1&rotate=0&theme=white), Дата обращения – 15.03.2022 г.

## Средства снижения шума на рабочих местах операторов металлорежущих станков

Студенты гр. 10302118 Примако В.С., Струкова А.В.  
 Научный руководитель Кот Т.П.  
 Белорусский национальный технический университет  
 г. Минск

В машиностроении применяется разнообразное производственная оборудование, которое является источником повышенного уровня шума. Общий уровень звука в инструментальных и механических цехах, создаваемый металлорежущими станками, превышает допустимые значения (80 дБА) на 4-20 дБА, в отдельных случаях достигая 103 дБА. Проанализируем данные по уровням звука, создаваемым различными типами металлорежущих станков:

- токарно-винторезные – 76-93 дБА;
- токарно-револьверные – 75-95 дБА;
- токарные полуавтоматы – 90-95 дБА;
- вертикально-фрезерные – 76-90 дБА;
- продольно-фрезерные – 80-95 дБА;
- карусельно-фрезерные – 92-103 дБА;
- шлифовальные – 76-98 дБА;
- вертикально-сверлильные – 89-97 дБА;
- радиально-сверлильные – 83-97 дБА;
- обрезающие и резьбонарезные – 91-97 дБА.

Наиболее высокие уровни звука отмечаются вблизи карусельно-фрезерных станков. На втором месте – шлифовальные, на третьем – обрезающие, резьбонарезные и сверлильные станки. Высокий уровень звука создают и токарные полуавтоматы, уровень звука вблизи которых превышает допустимые значения на 10-15 дБА.

В процессе эксплуатации данные станки создают преимущественно средне- и высокочастотный, широкополосный постоянный шум.

На рисунке 1 представлены основные источники и причины возникновения шума при работе металлорежущих станков.

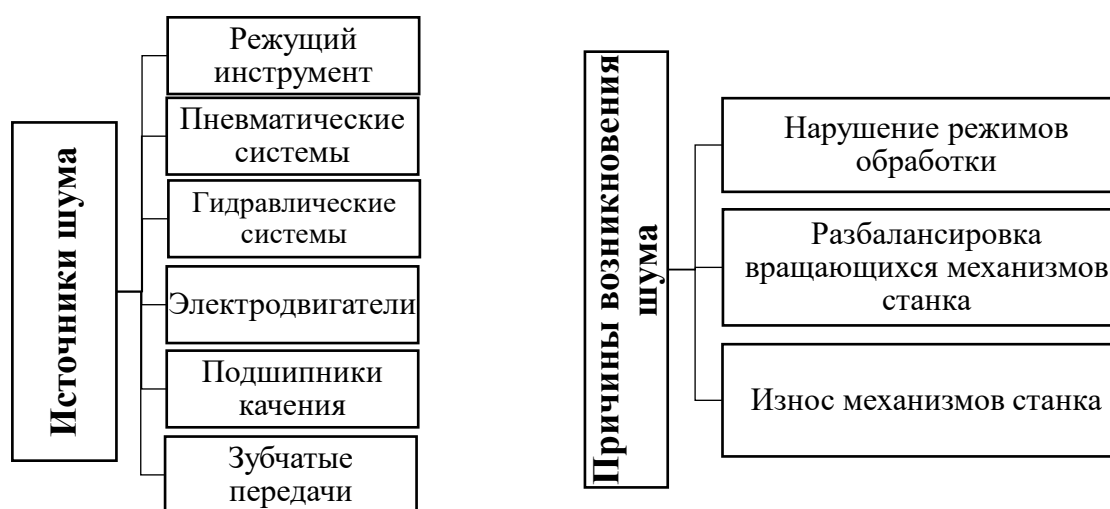


Рисунок 1 – Источники и причины возникновения шума при работе металлорежущих станков

Для снижения шума разработано множество различных технических решений. Так, снижение шума зубчатых передач металлорежущих станков обеспечивается помещением зубчатых колес в масляные ванны и использованием звукоизолирующих кожухов, в которые помещают коробки скоростей и редукторы. Снизить шум, создаваемый электродвигателями, можно за счет повышения жесткости корпуса, валов ротора, подшипников, а также динамической балансировкой ротора.

Достаточно сложно добиться снижения шума, возникающего непосредственно при обработке детали. В этом случае приемлемо изменить режим резания. Также снизить шум можно используя смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ), создающие звукоизолирующей завесы. Слой СОЖ толщиной 5-6 мм, позволяет на 12-17 дБ снизить уровень звукового давления на средних и высоких частотах [1].

Эффективным средством для уменьшения шума в процессе обработки деталей является применение герметично закрывающих зону резания кожухов. Обычные металлические кожухи предназначены в основном для защиты оператора станка от стружки и попадания эмульсии и изготавливаются однослойными, а специальные звукоизолирующие ограждения – трехслойными: между двумя слоями листового железа помещается демпфирующий материал. В случае необходимости визуального наблюдения за процессом обработки детали часть ограждения выполняется из поликарбонатной плиты. На рисунке 2 показана эффективность ограждений данного типа.

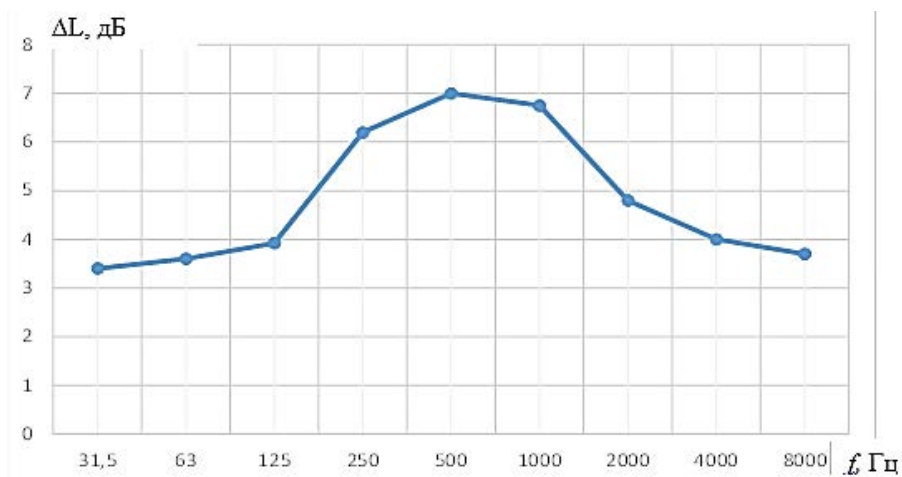


Рисунок 2 – График рассчитанной акустической эффективности трехслойного звукоизолирующего ограждения

Как видно из графика применение трехслойного звукоизолирующего ограждения позволяет добиться наибольшего снижения уровня звукового давления на 7 дБ на средних (250, 500 Гц) и высоких (1000 Гц) частотах.

#### Список использованных источников

1. Гогуадзе М.Г. Автореферат: Снижение шума на рабочих местах операторов специальных расточных и осетокарных станков. [Электронный ресурс]: Режим доступа: [https://viewer.rusneb.ru/ru/000199\\_000009\\_010250846?page=1&rotate=0&theme=white](https://viewer.rusneb.ru/ru/000199_000009_010250846?page=1&rotate=0&theme=white). Дата обращения: 15.03.2022 г.

Студенты гр. 10302118 Суходольский Д.А., Лашук К.А.  
 Научный руководитель Кот Т.П.  
 Белорусский национальный технический университет  
 г. Минск

При эксплуатации металлорежущих станков операторы подвергается воздействию различных видов опасностей: механических, электрических, химических, опасностей, вызванных излучением, шумом, вибрацией.

Электрические опасности возникают в результате контакта с токоведущими частями или соединениями при устранении неполадок и техническом обслуживании станков.

Перемещение элементов, передающих усилие, сам процесс резания металлов, работа гидросистемы станка, использование воздушной струи для очистки инструмента или места крепления заготовки обуславливают наличие опасности, связанной с воздействием на персонал шума.

Опасности, вызванные излучением, связаны, прежде всего, с работой по обслуживанию лазерных измерительных систем при длительном нахождении напротив прямого или отраженного лазерного луча.

Выброс вблизи станка капель жидкости или аэрозолей является причиной воздействия на персонал химических опасностей, связанных с вдыханием вредных жидкостей, газов, аэрозолей и пыли.

Основную долю среди всех видов опасностей занимают механические, которые возникают в опасных зонах:

- при установке заготовки или инструмента в зоне между движущимися частями станка;
- при погрузке или выгрузке заготовок, удалении стружки и заправке смазочно-охлаждающей жидкости вручную вблизи шпинделя, инструмента, элементов привода;
- при автоматической подаче заготовки, а также в зоне приема и выброса стружки, вращения элементов привода;
- при перемещении или вращении инструмента (особенно при эксцентрическом инструменте), при работе с ручным инструментом и при ручном обращении со стружкой.

Наиболее типичные опасные зоны (приводные передачи и зона обработки детали) представлены на рисунке 1.

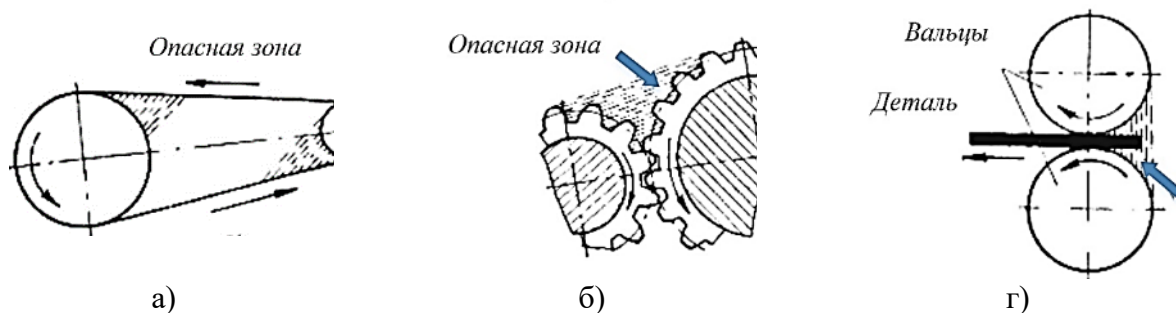


Рисунок 1 – Опасные зоны: а) между ременной передачей и шкивами;  
 б) между зубчатыми колесами; в) между вальцами [1]

Одним из эффективных средств защиты от травмирования операторов наряду с предохранительными, тормозными устройствами является применение в опасных зонах оградительных устройств. Помимо ограждения указанных выше опасных зон обязательно



применяются защитные оградительные устройства режущего инструмента (резцов, фрез, сверл и т.д.).

Например, при работе на токарных станках барьерами (кожухами) ограждают нерабочую часть инструмента и зону движения вокруг станка; при работе на строгальных станках также используют барьеры или выдвижные линейки с регулировкой выдвижения для ограждения зоны движения стола (ползуна) [2].

Повышенную опасность представляет стружка, которая образуется при обработке металла, а при скоростном резании нагревается до 500-600° и отлетает на 5-6 м от станка. Поэтому обязательно использование экранов, а также стружкоотводчиков и стружконаправляющих устройств.

На рисунке 2 представлены различные типы защитных оградительных устройств, применяемых в опасных зонах металлорежущих станков.



Рисунок 2 – Источники опасности и защитные устройства металлорежущих станков

На всех видах станков с применением вращающихся с большой скоростью деталей или режущих инструментов, важно предотвратить возможность попадания одежды и частей тела в зону вращения инструмента или детали. Для этих целей используются защитные устройства

с блокировкой, отключающей станок в случае попадания посторонних предметов в опасную зону. Данные устройства называются кожухами.

При открытии защитного кожуха, происходит срабатывание блокировки, не допускающей продолжения выполнения работы. Кожух может быть различных размеров, в том числе может выполняться на всю длину станка [3].

Правильно сконструированные и изготовленные ограждения защищают не только самого оператора, но и людей в его окружении, так как от поломки ограждаемой детали не произойдет разлета ее частей. Также ограждения защищают и от брызг смазочно-охлаждающих и других технологических жидкостей.

### **Список использованных источников**

1. Опасные зоны станков. Оградительные и тормозные устройства. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://delta-grup.ru/bibliot/32/33.htm>.
2. Опасные зоны станков. Средства безопасности оборудования. Пуск и останов станков [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://ozlib.com/942696/tehnika/opasnye\\_zony\\_stankov\\_sredstva\\_bezопасности\\_oborudovaniya\\_pusk\\_ostanov\\_stankov](https://ozlib.com/942696/tehnika/opasnye_zony_stankov_sredstva_bezопасности_oborudovaniya_pusk_ostanov_stankov).
3. Виды станков и их защитных устройств [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://studbooks.net/2526118/tovarovvedenie/vidy\\_stankov\\_zaschitnyh\\_ustroystv](https://studbooks.net/2526118/tovarovvedenie/vidy_stankov_zaschitnyh_ustroystv).

**Психофизиологические и эргономические аспекты организации труда водителя, осуществляющего пассажирские перевозки**

Магистрант Закревский Д.А.  
Научные руководители Абметко О.В., Кот Т.П.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Специфика деятельности водителя, выполняющего пассажирские перевозки, заключается в необходимости управления транспортным средством в условиях интенсивного движения в строгом соответствии с графиком перевозки пассажиров. Помимо управления водитель обязан во время рейса осуществлять продажу билетов, контролировать процесс посадки и высадки пассажиров и обстановку в салоне, следить за показаниями приборов. Большой объем получаемой водителем информации и необходимость быстрого принятия решений обуславливают высокую напряженность его трудовой деятельности.

Основной поток информации поступает от среды движения, которая определяется значительным количеством воспринимаемых сигналов, как звуковых, так и световых. Плотность сигналов информации от среды движения может достигать более 1600 за смену. Наибольшая информационная нагрузка отмечается в часы пик. Так, если плотность сигналов и сообщений за 1 час работы в среднем составляет 200, то в часы пик – до 300.

Дефицит времени и ответственность за безопасность пассажиров определяют высокую степень эмоционального напряжения водителей, сопряженную с развитием психологических стрессов, этому способствует также и разрывной график работы. Продолжительное воздействие стрессов, влияющих на нервную систему, приводит к развитию различных заболеваний, как профессиональных, так и производственно обусловленных. Так, у водителей часто диагностируются заболевания нервно-психической сферы и сердечно-сосудистой системы. Среди заболеваний сердечно-сосудистой системы лидирующие позиции занимают аритмия, кардиалгия, инфаркты миокарда. Возглавляет список производственно обусловленных заболеваний у водителей артериальная гипертензия. По данным медицинских обследований 18-20% водителей с продолжительным стажем работы подвержены данному заболеванию.

Снижение психофизиологических нагрузок и создание комфортных условий работы водителей, осуществляющих пассажирские перевозки, может быть реализовано за счет эргономических и организационных мер.

К организационным мерам относится прежде всего соблюдение режима труда и отдыха. В соответствии с законодательством Республики Беларусь для водителей общественного городского наземного транспорта предусмотрены следующие виды перерывов и отдыха [1]:

- перерыв для отдыха и питания – от 30 минут до 2 часов;
- междуменный отдых – продолжительностью в 2 раза превышающей время рабочей смены;
- еженедельный непрерывный отдых – не менее 45 часов;
- ежегодный отпуск – минимум 28 календарных дней.

В обеспечении комфортных условий труда водителя важное место занимает организация его рабочего места. Важной составляющей является соответствие кабины и ее наполнения основным эргономическим требованиям.

Размеры кабины и регулировка сидения и руля должны соответствовать антропометрическим характеристикам водителя. Должна предусматриваться возможность

регулировки сиденья и рулевой колонки для выбора оптимальной позиции размещения водителя [2].

Конструкция сидения водителя должно предусматривать пять основных регулировок:

- регулирование глубины сидения;
- регулирование угла наклона спинки,
- регулирование угла наклона сидения;
- установка по длине;
- установка по высоте.

Управление транспортным средством на маршруте и наблюдение за посадкой и высадкой пассажиров на остановках является серьезной нагрузкой на зрительный анализатор водителя. Поэтому информация, поступающая от приборов, и световые индикаторы должны быть сведены к необходимому минимуму.

Инструментальная панель должна обеспечивать хорошую видимость приборов управления. Часто используемые устройства управления (рычаги открытия дверей, рычаги тормозов остановки и очистители ветрового стекла) должны располагаться в основной зоне доступа.

Все компоненты регулировки и устройства, которые использует водитель при вождении, должны быть расположены в кабине с учетом свободного доступа к ним.

#### **Список использованных источников**

1. Эргономические показатели транспортного процесса. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https:// http://diplomba.ru/work/133911](https://http://diplomba.ru/work/133911).
2. Характеристики автобусов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rasklad.net/cat/avtobusy/xarakteristiki>.

**Исследование условий труда стерженщиков**

Студенты группы 10404119 Стенник М.А., Белевич И.Т.  
Научный руководитель Лазаренков А.М.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Условия труда на рабочих местах стерженщиков определяются такими производственными факторами как шум, вибрация, запыленность, вредные вещества, параметры микроклимата (температура и скорость движения воздуха, интенсивность теплового излучения). Оценка вышеуказанных параметров проводилась по результатам выполненных исследований на рабочих местах стержневых участков литейных цехов и данных ранее проводимых нами исследований [1-3].

Уровень шума на рабочих местах стерженщиков в зависимости от применяемого оборудования и способов изготовления находится в интервале от 81 до 90 дБ (табл. 1) и превышает допустимый.

На рабочих местах стерженщиков возможно наличие общей технологической вибрации, и она фиксируется только при изготовлении стержней на встряхивающих машинах с допрессовкой (52-55 дБ) (табл. 1).

В зависимости от технологических процессов изготовления стержней в воздухе рабочей зоны возможно наличие пыли, содержание которой превышает предельно допустимую концентрацию в 1,1 – 2,7 раза (табл. 1).

Содержание вредные вещества (оксид углерода, фенол, формальдегид, метилформиат, ангидрид сернистый, толуол, ароматические углеводороды) фиксировалось в воздухе рабочих зон при изготовлении стержней и при доотверждении готовых стержней на стеллажах у рабочих мест стерженщиков (табл. 1). Самая неблагоприятная обстановка отмечалась по оксиду углерода, фенолу и формальдегиду на рабочих местах стерженщиков при изготовлении стержней по нагреваемой оснастке, где концентрации превышали допустимые в 2,1–3,6 раза. Однако на стержневых участках литейных цехов массового производства, несмотря на большую интенсивность технологических процессов, не фиксируются такие концентрации за счет эффективной вытяжной системы вентиляции от стержневых ящиков.

В табл. 2 приведены результаты исследований параметров микроклимата на рабочих местах стержневых участков литейных цехов. Анализ полученных результатов показывает, что в теплый период года температура воздуха на рабочих местах стерженщиков превышает на 3 - 6 °С нормативные величины при изготовлении стержней по нагреваемой оснастке, а в холодный период года значения превышений допустимых температур фиксируются несколько большие (на 5 - 8 °С) Это объясняется тем, что в холодный период года нормативные значения имеют меньшие величины.

Сравнение скоростей движения воздуха на рабочих местах стерженщиков с нормативными величинами позволило установить ряд закономерностей. В табл. 2 приведены кратность превышения допустимых значений скоростей движения воздуха на рабочих местах стерженщиков в исследуемых цехах.

Причиной этого является неизолированность участков цеха друг от друга, расположение большинства участков у наружных стен, что при открытых воротах и светоаэрационных проемах приводит к воздушным потокам, которые были зафиксированы при проведении исследований.

Исследование интенсивности теплового излучения на рабочих местах стерженщиков показали превышение допустимой величины только при изготовлении стержней по нагреваемой оснастке (340-650 Вт/м<sup>2</sup> при допустимой 140 Вт/м<sup>2</sup>).

Полученные данные свидетельствуют о том, что в литейных цехах не приняты все необходимые меры по стабилизации микроклимата на рабочих местах. Такое положение приводит к тому, что при увеличении скорости наружного воздуха в помещениях цеха появляются сквозняки, при жаркой погоде в цехе душно, а в холодный период года – прохладно. Все это приводит к снижению работоспособности стерженщиков и к росту количества простудных заболеваний.

По тяжести трудового процесса профессия стерженщика оценивается классом 3.2 (вредные условия труда 2 степени), категория профессионального риска – средний (существенный), а по напряженности трудового процесса – класс 3.1 (вредные условия труда 1 степени), категория профессионального риска – малый (умеренный)

Таким образом, при комплексной оценке условий труда стерженщиков необходимо учитывать вышеуказанные факторы производственной среды, продолжительность нахождения у работающего оборудования, характер производства.

Таблица 1. Классификация признаков оценки условий труда стерженщиков

Оборудование, технологический процесс	Параметры условий труда на рабочих местах				
	шум, дБА (ПДУ=80дБ А)	вибрация, дБ	пыль	вредные вещества	Интенсивность облучения, Вт/м <sup>2</sup>
		общая (ПДУ=50 дБ)	превышение ПДК, раз	превышение ПДК, раз	ПДУ=140 Вт/м <sup>2</sup>
Машины стержневые:					
пескодуювно-пескострельные	83-88		1,8-2,7		
отверждение в нагреваемой оснастке	82-86		1,2-1,9	2,1-3,6	
встряивающие с допрессовкой	86-90	52-55	1,5-2,3	1,2-1,6	340-650
прессовые	78-82		1,1-1,8	1,1-1,7	
Установки ЖСС	78-82		1,1-1,3	1,1-1,3	
Установка ХТС	83-87		1,2-1,4	1,6-2,4	
СО <sub>2</sub> -процесс	81-84		1,1-1,3	1,1-1,4	
Ашланд-процесс	81-83		1,2-1,9	1,7-2,3	
Бетасет-процесс	82-85		1,2-2,0	1,5-1,9	
Cold-box-amine - процесс	83-85		1,3-1,8	1,6-2,7	
SO <sub>2</sub> -эпокси-процесс	82-85		1,3-1,8	1,3-1,9	

Таблица 2. Отклонение значений температуры и скорости движения воздуха на рабочих местах стерженщиков от нормативных величин (усредненные значения)

Участок цеха	теплый период года	холодный период года
Стержневой	Величина отклонения температуры воздуха от допустимых значений, °С	
	на 3-6° выше	на 5-8° выше
	Кратность превышения допустимых значений скорости движения воздуха на рабочих местах	
	1,3-1,7	1,3-1,6

### Список использованных источников

- 1.Лазаренков А.М., Хорева С.А. Анализ производственных факторов литейных цехов // Труды 24-й Междунар. науч.-техн. конф. «Литейное производство и металлургия 2016, Беларусь». Минск, 19-21 октября 2016. С. 117-120.
- 2.Лазаренков А.М. Исследование воздуха рабочих зон литейных цехов / А.М. Лазаренков // Литье и металлургия. – Минск, 2019, № 2 – С. 138-142.

З.Лазаренков А.М, Хорева С.А. Оценка параметров микроклимата рабочих мест литейных цехов //Труды 25-й Междунар. науч.-техн. конф. «Литейное производство и металлургия 2017, Беларусь». Минск, 18-19 октября 2017. С. 216-218.

**Исследование условий труда обрубщиков**

Студенты гр10405119 Бусел А.А., Логонюк И.И.  
Научный руководитель Лазаренков А.М.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Условия труда на рабочих местах обрубщиков определяются комплексом факторов производственной среды таких как шум, вибрация, запыленность, микроклимат. Оценка данных параметров проводилась по результатам проведенных исследований на рабочих местах обрубочных участков литейных цехов и данных работ [1-5].

Уровень шума на рабочих местах обрубщиков в зависимости от применяемого оборудования и инструмента находится в интервале от 88 до 105 дБ и значительно превышает допустимый уровень 80 дБА. Это говорит о значительном воздействии шума на обрубщиков, что подтверждается зарегистрированными случаями профессиональных заболеваний нейросенсорной тугоухостью [2].

Результаты проведенных исследований вибрации используемого литейного оборудования и ручного инструмента показали, что превышения уровней общей технологической вибрации наблюдаются в области средних и высоких частот. Однако значительно большему воздействию локальной вибрации подвергаются работники, обслуживающие ручной инструмент для обрубки отливок. Уровень локальной вибрации при использовании ручного инструмента превышает допустимые значения на 4 – 7 дБ. Также следует отметить, что обрубщики выполняют работы при высокой напряженности труда в неблагоприятных условиях (значительные уровни шума, запыленность, повышенные температуры и скорость движения воздуха), что способствует развитию профессионального заболевания вибрационной болезнью [3].

Содержание пыли в воздухе рабочей зоны обрубщиков превышает предельно допустимые концентрации в 1,6 – 2,4 раза, что может привести к заболеванию силикозом или пылевым бронхитом [5]. Заболеваемость силикозом и пылевым бронхитом весьма высокая из-за повышенного пригара, приводящего к образованию мелких фракций кремнезема.

В табл. 1 приведены результаты исследований параметров микроклимата на рабочих местах обрубочных участков литейных цехов. Анализ полученных результатов показывает, что в теплый период года температура воздуха на рабочих местах обрубщиков превышает нормативные величины на 4 - 7 °С, а в холодный – на 2 - 4 °С. Аналогичные результаты приводятся в работе [4].

Сравнение скоростей движения воздуха на рабочих местах обрубщиков с нормативными величинами показало, что превышения допустимых значений скоростей движения воздуха на рабочих местах в теплый период года составляют 1,5 – 1,9 раза, а в холодный – 1,1 – 1,4 раза.

Интенсивность теплового излучения на рабочих местах обрубочного участка имеет место при термической обработки стальных отливок, когда у термических печей при выполнении операций по загрузке и выгрузке отливок отмечается превышение допустимой величины. В зависимости от применяемых термических печей, режима работы их, размеров отливок интенсивность теплового излучения изменялась в пределах от 480 до 1120 Вт/м<sup>2</sup>

Необходимо отметить, что обрубщики при выполнении работ находятся в напряженных позах, особенно при обработке крупногабаритных отливок с внутренними полостями.

По тяжести трудового процесса профессия обрубщика оцениваются классом 3.2 (вредные условия труда 2 степени), категория профессионального риска – средний



(существенный), а по напряженности трудового процесса – класс 3.1 (вредные условия труда 1 степени), категория профессионального риска – малый (умеренный).

Таким образом, при комплексной оценке условий труда обрубщика необходимо учитывать результаты вышеуказанных факторов производственной среды, продолжительность нахождения у работающего оборудования, используемое оборудование и инструмент, а также выплавляемый сплав (сталь, чугун, цветные металлы).

Таблица 1. Отклонение значений температуры и скорости движения воздуха на рабочих местах обрубщиков от нормативных величин (усредненные величины)

Участок цеха	Период года	
	теплый	холодный
Обрубочный	Величина отклонения температуры воздуха от допустимых значений, °С	
	на 4-7° выше	на 2-4° выше
	Кратность превышения допустимых значений скорости движения воздуха на рабочих местах	
	1,5-1,9	1,1-1,4

### Список использованных источников

1.Лазаренков А.М., Хорева С.А. Анализ производственных факторов литейных цехов // Труды 24-й Междунар. науч.-техн. конф. «Литейное производство и металлургия 2016, Беларусь». Минск, 19-21 октября 2016. С. 117-120.

2.Лазаренков А.М.Оценка влияния шума на работающих в литейном производстве / А.М. Лазаренков, С.А. Хорева, В.В. Мельниченко // Литье и металлургия. – Минск, 2011, № 3 (62) – С. 194-195.

3.Лазаренков А.М.Оценка влияния вибрации на работающих в литейном производстве / А.М. Лазаренков, С.А. Хорева, В.В. Мельниченко // Литье и металлургия. – Минск, 2011, № 3 (62) – С. 192-193.

4.Лазаренков А.М, Хорева С.А. Оценка параметров микроклимата рабочих мест литейных цехов //Труды 25-й Междунар. науч.-техн. конф. «Литейное производство и металлургия 2017, Беларусь». Минск, 18-19 октября 2017. С. 216-218.

5.Лазаренков А.М, Хорева С.А. Влияние пыли в воздухе рабочих мест на профессиональную заболеваемость работающих в литейные цеха //Труды 24-й Междунар. науч.-техн. конф. «Литейное производство и металлургия 2016, Беларусь». Минск, 19-21 октября 2016. С. 115-116.

**Исследование условий труда чистильщиков литья**

Студенты гр. 10405520 Лигорская К.С., Рукина К.А.  
Научный руководитель Лазаренков А.М.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Условия труда на рабочих местах чистильщиков литья определяются такими производственными факторами среды как шум, вибрация, запыленность, параметры микроклимата. Оценка вышеуказанных параметров проводилась по результатам проведенных исследований на рабочих местах обрубочно-очистных участков литейных цехов и данных ранее проведенных нами исследований [1-5].

Уровень шума на рабочих местах чистильщиков литья в зависимости от применяемого оборудования и ручного инструмента находится в интервале от 87 до 103 дБ и значительно превышает допустимый уровень 80 дБА. Шум, создаваемый оборудованием и инструментом, непостоянный, с максимальным уровнем звуковой мощности в области средних и высоких частот, что говорит о значительном воздействии шума на чистильщиков литья, что подтверждается зарегистрированными случаями профессиональных заболеваний нейросенсорной тугоухостью [2].

Результаты проведенных исследований вибрации используемого оборудования и ручного инструмента показали, что превышения уровней общей технологической вибрации наблюдаются в области средних и высоких частот. Однако значительно большему воздействию локальной вибрации подвергаются чистильщики литья, использующие ручной инструмент для зачистки отливок. Уровень локальной вибрации при использовании ручного инструмента превышает допустимые значения на 4 – 8 дБ. Кроме того, чистильщики литья выполняют работы при высокой напряженности труда в неблагоприятных условиях (значительные уровни шума, запыленность, повышенные температуры и скорость движения воздуха). А это способствует развитию профессионального заболевания вибрационной болезни в короткие периоды работы (в среднем примерно 8-10 лет) [3].

Содержание пыли в воздухе рабочей зоны чистильщиков литья (при ручной зачистке отливок и обслуживании дробеметных камер) превышает предельно допустимые концентрации в 1,3 – 2,9 раза, что приводит к заболеванию силикозом и пылевым бронхитом [5].

В табл. 1 приведены результаты исследований параметров микроклимата на рабочих местах обрубочно-очистных участков литейных цехов. Анализ полученных результатов показывает, что в теплый период года температура воздуха на рабочих местах чистильщиков литья превышает на 3 - 6 °С нормативные величины, а в холодный период года - на 2 - 3 °С, что подтверждается и данными работы [4]. На величину превышения температуры воздуха влияют характер производства, расположение обрубочно-очистных участков в литейных цехах, применяемый металл и размеры отливок

Сравнение скоростей движения воздуха на рабочих местах чистильщиков литья с нормативными величинами показало, что превышения допустимых значений скоростей движения воздуха на рабочих местах в теплый период года составляют 1,4 – 2,5 раза, а в холодный – 1,2 – 1,6 раза. Причиной этого является неизолированность участков литейного цеха друг от друга, расположение большинства участков у наружных стен, что при открытых воротах и светоаэрационных проемах приводит к воздушным потокам.

По тяжести трудового процесса профессия чистильщика литья оценивается классом 3.2 (вредные условия труда 2 степени), категория профессионального риска – средний

(существенный), а по напряженности трудового процесса – класс 3.1 (вредные условия труда 1 степени), категория профессионального риска – малый (умеренный).

При комплексной оценке условий труда чистильщика литья необходимо учитывать вышеприведенные факторы производственной среды, продолжительность нахождения у работающего оборудования или работы с ручным инструментом, а также выплавляемый сплав (сталь, чугун, цветные металлы).

Таблица 1. Отклонение значений температуры и скорости движения воздуха на рабочих местах чистильщиков литья от нормативных величин (усредненные величины)

Участок цеха	Период года	
	теплый период года	холодный период года
Обрубочно-очистной	Величина отклонения температуры воздуха от допустимых значений, °С	
	на 3-6° выше	на 2-3° выше
	Кратность превышения допустимых значений скорости движения воздуха на рабочих местах	
	1,4-2,5	1,2-1,6

#### Список использованных источников

1.Лазаренков А.М., Хорева С.А. Анализ производственных факторов литейных цехов // Труды 24-й Междунар. науч.-техн. конф. «Литейное производство и металлургия 2016, Беларусь». Минск, 19-21 октября 2016. С. 117-120.

2.Лазаренков А.М.Оценка влияния шума на работающих в литейном производстве / А.М. Лазаренков, С.А. Хорева, В.В. Мельниченко // Литье и металлургия. – Минск, 2011, № 3 (62) – С. 194-195.

3.Лазаренков А.М.Оценка влияния вибрации на работающих в литейном производстве / А.М. Лазаренков, С.А. Хорева, В.В. Мельниченко // Литье и металлургия. – Минск, 2011, № 3 (62) – С. 192-193.

4.Лазаренков А.М, Хорева С.А. Оценка параметров микроклимата рабочих мест литейных цехов //Труды 25-й Междунар. науч.-техн. конф. «Литейное производство и металлургия 2017, Беларусь». Минск, 18-19 октября 2017. С. 216-218.

5.Лазаренков А.М, Хорева С.А. Влияние пыли в воздухе рабочих мест на профессиональную заболеваемость работающих в литейных цехов //Труды 24-й Междунар. науч.-техн. конф. «Литейное производство и металлургия 2016, Беларусь». Минск, 19-21 октября 2016. С. 115-116.

Студенты группы 10404119 Стенник М.А., Белевич И.Т.  
Научный руководитель Лазаренков А.М.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Условия труда при выполнении сварочных работ определяются следующими факторами производственной среды: шум, вибрация, запыленность, загазованность, интенсивность инфракрасного (теплого) излучения, ультрафиолетовое излучение.

В данной работе внимание было уделено результатам исследований ультрафиолетовых излучений на рабочих местах сварщиков при исправлении дефектов отливок, а также с учетом различных способов сварки на предприятиях Республики Беларусь [1-2].

Результаты проведенных исследований интенсивности ультрафиолетового излучения приведены в табл. 1 и показали, что наиболее высокие уровни УФ-излучения отмечены в длинноволновой области УФА при ручной дуговой и полуавтоматической сварке. В средневолновой области УФВ параметры излучений при всех видах электросварки примерно одинаковы, а в коротковолновой области УФС максимальные значения выявлены при электросварке в среде аргона. При воздушно-плазменной резке металла уровень составил  $4,8 \text{ Вт/м}^2$  в области УФС. В спектральной области УФВ эти значения были равны от 1,6 до  $4,3 \text{ Вт/м}^2$  в диапазоне УФА. При газовой сварке (с использованием ацетилен и кислорода) и газовой резке металлов (кислород и пропан) ультрафиолетовое излучение определяется только на минимальном расстоянии от источника. При газовой сварке УФ-излучения были выше, чем при газовой резке.

Допустимая интенсивность ультрафиолетового облучения не должно превышать  $10,0 \text{ Вт/м}^2$  – для области УФА, а в областях УФВ и УФС суммарно не должна превышать  $1,0 \text{ Вт/м}^2$  при проведении электросварочных и других работ с использованием специальной одежды и средств защиты лица и рук, не пропускающих ультрафиолетовое излучение.

Уровни УФ-излучения при электросварочных работах определяются видом электросварки, величиной тока и находятся в прямой зависимости от расстояния до источника. В целом параметры излучения при основных видах электросварки превышают гигиенические нормы для таких работ в спектральных областях УФВ и УФС и находятся на уровне предельно допустимых в области УФА. При выполнении газосварочных и газорезательных работ интенсивность ультрафиолетового потока меньше, чем при электросварке.

Для защиты от ультрафиолетового излучения применяются коллективные и индивидуальные способы и средства: экранирование источников излучения и рабочих мест; удаление обслуживающего персонала от источников ультрафиолетового излучения; рациональное размещение рабочих мест; специальная окраска помещений; средства индивидуальной защиты и предохранительные средства (пасты, мази). Для экранирования рабочих мест применяют ширмы, щитки или специальные кабины. Стены и ширмы окрашивают в светлые тона (серый, желтый, голубой), применяют цинковые и титановые белила для поглощения ультрафиолетового излучения.

К средствам индивидуальной защиты от ультрафиолетовых излучений относятся: термозащитная специальная одежда, рукавицы, специальная обувь, защитные каски, защитные очки и щитки со светофильтрами в зависимости от выполняемой работы. Для защиты кожи от ультрафиолетового излучения применяются мази с содержанием веществ, служащих светофильтрами для этих излучений (салол, салицилово-метиловый эфир и др.).

При электросварочных работах и использовании плазменных технологий следует применять защитные лицевые щитки с наголовным креплением, с ручкой или универсальные,

подвижными и неподвижными светофильтрами, дополнительными стеклами и подложками из органического стекла. При газосварочных работах, газовой резке необходимо использовать защитные очки.

Таблица 1. Результаты исследований ультрафиолетовых излучений при сварочных работах

Виды сварочных работ	Спектр ультрафиолетового излучения, Вт/м <sup>2</sup>					
	область УФА		область УФВ		область УФС	
	m in-max	c реднее	m in-max	c реднее	m in-max	c реднее
Ручная электродуговая сварка	5,4-21,4	8,9	1,7-12,1	6,3	2,3-16,6	8,6
Полуавтоматическая сварка в среде углекислого газа	4,4-19,5	10,7	3,0-10,6	4,8	1,9-11,8	6,2
Электросварка в среде аргона	4,0-14,3	7,2	2,3-5,1	3,9	7,4-18,4	13,3
Газовая сварка	0-0,32	0,17	0-0,11	0,07	0-0,06	0,04
Газовая резка	0-0,19	0,10	0-0,09	0,06	0-0,08	0,05
Плазменная наплавка	3,2-9,8	6,4	4,1-10,8	7,4	2,5-8,9	5,4
Воздушно-плазменная резка	2,3-7,1	4,3	0,8-1,9	1,6	2,4-8,3	4,8

#### Список использованных источников

1.Лазаренков А.М., Хорева С.А. Анализ производственных факторов литейных цехов // Труды 24-й Междунар. науч.-техн. конф. «Литейное производство и металлургия 2016, Беларусь». Минск, 19-21 октября 2016. С. 117-120.

2.Лазаренков А.М., Хорева С.А., В.В. Мельниченко Исследование ультрафиолетовых излучений при сварочных работах в литейных цехах // Труды 22-й Междунар. науч.-техн. конф. «Литейное производство и металлургия 2014, Беларусь». Минск, 22-24 октября 2014. С. 105-106.

Студент гр. 10602118 Булин М.Н.  
Научный руководитель Мордик Е.В.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Разработка и организация мер, связанных с обеспечением безопасных условий труда человека является первостепенной задачей, необходимой для имплементации актуальных технологий и налаживания перспективных систем производства. Обнаружение и проработка вероятных причин, приведших к несчастным случаям на производстве, приобретению профессиональных заболеваний, возникновению всевозможного рода аварийных ситуаций, а также совокупность действий, направленных на разработку мероприятий и инструментов, предназначенных для снижения рисков или направленных на их устранение, позволяют обеспечить безопасные условия человеческого труда. Благоприятные и комфортные условия труда человека – весомый фактор, влияющий на состояние здоровья персонала, эффективность и производительность работы предприятия в целом.

Сегодня вопросы организации охраны труда и безопасности играют всё более важные роли в процессе постановки плана стратегического развития современных компаний. Организация безопасности и инвестирование в процесс охраны труда является приоритетным направлением долгосрочного развития любой отрасли.

Мировой опыт показывает, что подобные инвестиции приносят ощутимый положительный результат, поскольку вдобавок к снижению аварийности и уровня травматизма на производстве, повышают эффективность и снижают производственные затраты.

Представим некоторые актуальные направления в сфере развития и охраны труда, основываясь на практическом опыте их внедрения.

**Тренд № 1 – цифровизация охраны труда.** Современные технологии со временем становятся нормой нашей жизни, в частности инновации в сфере охраны труда.

Примером таких инноваций можно назвать широкое применение беспилотных летательных аппаратов (квадрокоптеров) для обследования и мониторинга объектов электросетевой инфраструктуры, применение специализированных профессиональных симуляторов на основе виртуальной реальности (VR) для обучения работников безопасным способам проведения работ и порядку действий при возникновении чрезвычайных ситуаций.

В электроэнергетической отрасли постепенно увеличиваются инвестиции в разработку инновационно нового подхода к обеспечению безопасности рабочего персонала электростанций. Одним из перспективных направлений считается использование дистанционно управляемых роботов, устойчивых к экстремальным условиям труда. Зачастую такого рода решения тесно связаны с технологиями искусственного интеллекта и интернета вещей (IoT), а в недалёком будущем к их возможностям могут прибавиться функционал дополненной реальности (AR), с помощью которого технические параметры будут выводиться непосредственно в поле зрения рабочего персонала, обеспечивая интерактивную составляющую.

В настоящее время ряд электроэнергетических предприятий запустил пилотные проекты по применению умных средства индивидуальной защиты (СИЗ). Основной задачей СИЗ является мониторинг показателей здоровья работников, выполняющих свои обязанности в одиночку, а также с контроль местонахождения персонала для отслеживания нахождения в опасных зонах.

Современные устройства умных СИЗ по своей сути основаны на применении цветовой индикации и звуковой сигнализации, например, появление красного цвета на панели оповещает о неготовности к работе, то есть либо не все составляющие комплекта надеты и соединены. Зеленый цвет, в свою очередь, означает, что защита рабочего находится в норме и он готов к работе. После этого устройство переходит в режим гибернации, однако при этом продолжается пассивное наблюдение за целостностью защитного комплекта. Так, если рабочий расстегнёт костюм или снимет защитные перчатки, то контролирующее устройство просигнализирует об этом звуковым, цветовым и тактильным способом.

Устройство умного СИЗ предупреждает работника о приближении к токоведущим частям под напряжением 10 кВ на расстояние ближе безопасного. Вдобавок к этому умные СИЗ обладают функцией сохранения в памяти местоположения и действий рабочего, для более простого понимания, выступая аналогом черного ящика в самолете. Данные о всех процессах фиксируются в памяти устройства с указанием времени и даты.

При подключении к телефону или графическому планшету с установленным программным обеспечением устройство умного СИЗ предоставляет возможность ознакомиться с историей использования СИЗ и данными произошедших событий.

**Тренд № 2 – развитие культуры безопасности.** Актуальные тенденции в развитии промышленности и бизнеса рассматривают инвестиции в создание и продвижение культуры безопасности в качестве необходимого условия совершенствования. Исходя из статистики, даже наиболее современные системы, призванные обеспечить безопасность на производстве, не всегда способны защитить персонал от аварийных ситуаций, вызванных человеческим фактором.

Продвижение культуры безопасности обеспечивается за счёт вовлечения в процесс организации охраны труда как руководителей, так и работников. Предполагается, что с течением времени работники предприятия перенимают ценности и обозначенные положения компании в области обеспечения охраны труда и безопасности на производстве.

Опыт имплементации культуры безопасности в компаниях сопровождается снижением показателей травматизма и аварийных ситуаций за счёт осознанного отношения к работе, самодисциплины и осознания личных обязательств.

В 2021 году консалтинговая компания в сфере управления эффективностью и производственными рисками DuPont Sustainable Solutions (DSS) предоставила данные исследования по организации культуры безопасности в странах Содружества Независимых Государств (СНГ). В ходе исследования было опрошено 500 отраслевых руководителей и специалистов из стран Европы и СНГ, играющих значимую роль в управлении безопасностью.

Согласно данным исследования DSS, 65% респондентов из стран СНГ только частично довольны текущими достижениями в области производственной безопасности, отмечается, что этот показатель значительно ниже, чем в прочих европейских странах. Особенно внушительна разница на уровне руководителей среднего звена.

С одной стороны, на текущий момент наблюдаются позитивные сдвиги, происходящие в компаниях СНГ, а доля полностью довольного условиями безопасности персонала достигает 20%. В то же время присутствует существенный потенциал развития в этом направлении, поскольку доля абсолютно недовольного безопасностью персонала составляет более 15%.

Таким образом, в краткосрочной и среднесрочной перспективе развитие культуры безопасности представляется одним из основных направлений развития компаний различных отраслей промышленности.

### **Тренд № 3 – Развитие системы превентивного управления рисками**

Данные отчётов исследований травматизма и аварийных ситуаций, произошедших в 2019-2020 годах на производственных предприятиях по всему миру, показали, что управление рисками, основанное только на статистических данных, представляется неэффективным.

Ряд аварийных ситуаций происходил впервые, а в матрице рисков их вероятность и вовсе сводилась к минимуму. В то же время данные события нанесли колоссальный ущерб для всех сторон вопроса.

Система превентивного управления рисками основывается на определении критических рисков и выстраивании системы барьеров для их раннего обнаружения и предотвращения, вместо типового метода оценки вероятности возникновения рисков на основе статистических данных.

Таким образом, стандартная матрица рисков отражает не оценку серьёзности и вероятности возникновения рисков, а оценку эффективности барьеров в перспективе. Такой подход позволяет регулировать подходы к управлению рисками в динамике.



**Предотвращение несчастных случаев при работе в охранной зоне воздушных линий электропередачи**

Студент гр. 10602218 Лугачев В.М.  
Научный руководитель Мордик Е.В.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Воздушные линии электропередач всех классов имеют протяжённость более 279 тыс. км. Значительная часть территории, вовлечённой в хозяйственную деятельность человека, пересекается воздушными линиями. Данный факт требует уделить большое внимание безопасности труда вблизи данных энергетических объектов.

Для обеспечения бесперебойного обеспечения потребителей электроэнергией, обеспечения нормальной работы оборудования, предотвращения несчастных случаев устанавливаются охранные зоны электрических сетей – часть пространства вдоль линии электропередачи в виде части земли и воздушного пространства, ограниченных вертикальными плоскостями, расположенными с двух сторон линии на следующем расстоянии от крайних проводов при не отклонённом их положении: для воздушных линий 0,4 кВ - 2 м; 6-10 кВ - 10 м; 35 кВ - 15 м; 110 кВ - 20 м; 220 кВ - 25 м; 330 кВ - 30 м; 750 кВ - 40 м.[2]

В охранных зонах ЛЭП без допуска предприятия электросетей запрещается: осуществлять строительство, капитальный ремонт, реконструкцию или снос построек, зданий, сооружений, конструкций; производить погрузочно-разгрузочные, мелиоративные работы, производить посадку и вырубку деревьев и кустарников, располагать полевые станы, устраивать загоны для скота, сооружать проволочные ограждения, а также производить полив сельскохозяйственных культур, производить ремонт поломанной техники, осуществлять смазку и заправку машин; совершать проезд машин и механизмов, имеющих общую высоту с грузом или без груза от поверхности дороги более 4,5 м.

При работе сельскохозяйственных машин в охранных зонах воздушных линий электропередачи также запрещается: работать во время грозы или при приближении грозы; приближаться оборванным проводам, опорам с оборванными проводами, дереву, лежащему на проводах на расстояние менее 8 м; работать со стогометателем, транспортировать стога соломы, сена и других подобных грузов.

На каждом предприятии, производящем работы в охранной зоне ВЛ должен быть человек имеющий группу по электробезопасности не ниже IV, который будет отвечать за соблюдение вышеперечисленных правил. Персонал, работающий в охранной зоне ВЛ должен в обязательном порядке проходить инструктаж, где оговариваются методы безопасной работы, способы освобождения и помощи при попадании под действие электрического тока. При проведении любых работ в охранной зоне необходимо уведомлять сетевую организацию.

Наиболее часто поражение электрическим током в охранной зоне ВЛ происходит при сельскохозяйственных и строительных работах. Операторы машин забывают о своих габаритах по высоте и частями машин (кузовами самосвалов, стрелами кранов, бункерами комбайнов) допускают небезопасное сближение, касание проводов ВЛ. Металлический кузов машины попадает под потенциал провода. Дальше, если машина заземлена происходит металлическое замыкание на землю, в зависимости от режима работы нейтрали сети, линия отключается, с возможным одно и более кратным автоматическим повторным включением, либо продолжает работу (сети с изолированной нейтралью). Если машина не заземлена (не установлен специальный штырь, не выброшена металлическая цепочка, приваренная к кузову), то резиновые шины будут служить изолятором для потенциала провода, однако токи утечки

будут нагревать материал шины, что зачастую приводит к их разогреванию и дальнейшему возгоранию. Хорошая проводимость металла, обеспечивает равномерное растекание высокого потенциала провода по всему корпусу, соответственно оператор внутри машины не имеет риска получения поражения электрическим током. Источником нулевого потенциала, является земля, соответственно опасность представляет создание электрической цепи провод – корпус машины – человек – земля. Важно помнить, что нельзя прикасаться одновременно одной частью тела к машине, а другой к земле. В таких ситуациях необходимо немедленно устранить контакт с токоведущей частью. Если сделать это нельзя, оператор, оставаясь в кабине, должен остановить машину и подать сигнал, привлекая коллег, которые, в свою очередь, должны сообщить о произошедшем в электросетевую организацию, ответственную за данную линию. Далее действовать согласно инструкциям, полученным от представителя сетевой организации. Машину необходимо покидать только если она загорелась. При этом необходимо: спрыгнуть на землю обеими ногами, не касаясь корпуса машины; удалиться от машины на расстояние не менее 8 метров, передвигая ступни по земле и не отрывая их одну от другой.

Не менее редки случаи попадания людей по шаговое напряжение – разность потенциалов между двумя точками неоднородного поля, образованного оборванным фазным проводом и землёй. Наибольший потенциал находится в точке касания земли оборванным проводом, с расстоянием он уменьшается, создавая эквипотенциальные поверхности, проекции которых на поверхность земли представляют концентрические окружности, соответственно при ходьбе, ноги человека соединят точки разного потенциала, по нему протекает электрический ток. Опасной считается зона в радиусе 8 – 10 метров от провода, касающегося земли, однако это довольно условно, если почва болотистая, влажная, есть лужи, то опасное расстояние может увеличиться. Как покинуть опасную зону, описано выше. Необходимо сообщить о произошедшем в организацию, ответственную за данную линию, нельзя самостоятельно приближаться к пострадавшему до отключения напряжения.

Можно сделать вывод, что при работе в зоне ВЛ очень ответственной является работа наблюдающего, который может предупредить заранее о небезопасном сближении, сообщить о происшествии в электросети и МЧС, координировать действия по высвобождению из-под потенциала. Выполнять механизированные работы в зоне ВЛ необходимо парами, осуществляя контроль друг за другом

Для предотвращения несчастных случаев необходима совместная работа энергопредприятий и организациями, осуществляющими работы в зонах ВЛ. Первые должны перед началом осенне–весенних полевых работ посещать сельхоз организации, где проводить разъяснительные беседы оставлять памятки, отправлять сотрудников для проведения инструктажей перед началом работ, вывешивать информационные стенды и плакаты на опорах ВЛ, в местах непосредственной работы. Руководство организации должно инструктировать работников, следить за исправностью оборудования, исправностью систем защиты и безопасности этого оборудования, комплектовать машины всем необходимым инвентарём, средствами защиты. Вывешивать у органов управления, лестниц таблички с запретами работы в охранной зоне ВЛ, запретам забираться на крышу, поднимать кузова или стрелы. Согласовывать правила проезда охранных зон. Если по территории предприятия, в зоне где постоянно перемещаются работники, проходят воздушные линии, необходимо постоянно напоминать им об опасности при обрыве проводов, обучать поведению в данной ситуации, применять изолированные провода, отдавать предпочтения релейным защитам, работающим на отключение при любом виде замыкания, следить за чистотой территории.

**Методы профилактики вредного воздействия шума, как наиболее распространенного неблагоприятного производственного физического фактора**

Студент гр. 106052-18 Сырица Е.А.  
Научный руководитель Мордик Е.В.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Шум является наиболее распространенным неблагоприятным физическим фактором. Он оказывает негативное воздействие на человека. В результате продолжительного воздействия шума нарушается нормальная деятельность сердечно-сосудистой и нервной систем, пищеварительного тракта, развивается профессиональная тугоухость, которая в конечном итоге может привести к полной потере слуха.

Повышенные уровни шума относятся к агрессивному раздражителю центральной нервной системы, которые могут вызвать ее перенапряжение, и более того, постоянное напряжение слухового анализатора. Это вызывает увеличение порога слышимости на 10 – 25 дБ. Необходимо отметить, что шум способен затруднять разборчивость речи, особенно если его уровень достигает более 70 дБ. Ущерб, причиняемый слуху от сильного шума, зависит от спектра звуковых колебаний и характера их изменения. Индивидуальные особенности человека в значительной степени влияют на возможную потерю слуха из-за шума. Некоторые люди могут потерять слух даже после короткого воздействия шума сравнительно умеренной интенсивности, в то время как другие люди могут работать под сильным воздействием шума почти всю жизнь без заметной утраты слуха. Необходимо отметить, что постоянное воздействие сильного шума на человека может вызвать звон в ушах, головокружение, головную боль, повышенную усталость.

Источником шума может являться абсолютно любой процесс, который вызывает местное изменение давления или механические колебания в твердых, жидких или газообразных средах. Действие его на организм человека обусловлено в основном применением нового, высокопроизводительного оборудования, с механизацией и автоматизацией трудовых процессов: переходом на высокоскоростные станки и агрегаты. Примерами источников шума на производстве являются двигатели, насосное и компрессорное оборудование, турбины, пневматические и электрические инструменты, молоты, дробилки, станки, центрифуги, бункеры и прочие установки, имеющие движущиеся детали.

Основное физиологическое воздействие шума заключается в том, что у человека повреждается внутреннее ухо, могут произойти изменения электрической проводимости кожи, биоэлектрической активности головного мозга, сердца и скорости дыхания, общей двигательной активности, а также оно может вызвать изменения размера некоторых желез эндокринной системы, кровяного давления, сужение кровеносных сосудов, расширение зрачков глаз. При работе в условиях длительного шумового воздействия, человек испытывает повышенную раздраженность, головную боль, головокружение, снижение памяти, утомляемость, снижение аппетита, нарушение сна.

Длительное воздействие повышенного шума, в конечном итоге может привести к заболеванию человека шумовой болезнью – нейросенсорная тугоухость. При такой болезни поражается один из участков слуховой системы: волосковые клетки, структуры внутреннего или среднего уха, участки мозга, несущие ответственность за слух.

Различают несколько стадий нейросенсорной тугоухости.

На начальном этапе проявляются изменения в виде шума и небольших болевых ощущений в ушах. Этот этап может продлиться от двух-трех месяцев до пяти лет.

Далее следует клиническая пауза, которая длится от трех до восьми лет, если человек работает в условиях интенсивного производственного шума. Человек, находясь даже в сложной акустической обстановке, слышит разговорную речь, но шепот может понимать самое большое на расстоянии до 3 метров. Болезненные ощущения в ушах к этому этапу сходят на нет, исчезают признаки утомления. При этом, изменения, которые уже произошли в слуховых органах, имеют необратимый процесс.

Третья стадия – это прогрессирующее. Данный этап профессиональной тугоухости может длиться от пяти до двенадцати лет. Человек слышит речь на расстоянии до десяти метров, а шепот воспринимается до двух метров. Дополнительно возникает повышенное давление, постоянная раздражительность и прочие признаки развития патологии.

При четвертой стадии – вторая клиническая пауза, слух снова стабилизируется.

Пятая стадия – терминальная, наступает после 15 – 20 лет работы в условиях сильного шума. Человек имеет возможность различать громкую речь на расстоянии максимум до пяти метров, а вот разговорную – максимум до полутора метров и шепот лишь только возле уха. Следует отметить, что разборчивость речи ухудшается, гул в ушах становится невыносимым и нарушается работа вестибулярного аппарата. На этом этапе нейросенсорная профессиональная тугоухость уже необратима.

Согласно Международной классификации тугоухости, слух в норме означает, что человек слышит звуки на всех частотах от 0 до 25 дБ и не испытывает проблем с общением. 1-я степень тугоухости (слабая) означает, что человек может слышать звуки лишь громче 26 – 40 дБ. В этом случае у него появляются трудности в восприятии тихой и отдаленной речи. 2-я степень тугоухости (средняя) означает, этот показатель составляет 41 – 55 дБ. У него имеются трудности в восприятии тихой и отдаленной речи. При 3-ей степени тугоухости (среднетяжелая), человек слышит звуки только громче 56 – 70 дБ. Он воспринимает только громкую речь и испытывает затруднение при коллективном общении и разговоре по телефону. 4-я степень тугоухости (тяжелая), частота восприятия звука выше 71 – 90 дБ. Человек практически не воспринимает даже громкую речь. Понятен только крик или усиленная наушниками речь.

При нейросенсорной потере слуха 4-й степени снижения назначается инвалидность. Это самая глубокая степень, за которой следует только полная глухота.

Вот почему очень важно проводить своевременную профилактику вредного воздействия шума на производстве.

Основная цель профилактики вредного воздействия шума на рабочих местах – это прежде всего, установление предельно допустимого уровня шума, который при ежедневной работе не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Помимо этого, важным профилактическим мероприятием на производстве, направленным на снижение шума, является эффективная защита работников от неблагоприятного воздействия шума, которая требует осуществления целого комплекса организационных, технических и медицинских мер на этапах проектирования, строительства и эксплуатации производственных предприятий, машин и оборудования.

Мероприятия по профилактике вредного воздействия шума можно разделить на четыре группы: технологическая, техническая, санитарно-гигиеническая, медико-профилактическая.

Технологическая группа направлена на изменение технологии процессов и конструкции машин, являющихся источником шума. К мерам этого типа относятся: замена шумных процессов бесшумными; ударных процессов безударными; возвратно-поступательных движения заменяются вращательными.

Техническая группа направлена прежде всего на снижение шума и вибрации деталей, особенно имеющих большие вибрирующие поверхности, путем: облицовки их материалами,

поглощающими шум и вибрацию (резиной, картоном, войлоком, асбестом, битумным картоном, шумопоглощающей пленкой); применением звукоизолирующих (демпфирующих) накладок, обшивок, распорок, прокладок при ударной обработке больших поверхностей; хорошей изоляцией при установке машин и агрегатов на фундаменты, предупреждающей распространение вибрации и шума через фундаменты, пол, перекрытия; использование глушителей для поглощения шума при выхлопах воздуха, что позволяет снизить аэродинамические шумы на 50 – 80 дБ.

К санитарно-гигиенической группе относятся такие мероприятия как:

- мероприятия по измерению шума на рабочих местах, расшифровка полученных данных, заключение по полученным результатам об условиях труда на рабочих местах шумных производств;

- сокращение времени контакта с шумом, построение рационального режима труда и отдыха, предусматривающего кратковременные перерывы в течение дня для восстановления функции слуха в тихих помещениях, совмещение профессий;

- использование средств индивидуальной защиты органов слуха от воздействия шума.

В настоящее время применяются десятки вариантов заглушек-вкладышей, наушников и шлемов, рассчитанных на изоляцию наружного слухового прохода от шумов различного спектрального состава.

К медико-профилактической группе относятся: проведение предварительных и периодических медицинских осмотров, организация лечебно-профилактического питания, проведение общеукрепляющей терапии (витамиотерапия). Медицинским осмотрам подлежат лица, работающие на производствах, где шум превышает предельно допустимый уровень в любой октавной полосе.

Потеря слуха работником приводит к утрате им профессиональной трудоспособности. Необходимо знать, что на законодательном уровне предусмотрено обязательное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, которое в том числе предусматривает следующие выплаты:

- пособие по временной нетрудоспособности с первого дня по больничному листу;

- доплата до среднемесячного заработка застрахованного, временно переведенного в связи с повреждением здоровья в результате страхового случая на более легкую нижеоплачиваемую работу до восстановления трудоспособности или установлении ее стойкой утраты;

- оплата дополнительных расходов, связанных с повреждением здоровья застрахованного, на его медицинскую, социальную и профессиональную реабилитацию (медицинская помощь на приобретение лекарств, назначение индивидуального ухода, дополнительное питание, санаторно-курортное лечение с оплатой проезда).

Взрослому человеку требуется в среднем около 7 лет, чтобы осознать, что у него проблемы со слухом. Через такой промежуток времени могут наступить необратимые последствия. Поэтому работодателю необходимо своевременно принимать все организационные и профилактические мероприятия по предотвращению или минимизированию воздействия вредных производственных факторов на человека, а самому работнику требовать обеспечения безопасных условий труда и соблюдать требования охраны труда на производстве.

**Недостаточная освещенность как вредный фактор**

Студент гр. 10605218 Чешун А.В.  
Научный руководитель Мордик Е.В.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Большая часть информации об окружающем мире поступает нам через зрительный анализатор. Высокая производительность труда и работоспособность тесно связаны с производственным освещением. Искусственный свет не только продлевает световой день, но и оказывает положительное влияние на здоровье человека: играет важную роль в поддержании правильного функционирования нашего организма. Если освещение подобрано неправильно, это может быть по-настоящему опасно. Очевидно, что нет лучше естественного солнечного света для людей. Однако современному человеку очень трудно вести жизнедеятельность в ритме восхода и заката солнца. В таких случаях на помощь приходит искусственный свет.

Первыми недостаток освещения ощущают глаза. Слабый свет заставляет глаза постоянно напрягаться. В результате появляется раздражение, покраснение, чувство жжения и сухости в глазах. В свою очередь постоянное напряжение глаз ведет к усталости и раздражительности, а работа при плохом освещении ведет к разным офтальмологическим расстройствам. Это снижение остроты зрения, нарушение фокусировки, двоение в глазах, плохое восприятие цвета, близорукость, дальнозоркость, рост производственного травматизма.

Работа при отсутствии естественного освещения или недостаточном коэффициенте искусственного освещения может вызвать грибковые поражения легких. Недостаток освещения приводит к быстрому утомлению, снижается работоспособность. Если человек страдает от недостатка света, у него может нарушаться сердечный ритм, снижаться концентрация внимания, колебаться температура тела, могут появиться симптомы усталости или даже депрессия. Причиной этому являются наши биологические часы, подстраивающиеся под солнечную активность. Ученые доказали влияние света на циркадный ритм. Важность правильного функционирования этого процесса неоспорима, ведь если в нем что-то идет не так, могут появиться самые разные заболевания: от гипертонии до диабета и рака.

Плохое освещение может вызвать сильные головные боли. Если работать в полумраке постоянно, боль может приобрести хронический характер. Когда человеку приходится читать или писать при слабом освещении, он стремится максимально приблизить глаза к тетради, книге и т. п. Если это происходит ежедневно, то у человека выработается неправильная осанка, развивается шейный остеохондроз.

Главные причины плохой освещенности на рабочих местах: отсутствие контроля за соблюдением норм искусственного освещения на рабочих местах, несвоевременная замена некачественных и перегоревших ламп, неправильное расположение ламп к рабочей поверхности, их недостаточное количество, отсутствие чистки плафонов ламп, смешивание типов и видов ламп, перепады напряжения в сети, а также не правильное проектирование при строительстве и реконструкции здания и помещения.

К производственному освещению предъявляются следующие гигиенические требования: достаточность и равномерность во времени и пространстве. При проведении общей гигиенической оценки производственного освещения оценивают коэффициент естественного освещения, уровень искусственной освещенности, показатели ослепленности и коэффициент пульсации.

Естественное освещение создается солнечным светом. Санитарным законодательством запрещается организация постоянных рабочих мест без естественного освещения, где

работник находится более 50 % рабочего времени смены. Исключения составляют рабочие места, на которых отсутствие естественного освещения обусловлено технологическим процессом. Коэффициент естественного освещения нормируется и представляет собой процентное отношение естественной освещенности внутри помещения к освещенности на улице.

При проектировании производств, на которых естественное освещение не допускается требованиями технологического процесса, для компенсации ультрафиолетовой недостаточности необходимо устройство установок искусственного ультрафиолетового излучения. Для общего искусственного освещения производственных помещений используют преимущественно разрядные лампы, для местного освещения рабочих мест, кроме разрядных источников света, применяют лампы накаливания, в том числе галогенные. Применение ксеноновых ламп внутри помещений недопустимо. При выборе источника света должны учитываться требования к цветоразличению. Для таких видов работ, как контроль качества готовой продукции на швейных фабриках, сортировка кожи, подбор красок для цветной печати, рекомендуется применять лампы с высоким индексом цветопередачи, дающие максимальное приближение к естественному освещению.

В помещениях, где выполняются зрительно напряженные работы, должна быть система комбинированного освещения – кроме потолочных светильников, на каждом рабочем месте устанавливается светильник местного освещения.

Создание в производственных помещениях высококачественного освещения невозможно без применения рациональных светильников. Светильник состоит из источника света и арматуры. Наиболее важными функциями осветительной арматуры являются перераспределение светового потока и предохранение глаз работающих от воздействия чрезмерно ярких частей источников света. Степень возможного ограничения слепящего воздействия источника света определяется защитным углом светильника. Арматура должна быть непрозрачной. Светильник должен быть расположен так, чтобы светящаяся часть лампы не попадала в поле зрения работающих, в том числе и на соседних рабочих местах. Арматура светильника служит также для защиты источника света от загрязнений и механических повреждений. Чтобы светильник не стал местом скопления пыли, его нужно систематически очищать в сроки, установленные санитарными правилами. Для помещений со значительными пылевыделениями чистка светильников проводится 1 раз в неделю, со средними – 3 раза в месяц, с малыми пылевыделениями – 2 раза в месяц. В производственных, складских помещениях для предупреждения травматизма необходимо освещать проходы и участки, где работа не производится.

Для создания благоприятной световой среды поверхности стен, полов, потолков, оборудования рекомендуется окрашивать в светлые тона, учитывая характер зрительных работ. При проведении работ с повышенными требованиями к цветопередаче стенные панели красят в светло-бежевый, а полы – в серый цвет. При высокоточных работах лучше использовать для окраски панелей и полов светло-желтый, желтый и светло-коричневый тона. Потолок и верх стен рекомендуется окрашивать в белый цвет при всех видах зрительных работ. Металлорежущие станки окрашивают в светло-зеленый или кремовый цвета, литейное оборудование – в бежевый, конвейеры – в зеленый, термическое оборудование – алюминиевой краской.

Для оценки условий освещения и соответствия их гигиеническим требованиям на рабочих местах ежегодно, а также после проведения реконструкции системы освещения должны проводиться инструментальные измерения. Отдельно следует отметить требования к освещению рабочих мест с ПЭВМ. В случае преимущественной работы с документами применяется система комбинированного освещения. Дополнительно к общему освещению на столах устанавливаются светильники местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения документов. Яркость освещения измеряется в люксах. Люкс – это

интенсивность света, падающего на поверхность. Освещенность на поверхности стола нормируется 300-500 лк в зоне расположения документа. Светильник не должен создавать бликов на экране монитора и увеличивать освещенность экрана более 300 лк. Для освещения помещений с ПЭВМ следует применять светильники серии ЛП036 с зеркализированными решетками, укомплектованные высокочастотными пускорегулирующими устройствами для снижения пульсации светового потока. Применение светильников без рассеивателей и экранирующих решеток не допускается. Светильники местного освещения должны иметь защитный угол не менее 40°.

Руководители предприятий должны знать и строго соблюдать гигиенические требования к освещению производственных помещений, чтобы сохранить здоровье работников и не допустить случаев производственного травматизма, а также повысить производительность труда и качество выпускаемой продукции.



## Обеспечение безопасности труда в горячем цехе кафе

Студентка гр. 10505117 Кащенко А.И.  
Научный руководитель Ушакова И.Н.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Безопасность труда горячего цеха в кафе обеспечивается решением ряда вопросов по охране труда:

- организацией рабочего места и расположением оборудования;
- соблюдением санитарных норм и гигиенических нормативов по производственной санитарии;
- безопасностью эксплуатации технологического оборудования;
- соблюдением требований пожарной безопасности и противопожарного режима.

Большое значение по обеспечению охраны труда в помещении, где производится приготовление горячих блюд, являются требования к полу, стенам, потолкам, дверям.

Покрытием пола и стен является керамическая плитка светлого цвета с противоскользящим эффектом. Потолки проектируются с соблюдением гигиенических требований: гладкие, без выступов и углублений. Двери – гладкие, без филенок, чтобы избежать накопления на них поверхности пыли.

Для обеспечения приготовления пищи может быть установлено технологическое оборудование: электросковорода, пароконвекционная печь, шкаф пекарно-жарочный с увлажнителем, котел пищеварочный электрический, плита электрическая с духовым шкафом, машина кухонная универсальная, миксер и др. Каждый вид технологического оборудования имеет паспорт, где указаны требования по охране труда при установке и эксплуатации.

При компоновке оборудования обеспечивается кратчайшее расстояние от начала движения сырья по технологическому процессу до конечной операции. При этом пути транспортирования сырья и полуфабрикатов не должны пересекаться с путями транспортирования готовых изделий.

Кипятильник устанавливается на специальной подставке. Данный аппарат должен быть подключен к водопроводу и системе энергоснабжения.

В цехе используют отдельные сети канализации: для производственных загрязненных сточных вод, содержащих жир и бытовых сточных вод.

Микроклимат – комплекс физических факторов, воздействующих на тепловое состояние и теплообмен человека с окружающей средой, характеризуемый показателями температуры воздуха и ограждающих конструкций, относительной влажностью, скоростью движения воздуха и другими показателями.

По интенсивности общих энергозатрат организма работа повара в горячем цеху относится к категории Пб (работы с интенсивностью энергозатрат 201 – 250 ккал/час (223 – 290 Вт), связанной с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением. В горячем цеху должны поддерживаться параметры микроклимата для категории Пб, соответствующие Санитарным нормам и правилам «Требования к микроклимату рабочих мест в производственных и офисных помещениях». В таблице 1 представлены допустимые параметры микроклимата, которые соответствуют ГН «Микроклиматические показатели безопасности и безвредности на рабочих местах».

Для поддержания необходимых микроклиматических условий горячий цех оснащается общеобменной приточно-вытяжной системой вентиляции, а также используются местные вентиляционные отсосы, вытяжные зонты и др.

Таблица 1 – Допустимые параметры микроклимата для категории Пб

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С, не более		Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин		Для диапазона температуры ниже оптимальных величин, не более	Для диапазона температуры ниже оптимальных величин, не более
Холодный	Пб	15,0 – 16,9	19,1 – 22,0	15 – 75	0,2	0,3
Теплый	Пб	16,0 – 17,9	21,1 – 27,0	15 – 75	0,2	0,5

Отсосы и зонты оснащаются съёмными фильтрами. Они подлежат обязательной периодической чистке. Фильтры легко очищаются в посудомоечной машине либо заменяются на новые. Зонты и отсосы обязательно оснащаются противопожарным устройством безопасности. Одновременная работа местных вытяжек и общеобменной вентиляции создает в помещении некоторое понижение давления, что способствует притоку воздуха из смежных отделений и исключает распространение вредностей и запахов в соседние цеха или комнаты. Все воздуховоды, идущие от зонтов, должны быть утеплены, чтобы не распространять лишнее тепло по помещению.

Многие технологические процессы в кафе сопровождаются выделением в окружающую среду конвективной и лучистой теплоты, а также влаги, паров, газов, пыли.

Конвективная теплота образуется на кухне. Она поступает в помещения от производственного оборудования, имеющего высокую температуру (печей, аппаратов, камер, автоклавов и др.), нагретых материалов и готовой продукции. Распространяясь конвективными струями, она вызывает повышение температуры воздуха в помещении. Пребывание и работа человека в условиях высокой температуры ухудшает теплоотдачу организма, а при превышении терморегулирующих возможностей приводит к нарушению водно-солевого режима, белкового обмена и к тепловому удару.

Источниками лучистого тепла являются нагретые предметы: оборудование, материалы и т.д. Коротковолновое излучение, которое исходит от тел с высокой температурой, обладает большой проникающей способностью и угнетающе действует на клетки организма.

Влага (водные пары) поступает в воздух помещения с открытых водных поверхностей, при открытых мокрых процессах, а также от людей. Повышенная влажность воздуха в помещении затрудняет теплообмен организма человека с окружающей средой.

Пары и газы поступают в воздух производственных помещений при хранении, технологических процессах приготовления пищи. Вид и количество поступлений зависят от особенностей технологии и состояния оборудования, т.е. наличия в нем неплотностей, применения локализирующих устройств и их эффективности.

Выделение в помещение углекислого газа, выдыхаемого людьми, определяется в одинаковом размере для всех периодов года с учетом интенсивности физической нагрузки по таблице 2.

Таблица 2 – Выделение в помещение углекислого газа, выдыхаемого людьми

Интенсивность нагрузки	Поступление CO <sub>2</sub> , m <sub>CO<sub>2</sub></sub> , л/ч от 1 чел.
Работа средней тяжести	35

Выделение в помещение диоксидов углерода, выдыхаемого людьми, определяется по формуле:

$$M_{CO_2} = \sum m_{CO_2} \cdot N \cdot \eta,$$

где  $M_{CO_2}$  - выделение в помещение диоксида углерода, г/ч;

$m_{CO_2}$  – поступления  $CO_2$  от 1 человека, л/ч;

N – количество человек, шт.;

$\eta$  – коэффициент поступления  $CO_2$  для разных категорий людей.

По исходным данным выделение в помещение диоксида углерода:

$M_{CO_2} = 35 \cdot 3 \cdot 0,85 = 89,25$  л/ч (для всех периодов года).

На предприятиях общественного питания в небольших количествах присутствует технологическая пыль. Пыль технологического происхождения весьма разнообразна по химическому составу, размеру частиц, их форме, характеру краев частиц, плотности.

Пылевые частицы с острыми зазубренными краями травмируют слизистую оболочку носоглотки. Органические пыли, например, мучная - благоприятная среда для развития микроорганизмов. Осаждение пыли на технологическом оборудовании ухудшает его работу, может привести к аварии.

Почти все пыли пищевых производств пожароопасны, а многие из них (сахарная, мучная, крахмальная, чайная и др.) образуют с воздухом взрывоопасные смеси.

Для предотвращения негативного влияния пыли необходимо тщательно и своевременно производить уборку помещений, а также следить за исправностью работы системы вентиляции, обязательна установка фильтров.

Мероприятия по уменьшению выделения вредных веществ:

- источники значительных выделений конвективной или лучистой теплоты (автоклавы, стерилизаторы, котлы, кипятильник, трубопроводы и т.п.) должны быть обеспечены тепловой изоляцией;

- температура поверхности стен обжарочных, кипятильных и пароварочных камер, выходящих в рабочие помещения, не должна превышать  $45^{\circ}C$ ;

- в производственных помещениях применение в качестве теплоизоляционного материала стеклянной или шлаковой ваты и изделий из нее не допускается;

- оборудование, при эксплуатации которого происходит влаговыведение (варочные котлы, пароварочные камеры и т.п.), должно быть герметизировано или оснащено укрытиями в виде кабин, кожухов, шкафов, колпаков, крышек и т.п.;

- технологическое оборудование, выделяющее пары, газы, пыль, должно поставляться со встроенными местными отсосами или агрегатами, предназначенными для улавливания вредных веществ и очистки воздуха перед выбросом в атмосферу или в помещение;

- для производственных зданий рекомендуется устройство сборных безбалочных конструкций с гладкими потолками, исключая образование в помещениях непроветриваемых пространств и плесеней.

Для уменьшения шума необходимо своевременно проводить ремонт оборудования, применять смазывание трущихся поверхностей, применять балансировку вращающихся частей.

Для снижения вибрации необходимо применять вибродемпфирующие покрытия (резиновые подкладки, коврики под оборудование), проводить качественный монтаж оборудования, проводить своевременное техническое обслуживание и ремонт оборудования (подтяжку креплений, устранение люфтов, зазоров, качественную смазку трущихся поверхностей и регулировку рабочих органов).

Помещение горячего цеха по степени опасности поражения электрическим током относится к помещениям с повышенной опасностью.

В кафе устанавливается система централизованного оповещения о пожаре. Она работает в автоматическом режиме. Оповещение содержит информацию обо всех возможных путях эвакуации людей.

Для профилактики пожаров и организации системы противопожарной безопасности организуется обучение персонала. Назначается ответственное лицо, отвечающее за безопасность труда в горячем цехе кафе.

**Меры безопасности при эксплуатации систем автоматизированного управления на ТЭЦ**

Студенты гр. 10606118 Адамчук Р. В., Певец Е.С.  
Научный руководитель Филянович Л. П.  
Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск

Выполнение работ по включению, отключению и ремонту аппаратуры, отключение и ремонт аппаратуры средств диспетчерского и технологического управления в аппаратных помещениях разрешается электротехническому персоналу с группой электробезопасности не ниже III.

Промывать контакты искателей и реле разрешается только после снятия напряжения.

Работа на линиях связи, на которые оказывают влияние линии электропередач и электрифицированный ЖД транспорт переменного тока, а также работы по замене и ремонту защит проводятся в электроизолирующих перчатках с применением очков и электроизолирующего ковра.

Обеспечение безопасности при работе с устройствами, находящимися под постоянным напряжением, осуществляется путём их постоянного заземления. В сложных схемах устройств защиты для групп соединённых обмоток возможно заземление в одной точке.

В случае необходимости выполнения отключений и обеспечения разрыва цепи тока, вторичная цепь тока закорачивается на тех блоках, на которых выполняется эта работа.

Запрещается проводить работы, при которых существует возможность появления процессов замыкания на корпус и появления напряжения, опасного для жизни персонала.

При работе на вспомогательных устройствах и цепях трансформаторов напряжения с подачей напряжения от иного источника принимаются меры по исключению обратной его трансформации.

Работы на оборудовании релейной защиты и автоматики, предназначенном для включения и отключения коммутационных аппаратов, проводится в соответствии и с действующими нормативными документами.

Монтаж и эксплуатация приборов и различных устройств, независимо от того, подключены они к сети или нет, допускается:

1. Персонал с группой по электробезопасности не ниже IV имеет право работать единолично, в том случае если напряжение на токоведущих частях не более 1000В, либо они ограждены, располагаются на высоте, или выполнены надежные ограждения;

2. Во время выполнения работ выполняются требования по подготовке рабочего места. Такая процедура предполагает: отключить рабочее место, выполнить заземление, установить временные ограждения;

3. Персонал имеет право отключать и включать устройства ТАИ, проверять их на отключающую способность, а также проверять срабатывание выключателей. Эти работы выполняются по разрешению ответственного лица.

Персонал, работающий на приборах, предназначенных для учета электроэнергии, выполняет необходимые отключения оборудования от сети. Проверка их работоспособности выполняется в отключенном состоянии от сети. Работы, связанные с цепями электросчётчиков, производятся персоналом, имеющим III и IV группу по электробезопасности.

Работы с однофазными электрическими счётчиками проводит персонал с группой не ниже III проводится единолично со снятием напряжения. Если однофазный счётчик

расположен в безопасном помещении (т. е. шанс поражения током минимален) разрешается проводить эти работы под напряжением, но без нагрузки.

Обслуживание электрических частей устройств автоматики выполняется при соблюдении требований ТКП-427-2012.

Переключать аппаратуру на пультах, щитах и сборках тепловой автоматики и измерений (далее – ТАИ) разрешается оперативно-ремонтной бригаде с группой безопасности не ниже III или производителю работ ремонтной бригады с аналогичной группой, при условии поручения от вышестоящего персонала с определенными пометками.

Подготовка участка для ремонта оборудования ТАИ перед допуском к работе в системе ТАИ производится оперативно-ремонтным персоналом, в управлении которого находится это оборудование.

Проверки участка схемы или узла системы ТАИ при обслуживании и ремонте выполняется в отключенном состоянии со снятием напряжения, при выполнении заземления, установке ограждений и плакатов безопасности.

Многократное включение и отключение оборудования допускается проводить без перерывов, но с выполнением определенных мероприятий, обеспечивающих безопасность.

Запуск и отключение оборудования проводится с разрешения оперативно-ремонтного персонала подразделения организации.

Ремонт, наладка, и проверка устройств ТАИ, в которых нет необходимости изменять схему или режим работы, можно выполнять по распоряжению.

Разрешается выполнять следующие виды работ по распоряжению, электротехническому персоналу с группой не ниже III:

- проверка сигналов преобразователей;
- замена измерительных приборов;
- устранение дефектов приборов, расположенных на щитах управления;
- замена лампочек на табло;
- наладка схем управления аппаратуры;
- проверка световой и звуковой сигнализации;
- маркировка стендов, датчиков;
- ремонт АСУ и комплексов технических средств вычислительной техники.

При проведении работ на действующем электрооборудовании ТАИ требуется разрешение оперативного персонала той организации, на объекте которого выполняется эта работа. Для выполнения этой работы, лицо оперативного персонала, выполняет процедуру допуска к работам, которые осуществляются по наряду. В обязанности оперативного персонала входят также: установка, снятие переносных заземлений; выполнение отключений с помощью коммутационных аппаратов и др. меры защиты, в соответствии с требованиями наряда.

**Меры безопасности при эксплуатации средств тепловой автоматики и измерений на ТЭЦ**

Студенты гр. 10606118 Лесун А.В., Якимцова В.В.  
Научный руководитель Филянович Л. П.  
Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск

При работе теплоустановок и тепловых сетей все устройства, которые относятся к средствам тепловой автоматики и предназначаются для автоматического регулирования, дистанционного и автоматического управления регулирующими запорными и запорными органами, блокировки, защиты, а также средства измерений теплотехнических параметров, должны постоянно находиться в эксплуатации и в исправном состоянии.

Для наблюдения за состоянием различных средств измерений осуществляется метрологический контроль, который в свою очередь контролирует метрологическая служба, организации или подразделения, выполняющие ее функции.

Начальником подразделений в обязательном порядке назначаются ответственные лица, которые контролируют состояние и применение приборов на их объекте.

Существуют специальные государственные органы, которые контролируют состояние приборов, следят за тем, чтобы соблюдались все правила и нормы. Таким органом является Государственный энергетический надзор, который контролирует соблюдение всех норм нашей страны и различные организации, контролирующие метрологическую службу.

Приборы, которые применяются на различных установках и в тепловых сетях, вносятся в Государственный реестр средств измерений РБ или проходят аттестацию, а также должны иметь действующие поверенные клейма и (или) свидетельства о поверке.

Запрещается проход людей, не имеющих допуск к приборам, которые используются для учёта расходов теплоносителя и количества тепловой энергии с теплоносителем.

Поверка в органах Госназора межповерочного интервала для средств измерений, устанавливается данным органом и для иных владельцев.

Вибрация, температура окружающей среды, влажность, запыленность в местах установки приборов и аппаратуры, регламентируются техническими условиями и паспортами на эту аппаратуру.

Состояние регулирующих и запорных устройств, которые применяются в почти во всех схемах тепловой автоматики, должно всецело удовлетворять техническим требованиям плотности и расходным уровням.

Тепловые щиты, переходные коробки и сборные кабельные ящики должны быть пронумерованы. Все зажимы и провода, которые используются для взаимодействия, также линии, имеющие импульс средств измеряющих тепло устройств и автоматических регуляторов, должны быть помечены. На всех датчиках и вторичных устройствах обязан находиться указатель о том, какую функцию выполняет данное устройство. Установка средств и систем автоматизации выполняется в соответствии с требованиями технических нормативных правовых актов.

Запрещается проведение работ по установке линий на теплоизлучающих поверхностях и в непосредственной близости от них.

Каналы связи, взаимодействующие с приборами, которые измеряют давление и расход, должны быть изготовлены из материала, который не поддаётся коррозии, они должны быть удобны при их установке, разборке, при очистке, а также обеспечивать герметичность. Плюсозная и минусозная линии обязаны располагаться в одинаковых температурных условиях с уклоном в одну сторону  $> 10\%$ .

Внутренние  $d$  импульсных линий от сужающих устройств до уравнивающих сосудов должны быть  $> 1,2$  см, от сосудов до дифманометров  $\rightarrow 0,8$  см. Продувка импульсных линий должна выполняться не менее 1-го раза за месяц.

Автоматические регуляторы и устройства удаленного управления должны быть обустроены устройством автоматического включения запасного электропитания. Для того чтобы контролировать напряжение, они должны иметь световую и звуковую сигнализацию.

Средства автоматического включения резервного электропитания обязательно должны проходить проверку по графику, который утверждает технический руководитель. Маслонасосные и компрессорные установки, которые служат для питания систем дистанционного управления, обязаны обладать автоматически включающимся резервом.

В структурных подразделениях, которые осуществляют контроль и эксплуатацию приборов и автоматики, должны находиться детальные схемы расстановки автоматических регуляторов и устройств, а также схемы монтажа с указанием расположения уровней контролируемых параметров; документацию по управлению и эксплуатации аппаратов.

Приборы, которые предназначены для измерения тепла, должны иметь паспорта с отметкой о проверках и проведенных ремонтах.

Помимо этого, все результаты проверок и ремонтов приборов обязаны быть занесены в журнал записи.

Персонал, находящийся в структурных подразделениях, в которых установлены контрольно-измерительные приборы и автоматика, несет ответственность за их сохранность.

Приборы, которые служат для измерения расходов, температур, давлений и разрежений, обязаны соответствовать пределам параметров измеряемого теплоносителя и установленному классу точности

Рабочее давление, которое измеряется прибором, не должно превышать  $0,66$  максимума шкалы.

На шкале регистрирующих и показывающих термометров верхняя граница должна быть равна максимальной температуре измеряемой среды.

Указатели температуры на трубопроводах обязаны находиться в гильзах, а та часть, которая выступает в качестве указателя температуры, обязана быть защищена оправой. На трубах с  $d$  условного прохода до  $4$  см включительно в месте установки термометров следует устанавливать расширитель  $d > 5$  см.

Гильзы термометров должны размещаются:

- на трубах  $d$   $7-20$  см;
- под углом к оси трубного соединения против течения потока;
- на трубных соединениях  $d < 7$  см – в специальных расширителях;
- на трубных соединениях  $d > 20$  см – под углом в  $90^\circ$  к оси трубы.

Расстояние, на которое опускается гильза, составляет:

- для труб диаметром  $< 20$  см –  $0,66$  от  $d$  трубного соединения;
- для труб  $d > 20$  см –  $0,5$  от  $d$  трубного соединения.

Для того, чтобы определить расход пара, необходимо применять инновационные расходоизмерительные системы или расходомеры, которые имеют в своей структуре коррекцию значений расхода по температуре и давлению. Также разрешено использование расходомеров с регистрированием значений.

Когда будут выполняться измерения расхода пара с использованием регистрирующего расходомера, давление и температуру, необходимо контролировать параметры по регистрирующему манометру и термометру, которые установлены перед измерительной диафрагмой расходомера.

Измерительные диафрагмы расходомеров должны устанавливаться на прямолинейных участках в соответствии с действующими техническими нормативными правовыми актами.



Поверхность измерительной диафрагмы должна иметь на внешней стороне маркировку, которая соответствует требованиям технических нормативных правовых актов.

Ремонтные работы автоматических регуляторов и устройств удаленного управления должны выполняться во время ремонтных работ главного оборудования. Объем необходимых контрольно-измерительных приборов и автоматики устанавливается проектом и должен соответствовать существующим требованиям технических нормативных актов.

Задачи автоматизации систем диспетчерского и технологического управления тепловыми установками и тепловыми сетями должны решаться в комплексе работ по автоматизации технологического процесса организации.

Студентка гр.11403218 Домнич В.Л.  
Научный руководитель Шрубенко Т.П.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

В данной работе я перечислю ряд условий, которые должны быть выполнены работодателем для комфортного и безопасного выполнения рабочими задач, поставленных их руководством, не навредив своему здоровью.

Для комфортного и безопасного выполнения рабочих обязанностей первоначально работодатель должен оснастить всё производственное здание комнатами личной гигиены (туалет, умывальная и душевая комнаты), гардеробной, помещениями для приёма пищи (столовая, буфет) и комнатами отдыха. Также должны быть помещения, обустроенные именно для хранения, обработки и выдачи средств индивидуальной защиты.

Полы гардеробных, душевых и умывальных комнат должны быть влагостойкими с нескользкой поверхностью, чтобы избежать травм, ушибов.

Умывальные раковины должны иметь подводку как холодной, так и горячей проточной воды. Жидкое мыло и, при необходимости, средство для дезинфекции рук, а также одноразовые полотенца или механизмы для сушки рук должны быть рядом с умывальной раковиной.

Если свинец или сплавы, которые содержат свинец связаны с рабочей деятельностью, умывальные раковины должны быть оснащены также однопроцентным раствором уксусной кислоты.

Если работы выполняются в положении «стоя» или при выполнении той или иной работы на ноги действуют вибрационные волны, предусматриваются ножные ванны, которые могут быть установлены как в ванной комнате, так и в гардеробе.

Оборудования должны быть в исправном состоянии, а помещения содержаться в чистоте и хорошо отапливаться, с достаточно хорошим освещением.

Все помещения должны быть использованы только по назначению. Приём пищи должен осуществляться только в специально отведённых для этого местах, оборудованных в соответствии с требованиями технических нормативных правовых актов. Также работодатель должен обеспечить коллектив питьевым водоснабжением.

Производственные помещения должны быть оснащены аптечками первой медицинской помощи, которые содержат необходимые лекарственные средства, а также механизмы медицинского назначения. Сроки годности медицинских средств должны строго контролироваться и при истечении срока годности немедленно заменены. Всё, что должно входить в аптечку первой помощи перечислено в постановлении Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 4 декабря 2014 года № 80.

Студентка гр.11403218 Гурий Е.М.  
Научный руководитель Шрубенко Т.П.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Для осуществления безопасных, быстрых и в то же время надежных мероприятий на строительной площадке необходима потребность в электроэнергии, топливе, воде, газе, паре, сжатом воздухе и кислороде. Так же их потребность в проектах организации строительства должна определяться по физическим и фактическим объемам работ и расчетным формулам.

В городском строительстве обеспечением строительных площадок электро-, газо-, водо- и теплоснабжением занимаются, как правило, существующие городские системы снабжения таких, как «Минскводоканал», «Минскэнерго», «Энергосбыт», «Мингаз» и т.п.

Электроснабжение предназначено для бесперебойного обеспечения, распределения и передачи электроэнергии между силовыми и технологическими потребителями, внутреннего и наружного освещения на объектах строительства и реконструкции, участках производства строительно-монтажных работ. Так же электроэнергия на строительной площадке необходима для питания электродвигателей строительных машин, станков и оборудования в подсобных производствах; для выполнения электросварочных работ и работ в зимнее время; для освещения строительной площадки, рабочих мест, бытовых помещений, складов и др.

Обычно для питания электродвигателей строительных машин расходуется 60–70 % общей потребляемой электроэнергии; на наружное и внутреннее освещение строительной площадки и объектов – до 10 %; на технологические нужды при производстве СМР (электросварка, электропрогрев бетона и грунта, сушка помещений и т. д.) – 20–30 %.

Проект освещения строительной площадки должен разрабатываться в составе проекта производства работ, то есть ППР.

Размещение источников света на стройгенплане производят с учетом их расчетного количества в соответствии с назначением освещения. Особое внимание следует уделять сокращению протяженности электросетей, количества световых приборов и опор для них. Это способствует сокращению сроков монтажа, облегчению условий эксплуатации и снижению стоимости осветительной системы в целом.

Для установки источников света используют стационарные инвентарные мачты и опоры, переносные стойки, а также имеющиеся строительные конструкции.

Проектирование временного электроснабжения в курсовом (дипломном) проекте осуществляется в следующем порядке:

- выявляют потребителей электроэнергии;
- подсчитывают максимально потребляемую мощность электроэнергии различными потребителями;

- определяют марку трансформатора.

Исходными данными для выполнения расчетов являются:

- календарный график строительства;
- график потребности в строительных машинах и механизмах;
- перечень потребителей электроэнергии при строительстве данного объекта;
- объемы работ;
- условия освещения объектов строительной площадки.

Особенность электроснабжения строительной площадки заключается в том, что большая часть электрических сетей как, кабельных, так и воздушных имеет временный характер и, как следствие, выполняется без тщательных расчетов. Это приводит к тому, что

качество электрической энергии на строительной площадке часто не соответствует эксплуатационным требованиям. Поэтому при проектировании зачастую стоит задача произвести расчет силовой сети и сети освещения, выбрать на основании этих расчетов силовое и осветительное оборудование, коммутационное и защитное оборудование, которое обеспечивало необходимое количество электроэнергии, электробезопасность, а также экономичность электроснабжения.

**Требования охраны труда**

Студент гр.11403118 Краснощекый А.С.  
Научный руководитель Шрубенко Т.П.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

В данной статье мы рассмотрим факторы, способствующие сокращению числа несчастных случаев и профзаболеваний, повышению безопасности и улучшения гигиены труда в условиях рыночной экономики в Республике Беларусь.

По моему мнению, существенные материальные и моральные потери, вызванные производственным травматизмом и профессиональной заболеваемостью, во многом связаны с так называемым «человеческим фактором», т.е. либо с неправильными или недостаточно правильными действиями самих работников, в т.ч. потерпевших, либо с неправильными или недостаточно правильными решениями руководителей.

В Республике Беларусь (далее - РБ), по официальным данным, ежегодно из-за нарушений требований охраны труда на производстве травмируется свыше 5 тысяч работников, из них около 300 погибает, свыше 800 человек получает тяжелые травмы. Несчастные случаи, невыходы на работу по болезни, текучесть рабочей силы причиняют обществу большие экономические потери. Так, в РБ из-за травматизма на производстве теряется порядка 180-200 тысяч человеко-дней ежегодно.

Анализ производственных аварий и несчастных случаев показывает, что основными причинами производственного травматизма и профессиональной заболеваемости являются нарушение трудовой и технологической дисциплины, низкий уровень профессиональной подготовки персонала, его некомпетентность в области безопасности, незнание техногенных опасностей и методов защиты от них, т.е. человеческий фактор во многих случаях является главенствующей причиной негативных последствий. Поэтому изучение опасностей и вредностей современного производства, насыщенного сложными техническими средствами, и особенностей трудовой деятельности в этих условиях должно являться одной из составляющих профессиональной подготовки специалистов различного уровня. По мнению специалистов, болезни и травмы не являются неизбежными спутниками трудовой деятельности. В отличие от ряда заболеваний, обусловленных помимо условий труда множеством дополнительных, трудно устранимых факторов, все несчастные случаи на производстве являются следствием устранимых причин.

Экономическое стимулирование предполагает материальную выгоду вложения средств в улучшение условий и охраны труда по сравнению с выплатами штрафов, повышенных страховых взносов, компенсации за работу в неблагоприятных условиях, значительных сумм на возмещение вреда и утрату трудоспособности. По расчетам специалистов, затраты на льготные выплаты в связи с неблагоприятными условиями труда в 2 раза превышают средства, идущие на их улучшение.

Экономический эффект в этом случае достигается за счет уменьшения материальных последствий травматизма, общей и профессиональной заболеваемости, в повышении производительности труда вследствие сокращения потерь рабочего времени, в снижении затрат на льготы и компенсации за работу в тяжелых и вредных условиях, материального ущерба от аварий.

Таким образом, основной принцип и главная задача охраны труда - сохранение жизни и здоровья человека путем предотвращения производственного травматизма и профессиональной заболеваемости. Именно на это и должны быть направлены все мероприятия по охране труда в любой организации.

Я считаю, что при проведении работ весь персонал, участвующий в работах, во избежание травматизма, несчастных случаев и чрезвычайных происшествий обязан соблюдать правила по технике безопасности.

В заключение, знание и соблюдение требований по технике безопасности при проведении работ минимизирует травматизм на рабочем месте и обеспечивает рабочий процесс.

## Требования по технике безопасности при проведении дорожных работ

Студент гр. 11403218 Плескач Е.А.

Научный руководитель Шрубенко Т.П.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Данной статьей мы рассматриваем требования по технике безопасности при проведении дорожных работ. Так, при проведении дорожных работ (ремонтных, строительство дорог) весь персонал, участвующий в работах должен соблюдать правила по технике безопасности во избежание травматизма, несчастных случаев и чрезвычайных происшествий. В предупреждении случаев производственного травматизма важное значение имеет повышение личной и коллективной ответственности бригадиров и членов бригад за соблюдение требований безопасности труда.

В Республике Беларусь утверждена приказом Департамента «Белавтодор» Министерства транспорта и коммуникаций РБ Типовая инструкция по охране труда для дорожного рабочего от 14.06.2012 № 129.

Данной инструкцией к самостоятельной работе в качестве дорожного рабочего допускаются лица не моложе 18 лет и прошедшие:

- соответствующую профессиональную подготовку, в том числе по вопросам охраны труда, имеющие свидетельство (удостоверение) установленного образца о присвоении квалификационного разряда дорожного рабочего;

- предварительный при приеме на работу и периодические медицинские осмотры и признанные годными по состоянию здоровья к работе дорожным рабочим;

- вводный и первичный инструктаж на рабочем месте, стажировку и проверку знаний по вопросам охраны труда;

- при работе с электроинструментом класса II и III дорожный рабочий должен иметь квалификационную группу по электробезопасности I в помещениях с повышенной опасностью поражения электрическим током или вне помещений – группу по электробезопасности не ниже II;

- дорожные рабочие проходят повторный инструктаж по охране труда в сроки не реже одного раза в три месяца, ежегодную проверку знаний по вопросам охраны труда.

Дорожный рабочий обязан:

- соблюдать Правила внутреннего трудового распорядка;

- соблюдать Правила дорожного движения;

- выполнять только ту работу, которая поручена непосредственным руководителем работ;

- знать и совершенствовать методы безопасной работы;

- соблюдать технологию производства работ, применять способы, обеспечивающие безопасность труда, установленные в инструкциях по охране труда, проектах производства работ, технологических картах;

- знать конструкцию и соблюдать требования технической эксплуатации применяемого инструмента и оборудования;

- использовать инструмент, приспособления, инвентарь по назначению, об их неисправностях сообщать руководителю работ;

- знать местонахождение и уметь пользоваться первичными средствами пожаротушения;

- немедленно сообщать руководителю работ о любой ситуации, угрожающей жизни или здоровью работающих и окружающих, несчастном случае, произошедшем на производстве;

- пройти соответствующую теоретическую и практическую подготовку и уметь оказывать доврачебную медицинскую помощь пострадавшим при несчастных случаях и дорожно-транспортных происшествиях;

- при необходимости обеспечить доставку (сопровождение) потерпевшего в лечебное учреждение;

- в соответствии с характером выполняемой работы правильно использовать предоставленные ему средства индивидуальной защиты, а в случае их отсутствия или неисправности уведомить об этом непосредственного руководителя;

- соблюдать правила личной гигиены.

Дорожный рабочий должен быть обеспечен средствами индивидуальной защиты в соответствии с утвержденными отраслевыми нормами и характером выполняемой работы.

На дорожного рабочего могут воздействовать опасные и вредные производственные факторы:

- движущиеся машины и механизмы;

- повышенная загазованность воздуха рабочей зоны (фенол, оксиды азота, оксид углерода);

- повышенная температура поверхностей оборудования, материалов;

- опасные зоны (вблизи котлованов, траншей и других перепадов по высоте);

- повышенная запыленность и влажность воздуха рабочей зоны;

- повышенная или пониженная температура воздуха на рабочем месте;

- повышенный уровень шума и вибрации;

- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях инструментов и оборудования;

- возможность падения работника с высоты и падения предметов с высоты на работника;

- возможность пожара при работе с легковоспламеняющимися и горючими веществами;

- физические и нервно-психические перегрузки.

При работе дорожный рабочий должен быть обеспечен средствами индивидуальной защиты в соответствии с характером выполняемой работы и использовать предоставленные ему средства индивидуальной защиты. Должен быть обеспечен доступ работников к первичным средствам пожаротушения, аптечкам первой медицинской помощи. Работник должен знать перечень медикаментов, входящих в аптечку первой медицинской помощи, знать ее местонахождение, уметь пользоваться средствами пожаротушения.

В заключение, знание и соблюдение требований по технике безопасности при проведении дорожных работ минимизирует травматизм на рабочем месте и обеспечивает безопасный рабочий процесс.



**Влияние вредных веществ и запыленности воздуха рабочей зоны на условия труда в термическом производстве**

Студенты гр. 10405118 Кулаковская Я.С., Салтыков Н.И.  
Научный руководитель Яганова А.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г.Минск

В условиях широкого применения разнообразных процессов и оборудования термической обработки металлов, комплексной механизации и автоматизации производственных процессов, обеспечение безопасности труда термиста представляет собой самостоятельную проблему.

Термическое производство относится к особо вредным и опасным видам деятельности. Основными вредными и опасными производственными факторами в термических цехах являются:

- повышенная загазованность и запыленность воздуха рабочей зоны;
- повышенная температура материалов и поверхностей оборудования;
- пониженная температура материала и рабочей поверхностей при термообработке холодом;
- повышенный уровень инфракрасного излучения;
- повышенная напряжённость электромагнитных полей при эксплуатации высокочастотных установок;
- повышенный уровень шума и вибрации и другие.

Подробнее рассмотрим наличие вредных веществ и пыли в воздухе рабочей зоны. В воздушной среде термического цеха в больших количествах содержатся оксиды углерода, оксиды азота, растворы уголекислой соды, бария, различные газы и аэрозоли, источниками которых являются печи термической и химико-термической обработки.

При проведении термообработки в зону дыхания рабочего могут попадать различные пары масел, выделяющиеся от закалочных масляных ванн и баков, а также при работе на печах угарный и сернистый газы, выделяющиеся при неполном сгорании топлива, диоксид азота выделяющийся от соляной ванны.

При работе с расплавами образуются вредные выделения (например, пары свинца) и может происходить их разбрызгивание в результате химических реакций, протекающих как на обрабатываемом материале, так и на поверхности раздела рабочих сред и атмосферы (реакции с кислородом, влагой). При этом пары щелочей, мелкие капли водяного пара в сочетании с карбонатами, нитратами и другими солями могут быть причиной раздражений слизистой оболочки глаз и верхних дыхательных путей.

При работе с соляной кислотой возникает опасность отравления хлористым водородом, мышьяком и другими примесями. Особенно резкое выделение паров происходит при нагреве кислоты свыше 30-35 °С. При работе с азотной кислотой и её растворами происходит выделение вредных оксидов азота. При работе с серной кислотой при температуре свыше 60-65°С возможно сильное загрязнение воздуха. Неконцентрированная кислота быстро разрушает стали с образованием железного купороса и выделением свободного водорода, соединение которого с воздухом создаёт гремучую смесь.

Возможно отравление мышьяковистым водородом ( $AsH_3$ ) – бесцветным и чрезвычайно ядовитым газом с запахом чеснока, так как мышьяк может содержаться в малом количестве в кислотах. Проникая в организм, мышьяковистый водород вызывает симптомы отравления (общее недомогание, затруднённое дыхание, обмороки, желудочно-кишечные расстройства, синеватую окраску слизистых оболочек, боли в области селезёнки и почек, неприятный запах

изо рта, напоминающий запах чеснока) и последующее тяжёлое отравление в острой форме и поражение почек.

Особую опасность представляют работы с цианистыми ваннами, ибо цианистые соли (KCN, NaCN) являются сильнодействующими ядами как в твёрдом, так и в жидком состояниях. Вредное воздействие усиливается при наличии в воздухе влаги, углекислоты, так как происходит выделение цианистого водорода, вызывающего быстрое удушье вследствие паралича тканей верхних дыхательных путей.

Многие технологические процессы характеризуются выделением в воздушную среду пыли – взвешенных в воздухе и медленно оседающих частиц разных размеров. В воздухе термических цехов встречается пыль, содержащая как связанную, так и свободную двуокись кремния. Двуокись кремния вызывает хроническое заболевание, при котором наблюдаются выраженные изменения лёгочной ткани, приводящие к нарушению функций дыхания.

Пыль, как и вредные вещества, оказывает на организм человека токсическое, раздражающее, сенсibiliзирующее, канцерогенное, фиброгенное, аллергенное действие. В таких условиях здоровью человека наносится непоправимый ущерб – временное или стойкое снижение работоспособности, повышение частоты соматических и инфекционных заболеваний, возможность нарушения здоровья потомства, развитие профессиональных заболеваний.

Для уменьшения влияния вредных факторов на рабочем месте термистов предлагается:

- предусматривать общеобменную и местную вытяжную вентиляцию для удаления дыма и газов от печей и закалочных ванн. Местные отсосы должны обеспечивать полное улавливание вредных выделений;

- для устранения воздействия на организм рабочего высокой температуры и вредных газов в термических печах автоматизировать процессы загрузки, выгрузки и закалки деталей;

- для защиты работников от вредного воздействия электромагнитного поля, при термической обработке деталей токами высокой частоты, механизировать загрузку и выгрузку деталей;

- все токонесущие части электропечей изолировать или оградить. Все металлические части и ограждения печей, не находящиеся под напряжением, но создающие опасность при повреждении изоляции фазы, заземлять;

- на всех этапах термического производства использовать средства индивидуальной защиты (специальную одежду, обувь, перчатки, защитные шлемы, очки и другие).

Указанные выше мероприятия будут способствовать формированию безопасных условий труда и снижению производственного травматизма.

**Охрана труда в Республике Узбекистан**

Студент гр. 10107319 Аловиддинов Исмаил  
Научный руководитель Калиниченко М.Л.  
Белорусский национальный технический университет  
Республика Беларусь, г. Минск

Безопасность жителей Узбекистана гарантирована правительством, для чего приняты ряд законодательных актов, в том числе Закон Республики Узбекистан об охране труда. Его целью является регулирование отношений в области охраны труда. Законодательство об охране труда состоит из настоящего Закона и иных актов законодательства. Если международным договором Республики Узбекистан установлены иные правила, чем те, которые предусмотрены законодательством Республики Узбекистан об охране труда, то применяются правила международного договора.

Действие настоящего Закона распространяется на всех работников, состоящих в трудовых отношениях с предприятиями, учреждениями и организациями (далее – организации), а также с отдельными нанимателями, студентов высших образовательных учреждений, учащихся средних специальных, профессиональных образовательных учреждений, слушателей других образовательных учреждений, проходящих производственную практику и уехавших в БНТУ. Действие настоящего Закона распространяется и на работодателей.

Государство разработало политику в области охраны труда. Основными направлениями государственной политики в области охраны труда являются: обеспечение приоритета жизни и здоровья работника и, как результат, разработка и реализация государственных программ в области охраны труда. По СУОТ проводится координация деятельности органов государственного и хозяйственного управления, органов государственной власти на местах в области охраны труда; устанавливаются требования в области охраны труда для всех организаций Узбекистана. Важен государственный надзор и контроль за соблюдением требований охраны труда.

Государственное управление охраной труда осуществляется Кабинетом Министров Республики Узбекистан, специально уполномоченным государственным органом в области охраны труда, а также иными государственными органами, которые в соответствии с законодательством имеют отдельные полномочия в области охраны труда.

Кабинет Министров Республики Узбекистан:

- обеспечивает реализацию единой государственной политики в области охраны труда;
- утверждает и реализует государственные программы в области охраны труда;
- обеспечивает координацию деятельности органов государственного и хозяйственного управления, органов государственной власти на местах в области охраны труда;
- устанавливает порядок проведения государственной экспертизы условий труда;
- устанавливает порядок расследования и учета несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- определяет порядок создания службы охраны труда в организациях;
- определяет порядок выделения средств на охрану труда работодателем, а также образования фондов по охране труда и использования их средств;
- осуществляет международное сотрудничество в области охраны труда.

Кабинет Министров Республики Узбекистан может осуществлять и иные полномочия в соответствии с законодательством. Кроме кабинета Министров уполномоченными

являются: Министерство труда Республики Узбекистан, которое реализует единую государственную политику в области охраны труда и участвует в разработке и реализации государственных и иных программ в области охраны труда.

Министерство здравоохранения Республики Узбекистан: определяет порядок проведения обязательных предварительных (при поступлении на работу) и периодических (в течение трудовой деятельности) медицинских осмотров работников. Оно устанавливает санитарные правила, нормы и гигиенические нормативы по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса. Что очень важно, оно определяет нормативы выдачи молока (других равноценных пищевых продуктов), лечебно-профилактического питания, газированной соленой воды (работающим в горячих цехах), предоставляемых работникам, занятым на работах с неблагоприятными условиями труда, и утверждает перечень медицинских и иных показаний для перевода работника на более легкую или, исключаящую воздействие неблагоприятных производственных факторов, работу.

За выполнением этих требований следят органы Государственной власти и службы охраны труда предприятий. Органы государственной власти на местах: участвуют в реализации государственных и иных программ в области охраны труда, утверждают и реализуют территориальные программы в области охраны труда и координируют деятельность соответствующих территориальных подразделений органов государственного и хозяйственного управления в области охраны труда. Органы государственной власти на местах могут осуществлять и иные полномочия в соответствии с законодательством.

Службы охраны труда организации нужны для контроля за выполнением в каждой организации распоряжений государственной власти. Осуществляются, на фирмах численностью пятьдесят и более работников, создается службой охраны труда или специалистом по охране труда, имеющего соответствующую подготовку. В организации, насчитывающей пятьдесят и более транспортных средств, также создается служба по безопасности дорожного движения или вводится должность специалиста по безопасности дорожного движения. В организации с численностью менее пятидесяти работников решение о создании службы охраны труда или введении должности специалиста по охране труда принимается работодателем с учетом специфики деятельности данной организации.

Финансирование охраны труда осуществляется за счет бюджетных ассигнований, выделяемых из Государственного бюджета Республики Узбекистан и собственных средств работодателя (созданных из средств фондов охраны труда, образованных в порядке, установленном законодательством). Охрану труда можно финансировать из благотворительных пожертвований юридических и физических лиц и других источников, не запрещенных законодательством.

Бюджетные ассигнования на охрану труда выделяются в соответствующих бюджетах (республиканские и местные) отдельной строкой, используются для содержания органов управления, надзора и контроля, финансирования научно-исследовательских работ, выполнения государственных и иных программ по охране труда. При этом каждый работодатель выделяет на охрану труда необходимые средства в размере, определяемом законодательством, коллективным договором, а также коллективными соглашениями или иными локальными нормативными актами. Работники не несут каких-либо расходов на эти цели. В то же время организации вправе создавать фонд по охране труда за счет прибыли (доходов) от их коммерческой и иной деятельности, а также других источников, не запрещенных законодательством. И закон гласит, что средства на охрану труда не могут быть использованы на иные цели.

В Республике Узбекистан работник имеет право на рабочее место, соответствующее требованиям нормативных документов в области технического регулирования и нормативно-правовых актов по вопросам охраны труда и на получение информации от работодателя об

условиях труда, в том числе о наличии риска профессиональных и иных заболеваний, полагающихся ему в связи с этим льготам и компенсациях, а также средствах индивидуальной защиты и средствах коллективной защиты. Работник всех структур имеет право на обеспечение средствами индивидуальной защиты за счет средств работодателя в соответствии с установленными нормами и требованиями охраны труда; на обязательное государственное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в порядке, установленном законодательством и многое другое.

В заключение необходимо отметить, что в Республике Узбекистан создана правовая база по Охране труда не уступающая любым мировым стандартам.

#### **Список использованных источников**

1. Закон об «Охране труда» в новой редакции. Сайт разработан в ООО «NORMA» [https://www.norma.uz/raznoe/zakon\\_ob\\_ohrane\\_truda\\_v\\_novoy\\_redakcii](https://www.norma.uz/raznoe/zakon_ob_ohrane_truda_v_novoy_redakcii) Дата просмотра 02.04.2022, 22.00

**Несчастные случаи на производстве и их расследование на примере  
законодательных актов Республики Узбекистан**

Студент гр. 10107319 Асатиллахаджаев Хабибуллаходжа  
Научный руководитель Калиниченко М.Л.  
Белорусский национальный технический университет  
Республика Беларусь, г. Минск

Во избежание роста несчастных случаев в Республике Узбекистан принят, с 1 июля 1997 года, и внедрен в социальную сферу закон «Об охране труда», Трудового кодекса Республики Узбекистан. Он разработан и принят в целях установления на территории республики единого порядка расследования и учета несчастных случаев и иных повреждений здоровья работников, происшедших в связи с трудовой деятельностью на предприятиях, учреждениях, организациях всех форм собственности. Он распространяется также на отдельных граждан, работающих по трудовому контракту. Во исполнение данного закона, Кабинет Министров Республике Узбекистан утвердил положение о расследовании и учете несчастных случаев и иных повреждений здоровья работников на производстве. В результате этого было приказано Министерством, ведомствам, корпорациям, ассоциациям, концернам довести разработанное положение до предприятий и организаций, и обеспечить его изучение и неукоснительное выполнение [1].

Для практического освоения данного положения Министерство здравоохранения Республики Узбекистан в месячный срок разработало, предусмотренную пунктом 1 раздела III Положения о расследовании и учете несчастных случаев и иных повреждений здоровья работников на производстве, схему определения степени тяжести повреждений в результате несчастных случаев на производстве [1].

Основываясь на положениях, изложенных в законе, видно, что рабочее место может быть опасной средой, особенно в промышленных условиях. На рабочем месте большую опасность представляют оборудование и микроклиматические условия, которые могут привести к несчастным случаям. Несчастный случай – это ситуация, в результате которой пострадавшими могут быть получены: обморожение, тепловой удар, ожог, поражение электрическим током, и другие телесные повреждения.

Несчастный случай на производстве считается таковым, если происходит при осуществлении пострадавшим своих трудовых обязанностей или поручений руководства, а если пострадавший нарушал закон, то такой несчастный случай называется производственным.

Зачастую причина несчастных случаев может быть даже в мелочах. Например, придя на работу утром, рабочий обнаруживает, что лампочка над рабочей зоной перегорела. При этом он решает сообщить об этом в конце смены и приступить к работе за своим сверлильным станком. За пару часов работы в небезопасной сутулой позе (чтобы лучше увидеть область сверления) у рабочего появляется чувство дискомфорта, начинаются боли в спине. Возрастает вероятность ошибочных действий, что может привести к неправильному креплению заготовок, их высвобождению из креплений и, как результат, нанесения заготовкой производственной травмы.

Несчастные случаи подобные, описанному выше, широко распространены. Часто работники даже не связывают небольшую проблему, такую как плохое освещение, с травмами.

Тем не менее, если бы вышеупомянутый работник нашел время, чтобы попросить заменить лампочку в начале смены, можно было бы избежать боли в плечах и спине, и он мог бы четко видеть, что заготовка закреплена неправильно.

Важным моментом является изучение причин несчастных случаев. Существует ряд факторов, которые могут привести к несчастным случаям на производстве: от неправильной техники подъема до неправильного обращения с опасными материалами. Ниже приведены некоторые распространенные причины несчастных случаев на производстве.

Экологические причины несчастных случаев происходят из-за рабочей среды. Факторы окружающей среды могут быть как естественными, так и искусственными. Экологические причины несчастных случаев включают в себя:

- Плохое освещение. Плохая видимость – частая причина скольжения и падений.
- Температура окружающей среды. Если на рабочем месте слишком жарко, может произойти перегрев. Если на рабочем месте слишком холодно, может произойти обморожение или переохлаждение.
- Загрязнение воздуха. Могут возникнуть проблемы с дыханием, если на рабочем месте плохая вентиляция и / или загрязнение воздуха.
- Шум на рабочем месте. Может нанести вред слуху работника.

Механические причины несчастных случаев представляют собой факторы, которые относятся к поломке машин или оборудования. Как правило, при наличии надлежащих процессов технического обслуживания и обеспечения безопасности эти типы аварий можно предотвратить. Они включают в себя:

- Сломанное или поврежденное оборудование. Детали могут быть легко сломаны или повреждены, если изготовлены из некачественного металла.
- Полное или частичное отключение питания может привести к серьезным травмам.
- Пожар или взрыв. Отказ охлаждения или небольшая искра могут привести к механическому пожару или взрыву.
- Износ оборудования. Чем старше машина, тем больше износ деталей, что может привести к более высокому риску механического повреждения.

Немаловажную роль играют человеческие факторы, которые вызывают несчастные случаи. Они относятся к происшествиям, в которых несчастный случай непосредственно связан с работником, причастным к несчастному случаю и включают в себя:

- Беспорядок на рабочем месте. Неопрятное рабочее место может привести к скольжениям, поездкам и падениям.
- Усталость. Когда сотрудник устал, травма чаще встречается.
- Перенапряжение. Травмы от перенапряжения являются наиболее распространенным видом травм на рабочем месте.
- Стресс. Работники, которые находятся в состоянии стресса, часто отвлекаются и подвергаются большему риску получения травмы.
- Обезвоживание. Важно потреблять достаточно воды, чтобы обеспечить правильное функционирование организма.
- Неправильный подъем тяжестей. У рабочих, которые используют ненадлежащие методы подъема, распространены напряжения в пояснице и травмы плеча.

Когда речь идет о несчастных случаях и промышленных авариях, инциденты почти всегда можно предотвратить, если принять надлежащие меры безопасности и провести обучение персонала. Как результат, необходимо проведение мероприятий по предотвращению несчастных случаев на производстве, которые включают в себя:

- Разработка системы управления охраной труда с обратной связью от сотрудников всех уровней.
- Постоянное обучение сотрудников и повышения осведомленности о безопасности силами службы охраны труда или сторонними организациями.
- Обучение и подготовка к проверке знаний руководящих сотрудников.
- Создание системы информирования и отчетности о ходе выполнения всех мер безопасности.

- Предоставление сотрудникам возможности поделиться соображениями идеями для повышения безопасности
- Составление планового графика технического обслуживания для всех машин - ежедневно, еженедельно, ежемесячно в соответствии с рекомендациями производителя
- Быстрый ремонт и устранение неисправных или сломанных деталей машин.
- Тестирование всего оборудования (в том числе проведение электрофизических измерений) перед использованием.
- Создание регулярного графика проверок и создание механизмов для обеспечения его соблюдения.

#### **Список использованных источников**

1. Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан, от 06.06.1997 г. № 286. <https://lex.uz/uz/docs/545122?ONDATE=06.06.1997%2000>. Дата просмотра 30.03.2022, 18.30.



**Охрана труда в автомобильном покрасочном цеху**

Студент гр. 10301419 Ван Синбо  
Научный руководитель Калиниченко М.Л.  
Белорусский национальный технический университет  
Республика Беларусь, г. Минск

С развитием науки и техники, а также развитием экономики автомобили стали самым распространенным средством передвижения в жизни, статистика показывает, что к концу 2022 года количество автомобилей в мире достигнет 6 миллиардов [1]. С течением времени, технические возможности автомобилей претерпели несколько серьезных изменений и достигли большого прогресса. В то же время внешний вид и цвет автомобиля являются важными факторами, которые люди учитывают при покупке автомобиля. Прежде чем выехать на дорогу будущему автомобилю необходимо пройти ряд сложных технологических процессов. Он должен пройти через сотрудничество различных заводских мастерских, таких как обработка деталей, сборочные, лакокрасочные цеха и т.д. В каждом цехе тоже есть свой технологический процесс для выполнения своих задач, который требует большого труда рабочих, а также знаний, как обезопасить себя при выполнении сложных задач. Это связано с охраной труда работников. В какой бы отрасли они ни работали, охрана труда является жизненно важным вопросом, заслуживающим внимания. Неправильное обращение с материалами и оборудованием на рабочем месте может, в конечном итоге, оказать негативное влияние на сотрудников и организацию. Далее на примере покрасочного цеха автомобильной компании мы кратко рассмотрим, какие возникают риски для здоровья работников и какие меры для этого применяются.

Для тех, кто не знаком с индустрией покраски автомобиля, могут подумать, что покраска очень проста, но на самом деле данный процесс требует ряда сложных технологических операций. После того, как жестяной кузов поступает в покрасочный цех, его необходимо сначала предварительно обработать, чтобы удалить с кузова жир и остатки сварочного шлака. Затем необходимо провести процесс электрофореза железного тела, данный технологический процесс необходим для повышения коррозионной стойкости металла. Далее по технологии идет процесс распыления клея ПВХ на рабочие зазоры кузова и шасси автомобиля, данная технология также приводит к повышению стойкости кузова автомобиля от воздействия дорожного камня. Далее следует процесс шлифования для устранения дефектов пленки после электрофореза кузова и выявления дефектов после нанесения клея ПВХ. Только после этого идет процесс распыления грунтовки и высушивание. После того, как грунтовка высохнет, проводится снова процесс шлифования перед нанесением верхнего слоя краски. Это необходимо делать для устранения возможных дефектов после нанесения грунтовки. Далее распыляется и высушивается верхний слой краски, который при необходимости модифицируют материалами для получения эффекта металлика. Затем устраняются возможные дефекты нанесения финишной краски, и, наконец, последний слой – покрытие воском. Цель данного процесса состоит в том, чтобы залить воском каждую полость кузова автомобиля для повышения коррозионной стойкости [2].

Краткое описание процесса можно изложить следующим образом: шлифовка перед промежуточным покрытием - окраска с помощью распылителей - шлифовка перед нанесением верхнего слоя краски - нанесение верхнего покрытия - модифицирование - заполнение воском.

При этом при выполнении данных работ существует большой риск для жизни и здоровья работников, которые в основном подразделяются на следующие моменты: наличие токсичных и вредных газов и веществ; производственной пыли; шум; наличие легковоспламеняющихся и взрывоопасных материалов.

Чтобы решить проблему токсичных и вредных газов и пыли, рабочие покрасочного цеха должны правильно носить на рабочем месте профессиональные противогазы и маски. При работе с опасными химическими веществами в помещении для смешивания красок персонал должен носить кислото- и щелочестойкие перчатки, защитные очки, антистатическую обувь и респираторы. Также работникам выдается специальная защитная одежда. Чтобы шум не нарушал слух, рабочие должны носить звукоизолирующие беруши.

Поскольку краска является очень опасным легковоспламеняющимся и взрывоопасным продуктом, а также имеет низкую температуру воспламенения, противопожарная защита является наиболее важной проблемой при работе в покрасочном цеху. Средства пожаротушения, которые должны быть оборудованы в помещении, где происходит смешивания красок, включают водяной туман высокого давления, пожарные гидранты, огнетушители на водной основе, автоматические детекторы горючих ядовитых газов, пожарные лопаты, песок. В то же время покрасочный цех должен быть оснащен антистатическими средствами, такими как: токопроводящее заземление, медные антистатические инструменты, экспортер статического электричества, заземляющий провод, переключатель.

Являясь токсичным и вредным химическим веществом, краска легко причиняет вред людям и окружающей среде, поэтому в цеху должна быть гарантирована защита от утечек. Устройства против утечек включают в себя: датчик уровня жидкости, герметизация против утечек, кнопки аварийной остановки и т. д.

Кроме оснащения высокотехнологичным оборудованием компания должна иметь четкую, подробную и всеобъемлющую систему, гарантирующую качество выполняемых работ. Например, известная автомобильная компания FAW-Volkswagen для этого проводит мероприятия по обеспечению безопасной жизнедеятельности своих сотрудников, а именно:

1. Страхование от несчастных случаев в быту.
2. Обучение правилам техники безопасности.
3. Система медицинского осмотра до, вовремя и после работы.
4. Регулярный мониторинг факторов опасности и меры по их устранению.

Красота и новизна автомобильной краски неотделимы от тяжелой работы и самоотверженности рабочих в покрасочном цехе. Поэтому выбор подходящего защитного оборудования является ключевым, а надежная система управления является гарантией, для обеспечения безопасности и здоровья персонала. С развитием науки и техники идет разработка нетоксичных и безвредных материалов, таких как краска на водной основе, которая заменила краски на основе растворителей, а более опасные рабочие места были заменены роботами.

Для отдельных людей реализация личных ценностей в обществе осуществляется через труд. Создавая ценность, также важно научиться избегать опасностей в труде и защищать собственную безопасность. Для компаний, создавая богатство и зарабатывая блага, также важно защищать безопасность сотрудников, а также для страны важно строго контролировать квалификацию предприятий. При сотрудничестве и содействии многих аспектов мы можем безопасно развиваться и прогрессировать.

### **Список использованных источников**

1. Владение автомобилями в мире в 2021 году ([https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://baike.baidu.com/item/%25E6%25B1%25BD%25E8%25BD%25A6%25E4%25BF%259D%25E6%259C%2589%25E9%2587%258F/10696195&ved=2ahUKewj-q-u\\_rPX2AhXphf0HHcvuBucQFnoECAQQBQ&usg=AOvVaw3j15d\\_9IEYKcBCOAX10Z2R](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://baike.baidu.com/item/%25E6%25B1%25BD%25E8%25BD%25A6%25E4%25BF%259D%25E6%259C%2589%25E9%2587%258F/10696195&ved=2ahUKewj-q-u_rPX2AhXphf0HHcvuBucQFnoECAQQBQ&usg=AOvVaw3j15d_9IEYKcBCOAX10Z2R)).

2. Меры по защите от угроз безопасности для линии по производству покрытий ([https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.pk316.com/mobile/articles/tzscxd8410.html&ved=2ahUKEwjNw\\_WPrfX2AhX68LsIHZVIDOYQFnoECAMQAQ&usg=AOvVaw0cEegWgmtIMRk6y5BDMEJd](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.pk316.com/mobile/articles/tzscxd8410.html&ved=2ahUKEwjNw_WPrfX2AhX68LsIHZVIDOYQFnoECAMQAQ&usg=AOvVaw0cEegWgmtIMRk6y5BDMEJd)).

## Обучение техники безопасности на предприятиях в Китайской Народной Республике

Студент гр. 10301419 Чжао Яньбо  
Научный руководитель Калиниченко М.Л.  
Белорусский национальный технический университет  
Республика Беларусь,  
г. Минск

Охрана труда заключается в предупреждении несчастных случаев, создающих угрозу личной безопасности работников в процессе производства и труда [1]. Обучение технике безопасности относится к мягкому способу убеждения и побуждения, чтобы научить людей способам исправления, улучшения и контроля над опасностью и указать путь к безопасному и стабильному состоянию. Благодаря обучению технике безопасности можно достичь цели контроля, предотвращения и устранения случайных травм для поддержания безопасности физической жизни и обеспечения бесперебойной работы предприятия.

В статье 7 Международного пакта об экономических, культурных и социальных правах говорится, что государства-участники признают право каждого человека на справедливые и благоприятные условия труда, в частности на безопасные и здоровые условия труда. Государство должно четко закрепить и обеспечить защиту этого права трудящихся на законодательном уровне.

В последние годы экономика Китая быстро росла и добилась значительных успехов. Однако за быстрым экономическим ростом стоят огромные социальные издержки, такие как ухудшение экологической обстановки, истощение природных ресурсов и т. д., в том числе все более серьезные проблемы возникают с безопасностью труда. В связи с частым возникновением различных несчастных случаев на производстве ситуация с безопасностью производства становится чрезвычайно серьезной. С одной стороны, проблема безопасности труда ограничена технологией производства, с другой стороны, ее вредность может быть эффективно снижена за счет соответствующих институциональных норм и экономических вложений.

Пока люди заняты на производстве, возникновение проблем безопасности труда является неизбежным, особенно когда целью производства является получение прибыли. Проблемы безопасности труда в Китае в основном сосредоточены в области промышленного и горнодобывающего производства. Многие предприятия по добыче угля являются наиболее частыми объектами возникновения несчастных случаев (будь то взрыв газа, затопление или обрушение шахты). Большинство из них вызваны недостаточными инвестициями в безопасное производство, за исключением факторов незаконной эксплуатации. Поэтому увеличение инвестиций в безопасное производство стало необходимой политикой страны. Также важно проводить обучение работников охране труда. Проведение обучения технике безопасности - это не только потребности управления безопасностью предприятия, но и требования национальных законов и правил. С момента основания Китайской Народной Республики партия и государство последовательно приняли несколько конкретных постановлений об обучении технике безопасности трудящихся, обнародовали ряд законов и постановлений и четко предложили усилить обучение технике безопасности. С другой стороны, проведение обучения технике безопасности является потребностью предприятия развивать экономику, адаптироваться к изменению кадрового состава предприятия, развивать и продвигать культуру безопасности предприятия, а также развивать безопасность производства.

Обучение технике безопасности включает в себя три аспекта: обучение вопросам безопасности, обучение знанием безопасности и обучение навыкам безопасности.

Цель обучения навыкам охраны труда состоит в том, чтобы научить людей понимать деятельность, которой они занимаются, уметь анализировать ситуации, с которыми они сталкиваются, а также объяснять и решать новые проблемы с точки зрения безопасности труда.

Обучение технике безопасности подразделяется на четыре категории: обучение при переводе на другую работу, регулярное обучение технике безопасности, трехуровневое обучение технике безопасности и обучение технике безопасности для специальных операторов.

Обучение при переводе на другую работу. Работники, которые меняют вид работы, должны пройти инструктаж по технике безопасности. Время инструктажа по технике безопасности для смены вида работ должен составлять не менее 4 часов 2.

Регулярное обучение технике безопасности. В содержание регулярного инструктажа по технике безопасности входят: правила охраны труда и правила техники безопасности на производстве (издаваемые Госсоветом или органами местного самоуправления, и связанные с ними документы и инструкции). Ответственность за безопасность производства в каждом отделе возлагается на их руководителей. При внедрении новых технологий, новых процессов, нового оборудования, новых материалов и смене работы операторы должны пройти обучение новым технологиям и технике безопасности для новых должностей.

Обучение технике безопасности для спецоператоров. Персонал специальных операций относится к квалифицированным рабочим. Существует много видов специальных работ, и знания по безопасности производства, которые необходимо преподавать, включают широкий спектр специальностей. Различают 16 специальных видов работ, в том числе электромонтажные работы. Каждый вид работ имеет свои особенности. В процессе обучения и подготовки специальных операторов следует обучать рабочих навыкам профессиональной эксплуатации данного вида работ в соответствии с особенностями производственного процесса 3.

Трехуровневое обучение технике безопасности относится к обучению по технике безопасности на уровне предприятия (компании), обучению по технике безопасности на уровне цеха (отдела) и на уровне группы. Трехуровневая система обучения технике безопасности является базовой системой обучения безопасности на предприятии. Она включает вводное обучение, обучение на семинарах и групповое обучение. При этом обучение технике безопасности для новых сотрудников и рабочих и является основополагающим. Также важно обучать правилам безопасности сотрудников, которые возобновляют работу и внедряют новые технологии, новые процессы, новое оборудование и новые материалы они должны быть обучены на новых позициях новым методам работы, технике безопасности и санитарное просвещение. После этого необходимо сдать экзамен и только тогда можно приступить к своим обязанностям.

Безопасность жизни и имущества людей является необходимым условием стабильного развития общества, поэтому образование в области безопасности является вечной темой. Необходимо и далее усилить популяризацию обучения технике безопасности, чтобы укрепить способность граждан к самозащите, повысить осведомленность о профилактике, изучить контрмеры и, наконец, превратить образование граждан в области безопасности в образование на протяжении всей жизни.

#### **Список использованных источников**

1. «Закона о труде Китайской Народной Республики(пересмотренного в 2018 г.)» (<https://flk.npc.gov.cn/detail2.html?ZmY4MDgwODE2ZjEzNWY0NjAxNmYyMGYxNmVIMTE3Mzc%3D>). Дата просмотра 29.03.2022, 23.10.
2. «Закона Китайской Народной Республики о безопасном производстве (пересмотренного в 2002г.)»

<https://flk.npc.gov.cn/detail2.html?ZmY4MDgxODE3YTY2YjgxNjAxN2E3OTU2YjdkYjBhZDQ%3D>). Дата просмотра 28.03.2022, 22.30.

3.«Национальный стандарт Китайской Народной Республики для управления оценкой технологий безопасности специальных операторов (издание 1985 г.)»

[https://www.mem.gov.cn/gk/zfxxgkpt/fdzdgknr/gz11/201005/t20100524\\_405579.shtml](https://www.mem.gov.cn/gk/zfxxgkpt/fdzdgknr/gz11/201005/t20100524_405579.shtml)). Дата просмотра 29.03.2022, 23.30.

Студент гр. 10301419 Чэнь Сьюань  
Научный руководитель Калиниченко М.Л.  
Белорусский национальный технический университет  
Республика Беларусь,  
г. Минск

Пожарная безопасность – это проблема, на которую необходимо обращать внимание в повседневной жизни и при проведении производственных работ. Для устранения пожароопасности хорошей гарантией стали огнетушители. Давайте сначала разберемся с историей огнетушителя.

Первый в мире огнетушитель появился на свет в Лондоне в 1834 году, после пожара, который почти полностью уничтожил старинный Вестминстерский дворец, где располагалось здание британского парламента. Среди множества наблюдателей за огнем был Джордж Уильям Мэнби. На момент пожара он экспериментировал с огнеупорными костюмами, но его самым выдающимся и новаторским вкладом было изобретение переносного газового огнетушителя. Медного цилиндра в два фута длиной и восьми дюймов в диаметре с емкостью четыре галлона литров, по сути, такого же, как современные огнетушители.

Существует много типов огнетушителей, которые можно разделить на переносные и возимые, в зависимости от способа их перемещения. В зависимости от источника питания средств пожаротушения их можно разделить на: газовый, под давлением и химический. В зависимости от наполнителя огнетушители можно разделить на: пенные; содержащие сухой порошок, галогенированный алкан, углекислый газ, воду и так далее.

Порошковые огнетушители заправляются порошковым веществом, который представляет собой сухой и легкосыпучий мелкодисперсный порошок. В его состав входят неорганическая соль с огнетушащим действием и небольшое количество добавок после сушки, измельчения и смешивания с образованием мелкодисперсного твердого порошка. В огнетушителях данного типа используется сжатый углекислый газ для выдувания сухого порошка, в основном содержащего бикарбонат натрия, для тушения пожара.

В пенном огнетушителе есть два контейнера, которые содержат соответственно два вида жидкостей: растворы сульфата алюминия и бикарбоната натрия. Когда два раствора не контактируют друг с другом, не происходит никакой химической реакции. При пожаротушении пенный огнетушитель необходимо перевернуть вверх дном, после этого смешиваются два раствора вместе, что приводит к образованию большого количества углекислого газа. В дополнение к двум реагентам в огнетушитель добавляют немного пенообразователя. Когда переключатель включен, из огнетушителя выбрасывается пена, которая покрывает горящие предметы, изолируя горящий материал от воздуха и снижая температуру для достижения цели тушения огня [1].

Баллон углекислотного огнетушителя содержит жидкий углекислый газ в корпусе, при работе необходимо нажать на ручку клапана баллона. Огнетушащее вещество углекислого газа распыляется из сифона через клапан баллона в сопло, так что концентрация кислорода в зоне горения быстро падает. Когда углекислый газ достигает достаточной концентрации, пламя задыхается и гаснет. При этом происходит поглощение большого количества тепла за определенное время, что оказывает определенный охлаждающий эффект на горящий материал, а также помогает потушить огонь. Углекислотный возимый огнетушитель состоит из корпуса баллона, узла головки, сопла, рамы и т. д. Ствол углекислотного огнетушителя изготовлен из высококачественной легированной стали путем специальной обработки. Огнетушители данного типа удобны при эксплуатации, безопасны, надежны. Они подходят

для тушения начального возгорания горючих жидкостей и газа, а также для тушения возгорания работающего оборудования. Используется в лабораториях, компьютерных залах, подстанциях и местах с высокими требованиями к обслуживанию точных электронных приборов, ценного оборудования или предметов [1].

Огнетушащим веществом в водяном огнетушителе является вода. Вода имеет низкую вязкость, высокую термическую стабильность, высокую плотность и высокое поверхностное натяжение при комнатной температуре, а также является широко используемым природным огнетушащим средством, которое легко получить и хранить. Данный тип огнетушителя в основном рассчитан на охлаждение и устранения огня. Поскольку каждый килограмм воды нагревается от комнатной температуры до точки кипения и далее полностью испаряется, огнетушитель может поглотить 2593,4 кДж тепла. Поэтому он использует свою собственную способность поглощать явное тепло и скрытое тепло, чтобы играть роль охлаждения и тушения, что не имеет себе равных среди других средств пожаротушения. Кроме того, водяной пар, образующийся после испарения воды, является инертным газом, и его объем увеличится примерно в 1700 раз. При тушении пожара водяной пар, образующийся в результате испарения воды, занимает пространство зоны горения, разбавляет содержание кислорода вокруг материала горения, предотвращает попадание свежего воздуха в зону горения и значительно снижает концентрацию кислорода в зоне горения, тем самым достигнув цели устранения и тушения пожара. Когда вода находится в виде аэрозольного тумана, удельная поверхность образующихся капель воды и капель тумана будет значительно увеличена, что усилит теплообмен между водой и огнем, тем самым усилив его охлаждающий эффект. Кроме того, данный тип огнетушителей также может разбавлять некоторые горючие жидкости, которые легко растворяются в воде. Водяной туман, создаваемый сильной струей, может эмульгировать горючие и горючие жидкости, так что поверхность жидкости быстро охлаждается, а скорость образование легковоспламеняющихся паров уменьшается для достижения цели тушения пожара [1].

Огнетушители могут эффективно тушить пожары и предотвращать дальнейшие потери, когда пожар только что начался. Рассмотрим некоторые примеры эффективного использования огнетушителей, которые произошли в Китайской Народной Республике.

4 сентября 2021 года в 8:15 утра на заводе в Вэньчжоу, Китай, вспыхнул пожар. Загорелось оборудование в кузовном цехе. Двое рабочих, работавших неподалеку, обнаружили возгорание. Они тут же отключили питание оборудования и вызвали полицию. Одновременно они незамедлительно задействовали для тушения порошковый огнетушитель. Прибывшие на место происшествия пожарные компании быстро сформировали пожарный эшелон и с помощью внутреннего пожарного крана отвели воду с крыши в трубы охлаждающих вентиляторов, через три минуты пожар был под контролем. Благодаря четким действиям пожар был вовремя потушен, и сгорел только один воздухоохладитель, что не нанесло больших потерь предприятию и производство предприятия не пострадало.

8 июня 2021 года в провинции Гуанси, Китай, загорелся бытовой электросчетчик. Хозяйка дома была в растерянности, ее 10-летний сын сразу бросился к огнетушителю, направив его на очаг возгорания, быстро потушил огонь. Знания детей в области пожарной безопасности исходят из школьного образования по технике безопасности. Этот спокойный ребенок показал силу знаний, когда вспыхнул пожар, и успешно потушил пожар.

Мы можем обнаружить, что огнетушители действительно обеспечивают нам хорошую защиту, а предварительная подготовка, знания об огнетушителях и спокойствие могут помочь нам справиться с опасностью возгорания и ранними пожарами. Но огнетушитель все-таки не панацея, он может эффективно потушить огонь только тогда, когда возгорание только что произошло. Если огонь не потушить вовремя, огнетушитель не сможет потушить средние и большие пожары. Поскольку пожарная безопасность окружает нас все время, нам нужно больше, чем просто огнетушитель. Поэтому в первую очередь необходимо повышать



осведомленность о безопасности, устранять потенциальные угрозы безопасности и предотвращать проблемы до их возникновения. Мы должны не только подготовить меры реагирования на пожары, но и хорошо выполнять профилактическую работу, а также устранять потенциальные опасности пожаров в нашей повседневной жизни.

#### **Список использованных источников**

1. Запись энциклопедии Байду об огнетушителе: Классификация огнетушителей <https://mbd.baidu.com/ma/s/GddSYPfy>. Дата просмотра 27.03.2022, 23.30.

Студенты гр. 10403119 Синяк Е.Н., Литвинов Н.С.  
студент гр. 10403120 Дасько В.А.  
Научный руководитель Гольцова М. В.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Комплекс мер по охране труда и технике безопасности – это неслучайно разработанная система охраны здоровья работников любого предприятия. Говорят, что правила техники безопасности «написаны кровью», подразумевая, что они были созданы и корректируются на основе опыта негативного воздействия на здоровье и несчастных случаев. Существуют и строгие меры по технике безопасности труда сварщика. При этом, нередки случаи, когда, даже зная о тех или иных опасных факторах, сварщики пренебрегают правилами поведения на производстве (что, естественно, недопустимо). В частности, это касается использования респираторов и других средств защиты организма от вредных воздействий сварочных дымов и газов.

Поскольку свариваемые металлы содержат не только железо и углерод, но примеси и/или легирующие элементы, в дымах может содержаться не только марганец, никель, хром или цинк, но и бериллий, кадмий, селен, ванадий. Бериллий, к примеру, в состоянии газа является чрезвычайно опасным для человеческого организма элементом, вызывая, при продолжительных воздействиях такое заболевание, как бериллиоз. Другие металлы не столь токсичны, однако, при долгом воздействии раздражают дыхательные пути (как, например, алюминий), вызывают болезни сердца, почек, нервной системы. Некоторые из испаряемых при сварке металлов веществ имеют канцерогенное действие – т.е. вызывают онкологические заболевания, - как, например, оксид никеля.

Для предотвращения вредного влияния газов и дымов при сварке к настоящему времени разработаны много удобных в использовании средств защиты.

Так, в настоящее время, кроме респираторов, применяются индивидуальные маски с блоком подачи воздуха. Такие устройства подают сварщику чистый фильтрованный воздух, что значительно улучшает условия работы, даже в сравнении с респираторами.

Современные фильтровентиляционные системы помогают проводить очистку для цехов со средней и высокой концентрацией отходящих при сварке газов. Существуют даже подвесные модели, оснащенные двумя-тремя вытяжными устройствами. Популярностью также пользуются передвижные фильтровентиляционные агрегаты (например, фирмы ТЕКА), позволяющие очищать воздух при сварке широкого спектра металлов и сплавов. Регенерируемые картриджи демонстрируют повышенный срок службы (2-3 года), а это экономично с точки зрения использования расходных материалов.

Несомненно, на качество труда влияет чистота рабочего места сварщика. Вот почему в условиях сварочного производства важно применять современные столы сварщика со встроенной вытяжкой. Такие столы обеспечивают отсос сварочного дыма и пыли. Их конструкция позволяет равномерно распределить отходы и побочные продукты горения внутри стола.

Таким образом, даже беглый обзор предложений на рынке средств защиты от сварочных газов и дыма показывает, что существует широкое разнообразие приспособлений для охраны труда и здоровья сварщика, и не существует оправданий для пренебрежения этими средствами.

## Использование современных горелочных устройств с целью снижения выбросов NO<sub>x</sub>

Студенты гр. 10405118 Мякинник Я.Л., Величко В.В.  
Научный руководитель – Трусова И.А.  
Белорусский национальный технический университет

Известно, что в топливных плавильных и нагревательных печах непрерывного действия достаточно широко используют подогрев воздушного дутья, идущего для сжигания топлива. Недостатком высокотемпературного подогрева воздуха является образование оксидов азота, являющихся основными загрязнителями, что напрямую связано с температурой факела.

В связи с этим большое внимание уделяется разработке конструкций горелок и технологических приемов, обеспечивающих пониженное образование оксидов азота.

На основании анализа литературных источников показано, что основными методами снижения образования NO<sub>x</sub> являются:

Двух- и многоступенчатое сжигание топлива.

Неадиабатическая рециркуляция продуктов сгорания в факел, топливо, окислитель.

Балластировка факела водой или водяным паром, а также инертными газами.

Интенсификация теплоотдачи от факела.

В настоящее время при проектировании и модернизации действующих нагревательных и термических печей, функционирующих в металлургическом и машиностроительном производстве, широкое распространение получают рекуперативные и регенеративные горелки. Их использование позволяет существенно повысить предварительный нагрев воздуха по сравнению с применением традиционного рекуператора (до 750°C вместо 400-500 °C). Несмотря на высокую стоимость рекуперативных горелок, они имеют более высокие экологические показатели (по выбросам оксидов азота) по сравнению с дутьевыми горелками с подогревом воздуха до 400°C.

Изменение типа горелочных устройств и переход на использование горелок low-NO<sub>x</sub> могут принципиально улучшить показатели выхода NO<sub>x</sub> в нагревательных печах. Так, low-NO<sub>x</sub> горелки радиационные фирмы Bloom обеспечивают при холодном воздушном дутье концентрацию NO<sub>x</sub> [NO<sub>x</sub>]<sub>3%O<sub>2</sub></sub> в 3 раза ниже, чем при работе обычных горелок того же типа. Подогрев воздушного дутья вызывает более резкое расхождение [NO<sub>x</sub>] на выходе из топки при ее отоплении обычными и low-NO<sub>x</sub> горелками. При подогреве воздушного дутья до 810 К отмечается шестикратное повышение [NO<sub>x</sub>] по сравнению с базовой концентрацией на холодном воздухе при использовании обычных горелок.

Таким образом, использование low-NO<sub>x</sub> горелочных устройств может удовлетворить жесткие современные экологические нормативы различных государств.

В качестве примера можно отметить, что с 2015 г. на ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» в СПЦ-2 функционируют печи с использованием схем косвенного нагрева (радиационные трубчатые нагреватели). Печь с роликовым подом для непрерывного отжига заготовок общей длиной 110 м включает 70 рекуперативных горелок ЕСОМАХ 2СВ545 мощностью 60 кВт и 14 горелок ВЮ 65НВ мощностью 30 кВт. Для повышения безопасности и удобства эксплуатации каждая горелка оборудована автоматом управления горелкой ВСУ.

## Применение электродуговых печей постоянного тока в машиностроительном производстве

Студент гр.10405118 Федькин А.А.  
Научный руководитель – Трусова И.А.  
Белорусский национальный технический университет

Сравнение технико-экономических показателей (расход электроэнергии, коэффициент полезного действия и др.) при выплавке сплавов черных и цветных металлов, как правило, осуществляется при использовании дуговых печей переменного и постоянного тока, которые функционируют в металлургии и машиностроении. Вместе с тем, следует отметить, что в настоящее время в условиях машиностроительного производства широкое распространение получили индукционные тигельные печи.

Дуговые печи постоянного тока нового поколения (ДППТНП) используются для выплавки широкого спектра сплавов, включая производство стали, чугуна, сплавов на основе алюминия, никеля, кобальта, меди. Анализ имеющихся литературных источников показал, что дуговые печи переменного тока не имеют главных недостатков индукционных печей. Они взрывобезопасны и технологически активны. Однако их эксплуатация сопровождается наличием определенных негативных факторов, в том числе, послужившим причиной развития индукционных плавильных печей. К таким факторам относятся: относительно высокий угар металла, практическое отсутствие перемешивания расплава, большой угар дорогостоящих графитированных электродов, значительные локальные перегревы расплава, его науглероживание от электродов, интенсивный шум, резкопеременный характер нагрузок на системы электроснабжения, высокий расход электроэнергии, наличие вредных составляющих в отходящих газах. При сравнении экологических показателей ДСП переменного и постоянного тока очевидно, что снижение выбросов пыли для последних в 1,5-2 раза ниже, значительно снижен расход электродов (соответственно выброс  $\text{CO}_2$  и  $\text{CO}$ ), уровень шума также ниже.

Среди основных разработчиков дуговых печи постоянного тока нового поколения (ДППТНП) следует отметить научно-техническую фирму «ЭКТА», при этом анализ качества металла по данным литературных источников указывает на высокий уровень показателей даже при использовании шихты невысокого качества.

С учетом изложенного предпринята попытка сравнения основных технических характеристик и показателей при выплавке стали в дуговых печах постоянного тока (ДППТУ) и в индукционных тигельных печах в условиях машиностроительного производства.

В качестве типового сплава при расчетах материального и теплового баланса указанных печей принята сталь марки ЮНД4. Результаты расчетов показали, что удельный расход электроэнергии при выплавке стали в индукционных печах составил 570 кВт·ч/т, при выплавке в дуговой печи постоянного тока – 520 кВт·ч/т, что подтверждает возможность и целесообразность использования ДППТ в условиях машиностроительного производства.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Металлургия черных и цветных сплавов</b>	4
Клюйко Д.А. Создание организационных структур в среде Excel для управления металлургическим производством	5
Подласенко И.А., Форнель А.Д., Мухтаров Д.Р., Маршалковский Р.С., Пузынин Я.С. Улучшение формы неметаллических включений в сталях за счет модифицирования	8
Федорович Д.С., Логонюк И.И., Смирнов Д.П., Якубов М.М. Изучение возможности обогащения пылевидных железо-цинксодержащих отходов систем газоочистки способом гидрометаллургии	12
Раков И.Г., Бусел А.А., Рудик А.Г. Контроль влажности в электродуговых печах с использованием технологии EFSOP®	14
Авчинникова М. Д., Мозгов А. А., Ерошевич П. А. Технология HISARNA – пример «зеленой» технологии в металлургии	16
Хорольский П.Д., Раков И.Г., Бусел А.А. Получение слитков из износостойкого хромкремниевого чугуна для защитных покрытий	18
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	22
Бусел А.А., Горский Г.А., Гуренок Е.В. Анализ влияние состава исходного расплава на качественные характеристики чугуна с шаровидным графитом	25
Руленков А.Д. Разработка рафинирующих флюсов для плавки алюминиевых сплавов и их отходов	29
Шокиров М.М., Раков И.Г., Рудик А.Г. Исследование процесса кристаллизации алюминиевого сплава АК5М2 при изготовлении отливок в металлической форме	31
Раков И.Г. Связующие для фильтрующих элементов расплавов	37
Раков И.Г., Хорольский П.Д., Федорович Д.С. Технологические особенности плавки комплексных силицидов	39
<b>Машины и технология литейного производства</b>	43
Маценов С.А. Композиционные материалы типа in-situ для узлов трения	44
Ткач Н.В., Лешок Д.И. Индукционные плавильные тигельные печи	47
Новацкий Д.Д. Смолы холодного отверждения с незначительным выделением вредных веществ и запаха (Cold-box) – абсолютно не имеющие ароматических растворителей	49
Родевич В.А. Современные тенденции использования стержневых смесей для производства отливок гидроусилитель	52
Милютин Р.А. Отличия Microsoft Office 2019 от Microsoft Office 2016	55
Пугач М.В. Аддитивные технологии в литейном производстве	58
Дикун А.О., Путрич О.В. Внедрение аддитивных технологий в современное литейное производство	62
Каледа Р.В. Выбор и оптимизация технологии изготовления отливок из алюминиевых сплавов в разовые формы	66
Рыхлицкий Д.А. Литье чугуна в кокиль	69
Коршак В.Е. Плавка и металлургическая обработка алюминиевых литейных сплавов	71
Кишкевич Е.В. Литье в кокиль поршней двигателей внутреннего сгорания	74
Ермак М.А. Литье в кокиль алюминиевых сплавов	78

Курач Д.И., Тихончук Д.Г. Особенности и сравнительный анализ систем пылегазоочистки выбросов от электродуговых сталеплавильных печей	80
Бартошика А.А. Перспективы использования жидкостекольных формовочных и стержневых смесей	83
<b>Машины и технология обработки металлов давлением</b>	85
Куканова О.В. Образование трещин в пластичных материалах	86
Кузьмич И.А. Интерактивная автоматизация разработки технологических процессов ОМД	88
Карпей Ф.С. Магнитно-импульсная обработка материалов давлением	90
Чижик И.И., Цыпенков А.А. Способыковки. Кузнечные операции	92
Кудрявцев Е.А. Волочение с использованием ультразвуковых колебаний	94
Биленко Ю.Э. 3D печать штамповой оснастки для прессования изделий из полимерных материалов	96
Винниченко А.Д. Совершенствование технологического процесса штамповки на горизонтально-ковочной машине	99
Каранчуков Р.В. Пружинение при профилировании	100
Потапенко В.А. Пути усовершенствования кузнечных молотов	101
Гаан В.В. Пути усовершенствования винтовых прессов	103
Бородич Л.А. Пути решения проблемы нагрева стальных труб в камере печи	104
Вязов Ю.М. Вальцевание как самый эффективный метод изготовления цилиндрических и конусообразных форм	106
Цымбалюк Е.В. Исследование технологии метода постоянного прессования тонкостенных труб из алюминия и его сплавов	107
Капанец И.И. Оптимизация процессов штамповки	108
Дешко Г.Д., Щекало Д.В. Пути усовершенствования кривошипных прессов	109
Осадчая А.Ю. Методы усовершенствования чеканочных штампов	111
Сульжицкий Е.И. Повышение скорости прокатки	113
Мартынов Д.В. Пути усовершенствования гидравлических прессов	115
Щекало Д.В., Дешко Г.Д. Система контроля геометрии готового проката	117
Бондаренко А.Н. Поперечно-винтовая прокатка	119
Жогло А.Г., Якубчик Н.Г. Анализ дефектов полугорячей объемной штамповки (ПГОШ) элемента муфты гидравлической «Корпус левый»	122
Апишев В.В. Анализ условий схватывания частиц меди и медных сплавов с поверхностью углеродистой стали при прокатке	126
Елисеев В.П. Обработка материалов	129
Смоглей В.Г. Импульсная штамповка	130
Мельников Р.С. Гидростатическое всестороннее прессование металлических порошков	133
Заико П.Г. Современные способы совершенствования оборудования МНЛЗ	136
Козырев Н.Г. Прессование полимерных композиционных материалов	138
Петрович Ю.В., Радионов А.В. Методика контроля качества поверхности заготовок на наличие дефектов методом технического зрения	140
Милашевский В.С. Магнитно-импульсная штамповка тонкостенных цилиндрических заготовок	142
Гардилковский А.Н. Усовершенствование процесса гидровзрывной штамповки	146
Радионов А.В. Изменение сил деформирования путем применения ультразвуковых колебаний	148

Понтаплёв Н.А. Прочность ультрадисперсных материалов, полученных методом интенсивной пластической деформации	151
Яцко А.И. Изготовление стеклопластиковой арматуры	153
Буримский С.В., Якубчик Н.Г. Получение композиционного материала с редкоземельными металлами методом прокатки	155
Зенько А.А. Деформация сдвига	157
Лебедев А.Г. Гибка листового металла	159
Прохино А.Д. Порошковая ковка	161
Коротченко К.Г. Совершенствование технологии прокатки металлов	163
Борисовец И.В. Классификация процессов ОМД	165
Булва М.А. Прокатка и прокатные станы	169
Завольский М.К. Деформация металлов и ее виды	171
Якубчик Н.Г. Разновидность горячей объёмной штамповки	173
Снежко А.В. Ковка, основные операцииковки	176
Заренок В.Д. Прокатка	178
Стафейчук Н.В. Формоизменяющие операции	181
Комар А.В. Моделирование процессов комплекса Gleeble HDS-V40	183
Мороз В.И. Электровысадка и ее особенности	186
Копейко В.Д. Поперечная прокатка	188
Цзян Хао, Чжоу Цзюньцзе. Влияние химического состава на магнитные свойства электротехнической стали, полученной методом совмещенного литья–прокатки	190
Лю Чэньюй, Лю Шинань. Листовая штамповка деталей из сплавов на основе алюминия	194
Су Сяодун, Фан Цзинчи, Го Кэ. РКУ-волочение изделий из металлов, сплавов и полимерных материалов	199
Лю Сяошэн, Чжан Ци. Прессование фасонных профилей из сплавов на основе алюминия	204
Ван Ихань, Ван Шэнцяо. Разработка и исследование технологии производства шатунов	207
<b>Материаловедение в машиностроении</b>	210
Мышкевич П.С., Белов А.Р. Некоторые особенности финишной обработки изделий в магнитном поле	211
Белов А.Р., Мышкевич П.С. Исследование предела прочности детали с использованием программы Solidworks Simulation	213
Гладинов А.Д. Электролитно-плазменная полировка, как метод предварительной подготовки поверхности перед химико-термической обработкой	215
Калинина А.В. Эффект памяти формы в сплавах	219
Козлова А.В. Влияние легирования и микролегирования на порог хладноломкости стали	221
Чернявская Е.С. Анализ причины разрушения трака гусеницы из стали 110Г13	223
Казак А.В., Макаревич Н.А. Термодинамическое обоснование процесса алитирования стали.	225
Комар Н.В. К вопросу об обработке данных в MS Access 2016	227
<b>Порошковая металлургия, сварка и технология материалов</b>	231

Сташкевич В.Г., Алексиевич Е.В., Труханович В.Г. Разновидности подводной сварки	232
Труханович Д.В., Алексиевич Е.В., Миношин В.В. Сварка нержавеющей сталей	234
<b>Охрана труда и промышленная безопасность</b>	236
Алимов Г.В., Яковенко А.Д. Инновации в области безопасности на рабочем месте	237
Козачук С.И., Сташёнко К.А. Анализ структуры заболеваемости операторов станков	240
Маркевич С.Е., Савенко Е.А., Хлопкова Д.А. Средства индивидуальной защиты как инструмент снижения травматизма и сохранения здоровья работников	242
Полещук В.Г., Шиманчик Д.Н. Производственный травматизм на предприятиях энергетики	243
Рачицкая В.А., Зверева А.И. Электробезопасность при эксплуатации трансформаторов в филиале «Минские кабельные сети» РУП «Минскэнерго»	245
Степаненко А.И. Особенности требований по охране труда при эксплуатации медицинского импульсного аппарата индукционной терапии	247
Шнитко А.В., Мелихов В.А. Гигиена труда при проведении урока информатики	250
Глушенко А.В., Прищип А.А. Шум на строительной площадке	253
Авсиевич Н.А., Сучков Н.М. Современные системы автоматического пожаротушения	256
Бортовая А.Ю., Комок Е.В. Особенности условий труда работников организаций общественного питания	258
Пармон А.С. Анализ условий труда операторов металлорежущих станков	260
Примако В.С., Струкова А.В. Средства снижения шума на рабочих местах операторов металлорежущих станков	262
Суходольский Д.А., Лашук К.А. Оградительные устройства металлорежущих станков	264
Закревский Д.А. Психофизиологические и эргономические аспекты организации труда водителя, осуществляющего пассажирские перевозки	267
Стенник М.А., Белевич И.Т. Исследование условий труда стерженщиков	269
Бусел А.А., Логонюк И.И. Исследование условий труда обрубщиков	272
Лигорская К.С., Рукина К.А. Исследование условий труда чистильщиков литья	274
Стенник М.А., Белевич И.Т. Исследование ультрафиолетовых излучений при выполнении сварочных работ	276
Булин М.Н. Перспективные направления развития охраны труда	278
Лугачев В.М. Предотвращение несчастных случаев при работе в охранной зоне воздушных линий электропередачи	281
Сырица Е.А. Методы профилактики вредного воздействия шума, как наиболее распространенного неблагоприятного производственного физического фактора	283
Чешун А.В. Недостаточная освещенность как вредный фактор	286
Кащенко А.И. Обеспечение безопасности труда в горячем цехе кафе	289
Адамчук Р. В., Певец Е.С. Меры безопасности при эксплуатации систем автоматизированного управления на ТЭЦ	293
Лесун А.В., Якимцова В.В. Меры безопасности при эксплуатации средств тепловой автоматики и измерений на ТЭЦ	295
Домнич В.Л. Санитарно-бытовое обслуживание людей, работающих на предприятии	298
Гурий Е.М. Проектирование временного электроснабжения строительной площадки	299
Краснощекий А.С. Требования охраны труда	301
Плескач Е.А. Требования по технике безопасности при проведении дорожных работ	303



Кулаковская Я.С., Салтыков Н.И. Влияние вредных веществ и запыленности воздуха рабочей зоны на условия труда в термическом производстве	305
Аловиддинов Исмаил. Охрана труда в Республике Узбекистан	307
Асатиллахаджаев Хабибуллаходжа. Несчастные случаи на производстве и их расследование на примере законодательных актов Республики Узбекистан	310
Ван Синбо. Охрана труда в автомобильном покрасочном цеху	313
Чжао Яньбо. Обучение техники безопасности на предприятиях в Китайской Народной Республике	316
Чэнь Сьюань. Огнетушитель - гарантия пожарной безопасности вокруг нас	319
Синяк Е.Н., Литвинов Н.С., Дасько В.А. Влияние сварочных газов и дыма на здоровье сварщика и средства защиты	322
Мякинник Я.Л., Величко В.В. Использование современных горелочных устройств с целью снижения выбросов NO <sub>x</sub>	323
Федькин А.А. Применение электродуговых печей постоянного тока в машиностроительном производстве	324