

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

Механико-технологический факультет

# НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ИХ ОБРАБОТКИ

Сборник научных работ  
XX Республиканской студенческой  
научно-технической конференции

*Минск, 17–18 апреля 2019 года*

Минск  
БНТУ  
2019

УДК 669 (082)  
ББК 34.3  
Н76

**ПРЕДСЕДАТЕЛЬ:**

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

**ЧЛЕНЫ ОРГКОМИТЕТА:**

**Пантелеенко Ф.И.**, член-корреспондент НАН Беларуси, Заслуженный деятель науки Республики Беларусь, д-р техн. наук, профессор;

**Томило В.А.**, д-р техн. наук, профессор;

**Константинов В.М.**, д-р техн. наук, профессор;

**Ровин С.Л.**, д-р техн. наук, доцент;

**Немененок Б.М.**, д-р техн. наук, профессор;

**Лазаренков А.М.**, д-р техн. наук, профессор;

**Бежок А.П.**, канд. техн. наук, доцент

**РАБОЧАЯ ГРУППА:**

**Любимов В.И.**, канд. техн. наук, доцент;

**Слуцкий А.Г.**, канд. техн. наук, доцент;

**Гольцова М.В.**, канд. техн. наук, доцент;

**Вейник В.А.**, ст. преподаватель;

**Одиночко В.Ф.**, канд. техн. наук, доцент;

**Науменко А.М.**, канд. техн. наук, доцент

**ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ**

**Данилова А.И.**

**СЕКРЕТАРЬ РАБОЧЕЙ ГРУППЫ**

**Герасикова А.А.**

В настоящий сборник включены материалы докладов XX Республиканской студенческой научно-технической конференции «Новые материалы и технологии их обработки», участники которой выступали по следующим 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».

## Кафедре «Металлургия чёрных и цветных сплавов» 50 лет!

Деятельность кафедры начинается с 1 апреля 1969 года.

Первым заведующим кафедрой «Литейное производство чёрных и цветных металлов» был д.т.н., профессор Д.Н. Худокормов – фронтовик с опытом производственной, педагогической и научной работы, который возглавлял кафедру на протяжении 24 лет.

С первых дней своего существования кафедра ориентировалась на развитие исследований по специальности с привлечением для этих целей студентов 3–5 курсов. В рамках научного направления в 70-е годы при кафедре создаются две отраслевые научно-исследовательские лаборатории по перспективным металлургическим направлениям литейного производства.

Из проведенных исследований на кафедре наиболее широко известен технологический процесс получения отливок из алюминиевых сплавов с использованием в шихте вторичных силуминов, внедренных на Минском моторном заводе и Мелитопольском заводе «Автоцветлит». Основные разработчики данной темы Д.Н. Худокормов, А.М. Галушко, С.Н. Леках, Б.М. Неменёнок, Г.В. Довнар, М.И. Стриженков. В 1978 г. работа была отмечена Государственной премией БССР (лауреаты Д.Н. Худокормов и А.М. Галушко).

В 1984 году группа сотрудников кафедры и лабораторий (В.А. Розум, С.В. Дорожко, А.Г. Слуцкий, Л.Л. Счисленок, В.Л. Трибушевский, Н.И. Бестужев, В.А. Глазков). За работу «Создание эффективных технологических процессов массового производства автотракторных отливок повышенной эксплуатационной надежности» была удостоена премии Ленинского комсомола БССР.

Исследования по разработке высокоэффективных технологических процессов производства ответственного литья из высокопрочного чугуна к.т.н. С.Н. Лекаха отмечены премией ВЛКСМ (1984 г.).

Группа исследователей под руководством доктора технических наук В.И. Тутова разработала новый способ получения машиностроительных заготовок методом непрерывного литья с использованием песчаных стержней, который был отмечен премией Совета Министров СССР (1984 г.).

Трудовые и научные заслуги И.А. Трусовой отмечены медалью «За трудовые заслуги» (2001 г.), почетным званием «Заслуженный деятель науки Республики Беларусь» (2007 г.), премией Национальной академии наук Беларуси им. академика А.В. Лыкова (2005 г.).

В 1993 году кафедру возглавляет профессор В.М. Королев, и она реорганизуется в кафедру «Металлургия литейных сплавов».

В 1999 году на должность заведующего кафедрой избирается доцент Б.М. Неменёнок, который по сей день несет ответственность за ее существование.

Это одна из немногих кафедр университета, где все преподаватели имеют ученые степени. За время существования кафедры ею подготовлено 4 доктора технических наук, 3 доктора философии, 45 кандидатов технических наук, 58 магистрантов, 1812 инженеров (в том числе 39 специалистов для 11 иностранных государств).

Работу кафедры можно оценивать по успеху её выпускников, которые работают в различных сферах народного хозяйства Республики Беларусь и Российской Федерации.

**Металлургия  
чёрных и цветных  
сплавов**

## Проблемы экологии и рентабельности производства при плавке окисленных отходов алюминия

Студенты гр. 10405114: Кулик М.А., Позняк О.А.  
Научные руководители – Трибушевский Л.В., Неменёнок Б.М.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

На полноту извлечения алюминия из его окисленных отходов большое влияние оказывает засоренность материалов и состояние их поверхности. Так, для мелкой стружки, степень загрязненности колеблется от 14,0 до 28,0 %, а у шлаков и сливов данный показатель находится в диапазоне 28,0–50,0 %, поэтому при плавке съёмов с содержанием 50 % металла удастся извлечь только половину алюминия.

Для выбора оптимального варианта переплава окисленных отходов алюминиевых сплавов в короткопламенной роторной печи (КРП) исследовали зависимость металлургического выхода от степени окисленности шихты при добавке флюса, содержащего 50 % NaCl; 42 % KCl и 8 %  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$  в количестве 8 % от массы металлозавалки. Степень окисленности шихты варьировали добавками алюминиевого лома, крупной и мелкой стружки, шлаков и сливов.

На первом этапе исследований шихту загружали в печь вместе с флюсом, добавка которого составляла 50 % от расчетного количества. В процессе нагрева и расплавления шихты скорость вращения печи составляла 0,3–1,0 об/мин. После расплавления металла и флюса присаживали оставшуюся часть флюса, а скорость вращения печи увеличивали до 5,1 об/мин для лучшего разделения расплава и шлака. Общая длительность плавки составляла 82–85 минут. Полученный металлический расплав с температурой 760–780°C сливали в ковш и, после продувки азотом, разливали в чушки на разливочном конвейере. Шлак из наклоненной печи удаляли в контейнер скребками.

Результаты исследований представлены на рисунке 1.

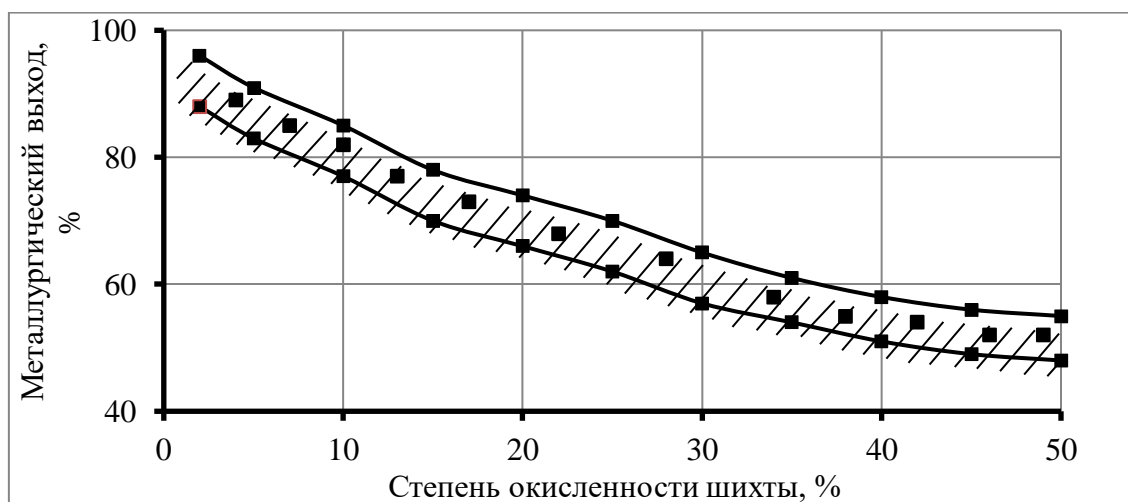


Рисунок 1 – Влияние степени окисленности отходов алюминиевых сплавов на металлургический выход при плавке с 8 % флюса

Результаты опытных плавки показали, что с увеличением окисленности шихты с 2,0 до 50 % металлургический выход в среднем снижается с 93 % до 52 %. При этом количество образующегося шлака увеличивается с 107 кг до 390 кг. Анализ химического состава образующегося шлака показал, что содержание в нем корольков алюминия, находится в пределах

7,5–9,2 %, что делает его дальнейший переплав нерентабельным. Учитывая, что такой шлак относится к отходам IV класса опасности, он подлежит захоронению на специальных полигонах с уплатой соответствующего экологического налога.

Дальнейшие исследования, с использованием покровного и жидкого флюсов, привели к получению результатов, близких к первой серии опытных плавов. Поэтому было принято решение об исключении флюса из состава шихты при плавке окисленных отходов алюминия. Предполагалось, что разрушение оксидной пленки на частицах алюминиевых сплавов в процессе плавки будет происходить механическим путем при вращении печи.

В качестве компонентов шихты использовали алюминиевую стружку с засоренностью 6 и 25 %; алюминиевые шлаки с содержанием 50–68 % алюминия и просев алюминиевого шлака с фракцией более 10 мм.

Для оценки распределения материалов по ходу плавки в КППП проводили 16 балансовых плавов с взвешиванием всех компонентов шихты и полученных продуктов в виде расплава, вторичного шлака и пыли, осевшей в циклоне. Металлозавалка каждой плавки состояла из 250 кг роллет, 200 кг пробки, 60–70 кг мелкого алюминиевого лома из алюминиевых радиаторов и конденсаторов, и 70 кг просева шлака, содержащего 22–25 % Al; 33–37 %  $Al_2O_3$ ; 6–8 %  $SiO_2$ ; 4–6 %  $MgO$ ; 1–3 %  $Fe_2O_3$ ; 25–30 % (NaCl+KCl). Общая масса шихты составляла 580–590 кг. Перед проведением балансовых плавов циклон полностью очищался от пыли, а после окончания серии балансовых плавов вся собравшаяся в циклоне пыль извлекалась и взвешивалась. Общая масса пыли по итогам 16 плавов составляла 496 кг или в среднем 31 кг на плавку. При таком варианте плавки в составе пыли преобладают оксиды алюминия различных форм с общей концентрацией около 75 %, шпинели, содержащие в своем составе оксиды алюминия (12 %), и 12 % чистого алюминия. Следует отметить, что на долю хлорсодержащих соединений приходится только 1,4 %, что в 2,5 и 30 раз ниже по содержанию хлоридов, по сравнению с плавкой с 8% покровного флюса и 40% жидкого флюса соответственно. Большие объемы образующейся пыли связаны с особенностями конструкции КППП, характеризующейся прямоточным движением горячих газов с высокой скоростью в рабочем пространстве печи. Это и обуславливает существенные потери шихты с развитой поверхностью во время плавки. Metallургический выход в среднем составил около 60 % при доле образующихся отходов – 40 %.

Анализ образовавшегося шлака и пыли показал незначительное содержание в них хлористых соединений, что позволяет их полностью использовать в составе алюминиевых раскислительных смесей (АРС) при внепечной обработке стали. Это позволило предложить безотходную бесфлюсовую технологию переработки окисленных отходов алюминия, при которой доля используемых продуктов превышает 95 %.

УДК 669.187.28

### **Глубокая переработка алюминиевых шлаков – путь к получению новых материалов для литейно-металлургического производства**

Студенты гр. 10405114: Кулик М. А., Позняк О.А.  
Научные руководители – Трибушевский Л.В., Неменёнок Б.М.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Существующие технологии переплава алюминиевой стружки и шлаков, как правило, предусматривают использование значительного количества покровных и рафинирующих флюсов при плавке, что приводит к повышению металлургического выхода металлического расплава и образованию вторичных шлаков, требующих дальнейшей переработки или захоронения.

Для исследования были выбраны отходы переработки вторичного алюминия (ОПВА), складированные на открытой площадке НПФ «Металлон». С целью отделения корольков

алюминия ОПВА подвергали просеиванию через сито с квадратными отверстиями со стороной 5,6 мм и диагональю отверстия около 8 мм. Из полученного отсева с разных горизонтов отбирали пробы для развернутого химического анализа, который проводили в испытательном центре ГНУ «Институт порошковой металлургии» НАН Беларуси. Результаты отсева отвалного шлака и данные химического анализа отобранных проб приведены на рисунке 1 и в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты химического анализа проб отсева ОПВА с фракцией менее 8 мм

Содержание компонентов, %	Номер пробы						Среднее значение, %
	1	2	3	4	5	6	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	81,6	78,3	81,05	80,15	81,1	80,2	80,4
CaO	0,9	0,9	0,9	0,8	0,6	0,6	0,8
MgO	1,9	1,6	1,3	2,2	1,5	2,8	1,9
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,3	5,4	6,1	5,6	6,1	6,0	5,8
SiO <sub>2</sub>	4,4	4,6	4,6	4,0	3,4	3,6	4,1
CuO	1,7	3,0	2,5	2,7	2,3	2,7	2,5
ZnO	1,0	1,6	1,6	1,8	1,2	1,1	1,4
Na <sub>2</sub> O	1,0	1,0	0,2	0,7	1,4	0,6	0,8
Cl	0,6	1,5	0,2	0,2	0,5	0,8	0,6
K <sub>2</sub> O	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,2	0,3
TiO <sub>2</sub>	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3
MnO	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2
NiO	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3
PbO	0,1	0,5	0,4	0,4	0,3	0,2	0,3
Другие	0,5	0,5	0,05	0,05	0,5	0,5	0,4



а)



б)



в)

Рисунок 1 – Рассев отвалного шлака на производственной площадке НПФ «Металлон»:

а – ОПВА до отсева; б – крупная составляющая шлака после отсева;

в – просев ОПВА с фракцией 8 мм

Усредненные результаты анализа показали, что в отсеве содержится 80,4 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и 19,6 % примесей, в число которых входят 4,1 %  $\text{SiO}_2$ ; 5,8 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; 2,5 %  $\text{CuO}$ ; 1,9 %  $\text{MgO}$ ; 1,4 %  $\text{ZnO}$ ; по 0,8  $\text{CaO}$  и  $\text{Na}_2\text{O}$ ; 0,6 % хлора; по 0,3 %  $\text{K}_2\text{O}$ ;  $\text{TiO}_2$ ;  $\text{NiO}$ ;  $\text{PbO}$ ; 0,2 %  $\text{MnO}$ . При этом 78–80 % отсева относится к фракции 0–3 мм. Для дальнейшего исследования этой фракции ее подвергали вихревой сепарации с использованием ленточного конвейера с многополюсным магнитным ротором. При вращении многополосной магнитной системы в металлических частицах индуцировались вихревые токи, которые, в свою очередь, создавали магнитное поле противоположное по направлению роторной магнитной системе.

В результате взаимодействия магнитных полей металлические частицы, содержащиеся в отсеве шлака, выбрасывались из движущегося потока и отделялись от неэлектропроводящей фракции.

Отсев алюминиевых шлаков с данным фракционным составом может быть использован для производства разжижителей рафинировочных шлаков при внепечной обработке сталей вместо экологически опасного плавикового шпата. Для удобства ввода разжижителей их можно получать в виде окатышей или брикетов с содержанием  $\text{Al}_2\text{O}_3$  от 50 до 80 %. Для этих целей можно использовать валковый пресс, представленный на рисунке 2.



Рисунок 2 – Валковый пресс для получения брикетов разжижителя на основе ОПВА:  
а – валковый пресс; б – брикеты на основе ОПВА

Составы разжижителей шлака, полученные на основе ОПВА приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Составы разжижителей шлака на основе ОПВА

Материал	Массовая доля компонентов, %						Потеря массы при сушке, %
	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{CaO}$	$\text{MgO}$	$\text{SiO}_2$	$\text{Cr}_2\text{O}_3$	$\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$	
АСМ 75	70–80	1–3	13–17	2–3	–	1–2	2–5
АСМ 65	60–70	6–11	3–8	2–3	–	1–2	10–12
АСМ 55	50–60	10–15	4–9	2–3	–	1–2	14–17
АСМС 65-5	60–70	5–9	3–8	2–3	4–6	2–3	7–10
АСМС 65-3	60–70	6–9	3–7	2–3	2–3	2–3	8–11
АСМС 55-5	50–60	8–13	4–9	2–3	2–3	1–2	12–15

Таким образом, глубокая переработка алюминиевых шлаков позволяет в полной мере реализовать безотходную технологию их переплава, с получением новых экологически безопасных продуктов, востребованных литейно-металлургическим производством.



**О некоторых аспектах проблемы получения качественных литых изделий**

Магистрант Мурашко И.А.,  
студенты гр. 10405315: Качина В.Ю., Храменков Д.В.,  
гр. 10405526 Михеев И.В.  
Научный руководитель – Арабей А.В.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Одной из важных задач металлургии и машиностроения является производство качественной и конкурентоспособной металлопродукции. Современный этап развития литейного производства характеризуется значительным усложнением проектируемых изделий, а также использованием новых конструкционных материалов. В связи с этим существенно возрастает время, затраченное на проектирование и технологическую подготовку производства литого изделия. В последнее десятилетие отмечается тенденция к существенному увеличению доли программных продуктов, автоматизирующих интеллектуальный труд специалистов литейного производства, используемых при производстве технологической документации и разработке этапов технологического процесса.

Использование компьютерных технологий в машиностроении способствует коренной перестройке характера инженерной деятельности технологов и конструкторов, кардинальному изменению круга и уровня, решаемых ими задач.

Одна из основных проблем получения качественных литых изделий – неточная литейная технология. Исходя из статистических данных, в зависимости от сложности получаемого литого изделия и метода литья количество бракованных отливок на стадии отработки литейной технологии может колебаться от 10 до 90%. В некоторых случаях брак, связанный с усадочными раковинами, отсутствует, однако при этом выход годного может составить 20–25% [1].

В таких случаях решить обозначенную проблему позволяют системы компьютерного моделирования литейных процессов, такие как ProCAST (ESI Group, Франция), QuikCAST (ESI Group, Франция), LVMFlow (НПО МКМ, Россия), СКМ ЛП «ПолигонСофт» (ООО «Полигон» Россия), MAGMASOFT (MAGMA Giessereitechnologie GmbH, Германия) и ряд других. Данные программные продукты позволяют моделировать процесс заполнения литейной формы, определять изменение температуры расплава при его затвердевании, устанавливать области образования усадочных дефектов, рассчитывать внутренние напряжения и др. Однако, необходимо отметить, что существующие программные продукты моделирования литейных процессов содержат значения теплофизических параметров сплава усредненного состава для равновесных условий кристаллизации. В реальных же условиях результаты компьютерного моделирования не отражают действительную картину затвердевания отливки, что постоянно требует корректировки полученных результатов моделирования [2].

В связи с этим определение реальных параметров кинетики затвердевания и теплофизических показателей сплава применительно к конкретным условиям технологическим процессам является актуальной задачей, положительное решение которой позволит сократить время на разработку технологии изготовления литейной продукции с использованием программ компьютерного моделирования. Изучение кинетики затвердевания алюминиевых сплавов возможно реализовать путем использования данных компьютерного термического анализа (далее – КТА). В основе методики оценки лежит зависимость температур фазовых превращений от состава сплава и результаты обработки экспериментальных данных КТА.

С использованием результатов КТА согласно разработанным моделям рассчитываются зависимость выделения твердой фазы, выделяющейся при кристаллизации от температуры и времени [2]. Полученные результаты при использовании в системах компьютерного моделирования литейных процессов позволяют получать адекватные модели процесса кристаллиза-

ции отливок, в том числе из многокомпонентных сложнелегированных сплавов, а также из вторичного сырья.

#### Список использованных источников

1. ЗАО «НПО МКМ» (г. Ижевск), ООО «ПроМодель» (г. Воронеж): Моделирование литейных процессов: что и как выбрать? // Литейщик России. – 2010. – № 5. – С.11–14.
2. Рафальский, И.В. Применение компьютерного термического анализа для моделирования процесса затвердевания отливок из алюминиевых сплавов / И.В. Рафальский, А.В. Арабей, П.Е. Луцки // Литье и металлургия. – 2010. – № 1 (54) – 2 (55). – С. 115–121.

УДК 621.774

#### Влияние температурного режима на стойкость прошивной оправки

Магистрант Бородулькин В.С.  
Научный руководитель – Корнеев С.В.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Прошивной стан первый в технологической цепочке от стальной заготовки до готовой бесшовной трубы на ОАО «Белорусский металлургический завод» – управляющая компания холдинга «БМК». Прошивные оправки подвергаются воздействию высоких температур и больших значений усилий со стороны деформируемого металла. Одной из существующих проблем на прошивном стане является малая стойкость прошивных оправок большого диаметра. Оправки диаметром от 104 до 175 мм, используемые на прошивном стане для прошивки круглых заготовок Ø140 мм, Ø196 мм, Ø200 мм. В процессе работы было замечено, что стойкость прошивных оправок диаметром 175 мм сильно различается, даже при прошивке заготовок одной длины и одной марки стали.

Если рассмотреть поверхность оправки после прошивки, то можно определить несколько зон на оправке (рисунок 1):

1 зона – носик, предназначена для внедрения оправки в заготовку. В этой зоне оправка подвергается сильной деформации и нагреву (температура, до которой нагревается носик, достигает 900–1100 °С).

2 зона – прошивная часть. Задача прошивной части интенсивное уменьшение стенки гильзы. Дефекты на этом участке оправки появляются крайне редко.

3 зона – раскатная часть. На этом участке оправки формируется стенка гильзы. Здесь наибольшие контактные напряжения на оправку. Большинство дефектов на всех оправках начинаются на этом участке, что и приводит к их износу [1].

4 зона – калибрующая зона. На калибрующей зоне происходит выравнивание стенки гильзы. На этом участке наблюдаются наименьшие нагрузки на оправку со стороны прошиваемой заготовки.

Рассмотрим изменения температуры поверхности оправки в процессе работы. Цикл от прошивки одной заготовки до прошивки следующей можно разделить на 4 этапа.

Первый этап – прошивка. При прошивке происходит интенсивный нагрев оправки, это занимает в среднем 6–12 сек. Далее происходит извлечение оправки из гильзы при этом оправка тоже нагревается, но не так интенсивно как при прошивке.

Третий этап в цикле это охлаждение, время охлаждения в среднем 7–8 сек.

Четвёртый этап подготовка к прошивке. За этот этап оправка перемещается от ванны охлаждения до очага деформации, это занимает примерно 8–9 сек. Стойкость оправок при прошивке тонкостенных гильз значительно меньше, чем оправок используемых для прошивки гильз с большой толщиной стенки.



Рисунок 1 – Прошивная оправка

Температурный режим характеризуется многоциклическим нагревом и охлаждением. Так температура носика при прошивке легированных сталей может достигать до 940–1000 °С, далее температура по длине оправки от носика к калибрующей зоне уменьшается. При работе прошивной оправки ее температура постепенно увеличивается, соответственно уменьшается ее сопротивление пластической деформации. Далее было выявлено, что при остановках станка, стойкость прошивной оправки, которая стояла до и после остановки (когда происходит интенсивное охлаждение оправки), резко увеличивалась.

Критическими точками для стали 20ХН4МФА являются:

$$A_{c1}=710\text{ °С}, A_{c3}(A_{cm}) = 750\text{ °С}, M_n = 310\text{ °С}$$

По результатам анализа данных предложено провести испытания по закалке, с целью получить поверхностный слой с большей стойкостью. Также в дальнейшем требуется проведение анализа на структуру стали оправок при различном охлаждении оправок.

#### Список используемых источников

1. Сазоненко, И.О. К вопросу повышения стойкости прошивных оправок / И.О. Сазоненко, В.А. Земцов, А.Н. Юрчак // Литье и металлургия. – 2012. – №4. – С. 135–138.

УДК:628.58:537.811(043)

#### Исследование электромагнитного поля индукционной печи

Студент гр. 10405115 Иванов Н.Р.

Научный руководитель – Довнар Г.В., Панасюгин А.С.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Объектом исследования являлась установка высокочастотная плавильная типа ИСТ-0,06 с частотой переменного тока контурной цепи 2400 Гц.

Оценка и нормирование электромагнитного поля (ЭМП) осуществлялись отдельно по напряженности электрического (Е) в В/м и магнитного (Н) в нТл полей в зависимости от времени действия (в течении всей рабочей смены – 8ч и до 2ч за смену) в соответствии со СНиП и гигиенические нормативы «Гигиенические требования к электромагнитным полям в производственных условиях», утвержденных Постановлением МЗ №69 от 21.06.2010 (далее СНиП и ГН).

Измерения проводились на высоте 0; 0,5(норма); 1,0; 1,5 (м) от поверхности пола помещения и на расстоянии 0; 0,5(норма); 1,0; 1,5; (м) и в разных направлениях от оборудования в соответствии с п.62 СНиП и ГН. Замеры на большей высоте, чем 1м от пола не проводились, т.к. исследуемая печь является лабораторной, и её высота не превышает 1м и значение напряженности при увеличении высоты замера будет только ослабевать.

Измерения  $E$  и  $H$  осуществились при максимальном рабочем напряжении и максимальном рабочем токе (п. 65, 68 СНиПиГН).

Для исследования использовались приборы: НИИЛОГАЗ:

а) измеритель электрического поля ИЭП-05 в полосе 1 с диапазоном частот пропускания в 5 Гц – 2000 Гц и полосе 2 с диапазоном частот пропускания 2 кГц – 400 кГц и диапазоном измеряемых значений напряженности электрического поля 0,7...19,9 В/м (без делителя) и 15...199 В/м (с делителем);

б) измеритель магнитного поля ИМП-0,5 с измерительным блоком ИМП-05/2 (полоса 1 с диапазоном частот пропускания 5Гц – 2кГц и диапазоном измеряемых значений магнитной индукции 70...1990 нТл).

Исследования показали, что максимальные значения напряженности магнитного поля ( $E$ ) наблюдаются на высоте 1м от площадки обслуживания и на расстоянии 0м от печи и составляют 0,067 кВ/м. Поскольку отсутствуют нормативные значения (ПДУ) на рабочем месте для частоты ЭМП в диапазоне 50 – 10000 Гц, были рассчитаны их приближенные значения для частоты 2,4 кГц (показатель исследуемой печи) по нормам ПДУ  $E$ , кВ/м для частоты 50 Гц и 10-30 кГц в соответствии со СНиПиГН, предполагая линейную зависимость ПДУ от частоты ЭМП. Полученные приближенные значения  $E$  для частоты 2,4 кГц составили: для 2ч времени пребывания в ЭП в течение суток составляет примерно 10 кВ/м и примерно 4,0 кВ/м – для 8ч.

Таким образом полученные максимальные значения напряженности электрического поля  $E$  примерно в 60 раз меньше установленного ПДУ.

При измерении напряженности магнитного поля было установлено, что прибор зашкаливает уже на расстоянии 3,0м от печи в связи с низким предельным значением измеряемой величины – 1990 нТл. Численные значения  $B$  были получены на расстоянии 3,5; 4,0; 5,0м и составили 1900; 1260; 650 нТл.

Методом интерполяции с использованием полинома Лангранжа было вычислено максимальное значение  $B$  – 12163,58 нТл на расстоянии 0,1 м. Полученные значения напряженности магнитного поля (12,2 мкТл) почти в 8 раз меньше ПДУ для 8 часов пребывания в ЭП в течении суток и приблизительно в 65 раз меньше ПДУ для 2 ч. ПДУ для частоты 2,4 кГц ЭМП вычислялись аналогично вычислению ПДУ для напряженности электрического поля  $E$ .

УДК669.1.043

### **Требования по содержанию цветных металлов для различных сталей**

Студент гр. 10405315 Бычик А.В.

Научный руководитель – Трусова И.А.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Существующие технологии в условиях выплавки стали в дуговых сталеплавильных печах не позволяют воздействовать на уровень концентраций примесей цветных металлов в готовой жидкой стали, так как в конкретном случае содержание вредных примесей в металле напрямую зависит от состава шихтовых материалов, загружаемых в сталеплавильные агрегаты. Наличие этих примесей в сталях провоцирует развитие интеркристаллитных трещин, повышает склонность к отпускной хрупкости, приводит к снижению служебных характеристик изделий из выплавляемой стали, то есть препятствует получению металла с требуемыми свойствами [1].

Вредные примеси тем или иным образом влияют на физико-химические свойства стали, например, небольшое количество мышьяка, олова, свинца (0,02–0,04 %), которые, во время, плавки переходят в сталь, вызывают ее хладноломкость; пластичность стали снижает-

ся с увеличением содержания меди, молибдена и олова; содержание 0,001 % Sb придает стали хрупкость, мышьяк ухудшает свариваемость [2].

Растущие требования, предъявляемые к качеству металла со стороны потребителей, приводят к тому, что в настоящее время содержание нежелательных добавок регламентируется на уровне 0,001 %. Например, суммарное содержание примесей (Cu+Mo+Sn+Cr) для производства стали для бесшовных труб должно быть не более 0,280 масс % [3].

Учитывая, что в ломе может содержаться значительное количество меди, в работе рассмотрено влияние Cu на свойства сталей: Показано, что с одной стороны к вредному влиянию меди относят снижение хладноломкости стали, однако при содержании более 0,20 % медь повышает стойкость стали к атмосферной коррозии, а также прочностные свойства для легированных и низколегированных сталей. Медь в количестве более 1 % повышает стойкость аустенитных нержавеющих сталей к воздействию серной и соляной кислот, а также их стойкость к коррозии под напряжением [4].

В качестве примера приведен сравнительный анализ внесенных примесей на примере конвертерного и электродугового процесса [5,6]:

для конвертерной плавки:  $[Cu] = 0,01 \cdot 0,75 + 0,25 \cdot 0,25 = 0,07 \%$

для электроплавки:  $[Cu] = 0,01 \cdot 0,25 + 0,25 \cdot 0,75 = 0,19 \%$

Таким образом, с учетом только лишь заданных материалов, в электропечь вносится в 3 раза больше меди.

Отмечено, что для снижения содержания вредных примесей в ДСП используют металлизированное сырье (металлизированные окатыши, железо прямого восстановления, горячее брикетированное железо) которое имеет следующие преимущества:

- химический состав точно известен;
- сырье однородно и в нем отсутствуют нежелательные примеси;
- растет производительность печи;
- при плавлении меньше шума;
- допускается расширение производства при минимальных капитальных затратах.

В последнее время развитие получило использование синтикома. В качестве основы в этом материале содержится чугуны (70–90 %) и твердые окислители в виде окатышей, концентрата железной руды, агломерата (10–30 %). Главное достоинство материала – высокая чистота по примесям цветных металлов, что позволяет выплавлять стали любого сортамента.

Концентрация меди в различных шихтовых материалах представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание меди в шихтовых материалах для выплавки стали

Шихтовой материал	[Cu], %
Чугун передельный	<0,01
Лом углеродистый	0,2 – 0,3
МОК/ГБЖ	0,002
Синтиком	0,009

Таким образом, использование чистых от примесей цветных металлов шихтовых материалов благоприятно влияет на конечное содержание вредных примесей в готовой стали.

#### Список использованных источников

1. Comparative assessment of LD converter and electric arc furnace / Lachmund H., Bannenberg N. // AISTech 2008 Proceedings. – № 105. – С. 1–8.
2. Производство стали, чистой от примесей цветных металлов: Монография / А.С. Гузенкова [и др.]; под ред. В.А. Кудрина. – М.: МГВМИ, 2008 – 118 с.
3. Поживанов, М.А. Выплавка стали для автолиста / М.А. Поживанов, Е.Х. Шахпазов, А.Г. Свяжин. – М.: Интерконтакт. Наука, 2006. – 166 с.

4. Примеси в сталях: вредные и полезные. [Электронный ресурс]. Режим доступа – <http://steel-guide.ru/klassifikaciya/legirovannye-stali/primesi-v-stali-vliyanie-fosfora-i-sery.html>. – Дата доступа: 11.03.2019.

5. Опыт выплавки стали в сверхмощной дуговой печи с повышенным расходом твердого чугуна / В.А.Бигеев [и др.] // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. – 2014 – №1 – С. 15–18.

6. Современное состояние и тенденции развития технологии производства стали в ДСП и их конструкций / А.Г. Белковский, Я.Л. Кац, М.В. Краснянский // Бюллетень «Чёрная Металлургия», 2013. – №3 – С. 72–88.

УДК 621.74.043.2

### **Пористость в отливках при литье под низким давлением**

Студент гр. 10405115 Смоляк В.В.  
Научный руководитель – Михальцов А.М.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Литьё под низким давлением является одним из наиболее производительных и перспективных методов литья. Наряду с высокой производительностью этот процесс позволяет получать точные отливки с высокой чистотой поверхности. Но полученные отливки отличаются высокой пористостью, которая вскрывается при механической обработке.

В работе исследовали влияние скоростных параметров процесса, а также характера заполнения полости формы жидким металлом. В трёхгнездной пресс-форме, обеспечивающей различные условия заполнения и вентиляции, изготавливали специальным образом.

Скорость прессыющего поршня литейной машины модели 71107 изменялась от 0,4 м/сек. до 1,2 м/сек. через 0,4 м/сек. Плотность первого образца заполнялась последовательно (за счет специально сконструированного подвода металла) от питателя к удалённому участку, где и располагался промывник с вентиляционным каналом. В полости второго образца струя жидкого металла, выходя из питателя, преодолевала длину образца и заполняла в первую очередь промывник. Полость третьего образца заполнялась аналогично второй, но воле боковой её поверхности имелись дополнительные промывники.

Плотность полученных образцов определялась методом гидростатического взвешивания.

Установлено, что с повышением скорости прессования плотность образцов, изготовленных во всех полостях, снижалась. Наиболее низкую плотность имели образцы, изготовленные во второй полости, наиболее высокую – в первой. Образцы из третьей полости занимали промежуточное положение.

Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что при литье под высоким давлением на образовании пористости влияет не только скорость прессования, но также характер заполнения полости формы, обусловленный подводом металла и расположением вентиляционных каналов.

УДК 621.74.043:746.072

### **Разделительные покрытия при литье под давлением**

Студент гр.10405115 Мекто А.Д.  
Научный руководитель – Михальцов А.М.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Литье под давлением (ЛПД) весьма специфичный способ изготовления отливок. Высокие скорости заполнения полости металлической пресс-формы в сочетании с высоким давлени-

нием создают условия для затвердевания отливки, существенно отличающиеся от условий при литье в разовые формы и кокиль. Заполнение полости формы происходит за сотые доли секунды. В настоящее время важнейшими задачами, стоящими перед металлургическими и машиностроительными отраслями промышленности, являются повышение качества и создание конкурентоспособной продукции. ЛПД является одним из наиболее производительных способов получения точных литых деталей и заготовок с качественной поверхностью.

Отливки, изготавливаемые методом ЛПД, имеют сложную конфигурацию и, как правило, содержат всевозможные внутренние полости и отверстия, которые выполняют с помощью металлических стержней. В момент извлечения отливки из пресс-формы в зоне контакта стержня и отливки возникают силы трения, обусловленные обжатием стержня затвердевающей отливки, которые приводят к образованию задиров на поверхности отливки. Для предотвращения образования задиров на теле отливки и уменьшению усилия извлечения из формы, необходимым условием является использование разделительных покрытий (смазок), позволяющих беспрепятственно извлекать отливки из пресс-форм. В конце 80-х годов использовались смазки на масляной основе, которые обладали рядом негативных свойств: высокая газотворность, увеличение пористости отливок, загазованность цехов. Поэтому с целью устранения отрицательного воздействия этих смазок начали использоваться вододисперсионные смазки, вроде кремнийорганических смазок. Самой распространённой основой для таких смазок является ПМС-300.

Смазки для ЛПД должны удовлетворять следующим требованиям: предотвращать привар отливок к материалу формы; обладать высокими противозадирными свойствами; иметь минимальную газотворность; иметь хорошую охлаждающую способность и низкую вязкость; не влиять на чистоту поверхность отливок; быть нетоксичными и пожаробезопасными; быть экономически выгодными.

УДК 621.783

### **Анализ энергоэффективности методических нагревательных печей различной конструкции**

Студенты гр.10405526: Белов М.Д., Хоронеко И.А., Чаюков В.О.

Научный руководитель – Трусова И.А.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Методические нагревательные печи относятся к наиболее распространённому типу нагревательных печей. В зависимости от распределения температур в рабочем пространстве печи, ранее различали двухзонные или трехзонные методические печи, причем в методической зоне этих печей, как правило, не было сжигательных устройств. Построенные в последнее время многозонные методические печи являются четырехзонными, пятизонными – в зависимости от количества участков печи, оборудованных топливосжигающими устройствами.

Стремление к обеспечению высокопроизводительной работы печи ведет к повышению температуры, которая определяется тем, что к моменту выдачи металл должен быть соответствующим образом прогрет по всему сечению.

В производстве широкое распространение для нагрева металла получили методические печи разнообразных конструкций.

В последние десятилетия на металлургических предприятиях для нагрева заготовок широкое распространение получили печи с механизированным подом (с шагающим подом, с шагающими балками и комбинированные), что обусловлено их преимуществами по сравнению с печами других типов (толкательные, кольцевые, ролевые): уменьшение времени нагрева заготовок; снижение окисления и обезуглероживания поверхности металла при

нагреве; отсутствие поверхностных дефектов в результате трения заготовок о подину и устранение свариваемости заготовок за счет наличия зазоров; легкость удаления заготовок из всей печи или высокотемпературной ее зоны при остановках стана, в концесмены, перед ремонтом и т. д.; возможность легкого разделения отдельных плавок металла или мелких партий заготовок, требующих различных режимов нагрева; отсутствие зависимостей между выдачей и загрузкой заготовок, позволяющее включить печи в поток с агрегатами, работающими с различным ритмом; высокая степень механизации и автоматизации, четкая поштучная выдача заготовок [1].

Для оценки эффективности тепловой работы печей выполнены расчеты нагрева металла в четырехзонных печах, которые включают методическую зону, 1-ю и 2-ю сварочные, томильную зоны, а именно для толкательной методической печи и печи с шагающими балками. Расчеты проведены по методике [2] для печей производительностью 50 т/ч, марка стали – Сталь 40Х.

Результаты расчета теплового баланса представлены в таблице 1.

Сравнение основных технико-экономических показателей приведено в таблице 2.

Таблица 1 – Результаты расчета теплового баланса

Статьи	Приход		Статьи	Расход	
	Толкательная	Шагающими балками		Толкательная	Шагающими балками
	%	%		%	%
Теплота от сгорания топлива	85,13	83,20	Теплота на нагрев металла	30,75	46,27
Теплота вносимая подогретым воздухом	11,45	15,13	Теплота уносимая уходящими газами	41,80	35,83
Теплота экзотермических реакций	3,24	1,67	Потери теплоты теплопроводностью	6,97	5,98
			Потери теплоты излучением	0,98	0,72
			Потери теплоты с охлаждающей водой	9,80	9,00
			Неучтенные потери	9,7	2,2
Итого	100	100	Итого	100	100

Таблица 2 – Техничко-экономические показатели

	Толкательная печь	Печь с шагающими балками
КПД	35,83	41,80
Расход кг.т. /т	74,48	55,3

Как видно из приведенных расчетов применение печи с шагающими балками позволяет сократить расход топлива почти в 1,5 раза, соответственно повышается КПД устройства.



### Список использованных источников

1. Тимошпольский, В.И. Тепловая работа нагревательных печей прокатного производства в промышленных условиях. Сообщение 2. Экспериментальные исследования при нагреве заготовок в печах с механизированным подом / В.И. Тимошпольский, И.А. Трусова // Литье и металлургия. – 2011. – № 1–2. – С. 62–71.

2. Тимошпольский В.И., Трусова И.А., Ратников П.Э, Румянцева Г.А., Кабишов С.М. Методические указания к выполнению курсового проекта для студентов специальности 1– 42 01 01 «Огнеупоры и металлургические печи». – Минск: БНТУ, 2009. – 97 с.

УДК 669

### СВС-процессы и технологии получения материалов, применение продуктов СВС-процессов в промышленности

Магистрант Костюченко Ю.А., аспирант Ковалевич Э.В.  
Научные руководители – Иванов И.А., Слуцкий А.Г.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Явление СВС – процессов было обнаружено в середине 1970-х годов русскими ученым: А.Г. Мержановым, И.П. Боровинской и В.М. Шкиро. Главный принцип технологии СВС заключается в том, что исходные порошки нужно не греть, а сжигать их.

СВС представляет собой режим протекания сильной экзотермической реакции, т.е. реакции горения шихты (порошков), где тепловыделение локализовано в слое и передается от слоя к слою путем теплопередачи. При протекании химической реакции, образуются твердые конечные продукты. Режим горения является важным параметром, влияющим на однородность превращения. На процесс протекания реакции влияет состав, структура и строение образующихся продуктов. Распространение волны горения в СВС-процессах можно регулировать. Простейшими методами относится характеристика исходного сырья или заготовки, что позволяет в определенных пределах регулировать скорость, температуру, глубину превращения при горении и, следовательно, состав и структуру продуктов горения. Для слабоэкзотермических реакций или смесей с большим содержанием инертных наполнителей для инициирования реакции синтеза необходим предварительный подогрев шихты в печи. Шихта в СВС-процессах может находиться в вакууме, на открытом воздухе, в инертном или реагирующем газе. В зависимости от химической природы ведущей реакции горения и агрегатного состояния реагентов, все СВС-системы можно разделить на 4 основных класса: безгазовые, фильтрационные, газовыделяющие системы и системы металлотермического типа (с восстановительной стадией). СВС-технология порошков, представляет собой послойное горение продуктов, либо тепловой взрыв при взаимодействии продуктов. При возникновении теплового взрыва или воспламенения, происходит нагрев порошков (шихты) до критической температуры, при котором происходит увеличение скорости протекания экзотермической реакции. В процессе протекания экзотермической реакции образуется слиток либо спек, что в последующем требует дополнительной обработки (размол).

Таким способом получают сложные порошки тугоплавких неорганических соединений, сложные оксиды, силициды, а также позволяет получать плотные изделия. В СВС-процессе могут участвовать химически активные при высоких температурах вещества в качестве реагентов и инертные вещества в качестве наполнителей или разбавителей. Управляя параметрами синтеза можно обеспечить получение материала, не уступающего по свойствам материалам, полученным другими традиционными способами. Простота обслуживания и высокие скорости процессов СВС приводят к существенной экономии энергии и материалов.

СВС-процессы характеризуются: низкими затратами электроэнергии, простотой технологического оборудования, высокой производительностью, способностью сохранять экологию.

гическую частоту, снижением числа технологических стадий по сравнению с традиционными технологиями, возможностью замены сырьевых материалов на более дешевые при производстве одних и тех же продуктов.

В настоящее время существует более 30 вариантов СВС-процессов, которые можно объединить в термин «СВС-технологии», которые в свою очередь могут быть разбиты на 6 типов: 1) СВС-технология порошков; 2) СВС-спекание; 3) Силовое СВС –компактирование; 4) СВС-металлургия; 5) СВС-сварка; 6) Газотранспортная СВС-технология.

СВС – это наукоёмкая технология. Сейчас происходит дальнейшее развитие научных и технологических основ данного процесса. Разработка новых СВС – технологий продолжается, при этом основное направление – комбинация СВС с другими технологическими приемами. Появились работы на стыке СВС с такими областями науки и техники, как сверхпластичность, механохимия, материаловедение наноразмерных структур.

### **Список использованных источников**

1. Амосов, А.П. Порошковая технология самораспространяющегося высокотемпературного синтеза материалов / А.П. Амосов, И.П. Боровинская, А.Г. Мержанов. – М.: Машиностроение, 2007. - 567с.

2. Мержанов А. Г., Боровинская И.П. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез тугоплавких неорганических соединений // Доклады Академии наук СССР. - 1972. - т. 204. - №2.

3. Ковалевич, Э.В. Исследование процесса получения катодов вакуумных электродуговых источников плазмы индукционной плавки / Э.В. Ковалевич, [и др.] // Сборник материалов Белорусско-Китайского молодежного инновационного форума 15–16 ноября 2018 г.: в 2 т. – Минск: БНТУ, 2018. – Т. 2. – С. 37–39.

УДК 669.2:621.746

### **Моделирование процесса литья отливки «Поддон»**

Студенты гр.10405114 Самусева А.И.,  
гр. 10405118 Кулаковская Я.И., гр. 10405526 Барабанов Е.Н.  
Научный руководитель – Бежок А.П.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Легированная сталь 35Х18Н24С2Л с особыми свойствами (коррозионно-стойкая, жаропрочная, жаростойкая при температуре до 1100–1200 °С) предназначена для изготовления отливок деталей, работающих при высоких температурах в сильно нагруженном состоянии (печных конвейеров, шнеков, крепежных деталей). Высокая стоимость отливок (в пять раз дороже, чем стоимость отливок из углеродистых сталей марок 15Л...55Л) определяется содержанием 18% хрома и 24% никеля в её составе.

При разработке технологии литейной формы для стальных отливок необходимо учесть большое количество факторов, влияющих на получение плотной, без усадочных дефектов отливки – правильно выбрать положение отливки в форме для обеспечения направленного затвердевания, определить количество, место установки прибылей, рассчитать их радиус действия, определить модуль отливки либо теплового узла и прибыли, объем прибыли, геометрию литниковой системы. При этом следует учитывать, чтобы объем металла в прибыли обеспечивал компенсацию усадочной раковины, образующейся при затвердевании отливки, и сама прибыль затвердела в последнюю очередь. Существующие методы расчета прибылей основаны на экспериментально полученных зависимостях различных параметров затвердевания и позволяют достаточно точно определять их размеры. Однако при расчете сложных

по конфигурации отливок достаточно сложно точно определить параметры расчета. Не имея общей картины роста твердой фазы в отливке во время кристаллизации жидкой фазы трудно предположить возможность формирования дефектов в различных ее частях и, следовательно, подобрать оптимальную конструкцию прибыли и всей литниковой системы.

Отработка технологии литейной формы проводилась в условиях Минского тракторного завода при изготовлении отливки «Поддон» из жаропрочной стали 35X18H24C2Л. Данная деталь используется в качестве поддона для транспортировки стальных отливок при их термообработке и, соответственно, её конструкция не должна способствовать образованию трещин из-за перепадов температуры, а также не иметь раковин и усадочной пористости. Была проанализирована заводская технология получения отливки и предложен альтернативный вариант. С целью оптимизации конструкции отливки и литниково-питающей системы были созданы трехмерные модели базового и рекомендуемых вариантов, промоделирован процесс заливки, кристаллизации, просчитан стресс-тест (пластические деформации, напряжения, горячие трещины) и выданы соответствующие рекомендации. На рисунке 1 представлены исходный (а) и рекомендуемый варианты конструкции литниково-питающей системы (б).

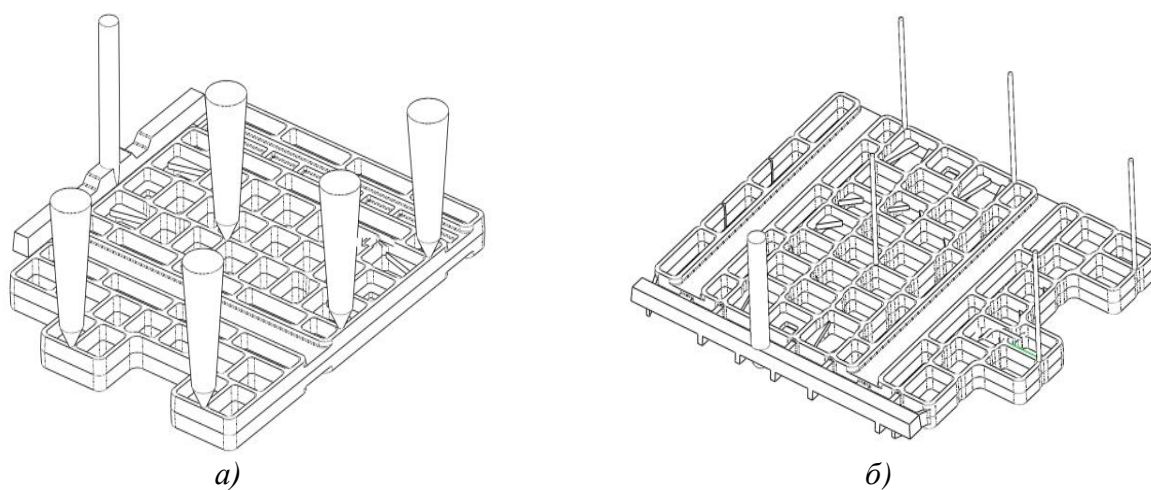


Рисунок 1 – Отливка «Поддон»

Результаты компьютерного моделирования показали, что используемые в заводской технологии массивные прибыли только снижают выход годного литья. Вместо прибылей было предложено установить выпора, а также изменить расположение питателей и их количество с 4 до 9 с целью улучшения питания отливки.

УДК 621.74

**Контроль содержания твердой фазы, выделяющейся при затвердевании расплавов, с использованием данных термического анализа**

Студент – Жук К.А.

Научный руководитель – Рафальский И.В.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Точность моделирования процессов затвердевания литейных сплавов определяется достоверностью значений физических и теплофизических свойств расплава, а также возможностью учета возможных изменений условий теплообмена при охлаждении расплава. На изменение условий теплообмена пробы металлического расплава при проведении термического анализа могут влиять различные, трудно учитываемые факторы, такие как окисление поверхности сплава, изменение его агрегатного состояния, неравномерность охлаждения, изменение температурного поля измерительной ячейки при проведении анализа.

Экспериментальное определение физических свойств технологической пробы расплава, в том числе удельной теплоемкости, эффективного коэффициента теплоотдачи, плотности, объема, массы, площади поверхности пробы расплава в зависимости от температуры требует применения дополнительного лабораторного оборудования и выполнения существенного объема трудоемких измерений. Применение для контроля содержания твердой фазы, выделяющейся в интервале кристаллизации сплава, метода Ньютона [1], может приводить к существенным ошибкам, так как точность вычислений существенно зависит от вида «базовой» функции, являющейся приближающей зависимостью производной температуры по времени в предположении, что на расчетном интервале времени отсутствует выделение теплоты кристаллизации.

Установлено, что «базовые» функции для расчета содержания твердой фазы в затвердевающих расплавах алюминия и его сплавов методом Ньютона при малых числах Био не могут быть установлены на основе классического уравнения Ньютона-Рихмана, предполагающего экспоненциальный вид температурно-временной зависимости охлаждающегося сплава до и после затвердевания. В связи с этим расчет содержания твердой фазы, выделяющейся в интервале кристаллизации сплава, проводили с использованием данных термического анализа с учетом изменений значений коэффициента Ньютона-Рихмана, представляющего собой отношение произведения эффективного коэффициента теплоотдачи и площади поверхности пробы расплава к ее теплоемкости [2].

Экспериментально установлено, что при малых числах Био ( $Bi < 0,1$ ) зависимости коэффициента Ньютона-Рихмана от температуры технологических проб алюминиевых и железоуглеродистых расплавов при их охлаждении описываются сложными, нелинейными функциями. Получены математические модели для оценки содержания твердой фазы, выделяющейся в затвердевающих алюминиевых и железоуглеродистых расплавах, на основе данных одностермического термического анализа с использованием технологических проб расплава [2].

Показано, что содержание выделяющейся из расплава твердой фазы может быть установлено на основе уравнения теплового баланса затвердевающей пробы расплава, в котором принимается, что изменение температуры от времени охлаждающейся пробы расплава пропорционально температурному напору в  $n$ -й степени. Значение показателя степени  $n$  определяется типом измерительной ячейки, используемой при проведении термического анализа.

#### Список использованных источников

1. Gibbs, J.W. Solid fraction measurement using equation-based cooling curve analysis / J.W. Gibbs, P.F. Mendez // Scripta Materialia. – 2008. – Vol. 58. – pp. 699–702.
2. Рафальский, И.В. Моделирование процессов охлаждения и затвердевания металлических расплавов с использованием данных термического анализа при малых числах Био / И.В. Рафальский // Металлургия: сб. науч. тр.; Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2018. – Вып. 39. – С.49–63.

УДК 669.179

#### Воспроизводство древних технологий. Получение железа из болотных руд

Студент гр.10405116 Капуста Д.О.  
Научный руководитель – Довнар Г.В.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Цель работы: Изучение древних технологий получения железа из болотной руды.

Материалы и методы. Проведён сравнительный анализ результатов исследований различных авторов (таблице 1).

Таблица 1 – Результаты исследований различных авторов процесса получения железа из болотной руды [1–2]

Подготовка руды	Восстановитель	Температура Плавки / Время / Объем печи	Тип продувки	Результат
1. Дробление руды (фракция < 10 мм) 2. Обогащение (промывка от лишней породы)	Древесный уголь (ввод послойно с рудой)	До – 1300°C / 2ч 30мин / 30-40 л	Имитация мехов с помощью пылесоса.	Серые кусочки со слабо выраженным металлическим блеском. Получили кричное железо которое не поддается кузнечной обработке. (Слишком мелкие включения и большое количество не восстановленной руды)
1. Дробление 2. Обжиг (для выгорания органики) 3. Обогащение (воздушной сепарацией)	Древесный уголь	Не фиксировалась / 8ч / 40-50л	Двухкамерные кузнечные меха.	Получено небольшое количество металла. Основной объем – это небольшие металлические шарики в кусках шлака.
1. Дробление 2. Обжиг 3. Магнитная сепарация	Древесный уголь	Не фиксировалась / 2ч / 1 л	Воздушный компрессор	Получен стальной слиток с содержанием С= 0,14 %, Высокое содержание фосфора и серы (1,49% и 0,075 %)

Как следует из таблицы, все эти способы получения железа схожи, но в первом и третьем источнике информации место мехов используется пылесос, что уже не отвечает точности эксперимента повторения древних технологий. Только в результаты исследования по третьему источнику информации было получен компактный слиток железа (стали) массой 160 грамм, полученный из 400 грамм обогащенной руды, что соответствует 57 % от теоретически возможного.

Информация, полученная по первому и второму источнику, позволяет высказать предположение, что главной проблемой в получении железа из болотной руды является недостаток температуры. Если создать большую температуру в горне и увеличить время плавки, то получаемые железные мелкие частицы сварятся вместе и сформируют годную дляковки крицу.

Проведенный анализ и сравнение результатов исследований трех выявленных источников информации показывает, что основные параметры выбраны в целом верно, но для получения лучших результатов требуется их оптимизация.

#### Список использованных источников

1. [Электронный ресурс] / Реконструкция древнего способа выплавки железа. Режим доступа: <http://sarpust.ru/2013/02/rekonstruktsiya-drevnego-sposoba-vy-plavki-zhelez>. – Дата доступа: 13.03.2019.

2. [Электронный ресурс] / Эксперименты по выплавке железа из болотной руды. Режим доступа: <http://smith-master.com/blog/vyiplavka-zheleza-iz-rudy/>. – Дата доступа: 13.03.2019.

### Технологические добавки в термостойкие наполнители для красок, применяемых при литье по газифицируемым моделям

Студенты гр. 10405527: Саленко И.Б., Шманай П.С., Гусаковский Е.Л.,  
гр.10405317: Герасикова А.А., Микишко Е.В.

Научные руководители – Барановский К.Э.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Термостойкие наполнители оказывают основное влияние на свойства краски для литья по газифицируемым моделям. Именно поэтому термостойкий наполнитель для красок представляет собой многокомпонентную систему, в состав которой входят термостойкие составляющие и технологические добавки для повышения газопроницаемости, поглощения жидкой фазы при деструкции полистирола и многие другие.

Обычно в состав красок входит порядка 5 – 10 % от общей массы краски специальных технологических добавок, представленных в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав и назначение технологических добавок

Наименование	Химический состав	Назначение
Диатомиты	SiO <sub>2</sub> 80 – 90% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 5 – 6 % Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 2 – 3 %	Для увеличения газопроницаемости и впитываемости жидкой фазы
Карбонаты (доломит)	CaCO <sub>3</sub> ·MgCO <sub>3</sub>	Для создания окислительной атмосферы после заливки. При разложении выделяется оксид углерода, на поверхности отливки образуется окисленный слой, который легко скалывается при выбивке и очистке, применяется только при литье стали.
Графит	С	Для создания восстановительной атмосферы. Применяется при литье чугуна.
Вспученный перлит	SiO <sub>2</sub> 55 – 65% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 10 – 16 % Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> до 3 % K <sub>2</sub> O, Na <sub>2</sub> O до 5 %	Для увеличения газопроницаемости и впитываемости жидкой фазы.

В технической литературе и патентах точный состав термостойкого наполнителя, а особенно технологических добавок не приводится, так как является ноу-хау фирм-производителей. Для уточнения состава термостойких наполнителей и технологических добавок были проведены углубленные исследования красок. Наполнитель красок отмывался многократным разбавлением краски, его высушивали и определяли количество в составе краски.

Рассматривалась краска Polytop FS3 ASK (Германия). Содержание наполнителя в этой краске составляло 55 %.

Проведенные исследования показали, что краска состоит из оксида алюминия, алюмосиликатов, а также в краске присутствует технологическая добавка диатомит размером 5 – 10 мкм (рисунки 1).

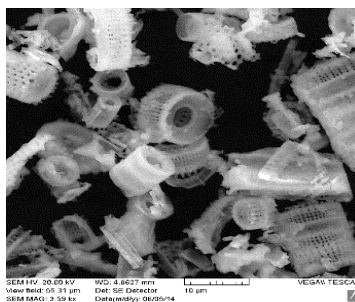


Рисунок 1 – Частицы диатомита в составе наполнителя

Диатомит (кизельгур, горная мука) – это пористые частицы, которые вводят для повышения газопроницаемости и впитываемости жидкой фазы. Средняя плотность диатомитов в сухом состоянии колеблется в пределах от 0,15 до 0,6 г/см<sup>3</sup>.

Также исследовалась краска HUTTENES-ALBERTUS (Германия). Краска на цирконо-вой основе, содержание наполнителей 65 %. После проведения промывки в краске были обнаружены частицы карбонатов кальция и магния рисунок 2, таблица 2.

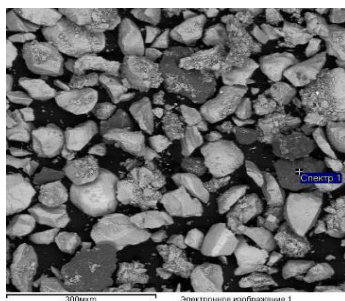


Рисунок 2 – Локализация точек исследования химического состава технологических добавок

Таблица 2 – Химический состав и назначение технологических добавок

Спектр	C	O	Mg	Ca
Спектр 1	8,20	32,15	5,05	54,79

Проведенные исследования нескольких красок ведущих производителей показали, что изготовители используют высоко термостойкие вещества: силикат циркония, алюмосиликаты, оксид алюминия. В состав термостойких наполнителей входят вспомогательные добавки, количество которых точно не указывается, но они обеспечивающие особые свойства красок и повышают качество получаемой продукции.

УДК 669.131.7

### Исследование процесса получения «тяжёлой» лигатуры для сфероидизирующей обработки высокопрочного чугуна

Студенты гр. 10405115 Шевчук В.Ю., гр. 10401115 Иванов А.И.,  
гр. 10405418 Данилова А.Д.

Научные руководители – Слуцкий А.Г., Кулинич И.Л.  
Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск

В практике литейного производства широко используется чугун с шаровидным графитом (ЧШГ), который характеризуется высокими свойствами и конкурирует с углеродистой сталью. Характеристики литых деталей из ЧШГ определяются химическим составом исход-

ного сплава, условиями формирования отливки и технологией сфероидизирующего модифицирования. В первую очередь, свойства ЧШГ зависят от микроструктуры чугуна и количества сфероидального графита.

В настоящее время в Республике Беларусь при производстве высокопрочного чугуна в основном используются «легкие» сферидизирующие модификаторы на основе ферросилиция типа ФСМг с различным содержанием магния. При этом от способа ввода и состава вводимой присадки зависит ее расход, эффективность и стабильность процесса модифицирования. По сравнению с чистым магнием, лигатуры позволяют минимизировать пироэффект, при ковшевой обработке жидкого чугуна, и существенно повысить коэффициент усвоения магния. Компоненты, входящие в составы таких лигатур, наряду со сфероидизацией графита за счет магния, оказывают влияние на процессы рафинирования, графитизации и легирования обрабатываемого сплава. В качестве наполнителей таких лигатур могут использоваться как сплавы железа и кремния, так и чистые металлы, такие как медь и никель.

Для получения более высоких марок ЧШГ в практике производства используются «тяжелые» магнийсодержащие лигатуры на основе меди и никеля составы таких лигатур представлены в таблице 1.

Таблица 1– Составы магнийсодержащих лигатур для ЧШГ

Марка		Содержание элементов, %					Области применения
		Mg	Ca	PЗМ	Si	Остальное	
Легкие	ФСМг9	8,5–10,5	0,2–1	0,3–1	50–60	Fe	ковшевая обработка
	ФСМг7	6,8–8,8	0,2–1	0,3–1	45–55		
	ФСМг5	4,5–6,5	0,2–1	0,3–1	45–55		внутриформенная и ковшевая обработка
	ФСМг4	3,5–4,5	0,2–1	1–2	55–70		получение ЧВГ
Тяжелые		13–16	2,0	0,7–0,85	26–33	Ni	получение ЧШГ высоких марок
		14–16	0,6	–	–	Cu	получение ЧШГ высоких марок

Например, «тяжелая» магнийсодержащая лигатура на основе меди, полученная методом плавки отличается более высокой технологичностью, эффективно реагирует с жидким расплавом чугуна, образуя небольшое количество шлака.

Однако существенным недостатком является необходимость измельчения лигатуры до нужной фракции перед ее применением в процессе получения высокопрочного чугуна. При этом образуются значительное количество отходов в виде мелкой фракции, что в целом снижает эффективность использования такой лигатуры.

Одним из путей решения данной проблемы является использование более эффективных лигатур, обеспечивающих максимальное усвоение магния при минимальном расходе присадки, а также снижение пылегазовых выбросов в процессе сфероидизирующей обработки жидкого чугуна.

Их использование позволяет не только сфероидизировать графит, но и получать перлитную дисперсную металлическую матрицу, обеспечивающую высокий уровень прочностных и эксплуатационных свойств ЧШГ. Вместе с тем следует отметить, что в процессе кристаллизации такого чугуна, из-за высокого переохлаждения в структуре возможно образование в значительных количествах цементитной фазы. Наличие такой структуры приводит к ухудшению механических и технологических свойств высокопрочного чугуна и прежде всего склонности к усадке. При этом резко ухудшается обрабатываемость отливок. С этой целью используется дополнительная технологическая операция – вторичное графитизирующее модифицирование.



*Цель работы* – повышение эффективности магнийсодержащих лигатур на основе меди для внепечной обработки высокопрочного чугуна.

С целью обеспечения максимального усвоения меди и магния, сокращения пылегазовых выбросов от его взаимодействия с жидким чугуном, экспериментально подобраны соотношения основных компонентов лигатуры. Преимуществом данной технологии являются невысокие энергозатраты на изготовление лигатуры в виде пластин и более высокая эффективность ее применения при получении высоких марок высокопрочного чугуна с шаровидным графитом.

В основу технологии положен способ, предусматривающий прокатку порошкообразной смеси меди и магния в пластины различной толщины. При этом в составе смесей могут использоваться активные элементы, играющие роль графитизирующей присадки.

Отличительной особенностью технологии от существующих аналогов является возможность формирования пластин лигатуры с использованием специальной оболочки в виде тонкой медной трубки. Это позволяет существенно упростить процесс изготовления лигатуры и повысить эффективность ее растворения жидким чугуном при ковшевой обработке. На рисунке 1 представлены исходные порошковые материалы меди (а) и магния (б) и общий вид опытного образца лигатуры после прокатки (в).

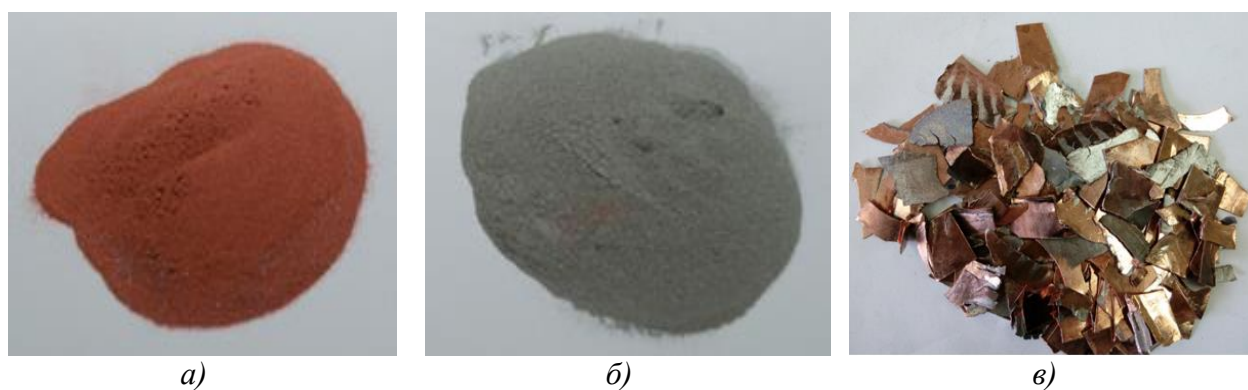


Рисунок 1 – Используемые материалы при получении лигатуры (в):  
а – порошок меди; б – порошок магния

Были выполнены исследования распределения меди и магния в образце лигатуры (рисунки 2 и 3).

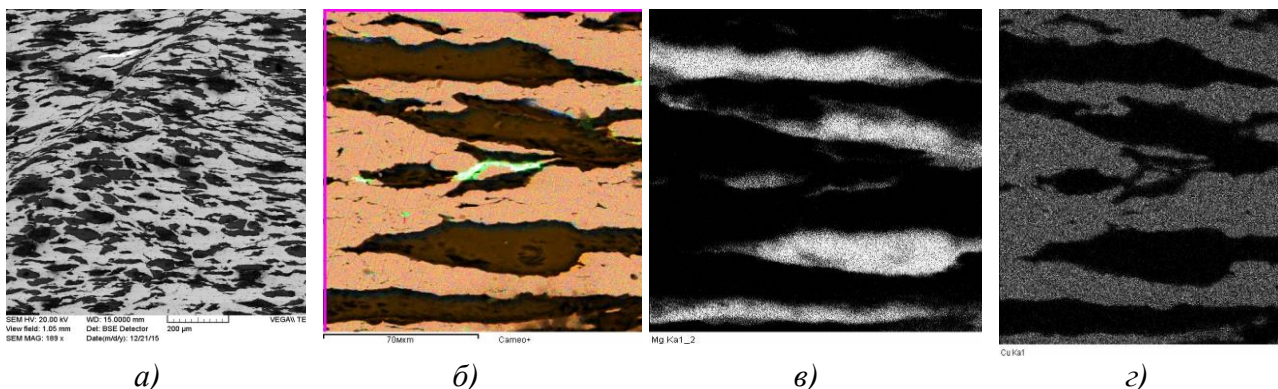


Рисунок 2 – Распределение меди и магния по площади в лигатуре:  
а – общий вид; б – анализируемый участок; в – магний; г – медь

Анализ показал, что все структурные составляющие имеют продолговатую форму, при этом медь и магний сосредоточены в виде отдельных фаз.

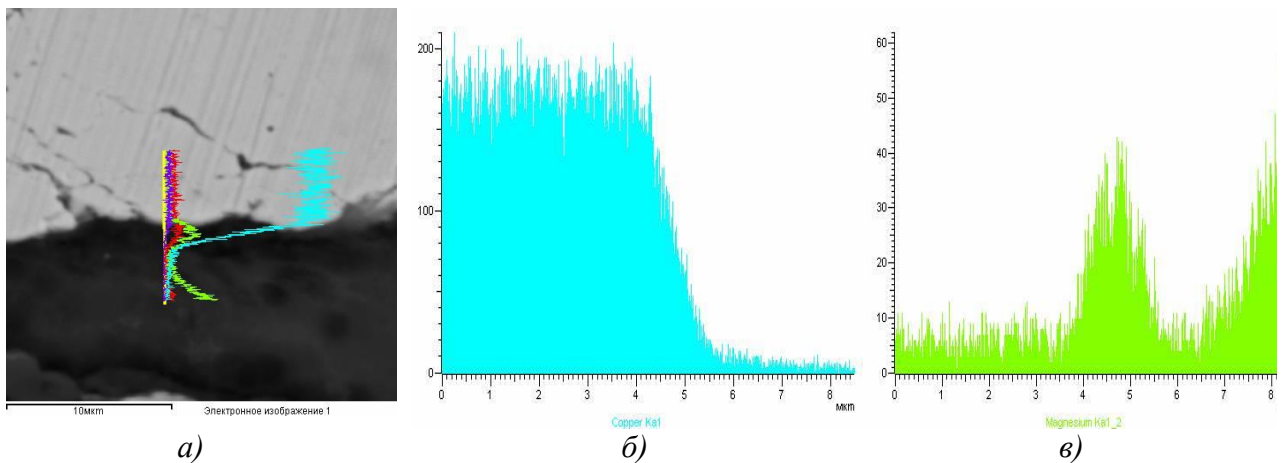


Рисунок 3 – Распределение в лигатуре на границе фаз (магний-медь) (а):  
 б – меди; в– магния

Анализ межфазной границы показывает отсутствие взаимодействия между медью и магнием, хотя и отмечается незначительная диффузия атомов меди в магний.

На следующем этапе работы были проведены лабораторные испытания лигатуры при получении ЧШГ. Плавка чугуна осуществлялась на высокоскоростной индукционной установке (рисунок 4).



Рисунок 4 – Установка индукционного нагрева УИН-30-8-50

В качестве основных шихтовых материалов использовали рафинированный доменный передельный чугун, стальной лом, что обеспечило получение в исходном расплаве минимальной концентрации серы. Для сфероидизирующей обработки чугуна применяли три варианта добавки лигатуры в виде пластин толщиной 2 мм 0,5 %, 1,0 %, 1,5 %. Расчетное количество лигатуры вводили в ковш перед выпуском жидкого чугуна. После завершения обработки жидкий чугун разливали по литейным формам. Из полученных заготовок изготавливались образцы для изучения химического состава, механических свойств и микроструктуры (таблица 2 и рисунок 5).

Таблица 2 – Влияние величины добавки лигатуры на химический состав и механические свойства ЧШГ

Вариант модифицирования	Химический состав, %						Твердость, НВ	Предел прочности, $\sigma_B$ , МПа
	C	Si	P	S	Cu	Mg		
Лигатура (Cu-Mg) 0,5 %	3,53	2,14	0,038	0,018	0,38	0,011	229	416
Лигатура (Cu-Mg) 1,0 %	3,49	2,25	0,038	0,025	0,78	0,015	235	610
Лигатура (Cu-Mg) 1,5 %	3,55	2,35	0,038	0,0021	1,32	0,022	255	510

Установлено, что при обработке чугуна лигатурой в количестве 0,5 % процесс сфероидизации полностью не произошел. В микроструктуре наряду с шаровидным графитом образовалось до 50 % вермикулярного графита (рисунок 5 а). При этом механические свойства чугуна соответствовали ВЧ40.

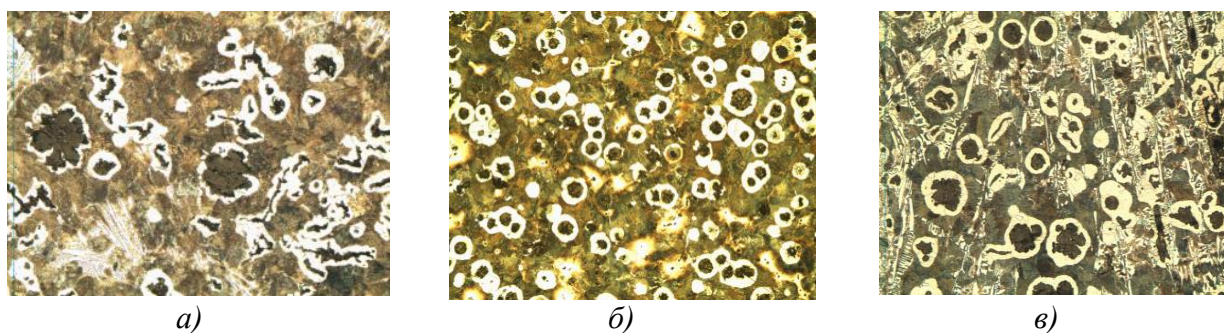


Рисунок 5 – Влияние величины добавки лигатуры на микроструктур ВЧ:  
*а* – лигатура (Cu-Mg) 0,5 %; *б* – лигатура (Cu-Mg) 1,0 %; *в* – лигатура (Cu-Mg) 1,5 %

Добавка лигатуры в количестве 1,5 % позволило получить чугун марки ВЧ 50, при этом в структуре наряду с перлитом образовалась цементитная фаза, вызванная эффектом перемодифицирования. При этом твердость чугуна оказалась высокой и составила 255 НВ.

Наиболее оптимальной оказалась добавка лигатуры в количестве 1 %, позволившая получить перлитную металлическую матрицу, в которой графит приобрел исключительно шаровидную форму. При этом механические свойства соответствуют ВЧ60.

Таким образом, использование лигатуры на основе меди и магния в виде пластин за счет эффективного растворения позволяет при минимальном расходе получать высокую марку ЧШГ.

# **Материаловедение в машиностроении**

## Вакуумная цементация стальных деталей

Студент гр. 10401115 Иванов А.И.  
 Научный руководитель – Вейник В.А.  
 Белорусский национальный технический университет  
 г. Минск

Существуют различные способы цементации стали. Одним из самых эффективных является вакуумная цементация. При данном методе детали помещаются в холодную печь. После герметизации камеры нагрева в ней создается вакуум и затем производится, нагрев до требуемой температуры. Процесс происходит при низком давлении – 20 мбар (0,019 атм.) и менее. Производится выдержка, которая занимает до часа по времени. За это время выравнивается температура и с поверхности нагретых деталей осыпаются загрязнения, мешающие науглероживанию. Затем подается в камеру углеводородный газ под давлением, за счет чего происходит активная фаза обогащения поверхностного слоя. При этом процессе, в качестве науглероживающей среды, чаще всего используется ацетилен –  $C_2H_2$ . Существуют технологии, позволяющие проводить цементацию при низком давлении в среде пропана ( $C_3H_8$ ) и этилена ( $C_2H_4$ ). На следующем этапе происходит диффузионное внедрение углерода. За короткий промежуток времени не получается требуемого науглероженного слоя, поэтому процесс повторяют до тех пор, пока не получится требуемая глубина. Обычно результат получается за три стадии. Охлаждение до температуры окружающей среды происходит в печи под действием инертных газов под разным давлением.

К достоинствам метода вакуумной цементации относят:

- существенное уменьшение времени процесса при большой глубине цементированного слоя по сравнению с другими методами цементации, что возможно благодаря проведению цементации при более высоких температурах (до  $1100^{\circ}C$ ) (рисунок 1);
- отсутствие выпадения сажи на деталях и стенках печи;
- более низкие коробления после цементации за счет отсутствия теплового удара при разогреве;
- возможность автоматизации и компьютерного регулирования процесса.

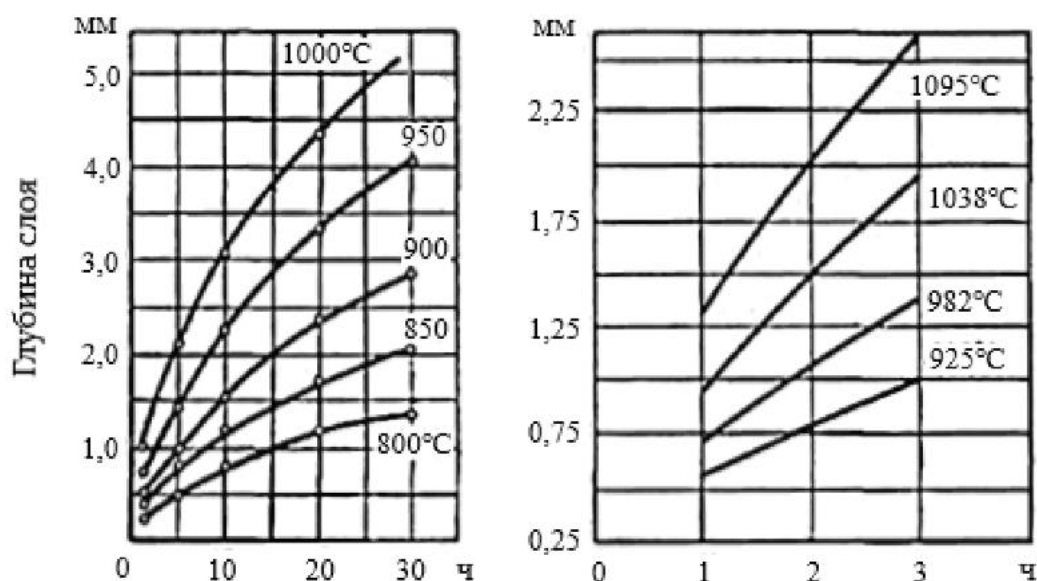


Рисунок 1 – Зависимость толщины цементованного слоя от времени и температуры обработки

К недостаткам вакуумной цементации можно отнести сложность обслуживания оборудования. Вакуумная цементация относится к светлым процессам термообработки, поэтому наличие лишних примесей в рабочей зоне недопустимо. Эти примеси могут появиться из воздуха, который конденсируется на рабочих стенках печи между процессами цементации. Или наоборот, некоторые газы, используемые при процессе, имеют больший вес по сравнению с воздухом, поэтому они могут осаждаться в нижних частях рабочей камеры. Для устранения таких рисков используют специальные чистящие устройства: щетки, пылесосы, системы продувки рабочей зоны.

Вакуумная цементация широко применяется в тех случаях, когда предъявляются особые требования к твердости при строгом соблюдении размеров. Например, шестерни коробов передач и валы, особенно в автомобильной промышленности, а также для промышленных приводов, компоненты для впрыска топлива под давлением для двигателей внутреннего сгорания, вкладыши и кольца для подшипников скольжения и качения.

Таким образом, вакуумная цементация – технология, которая отличается высокой скоростью проникновения углерода в сталь. Процесс обработки полностью автоматизирован: время подачи углерода, регулировка рабочего давления и скорость реакции контролируются программным обеспечением, которое установлено на всех компьютерах печи. Кроме того, данная технология характеризуется большим экономическим эффектом.

УДК 517.2.621.7

#### **К вопросу о высокоточных вычислениях при решении инженерных задач**

Студент гр. 10401118 Цвирко И.С.

Научный руководитель – Мельниченко В.В.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

*«Если бы Вселенная имела форму сферы диаметром 80 миллиардов световых лет, то с помощью 35 знаков числа  $\pi$  мы смогли бы вычислить длину ее небесного экватора с погрешностью меньше одной миллионной доли сантиметра»*

Айзек Азимов

Современные инженерные вычисления пока еще не всегда производятся с такой точностью, но 4 технологическая революция подвигла нас к изучению нанотехнологий, а значит и возрастает роль точности вычислений.

Число  $\pi$  самое известное, самое изученное и самое упоминаемое в научном и ненаучном мире. Его десятичная запись начинается так 3,14159265358979323846264338327950288 ... и этих 35 чисел достаточно для любых практических вычислений. В математике или физике редко встречается задача, для которой необходимо использовать десять знаков числа  $\pi$ .

В XXI веке уже есть задачи вычисления числа  $\pi$  очень высокой точностью: **тестирование суперкомпьютеров**. Исследования в ядерной физике, в нанотехнологиях предварительно требуют тестирование на вычислении числа  $\pi$ .

Немного истории вычисления числа  $\pi$ . В 1424 году персидский ученый предложил формулу вычисления этого числа с точностью 16 знаков:

$$2\pi = 6 + \frac{16}{60} + \frac{59}{60^2} + \frac{28}{60^3} + \frac{1}{60^4} + \frac{34}{60^5} + \frac{51}{60^6} + \frac{46}{60^7} + \frac{14}{60^8} + \frac{50}{60^9}$$

Лейбниц также исследовал способы вычисления числа  $\pi$  и открыл бесконечный арифметический ряд:

$$\frac{\pi}{4} = 1 - \frac{1}{3} + \frac{1}{5} - \frac{1}{7} + \frac{1}{9} - \dots$$

Этот ряд сходится очень медленно, чтобы вычислить число  $\pi$  с точностью 13 знаков необходимо сложить более тысячи членов ряда. Удивительно, что индийский математик Мадхава из Сангамаграма использовал эту же формулу. А затем преобразовал ее и вычислил значение числа  $\pi$  с точностью 13 знаков по следующей формуле:

$$\pi = \sqrt{12} \left( 1 - \frac{1}{3 \cdot 3} + \frac{1}{3 \cdot 3^2} - \frac{1}{7 \cdot 3^3} + \dots \right)$$

Французский математик Франсуа Виет вычислил девятый знак числа  $\pi$  используя приближение окружности многоугольником с  $393216$  ( $6 \cdot 2^{16}$ ) сторонами. Он вывел очень важную формулу, связанную с числом  $\pi$ , но вычисления по ней можно выполнить только на современном компьютере. Эта формула имеет вид:

$$\pi = 2 * \frac{2}{\sqrt{2}} * \frac{2}{\sqrt{2 + \sqrt{2}}} * \frac{2}{\sqrt{2 + \sqrt{2 + \sqrt{2}}}} * \frac{2}{\sqrt{2 + \sqrt{2 + \sqrt{2 + \sqrt{2}}}}} \dots$$

Еще один очень интересный способ вычислений числа  $\pi$  - использование цепных дробей (формула Ламберта):

$$\pi = \frac{1}{7 + \frac{1}{15 + \frac{1}{1 + \frac{1}{292 + \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \dots}}}}}}}}$$

Существуют симметричные формулы (формула лорда Броункера):

$$\pi = 3 + \frac{1}{6 + \frac{9}{6 + \frac{25}{6 + \frac{49}{6 + \frac{81}{6 + \frac{121}{6 + \dots}}}}}}}}$$

Цепные дроби отличаются одним положительным свойством: любая остановка вычислений на некотором этапе дает наилучшее приближение значения числа  $\pi$ .

Имеются еще и сложные формулы, которые отличаются дополнительными свойствами.

$$\frac{1}{\pi} = \frac{2\sqrt{2}}{9801} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(4k)! (1103 + 26390k)}{(k)! 396^{4k}}$$

С вычислением каждого последующего члена ряда мы получаем 8 новых десятичных знаков числа  $\pi$ . Более того, вычисления можно производить параллельно на нескольких компьютерах. В 2011 году Сигеру Хондо вычислил более миллиардов знаков числа  $\pi$ .

Во многих задачах, связанных с теорией вероятностей и статистикой, интенсивности лазерного луча, фигурирует кривая Гаусса или нормальный закон распределения:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-x^2/2}$$

Более того

$$\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-x^2} dx = \sqrt{\pi}.$$

Число  $\pi$  входит и в формулу взаимодействия между двумя зарядами  $q_1$  и  $q_2$ , расположенными на расстоянии  $r$  в среде с электрической постоянной  $\epsilon_0$

$$F = \frac{|q_1 q_2|}{4\pi\epsilon_0 r^2}.$$

Число  $\pi$  связано и с материаловедением. Максимальная плотность упаковки дисков на плоскости равна  $\frac{\pi}{2\sqrt{3}}$ . Плотная упаковка равных сфер равна  $\frac{\pi}{3\sqrt{2}}$ .

УДК 658.562.44

#### **Исследование путей снижения брака на производстве при проведении цементации**

Магистрант Октысюк Д.Н.

Научный руководитель – Стефанович В.А.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

В данной работе представлены результаты по анализу брака на ОАО «БААЗ» при выполнении цементации деталей рулевого управления автомобиля МАЗ.

Наиболее часто возникающие виды брака это: карбидная сетка, низкая твердость поверхности, завышенная твердость сердцевины, обезуглероженный слой, недостаточная глубина диффузионного слоя.

В ходе проведенного анализа были выявлены основные причины возникновения брака:

1. устаревшее оборудование (отсутствие автоматического контроля углеродного потенциала науглераживающего карбюризатора);

2. недостаточная квалификация персонала;

3. отсутствие контроля качества закалочных жидкостей

4. недостаточный контроль качества цементованного слоя на образцах свидетелях.

Анализ брака показал, что брак по карбидной сетке составляет 7,8 %, низкой твердости поверхности – 12,5 %, завышенной твердости сердцевины – 4,9 %, обезуглероженного слоя – 5,6 %, недостаточной глубине цементованного слоя – 6,2 %.

По результатам исследований, была составлена диаграмма (рисунок 1), на которой мы можем увидеть процент брака от взятых на исследование деталей.

Для дальнейшего улучшения качества производимых деталей были приняты следующие меры:

1. Внесены изменения в графики контроля качества деталей, частота контроля увеличилась в 2 раза;

2. Заменены закалочные жидкости в баках и утвержден график контроля качества закалочных жидкостей;



3. Внедрена комплексная программа по организации контроля качества цементованного слоя в металлографической лаборатории на каждой второй партии.

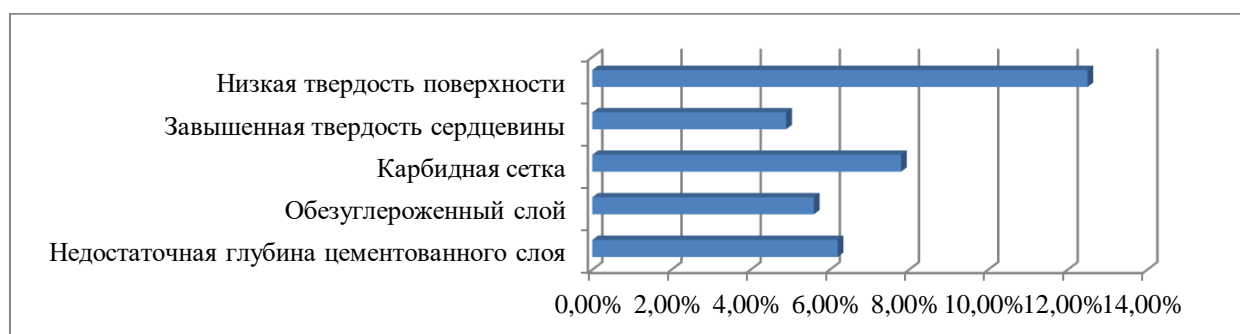


Рисунок 1 – Процент брака от взятых на исследование деталей

Так же были внесены предложения по закупке нового оборудования, переаттестации персонала. Принятые меры позволили снизить процент выхода некачественных деталей после окончательной термообработки до 4 %.

УДК 669.111.2

### **Жаростойкие чугуны. Влияние легирующих элементов на окислительную стойкость и ростостойчивость**

Студенты гр. 10401115: Одарченко В.И., Дершен А.В.  
Научный руководитель – Вейник В.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Жаростойкость характеризует работоспособность чугуна при повышенных и высоких температурах в условиях действия малых нагрузок, когда главной причиной разрушения отливок является образование окалины или трещин. Наблюдается также необратимое изменение размеров отливок, которое принято называть постом. Жаростойкость оценивается по окислительной стойкости – увеличению массы отливки в  $г/(м^2 \cdot ч)$  и ростостойчивости – уменьшению плотности чугуна или увеличению длины образца за 150 часов выдержки при соответствующей температуре. Для жаростойких чугунов при соответствующей температуре увеличение массы образца не должно превосходить  $0,5 г/м^2$ , а длины 0,2 %. Рост чугуна возрастает с повышением температуры и продолжительности выдержки, увеличением числа циклов колебаний температуры (особенно при переходе через критический интервал) скорости изменения температуры и агрессивности среды. Причинами, вызывающими рост чугуна, являются также графитизация и другие фазовые превращения, протекающие с увеличением объема фаз, деление основного металла и легирующих элементов, растворение графита и порообразование, релаксация напряжений.

В наиболее неблагоприятных условиях, например, при циклическом изменении температуры в агрессивной среде необратимое увеличение объема может достигать 20, а иногда 50–100%. Характерными признаками роста являются резкое понижение механических свойств и образование сетки разгара на поверхности отливок. Измельчение и уменьшение количества графита и размера эвтектического зерна, замена перлита ферритом в структуре повышают окислительную стойкость и ростостойчивость чугунов марок СЧ. Этому способствуют уменьшение содержания Si, замена обычного чугуна модифицированным, низкое легирование Cr, Ni и другими элементами, более высокая окислительная стойкость и ростостойчивость обладает высокопрочный чугун.

На воздухе чугун марки СЧ сохраняет повышенную стойкость при температурах до 450–500 °С, а в атмосфере печных газов лишь до 350 °С, в атмосфере водяного пара не выше 300 °С. Явление роста в высокопрочном чугуне с шаровидным графитом (ВЧШГ) практически не наблюдается при температурах до 400–500 °С.

При более высоких температурах следует применять специальные легированные чугуны. Наиболее часто для повышения жаростойкости используют легирование Si, Al и Cr.

Влияние Si и Al на окалинстойкость и ростоустойчивость чугуна не однозначно. При небольших добавках этих элементов в обычный чугун с пластинчатым графитом рассматриваемые свойства ухудшаются. Даже незначительное количество Si в белых чугунах резко понижает их жаростойкость. Однако при достаточно высоком содержании Si и Al стойкость чугуна против окисления и роста резка повышается.

Благоприятные результаты действия высоких концентраций Si на окалинстойкость и ростоустойчивость связаны с получением стабильной структуры графит + кремнеферрит. По мере увеличения содержания Si критические точки располагаются при более высокой температуре. Так, при 6 % Si точка  $D_c$  располагается около 950 °С, а при 7% Si – около 1000 °С. Кремний, входя в твердый раствор, повышает температуру образования непрочной вюститной фазы ( $Fe_3O_4$ ), т. е. увеличивает стойкость металлической основы против окисления.

На уменьшение роста и окисления отливок хром влияет уже при небольших количествах (0,5–1,5%). Ввод хрома в таких количествах тормозит графитизацию эвтектоидного цементита, измельчает включения графита и повышает сопротивляемость окислению металлической основы вследствие повышения температуры образования вюститной фазы. Максимального уровня эти свойства достигают при Cr > 15 %. Большинство жаропрочных хромистых чугунов (> 10% Cr) относятся к типу белых чугунов.

Никель повышает жаростойкость даже при относительно небольших добавках (до 1,5–2,0). Однако это влияние ощутимо лишь в области относительно низких температур. Жаростойкость непрерывно повышается с ростом концентрации в них Ni. Жаростойкими при 1220 К являются чугуны, содержащие не менее 25 % Ni. При таких концентрациях никеля чугуны имеют однофазную аустенитную структуру металлической основы.

УДК 621.762; 621.791.92

#### **Сплавы из металлических отходов производства для наплавки токами высокой частоты**

Магистрант Приходько Н.А.  
Научный руководитель – Щербаков В.Г.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

За 25 лет [1–3] исследовано и изучено получение, и применение диффузионно-легированных (ДЛ) сплавов из металлических отходов производства. ДЛ сплавы используют при восстановлении и упрочнении деталей машин, что особенно актуально для изделий, работающих в условиях интенсивного абразивного изнашивания. Однако, данные сплавы имеют ограниченное использование при формировании износостойких покрытий наплавкой токами высокой частоты (ТВЧ). Это связано с наличием тугоплавкой боридной оболочки на каждой частице сплава. В сплавах на железной основе, оболочка состоит из боридов железа, а в легированных сплавах в оболочке присутствуют более тугоплавкие бориды. Согласно авторам [1–3] необходимо не назначать сплавы из ограниченного, а в ряде случаев устаревшего перечня серийно выпускаемых, а оперативно проектировать и изготавливать партии высокоэффективных сплавов для конкретных производственных ситуаций.

Анализ литературных данных и собственные исследования [1–6], позволили предложить способ структурообразования в ДЛ сплавах, заключающийся в образовании эвтектиче-

ских структур, за счет эффекта контактного эвтектического плавления, при кратковременном электродуговом оплавлении, способствующих повышению наплавляемости сплава при наплавке ТВЧ.

В качестве исходных сплавов для исследований были выбраны отходы чугунной дроби, образующиеся при дробеструйной обработке деталей и при электроэрозионной обработке отливок из высокохромистого чугуна. Для ДЛ использовали карбид бора ( $B_4C$ ). ДЛ чугунных сплавов проводили на специальной установке [7]. Соотношение количества насыщающей смеси к насыщаемому сплаву при борировании составляло 1:10 масс. Температура ДЛ чугунной дроби изменялась в интервале 900...1000 °С, продолжительность обработки составляла, в среднем, 60 мин. Наплавку ТВЧ ДЛ сплавов проводили на установках ВЧГ2-100/0,066 и ФТИ-40/10-50 [8]. Упрочняемым материалом являлись пластины из углеродистой (Сталь 40) и марганцовистой (Сталь 65Г) сталей. Продолжительность наплавки контролировали визуально по цвету свечения нагретого сплава, моменту образования жидкой ванны расплава и с помощью пирометра «Compact» CТLaser-2МН-СF4. Электродуговое оплавление ДЛ сплавов проводили на установке с двумя графитовыми электродами [9]. Наплавляемость ДЛ сплавов, подвергнутых электродуговому оплавлению, анализировали на металлических пластинах из низкоуглеродистой стали (Ст2).

Анализ микроструктуры и микротвердости ДЛ сплавов после оплавления позволяет прогнозировать количество эвтектических структур в ДЛ сплаве после оплавления и подвергать их дополнительной обработке перед наплавкой ТВЧ. Оценка влияния количества эвтектической составляющей в ДЛ сплаве на наплавляемость, за счет анализа времени образования жидкой ванны при наплавке по стандартным режимам позволила установить, что без предварительного оплавления на поверхности детали формируется несплошное дефектное покрытие с отсутствием участков сплавления с основным металлом. Наплавка ДЛ сплавов после электродугового оплавления по тем же режимам, формирует на поверхности детали сплошные покрытия с минимальной пористостью.

Установлено, что, регулируя силу тока при электродуговом оплавлении ДЛ сплавов из чугунной дроби в каждой отдельной частице можно сформировать эвтектические структуры, обладающие пониженной температурой плавления. Твердость покрытий из ДЛ сплавов на основе чугунной дроби составляет 830 HV и 920 HV, соответственно. Данная твердость обусловлена наличием в наплавленной структуре легированных боридов железа, боридов хрома, бороцементита и легированного хромом и никелем бороцементита. Пористость в слоях незначительная и составляет порядка 2...3 %. У линии сплавления металл имеет четко выраженную дендритную структуру.

Установлено, что электродуговое оплавление ДЛ сплавов повышает наплавляемость при наплавке токами высокой частоты и полученные покрытия обладают минимальной пористостью (2...3 %), твердостью 830...920 HV.

#### **Список использованных источников**

1. Пантелеенко, Ф.И. Самофлюсующиеся диффузионно-легированные порошки на железной основе и защитные покрытия на них / Ф.И. Пантелеенко. – Минск: УП Технопринт, 2001. – 300 с.
2. Ворошнин, Л.Г. Теория и практика получения защитных покрытий с помощью ХТО / Л.Г. Ворошнин, Ф.И. Пантелеенко, В.М. Константинов. – Изд. 2-е. – Минск: ФТИ; Новополоцк: ПГУ, 2001. – 148 с.
3. Восстановление деталей машин: Справочник / Ф.И. Пантелеенко [и др.]; под ред. В.П. Иванова. – М.: Машиностроение, 2003. – 672 с.
4. Щербаков, В.Г. Диффузионно-легированные сплавы из металлических отходов производства с пониженной температурой плавления для формирования износостойких покрытий индукционной наплавкой токами высокой частоты / В.Г. Щербаков // Литье и металлургия. – 2016. – № 4. – С. 89–95.

5. Щербаков, В.Г. Оценка влияния режимов оплавления на структурообразование в диффузионно-легированных сплавах для индукционной наплавки / В.Г. Щербаков // *Металлургия: Республиканский межведомственный сборник научных трудов.* – Минск: БНТУ, 2017. – Вып. 38 – С. 178–187.

6. Константинов, В.М. Комплексное обеспечение долговечности корпуса почвообрабатывающего плуга поверхностным и объемным упрочнением быстроизнашиваемых деталей // *Перспективные материалы и технологии / В.М. Константинов, Г.А. Ткаченко, В.Г. Щербаков; НАН Беларуси, УО «ВГТУ»;* под общ. ред. В.В. Клубовича. – Витебск, 2017. – Гл. 17. – С. 324–341.

7. Вращающаяся электрическая печь для химико-термической обработки сыпучего материала: пат. ВУ 15412 / В.М. Константинов, О.П. Штемпель, В.Г. Щербаков. – Оpubл. 28.02.12.

8. Константинов, В.М. Многофункциональная научно-исследовательская установка индукционного нагрева сталей и сплавов / В.М. Константинов и [др.] // *Металлургия: Республиканский межведомственный сборник научных трудов.* – Минск: БНТУ, 2015. – Вып. 36 – С. 255–262.

9. Установка для обработки металлического порошка: пат. ВУ 10051 / В.М. Константинов, В.Г. Дашкевич, В.Г. Щербаков. – Оpubл. 30.04.2014.

УДК 621.785.68

### **Ресурсосберегающий технологический процесс термической обработки крупногабаритных штампов**

Студент гр.10405514 Пацеко Е.К., гр. 10401116 Моисеева А.Ю.

Научный руководитель – Вейник В.А.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Для изготовления крупногабаритных штампов применяются заготовки из сталей 5ХНМ, 5ХНВ. Они закаливаются на мартенситную структуру при охлаждении в масле и горячих средах. Оптимальный температурный интервал под закалку для этих сталей составляет 850–880 °С. Получаемая твердость после закалки – 61–53 HRC для стали 5ХНВ и 62–63 HRC – для стали 5ХНМ при охлаждении в масле. В случае охлаждения стали 5ХНМ на воздухе твердость достигает 56-58 HRC. Величина зерна аустенита, получаемого в данном интервале температур, составляет 8–12 баллов.

Закончив нагрев, штампы закаливают в масле: погружают в бак, производят их покачивание, а затем оставляют висеть при включенной циркуляции масла.

Охлаждение в масле крупногабаритных штампов массой более 1 т не позволяет получить высокие твердость и прокаливаемость, а также требует большого расхода масла. Водовоздушная смесь позволяет устранить эти недостатки, поскольку возможно изменение охлаждающей способности в зависимости от размеров штампа.

Отпуск штампов производится сразу после закалки (разрыв во времени 0,5–2 ч). Наиболее часто применяют двухкратный отпуск: сначала отпускается штамп целиком для получения закалочной твердости гравюры, а затем в специальной печи происходит отпуск хвостовика.

Данный технологический процесс требует наличия газовой печи для закалки и отпуска, печи-плиты (щелевой печи) для отпуска хвостовика и масляной ванны с системами перемешивания и отвода паров. Время термической обработки одного штампа составляет 63,5–85,0 ч в зависимости от размера закаливаемого штампа.

Проведенные в НИИЛ «Гидропневмосистем и нефтепродуктов» БНТУ в рамках ГНТП «Ресурсосбережение» исследования показали, что водовоздушная смесь в качестве закалоч-

ной среды обладает неоспоримыми преимуществами перед минеральным маслом. Так, образцы из штамповых сталей, термообработанные с помощью водовоздушной смеси, имели структуру, аналогичную закалке в минеральном масле. А также за счет варьирования в процессе охлаждения направления и количества струй смеси можно достигнуть регулируемого процесса охлаждения, т.е. охлаждать различные поверхности (стороны) деталей с различной скоростью, что позволяет отказаться от некоторых операций – отпуска хвостовика, а во многих случаях и отпуска штампа в целом.

Технологический процесс с применением водовоздушной смеси состоит из следующих операций: нагрева (аналогично базовому техпроцессу), закалки в водовоздушной смеси на специальной установке, выравнивания температур.

Преимуществом приведенного технологического процесса является отсутствие операций отпуска штампа и отпуска хвостовика штампа. Удаление этих операций позволяет уменьшить время проведения технологического процесса практически вдвое: с 63,5–85,0 до 31,5–41,5 ч. Также это позволяет отказаться от печи-плиты, а время работы основной печи с выдвижным подом также значительно сокращается, что дает значительную экономию природного газа (порядка 290 м<sup>3</sup> на каждом штампе массой 1,5 т). Еще одним положительным эффектом является отсутствие необходимости в минеральном масле в процессе закалки, а также устранение ванны для закалки, что в свою очередь также дает значительную экономию. Дополнительным экономическим эффектом является увеличение пожаробезопасности процесса: исключается вероятность воспламенения масла при ошибке персонала во время извлечения штампа. Не требуется вытяжная вентиляция, что помогает сэкономить на электроэнергии более, чем 10 кВт·ч на один штамп.

Время окупаемости данного технологического процесса вместе с установкой составляет 1,5–2 года в зависимости от напряженности производственной программы.

УДК 620.16

### **Эффективность применения сульфидирования и фосфатирования для повышения стойкости стальных деталей трибосопряжений**

Студент гр. 10401116 Лешок В.А.

Научный руководитель – Ковальчук А.В.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Одним из наиболее перспективных и бурно развивающихся в настоящее время направлений повышения эффективности сопрягаемых деталей является инженерия поверхности с использованием поверхностной упрочняющей обработки. Основным объектом исследования является сопротивление процессу перемещения поверхностных слоев контактирующих тел, которое обуславливается силой трения. Эта сила возникает в трибосопряжении – двух функционально связанных деталях, например, вал-втулка, два зубчатых колеса, фрикционный диск и контртело и другие.

В связи с современными требованиями к уровню свойств стальных деталей пар трения в производственной сфере существует актуальная задача разработки технологии повышения стойкости фрикционных пар в гидромеханических коробках передач, охлаждаемых маслом тормозах и муфтах, где протекает изнашивание в условиях граничного трения (при наличии смазки трансмиссионным маслом). Условия работы данных трибосопряжений: давление на материал 4 МПа, скорость скольжения 10 м/с, рабочая температура поверхностей 80...90 °С. Материал фрикционного диска – металлокерамика МК-5, материал контртела – сталь 65Г [1]. При конструировании пары трения, в которую входит фрикционный диск и контртело, материал контртела должен иметь высокий коэффициент трения и низкую интенсивность изнашивания, а также быть наиболее выгодным по технико-экономическим показателям.

Одним из наиболее перспективных методов упрочнения является химико-термическая обработка стальных изделий, прошедших термическую обработку, в частности, сульфидирование и фосфатирование [2–4].

В результате сульфидирования на поверхности стальной детали образуются соединения серы – сульфиды, выполняющие роль смазочного материала и позволяющие повысить износостойкость стали. Так, дисульфиды молибдена  $MoS_2$ , вольфрама  $WS_2$ , сульфиды железа  $FeS$ , цинка  $ZnS$  и других металлов являются эффективными смазочными материалами и могут вводиться в состав самосмазывающихся добавок [5].

В результате сульфидирования закаленных стальных контртел фрикционных пар гидромеханических коробок передач при температурах до  $560^\circ C$  образуется слой сульфида железа, который улучшает их прирабатываемость и повышает износостойкость. Образующиеся в результате сульфидирования ферросульфидные соединения придают этому покрытию свойство самосмазывания. Фазы на основе железа и серы в поверхностном слое детали повышают ее стойкость за счет повышения микротвердости поверхности и повышения антифрикционных свойств. Кроме того, улучшается обрабатываемость резанием и способность к шлифовке и полировке, что позволяет повысить чистоту окончательной механической обработки. Таким образом, сульфидирование позволяет повысить износостойкость стальных контртел фрикционных пар до 6 раз, по сравнению с закаленными деталями. Долговечность трибосопряжения при этом повышается не менее чем в 3 раза [6]. Известен факт того, что при толщине диффузионного сульфидного слоя 0,3 мм после износа детали на 1,0 мм толщина сульфидного слоя изменяется незначительно. Это можно объяснить тем, что возникающее тепло в зоне контакта трущихся поверхностей приводит к активизации диффузионных процессов и сульфидный слой перемещается вглубь детали [7].

При фосфатировании на поверхности стального изделия формируется слой малорастворимых фосфатов железа, а также фосфатов на основе железа и легирующих элементов. При фосфатировании на поверхности металла одновременно протекают два процесса – образование фосфатов и растворение основного металла [5]. Толщина слоя фосфатов может изменяться от 2 до 50 мкм. Этот слой фосфатов, которым покрыта защищаемая деталь, не боится органических масел, смазочных и горячих материалов, толуола, бензола, практически всех газов, что особенно важно для деталей коробки передач и маслоохлаждаемых тормозов.

Для ускорения процесса формирования защитного слоя в жидкую среду для фосфатирования вводятся окислительные анионы, такие как  $ClO_3$ ,  $NO_2$ ,  $NO_3$  и другие.

Для улучшения износостойкости, прочности и твердости стальных закаленных контртел рекомендуется фосфатирование с получением фосфатных мелкокристаллических тонких слоев толщиной 5...10 мкм, которые обладают также высокими защитными свойствами. Для этого необходимо предварительно подготовить поверхность стальной детали пескоструйной обработкой, а затем обезжирить с использованием органических растворителей или химическим способом.

Фосфатирование позволяет повысить микротвердость поверхности и прочность поверхностного слоя стального контртела, что приводит к повышению ресурса трибосопряжения до 4 раз по сравнению с закаленными деталями. Фосфатирование также позволяет повысить теплостойкость поверхности до  $500^\circ C$  и коррозионную стойкость в условиях атмосферной коррозии [8].

Таким образом, установлена эффективность применения методов сульфидирования и фосфатирования для повышения механических свойств стальных деталей трибосопряжений на примере фрикционных пар гидромеханических коробок передач. Рассмотренные методы позволяют повысить ресурс фрикционных пар за счет повышения износостойкости стальных контртел до 3...6 раз путем формирования на их поверхности сульфидных и фосфатных слоев, что может быть эффективно применено при производстве и упрочнении деталей гидромеханических коробок передач, маслоохлаждаемых тормозов и муфт на таких предприятиях, как БелАЗ, МТЗ, МАЗ, МЗКТ, Амкодор, Петербургский тракторный завод, Харьковский тракторный завод и других.

### Список использованных источников

1. Лешок, А.В. Исследование условий переноса фрикционного материала МК-5 на поверхность стального контртела / А.В. Лешок, О.В. Хренов // Наука – образованию, производству, экономике : мат. 11-й междунар. науч.-техн.конф. Т. 1. – Минск: БНТУ, 2013. – С. 321-322.
2. Арзамасов, Б.Н. Химико-термическая обработка металлов в активизированных газовых средах /Б.Н.Арзамасов, Ю.М.Лахтин. – М: Металлургия, 1979. – 224 с.
3. Арзамасов, Б.Н. Химико-термическая обработка металлов / Б.Н. Арзамасов, Ю.М. Лахтин. – М: Металлургия, 1985. – 256 с.
- 4.Борисенок, Г.В. Химико-термическая обработка металлов и сплавов. Справочник / Г.В.Борисенок, Л.А.Васильев, Л.Г.Ворошнин. – М: Металлургия, 1981. – 424 с.
5. Бокштейн, С.З. Диффузия и структура металлов / С.З.Бокштейн. – М: Металлургия, 1973. – 200 с.
6. Вишневский, А.Э. Повышение стойкости стальных дорнов термохимической обработкой и покрытием / А.Э. Вишневский, В.А. Горохов // Новые материалы и технологии их обработки: XIII Респ. студ. науч.-техн. конф., 23–27 апреля 2012 г. / ред. Н.И. Иваницкий. – Минск: БНТУ, 2012. – С. 207–208.
7. Попов А.А. Теоретические основы химико-термической обработки стали / А.А. Попов. – М: Металлургия, 1962. – 120 с.
8. Хренов, О.В. Результаты испытаний фрикционных дисков из различных материалов для эксплуатации в гидромеханической передаче «БелАЗ» / О.В. Хренов, А.В. Лешок // Наука – образованию, производству, экономике: мат. 13-й Междунар. науч.-техн. конф. Т.1. – Минск: БНТУ, 2015. – С. 324.

УДК 621.785.53:620.186:620.178.16:669.018.29

### Преимущества азотирования сталей в условиях низкотемпературного циклического нагрева

Студент гр. 10401116 Лешок В.А.  
Научный руководитель – Ковальчук А.В.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Одним из наиболее перспективных методов химико-термической обработки стальных изделий является азотирование. Азотирование стали по сравнению с цементацией отличается рядом весомых преимуществ. Изделие не подвергается значительному термическому воздействию, при этом твердость его поверхностного слоя значительно увеличивается. Стоит отметить, что размеры деталей, подвергающихся азотированию, практически не изменяются. Это условие позволяет применять азотирование для стальных деталей, которые уже прошли окончательную термическую обработку – закалку с высоким отпуском, после чего отшлифованы до требуемых геометрических параметров. После азотирования изделия можно подвергать полировке или другим методам финишной механической обработки. Благодаря указанным достоинствам азотирование является одним из основных способов поверхностного упрочнения сталей [1–2]. Азотирование стали заключается в том, что металл подвергают нагреву и выдержке в химически активной (насыщающей) среде при температурах от 420 до 650 °С. Одним из наиболее распространенных на предприятиях машиностроительного профиля является процесс газового азотирования. Чтобы активировать процесс насыщения и упрочнения поверхности изделия при таком способе в печь под давлением подается аммиак. При нагреве происходит диссоциация аммиака на составные элементы, и данный процесс описывает следующая химическая формула:



При процессе диффузии атомарного азота в поверхностном слое стали образуются нитриды железа и легирующих элементов, характеризующиеся высокой твердостью. После выдержке при температуре насыщения для снижения окисления деталей и уменьшения термических напряжений обработанные детали медленно охлаждают вместе с печью [1].

Диффузионный азотированный слой на железе и углеродистых сталях формируется при азотировании и в процессе охлаждения. При температуре выдержки ниже эвтектоидной (591 °С) азотированный слой состоит из трех фаз: азотистого феррита, нитрида Fe<sub>4</sub>N и нитрида Fe<sub>2-3</sub>N. Если же температура насыщения выше эвтектоидной, то слой состоит из четырех фаз: азотистого феррита, нитрида Fe<sub>4</sub>N, нитрида Fe<sub>2-3</sub>N и азотистого аустенита.

Микротвердость поверхности азотированного слоя на углеродистых сталях обычно составляет 3000...4500 МПа. Поэтому азотированию подвергают сложнолегированные среднеуглеродистые стали, которые легируют алюминием, хромом, молибденом и ванадием. Если подвергать азотированию специально разработанные немецким инженером А. Фри стали, которые называются нитраллои, то поверхностная твердость достигает 12000...13000 МПа. В свою очередь на легированных среднеуглеродистых сталях, не содержащих алюминия, поверхностная твердость азотированного слоя не превышает 6000...9000 МПа.

Нитридный слой, формирующийся на поверхности металла в процессе азотирования, может иметь эффективную толщину до 0,5...0,6 мм. Этого позволяет также повысить объемные прочностные характеристики деталей для тонкостенных деталей. Выполнение азотирования позволяет получить более стабильные показатели твердости стали, чем при осуществлении цементации [6–7]. Так, поверхностный слой изделия, которое было подвергнуто азотированию, сохраняет свою твердость даже при нагреве до температуры 550...600 °С, в то время как после цементации твердость поверхностного слоя может начать снижаться уже при нагреве изделия свыше 225 °С. Микротвердость стали 38Х2МЮА после азотирования составила 12500...13000 МПа. Прочностные характеристики поверхностного слоя стали после азотирования в 1,5...2 раза выше, чем после закалки или цементации [3]. За счет того, что твердость поверхностного слоя стали повышается, улучшается износостойкость детали в 2–4 раза, чем после цементации. Предел выносливости стали 40Х после азотирования на гладких образцах увеличился на 50...60 %, а на образцах с надрезом – на 25...35 % в сравнении с неазотированными. Предел выносливости легированной стали 38Х2МЮА повышается на 30...35 и 250...300 %. Повышение предела выносливости сталей, подверженных азотированию, объясняется формированием на поверхности высоких остаточных напряжений. Азотирование Стали 30 при 600 °С в течение 2 ч повышает предел коррозионной усталости в водопроводной и морской воде в 2 раза, также возрастает усталостная прочность изделия и повышается коррозионная стойкость поверхности. Защитные свойства нитридного слоя позволяют длительное время сохранять свойства поверхности при контакте стальной детали с водой, влажным воздухом и паровоздушной средой.

Однако при выборе сталей для азотирования необходимо осуществлять в зависимости от назначения и предъявляемых требований изделия. Так, если необходимо повысить износостойкость, то лучше всего подвергать азотированию нитраллои. Для повышения усталостной прочности можно подвергать азотированию обычные легированные среднеуглеродистые стали. Если азотирование проводят для повышения коррозионной стойкости, насыщению можно подвергать любые стали, в том числе углеродистые, а также чугуны [9].

Но в связи с оптимизацией производственных процессов встает вопрос о продолжительности процесса азотирования в насыщающей газовой среде. А именно в продолжительном процессе остывания изделия внутри печи. Одним из решений этой проблемы является использование метода термоциклирования. Циклическое воздействие на материал позволяет сформировать в металлах и сплавах мелкодисперсную микроструктуру и напряженно-деформированное состояние, которые обеспечивают условия ускоренной диффузии атомов внедрения и замещения [5].



При циклическом методе нагрева интенсификация диффузии осуществляется благодаря иным механизмам. Известно, что диффузионное насыщение при количестве теплосмен менее 8 за 8 часов обработки, не оказывает значительного влияния на кинетику формирования слоя. Однако, благодаря увеличению частоты теплосмен в единицу времени в количестве от 8 и более, приводит к интенсификации диффузии, что обусловлено образованием растягивающих напряжений в слое, под действием которых происходит активное движение атомов в глубь металла [5].

Еще одной причиной интенсификации азотирования является периодическое чередование циклов насыщения и «рассасывания» насыщаемого слоя. При температуре 500...600 °С происходит активное выделение азота из порошковой среды. Но когда температура среды снижается до 300°С, создается относительно большой перепад концентраций на поверхности и в глубине металла для стимулирования процесса диффузии. Таким образом, интенсификация метода азотирования происходит за счет двухстадийности процесса: насыщение и рассасывание (деазотирование) при разной температуре циклического нагрева [4].

Применение термоциклирования при азотировании сталей позволяет повысить толщину диффузионного слоя на 10...20 % от величины слоя, полученного в условиях стационарного насыщения. Авторами [6, 7] показано, что термоциклическое азотирование конструкционной стали 40Х в интервале температур 300...600 °С привело к сокращению продолжительности диффузионного насыщения в 8...10 раз по сравнению с изотермическим азотированием [8]. Ударная вязкость образцов стали 40Х после термоциклического азотирования, закалки и отпуска повышается в 1,5...2 раза. Термоциклирование в процессе азотирования увеличивает число карбидов в диффузионном слое в 1,5 раза по сравнению со стационарным процессом обработки, в результате чего поверхностная твердость возрастает с 60 HRC до 66 HRC. При этом также в 2...3 раза повышается коррозионная стойкость в условиях атмосферной коррозии.

Таким образом, применение низкотемпературного термоциклического нагрева при азотировании сталей позволяет дополнительно повысить свойства азотированного слоя за счет измельчения микроструктуры и интенсификации процессов вторичного структурообразования по сравнению со стационарным режимом, а также позволяет сократить общее время обработки.

#### **Список использованных источников**

1. Арзамасов, Б.Н. Химико-термическая обработка металлов в активизированных газовых средах / Б.Н. Арзамасов, Ю.М. Лахтин. – М: Металлургия, 1979. – 224 с.
2. Арзамасов, Б.Н. Химико-термическая обработка металлов / Б.Н. Арзамасов, Ю.М. Лахтин. – М: Металлургия, 1985. – 256 с.
3. Белашова, И.С. Влияние термогазоциклических воздействий на процесс азотирования / И.С. Белашова, Д.П. Шашков // Технология металлов. – 2003. – № 11. – С. 48–56.
4. Химико-термическая обработка металлов и сплавов. Справочник. / Г.В. Борисенко [и др.] – М: Металлургия, 1981. – 424 с.
5. Бокштейн, С.З. Диффузия и структура металлов / С.З. Бокштейн. – М: Металлургия, 1973. – 200 с.
6. Ткаченко, Г.А. Особенности структурообразования диффузионных азотированных слоев на сталях в условиях термоциклирования / Г.А. Ткаченко, А.В. Ковальчук // Наука – образованию, производству, экономике: материалы 16-й Международной научно-технической конференции. – Минск : БНТУ, 2018. – Т. 1. – С. 353.
7. Ткаченко, Г.А. Особенности термической обработки железоуглеродистых сплавов в условиях циклического нагрева / Г.А. Ткаченко // Металлургия: республиканский межведомственный сборник научных трудов. – Минск: БНТУ, 2016. – Вып. 37. – С. 155 – 164.
8. Тихонов, А.С. Термоциклическая обработка сталей, сплавов и композиционных материалов / А.С. Тихонов, В.В. Белов. – М.: Наука, 1984. – 168 с.

УДК 621.785

### Термообработка быстрорежущих сталей в вакуумных печах

Студент гр. 10401115 Иванов А.И.  
Научный руководитель – Вейник В.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Быстрорежущие стали содержат 0,7–1,5% С, до 18% W, являющегося основным легирующим элементом, до 4,5% Cr, до 5% Mo, до 10% Co. Эти стали предназначены для изготовления инструментов (резцов, сверл, фрез), работающих при высоких скоростях резания. По сравнению с инструментальными сталями, не отличающимися высокой теплостойкостью, быстрорежущие стали обеспечивают большие скорости резания, при этом стойкость режущей кромки возрастает в 10–30 раз (теплостойкость быстрорежущих сталей составляет порядка 500–600°C) [1].

Цель термической обработки быстрорежущих сталей состоит в том, чтобы создать в стали определенного состава структуру, обеспечивающую такие физико-механические свойства, в которых имеется необходимость во время эксплуатации данного инструмента.

Основные преимущества термообработки быстрорежущих сталей в вакуумных печах:

- высокая стабильность свойств обрабатываемых деталей от партии к партии;
- отсутствие обезуглероженного слоя;
- уменьшение деформаций;
- отсутствие загрязнений окружающей среды и улучшение условий труда;
- упрощение контроля и управления технологическим процессом.

В настоящее время термическая обработка инструмента из быстрорежущей стали осуществляется в основном в однокамерных горизонтальных вакуумных печах с закалкой в потоке инертного газа, в том числе под избыточным давлением.

Процесс термообработки инструментальных сталей в вакуумных печах начинается с многоступенчатого нагрева. Для инструмента из низколегированной стали рекомендуется двухступенчатый нагрев, для быстрорежущего инструмента – трехступенчатый, а для крупногабаритного инструмента или инструмента переменного поперечного сечения – четырехступенчатый. Медленный прогрев с необходимым количеством ступеней дает определенные преимущества. Большая часть инструментальных сталей чувствительна к тепловым ударам из-за низкой теплопроводности. Уменьшение термических градиентов снижает склонность сталей к растрескиванию.

Для большинства инструментальных сталей следует подбирать температуру предварительного разогрева, чуть ниже критической температуры превращения материала ( $A_{c1}$ ), и выдерживать по времени столько, чтобы по всему поперечному сечению достигалась однородность температуры.

Первую ступень подогрева для инструмента из быстрорежущей стали рекомендуется проводить при 850°C. При этом длительность выдержки должна обеспечивать выравнивание температуры сердцевины и поверхности инструмента, а также нагревателей. Время выдержки при первом подогреве в 2 раза превышает время выдержки при аустенизации. Первый подогрев инструмента из быстрорежущей стали до 850 °C и последующая выдержка при этой температуре осуществляется с целью уменьшения напряжений и сокращения времени нагрева при высоких температурах. Вторую ступень нагрева при 1050°C для инструмента из быстрорежущей стали необходимо использовать в случаях – для плотноупакованной садки из изделий малых размеров или для термической обработки изделий с поперечным сечением бо-

лее 20 мм. Кроме того, инструментальные стали претерпевают объемные изменения при переходе от отожженной микроструктуры (в состоянии поставки) к аустениту в ходе разогрева. При нагреве в соляных ваннах возникают неоднородные объемные превращения, возможны неконтролируемые деформации, особенно в случае деталей переменного поперечного сечения. При нагреве в вакуумных электропечах подобного явления можно избежать. Крупногабаритный инструмент переменного поперечного сечения в этом случае дополнительно подогревают при температуре 400–500°C.

Цель аустенизации – обеспечение полного или частичного растворения карбидных частиц с последующей диффузией легирующих элементов в железной матрице. Разные типы карбидов растворяются с разной скоростью, в зависимости от температуры. Таким образом, подбор температуры аустенизации определяется, главным образом, составом инструментальной стали. Кроме того, температура аустенизации может слегка варьироваться для получения необходимых механических свойств инструмента с учетом конкретных применений. Медленный нагрев в вакуумных печах создает благоприятные условия для более полного растворения первичных карбидов и получения высоколегированного аустенита, что позволяет на 15–20% уменьшить разнородность в микроструктуре быстрорежущей стали по сравнению с нагревом в соляной ванне.

После достижения необходимого перераспределения легирующих элементов в ходе аустенизации, инструментальную сталь следует быстро охлаждать со скоростью выше  $v_{кр}$  для обеспечения мартенситного превращения. Большинство инструментальных сталей, как правило, приобретают мартенситную структуру в температурном интервале 315 – 95°C. Независимо от способа охлаждения инструментальных сталей, конечная мартенситная структура чрезвычайно хрупка и напряжена. Сталь может содержать нерастворенные избыточные карбиды и остаточный аустенит в заметных количествах. Присутствие в структуре инструментальной стали остаточного аустенита нежелательно, так как он ухудшает механические свойства и нарушает стабильность геометрических размеров инструмента.

Использование инструментальной стали в таком состоянии создает существенный риск порчи инструмента. Поэтому сразу же после окончания охлаждения инструментальных сталей каким-либо способом до температуры 65°C следует проводить «немедленный отпуск», как правило, не позднее чем через 15–30 минут.

После закалки проводится отпуск как для снятия напряжений в хрупком мартенсите, образующемся в ходе закалки, так и для уменьшения содержания остаточного аустенита. Большинство инструментальных сталей имеют достаточно широкую область температур отпуска. Рекомендуется использовать наивысшую температуру отпуска, которая обеспечивает необходимую твердость инструмента. Скорость нагрева и охлаждения от температуры отпуска обычно не критичны.

Многочесный отпуск типичен для многих сложноегированных инструментальных сталей. Они требуют двух- и даже трехкратного отпуска для полного перехода остаточного аустенита в мартенсит, а также максимального снятия внутренних напряжений, возникших при закалке. Эти стали достигают максимальной твердости уже после первого отпуска и именуется вторично-упрочняемыми сталями. Однако однократный отпуск не обеспечивает эффективного превращения всего остаточного аустенита в мартенсит. Цель второго или третьего отпуска – интенсификация этого превращения, а также понижение твердости до необходимого рабочего уровня [2].

#### Список использованных источников

1. Прутки и полосы из быстрорежущей стали. Технические условия: ГОСТ 19265-73. – Введ. 01.01.1975. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 28 с.
2. Шулаев, В.М. Особенности технологии термической обработки инструментальных сталей в вакуумных электропечах / В.М. Шулаев, В.Ю. Жорняк, Д.А. Листопад // Оборудование и инструмент для профессионалов: Серия металлообработка. –2013. – № 2. – С. 44 – 47.

**Перспективы реализации принципа индукционного нагрева для антикоррозионной защиты стальных деталей и металлоконструкций**

Учащийся ГУО “Гимназия №25 г. Минска” 10 “А” класса Филиченко К.Д.  
Учащийся ГУО “Гимназия №25 г. Минска” 10 “А” класса Терпиловский Н.С.

Научный руководитель – Булойчик И.А.  
Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск

Одним из наиболее перспективных направлений антикоррозионной защиты на основе цинка является использование индукционного нагрева для формирования цинковых покрытий и диффузионных слоев. При реализации стандартных процессов термодиффузионного цинкования в порошковых насыщающих средах (ТДС) с использованием печного нагрева значительные энергозатраты тратятся на прогрев садки с порошковой насыщающей смесью, а так же самой реторты, что снижает эффективность технологий в производственных условиях. Применение индукционного нагрева позволит увеличить скорость прогрева контейнера для насыщения, в значительной степени сократив общее время цинкования и энергозатраты на термообработку [1, 2]. Следует отметить, что, данные технологии все еще не получили достаточного практического применения. Связано это с недостатком исследований ряда процессов, протекающих при индукционном нагреве в условиях порошковых насыщающих сред. Не изучена кинетика роста и особенности строения диффузионных слоев, формируемых при кратковременных выдержках до 30 секунд, при которых в максимальной степени реализуются преимущества скоростного индукционного нагрева. Не разработаны достаточно простые и надежные приемы и устройства для осуществления процессов диффузионного насыщения в условиях производства на машиностроительных предприятиях. Тем не менее, потенциальные возможности диффузионного цинкования в плане интенсификации ХТО оцениваются достаточно высоко, что обусловлено сокращением длительности прогрева садки, увеличением производительности труда, и уменьшением энергозатрат. Последние факторы особенно актуальны в современных белорусских условиях.

Согласно данным [3], использование способа диффузионного цинкования в электромагнитном поле целесообразно для широкой номенклатуры обрабатываемых изделий при сохранении качества защитного покрытия, в то время как традиционные технологии цинкования в расплавах не обеспечивают в ряде случаев требуемого уровня эксплуатационных характеристик формируемого на изделии покрытия. Связано это с различием в фазовом составе диффузионных слоев, формируемых на изделии. Принципиальной особенностью способа термодиффузионного цинкования в электромагнитном поле является целенаправленное создание значительного температурного градиента с его убыванием вглубь шихты. Более высокая, в сравнении с радиационным нагревом, температура вблизи поверхности цинкуемых изделий обеспечивает значительное активирующее воздействие, как на стальную поверхность, так и на порошковую цинксодержащую среду [3]. В результате чего, возникают быстротекущие двухсторонние процессы диффузии железа в цинк и цинка в железо с образованием интерметаллических соединений. При этом, сформированный цинковый слой имеет гомогенизированную структуру и не содержит хрупкую столбчатого вида  $\zeta$ -фазу [3].

Выполненный анализ свидетельствует, что в сравнение с классическими методами формирования защитных покрытий на основе цинка, технологии термодиффузионного цинкования в электромагнитном поле обеспечивают:

- нанесение ультрадисперсных защитных покрытий повышенной коррозионной стойкости и механической прочности;
- получение по всей покрываемой площади равномерного гомогенизированного покрытия требуемой стойкости к коррозии, жаростойкости, ударной вязкости и твердости с высоким сопротивлением абразивному изнашиванию;

- получение диффузионного слоя в широком интервале толщин (от 6 до 300 мкм) с высокой регулируемостью и равномерностью;
- восстановление защитного покрывного слоя в случае его повреждения;
- увеличение срока эксплуатации изделий по сравнению с ресурсом работы изделий, покрытых традиционным способом термодиффузионного цинкования;
- сохранение при цинковании резьбовых соединений геометрии, профиля и диаметра резьбы;
- сокращение вредных выбросов в окружающую среду.

Таким образом, на основании проведенного анализа термодиффузионное цинкование с применением индукционного нагрева имеет ряд преимуществ связанных как с производительностью применяемого способа нагрева, обеспечивающего меньшие энергозатраты, так и с особенностями формируемого на изделии диффузионного слоя, обладающего более высокими эксплуатационными характеристиками в сравнении с покрытиями, наносимыми традиционными методами цинкования. В сравнение с традиционными способами формирования цинковых интерметаллидных диффузионных слоев индукционное термодиффузионное цинкование позволяет формировать цинковые диффузионные слои с преимущественным формированием  $\delta$ -фазы в поверхностной зоне насыщаемого изделия, обладающей наиболее выгодной совокупностью эксплуатационных характеристик (сочетание параметров микротвердости, пластичности и коррозионной стойкости).

#### **Список использованных источников**

1. Гурченко, П.С. Упрочнение при индукционном нагреве и управляемом охлаждении / П.С. Гурченко. – Гомель: ИММС НАНБ, 1999. – 193 с.
2. Теория и технология химико-термической обработки: учеб. пособие/ Л.Г. Ворошнин, О.Л. Менделеева, В.А. Сметкин. – М.: Новое знание; 2010. – 304 с.
3. ОАО «ВИАСМ» [Электронный ресурс] / Новый способ нанесения защитных покрытий. Режим доступа: [http://www.viasm.ru/novyi\\_sposob.htm](http://www.viasm.ru/novyi_sposob.htm). – Дата доступа: 13.03.2019.

УДК 621.74

#### **Изучение оцинкованных стальных крепежных элементов узлов металлоконструкций**

Магистрат Бачило Д.Н.  
 Научный руководитель – Константинов В.М.  
 Белорусский национальный технический университет  
 г. Минск

На сегодняшний день при эксплуатации аттракционов существует проблема обеспечения безотказной работы крепежных элементов. Механический и коррозионный износ крепежных элементов в процессе эксплуатации приводит к увеличению динамических нагрузок (аттракцион является сложным механизмом), что может привести к их разрушению. Задачей является выбор покрытия крепежных элементов, которое позволило бы обеспечить сохранение механических свойств. Сейчас много различных технологий и видов нанесения коррозионностойких цинковых покрытий. Учитывая такие факторы, как экологическая безопасность, энергетические затраты, необходимость утилизации отходов производства, оказание влияния на прочностные характеристики, возможность качественного нанесения покрытия на элементы с резьбой, покрытие, полученное при термодиффузионном цинковании в порошковых средах, является более предпочтительным.

Средняя толщина диффузионного (равномерного, с хорошей адгезией) слоя на образцах составляет порядка 20 мкм. Значения твердости крепежных элементов с диффузионным цинковым покрытием составляют 29–47 HRC. Временное сопротивление разрыву образцов  $\sigma_b$  513,8–783,2 МПа, предел текучести образцов  $\sigma_{0,2}$  310–550 МПа, что обеспечивает заявляемые

требования при проектировании. Проведение грузовых испытаний с нагрузкой, превышающей на 20% рабочую и контроль ультразвуковым и магнитопорошковым методами позволяют применить крепежные элементы стермодиффузионным цинковым покрытием на аттракционах.

УДК 004.91

## Создание нумерованных формул в MSWord версий выше 2007

Студенты гр. 10405118: Литвин Д.Н, Матюков И П.  
Научный руководитель – Мельниченко В.В.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Как известно нумерация формул в ранних версиях MS Office присутствовала. Затем она отменена разработчиками. Но необходимость вставки нумерованных формул существует. Особенно в больших научных документах. Возможно, фирма-разработчик MS Office предполагает, что это простой вопрос.

Предлагаем свою версию решения этого вопроса. Опишем пошаговое действие. Так как формула должна располагаться по центру выделенной ширины текста в строке и номер формулы выравнивается по правому краю напрашивается следующее действие. Строку для формулы представим в виде строки таблицы, состоящей из трех клеток. Первая клетка – это отступ формулы по левому краю. Вторая клетка – сама формула. И последняя клетка – место для расположения номера формулы.

Начинаем. В пункте меню **Вставка**, выбираем инструмент *Таблица*

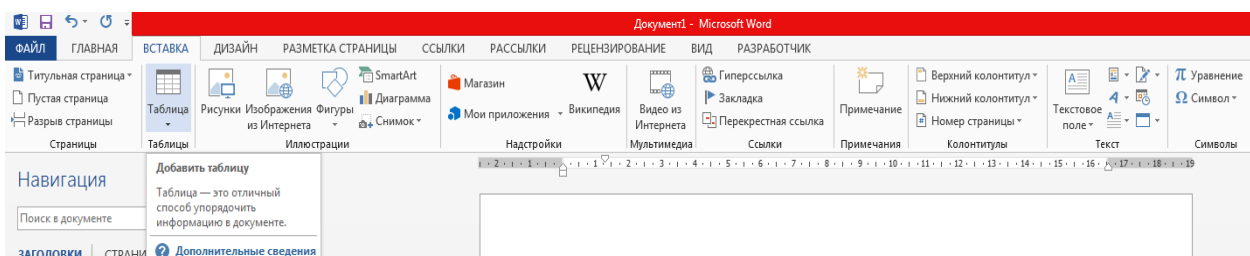


Рисунок 1 – Окно вставки таблицы

Затем выбираем в образце одну строку из трех клеток. Получим следующую таблицу.

--	--	--

Щелкнем на таблице правой клавишей мыши и выберем в контекстном меню **Свойства таблицы**. Появится диалоговое окно *Свойство таблицы*. Выберем закладку Столбец. И выставим в сантиметрах ширины всех столбцов. Первый столбец – 1,25 см, последний также – 1,25 см.

Уберем отображение границ. Тогда таблица будет видна в документе, но на печати они уже не будут видны. Ниже видим строку для будущей формулы.

Сейчас надо в среднюю клетку вставить формулу. Ставим указатель мыши в эту клетку. Указываем выравнивание по центру. Идем на закладку **Вставка** и выбираем в последнем блоке *Символы* инструмент **Уравнение** следующим образом. Рядом с ним справа отображена маленькая стрелочка-треугольник. Открываем список вариантов уравнение, нажимаем на этот треугольник. В самом низу выбираем строку *Вставить новое уравнение*. В средней

клетке появится заготовка для этого уравнения выравненная по центру. Переходим в третью клетку. Здесь назначаем выравнивание по правому краю. Но можем сказать, что, если формул много, можно и здесь назначить выравнивание по центру. Теперь в третьей клетке нужно вставить поле нумерованный список. Для этого переходим на закладку Главная на ленте, а группе Абзац выбираем инструмент Нумерация.

Место для уравнения. (1)

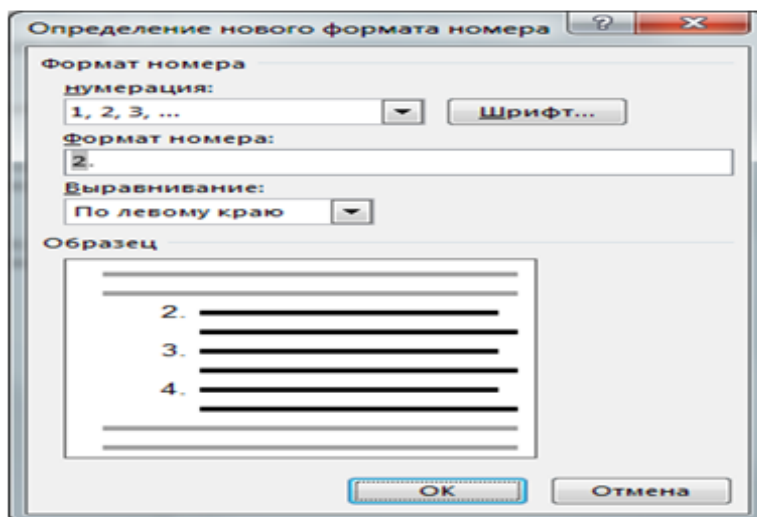


Рисунок 2 – Настройка формата номера

Как видите, заготовка для формулы почти сделана. Осталось изменить формат номера формулы. Он всегда записывается в круглых скобках. Для настройки формата номера открываем инструмент нумерация и переходим к пункту *Определить новый формат номера*. Откроется дополнительное окно. В нем изменим номер, записав его в круглые скобки. Удалим точку. Получим, как показано выше, расположение номера формулы. Теперь остается только размножить эту строчку. Это можно делать простым копированием. Для этого подводим указатель мыши к левой стороне таблицы. И выделим всю строку. Если на свободном месте зафиксировать положение мышью, то простой вставкой мы получим новую заготовку для формулы.

Место для уравнения. (2)

Номер формулы увеличился. Далее простое размножение формулы даст нумерацию всех последующих формул.

Дополнительно есть и следующий вариант действий. Сохраняем нашу таблицу с встроенной формулой и номером как стандартный блок. Для этого вновь через меню **Вставка** вызываем **Уравнение** и в последней строчке меню выбираем пункт Сохранить выделенный фрагмент в коллекцию уравнений. Затем в новом окне даем название блоку. Например Нумерованная формула. Далее на закладке **Вставка** в объединении *Текст* выбираем **Экспресс блоки**. Раскрываем список этих блоков, находим название Нумерованная формула. Выбираем его и нажимаем кнопку Вставить. Ниже появится заготовка для формулы со следующим номером.

Место для уравнения. (3)

**Исследование влияния низкотемпературной химико-термической обработки на стойкость режущего инструмента, используемого на ОАО «Зенит Бел-ОМО»**

Магистрант Рудозуб Н.С.

Научный руководитель – Ситкевич М.В.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

С целью повышения долговечности инструментальной оснастки в условиях инструментального производства ОАО «Зенит Бел-ОМО» проведены работы по применению процессов химико-термической обработки (ХТО) с использованием порошковых смесей, включающих наряду с азотонасыщающими компонентами и борокарбосодержащие добавки.

В базовом варианте металлорежущий инструмент преимущественно изготавливают из высоколегированной стали Р6М5, а в некоторых случаях используют еще более дорогостоящую сталь Р18. Инструмент из сталей Р6М5 и Р18 подвергают закалке с температур 1220 и 1280°C соответственно с последующим трехкратным отпуском при температуре 560°C.

Как показывает практика, в случае режущего инструмента (метчики, фрезы и др.), изготавливаемого из быстрорежущих сталей типа Р6М5, оптимальная толщина диффузионного слоя составляет 30-50 мкм. Диффузионный слой такой толщины достигается при температурах 540–560 °С за 60 – 80 минут.

Установлено, что в случае присутствия в составе сталей таких легирующих элементов как хром, вольфрам, ванадий, молибден и др. наряду с борокарбонитридами железа в структуре диффузионного слоя появляются и борокарбонитриды указанных элементов. Их микротвердость существенно превышает твердость борокарбонитридов железа, что приводит к повышению микротвердости всего диффузионного слоя. Причем, чем больше легирующих элементов в стали, тем выше твердость.

В структуре борокарбонитрированных слоев наблюдается вблизи поверхности исследуемых сталей наличие светлой полоски  $\epsilon$  – фазы. Эта фаза состава  $Fe_{2-3}(N,C,V)$  с гексагональной решеткой. Под ней располагается темнотравящаяся зона гетерогенного строения, в которой наряду со структурными составляющими основного материала присутствуют включения борокарбонитридов железа и легирующих элементов, концентрация которых плавно уменьшается по мере удаления от поверхности, что обеспечивает прочное их сцепление с металлической основой и предотвращает скалывание даже при относительно высоких динамических нагрузках.

Проведенные дюраметрические исследования показали, что на образцах из стали Р6М5 микротвердость вблизи рабочих поверхностей в результате борокарбонитрирования становится 13,7 ГПа. В случае использования стали Р18 микротвердость поверхностных слоев составляет 14 ГПа. В тоже время без химико-термической обработки после закалки и отпуска микротвердость сталей не превышает 8,5 ГПа. Как показали контрольные замеры инструмента до и после упрочнения в диффузионно-активных смесях, изменение размеров составляет до 0,01 мм, что входит в допуски при изготовлении инструмента.

Процессу порошкового борокарбонитрирования подвергали отдельные позиции полностью термообработанных долбяков, метчиков, фрез. Диффузионное насыщение проводили в стальных контейнерах, в которых засыпанные порошковой смесью упрочняемые детали выдерживались при температурах 540–560 °С в течении 1 часа после прогрева контейнера. Сравнительные испытания проводились в производственных условиях и оценивались по количеству обрабатываемых деталей и отверстий.

Испытания зубодолбежного инструмента (долбяк хвостовой) проводились в производственных условиях ОАО «Зенит Бел-ОМО» при изготовлении детали «винт» из нормализованной заготовки (сталь 45) с твердостью 229–235 НВ.



По технологическому процессу за смену предусмотрено изготовления 300 штук деталей «винт». Без использования ХТО инструмент до выхода из строя может изготовить 1200 шт. деталей, после чего происходит изнашивание режущей кромки и сколы. После проведения низкотемпературного процесса ХТО за счет повышения твердости режущей кромки, стало возможным увеличить скорость обработки детали, что привело к увеличению производительности до 500 шт. деталей за смену. Установлено, что в этом случае диффузионно-упрочненный инструмент из исследованных быстрорежущих сталей до выхода из строя инструмент может изготовить не менее 2400 шт. деталей (таблица 1).

Таблица 1 – Производительность режущего инструмента на участке изготовления деталей

Исследуемый инструмент	Изготовление деталей инструментом без ХТО		Изготовление деталей инструментом после ХТО	
	Кол-во деталей за смену, шт.	Кол-во деталей до износа, шт.	Кол-во деталей за смену, шт.	Кол-во деталей до износа, шт.
Долбьяк 1	300	1200	500	2405
Долбьяк 2	300	1210	500	2400
Долбьяк 3	300	1205	500	2405

Помимо долбьяка испытания проводились также на инструменте типа метчик, фреза. Так как основной причиной выбраковки данного инструмента является изнашивание по задней и передней поверхностям, применение новых видов диффузионноактивных смесей также позволило повысить срок эксплуатации инструмента (рисунок 1).

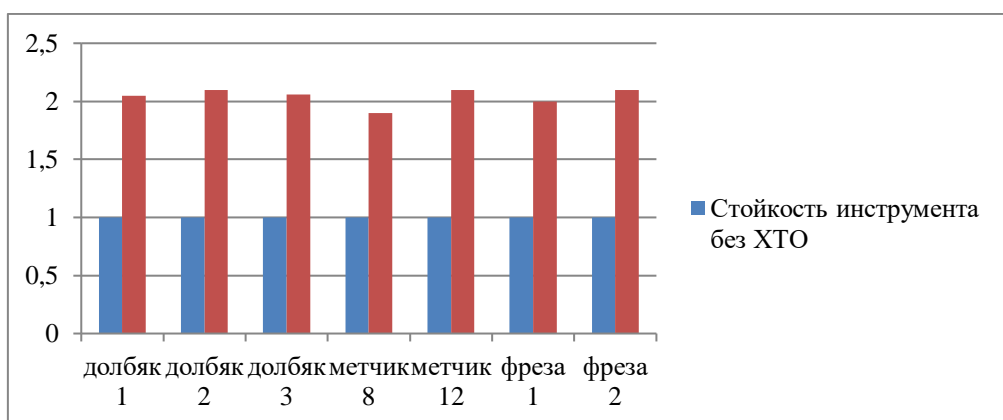


Рисунок 1 – Сравнительная стойкость инструмента без ХТО и после ХТО (вертикальная ось – коэффициент повышения стойкости)

Диффузионноупрочнённая поверхность инструмента, обладающая пониженным коэффициентом трения, обеспечивает более легкий отвод стружки, а также предотвращает ее налипание на режущие кромки и образование лунок износа.

На основании данных, полученных в ходе производственных испытаний, следует, что в результате ХТО инструмента из быстрорежущих сталей улучшаются режущие свойства, что обеспечивает повышение производительности изготовления деталей и увеличение стойкости инструмента в 1,9–2,2 раза.

**Машины  
и технология  
литейного  
производства**

Студенты гр. 10404115: Радионов М.В., Русевич О.А., Кижапкин С.А.  
Научный руководитель – Гуминский Ю.Ю.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Аддитивные технологии (Additive Manufacturing – от слова аддитивность – прибавляемый) – это послойное наращивание и синтез объекта с помощью компьютерных 3D технологий. Изобретение принадлежит Чарльзу Халлу, в 1986 г. сконструировавшему первый стереолитографический трехмерный принтер.

Одним из ярких примеров аддитивной технологии являются 3D принтеры. Данные принтеры печатают модели послойно, от толщины слоев зависит детализация и стоимость напечатанных изделий. Чем тоньше каждый слой, тем менее заметны «ступеньки» на поверхности изделий, но тем дольше идет печать. Печать обычно производится слоями толщиной 25, 100, 200 и 300 микрон. Как правило, для технических прототипов достаточно точности в 200 микрон, для мастер-моделей, которые будут использованы для изготовления пресс-форм, а также презентационных макетов желательно использовать максимальную точность 100 микрон, а на крупных изделиях с габаритами более полуметра точности 300 микрон будет достаточно. Для печати ювелирных изделий используется более точная технология ювелирной печати (SLA) с точностью 25 микрон.

Поскольку принтер печатает послойно, в процессе печати каждый новый слой ложится на предыдущий. Если в модели есть нависающие части (которые не имеют опоры под собой), то принтер автоматически построит поддержку. Чтобы добиться наилучшего качества некоторые модели можно печатать из нескольких частей с последующей склейкой, таким образом, снижается расход исходного материала на конструкции поддержки и улучшается внешний вид.

Предварительное 3D-макетирование позволяет создать и протестировать на работоспособность сколь угодно большое количество вариантов исполнения объекта перед тем, как отдать его в производство, а точность исполнения модели позволяет наглядно (с соблюдением всех размеров) дополнить чертежи действующим прототипом. Экспериментируя с различными комбинациями элементов, можно найти оптимальное сочетание и испытать его на надежность с учетом масштаба

3D прототипы идеально подходят для различных испытаний, в том числе аэродинамических или, например, на плавучесть. Без применения 3D-прототипирования практически невозможно испытать компоненты сложных сборочных конструкций на совместимость

В литейном производстве аддитивные технологии, возможно, применять при изготовлении разовых полуформ, для изготовления восковых моделей литья по выплавляемым моделям, литье матриц кокиля и т.д.

Аддитивные технологии являются перспективным направлением в литейном производстве и обладают преимуществами перед традиционным литьем. К последним относятся долгий производственный цикл, трудоемкость механической обработки, недостаточная точность, роль человеческого фактора и т.д. С другой стороны, широкому внедрению аддитивных технологий препятствуют высокая стоимость оборудования и материалов для 3D-принтера и ограничения в размерах изделий, печатаемых на 3D-принтере.

#### **Список использованных источников**

1. Григорьев, С.Н. Перспективы развития инновационного аддитивного производства в России и за рубежом / С.Н. Григорьев, И.Ю.Смуров // ИННОВАЦИИ: Научная статья. – 2013. – Т. 10, № 180. – С. 76–82.

**Вредные выбросы, влияющие на микроклимат литейного производства**

Студенты гр.10404115: Кижаккин С.А., Радионов М.В., Русевич О.А.

Научный руководитель – Матюшинец Т.В.

Белорусский национальный технический университет

г.Минск

Технологические процессы изготовления отливок характеризуются большим числом операций, при выполнении которых выделяются пыль, аэрозоли и газы. Пыль, основной составляющей которой в литейных цехах является кремнезём, образуется при приготовлении и регенерации формовочных и стержневых смесей, плавке литейных сплавов в различных плавильных агрегатах, выпуске жидкого металла из печи, внепечной обработке его и заливке в формы, на участке выбивки отливок, в процессе обрубки и очистки литья, при подготовке и транспортировке исходных сыпучих материалов.

В воздушной среде литейных цехов, кроме пыли, в больших количествах находятся оксиды углерода, углекислый и сернистый газы, азот и его окислы, водород, аэрозоли, насыщенные оксидами железа и марганца, пары углеводородов и др. Источниками загрязнений являются плавильные агрегаты, печи термической обработки, сушилка для форм, стержней и ковшей и т.п.

Пыль литейных цехов характеризуется высоким содержанием диоксида кремния (до 50 %) и мелкодисперсностью; более 90 % пылевых частиц имеют размеры менее 2 мкм.

Работа в производственных помещениях с высокими концентрациями кварцесодержащей пыли приводит к возникновению профессиональных заболеваний пылевой этиологии (бронхит, силикоз).

Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ, утвержденных санитарными нормами и правилами (СНиП), показывают, что наиболее опасной для человеческого организма является пыль с размером частиц от долей микрометра до 5 мкм. Такая пыль может глубоко проникать в легкие и находиться там длительное время.

В литейном производстве на всех этапах изготовления отливок можно выделить участки с наибольшим количеством выбросов в окружающую среду. Лидерами по пыле- и газовыделению являются участки, на которых осуществляется плавка металла, выбивка форм и смесеприготовление.

При заливке форм в атмосферу цеха попадают водяные пары, водород и повышенное количество окиси углерода, образующейся в результате реакции горения органических примесей.

Основным источником выброса оксида углерода в литейных цехах является вагранки, на долю которых приходится более 90 % выбросов плавильно-заливочных отделений. Следует отметить, что на долю этих же отделений приходится около 70 % выбросов оксида углерода от всех источников литейных цехов. При этом характер производства цеха практически не оказывает влияние, влияет только тип используемых агрегатов.

В среднем при работе вагранок на каждую тонну серого чугуна приходится  $1000 \text{ м}^3$  выбрасываемых в атмосферу газов, содержащих 3...20 г/м<sup>3</sup> пыли; 5...20 % оксида углерода; 5...17 % углекислого газа; до 2 % кислорода; до 1,7 % водорода; до 0,5 % сернистого ангидрида; 70...80 % азота. Вредные выбросы при плавке серого чугуна в индукционных печах, в которых основной составляющей пыли (60 %) являются окислы железа. Выделяемые при плавке чугуна частицы пыли имеют дисперсность от 5 до 100 мкм.

При разливе чугуна в формы выделение окиси углерода в атмосферу цеха зависит от массы отливок. В состав выделяющихся газов входит более 50 % водорода, 30–35 % окиси углерода и некоторое количество (около 10 %) двуокиси углерода, сероводород, сернистый ангидрид, предельные углеводороды, непредельные углеводороды, азот и кислород.

На смесеприготовительном участке при транспортировке формовочных и стержневых материалов:

– во время загрузки и выгрузки исходных материалов в желоб при перегрузках и транспортировании выделение пыли на единицу перерабатываемого кускового материала 0,9 – 1,4 г/кг; порошкообразных материалов 2,0 – 4,2 г/кг; горелой земли 6 – 10 г/кг.

– во время пересыпки на конвейеры: кускового материала 0,6 – 0,8 г/кг; порошкообразных материалов 1,3 – 1,5 г/кг; горелой земли 0,4 – 0,6 г/кг.

– местные отсосы укрытий конвейеров, питателей и дозаторов: кускового материала 0,3 – 0,5 г/кг; порошкообразных материалов 0,4 – 1,1 г/кг; горелой земли 0,2 – 0,3 г/кг.

– во время загрузки и выгрузки исходных материалов в желоб при перегрузках и транспортировании выделение пыли на единицу работающего оборудования кускового материала 2,7 – 4,3 кг/ч; порошкообразных материалов 6,1 – 9,3 кг/ч; горелой земли 1,9 – 3,1 кг/ч.

– во время пересыпки на конвейеры: кускового материала 1,8 – 2,1 кг/ч; порошкообразных материалов 4,0 – 4,6 кг/ч; горелой земли 1,2 – 1,5 кг/ч.

– местные отсосы укрытий конвейеров, питателей и дозаторов: кускового материала 1,0 – 1,5 кг/ч; порошкообразных материалов 2,6 – 3,2 кг/ч; горелой земли 4,0 – 4,8 кг/ч.

При сушке формовочных и стержневых материалов:

Выделение пыли на единицу перерабатываемого материала в горизонтальном барабанном сушиле для песка 0,3 – 0,7 г/кг; глины 2,0 – 3,0 г/кг.

– в установках для сушки песка в потоке горячих газов 1,8 – 2,4 г/кг; в кипящем слое 1,2 – 1,4 г/кг.

– во время размола формовочных и стержневых материалов в шаровых мельницах производительностью до 1 т/ч 4,0 – 10,0 г/кг; в молотковых мельницах производительностью до 2 т/ч 6,0 – 8,0 г/кг; в молотковых дробилках производительностью до 5 т/ч 4,0 – 5,0 г/кг.

Выделение пыли на единицу работающего оборудования в горизонтальном барабанном сушиле для песка 3,0 – 7,0 кг/ч; глины 6,0 – 10,0 кг/ч.

– в установках для сушки песка в потоке горячих газов 7,0 – 9,0 кг/ч; в кипящем слое 12 – 14 кг/ч.

– во время размола формовочных и стержневых материалов в шаровых мельницах производительностью до 1 т/ч 2,0 – 4,0 кг/ч; в молотковых мельницах производительностью до 2 т/ч 12,0 – 15,0 кг/ч; в молотковых дробилках производительностью до 5 т/ч 20,0 – 25,0 кг/ч.

Во время приготовления смесей выделение пыли на единицу перерабатываемого материала через сито вибрационные 3,0 – 5,0 г/кг; плоские механические 6,0 – 7,0 г/кг; барабанные 2,0 – 3,0 г/кг;

В смесителе периодического действия с вертикальными и горизонтальными катками производительностью 50 т/ч выделение пыли на единицу перерабатываемого материала 0,4 – 1,0 г/кг; тарельчатые производительностью до 20 т/ч 0,6 – 1,2 г/кг;

Выделение пыли на единицу работающего оборудования в смесителе периодического действия с вертикальными и горизонтальными катками производительностью 50 т/ч 20,0 – 25,0 кг/ч; тарельчатые производительностью до 20 т/ч 15,0 – 25,0 кг/ч.

На выбивном участке выделение пыли осуществляется:

– при выбивке форм и стержней выделение пыли на единицу перерабатываемого материала, когда подвесные вибраторы при высоте опоки над решеткой до 1 м 8,0 – 10,0 г/кг; выбивающие эксцентриковые решетки грузоподъемностью до 2,5 т 3,5 – 6,0 г/кг; выбивные инерционные решетки грузоподъемностью до 10 т 6,2 – 10,0 г/кг; выбивные инерционно-ударные решетки грузоподъемностью до 30 т 14,0 – 22,0 г/кг.

– при выбивке форм и стержней, когда подвесные вибраторы при высоте опоки над решеткой до 1 м 12,0 – 16,0 кг/ч; выбивающие эксцентриковые решетки грузоподъемностью до 2,5 т 8,6 – 11,0 кг/ч; выбивные инерционные решетки грузоподъемностью до 10 т 22,0 – 25,0 кг/ч; выбивные инерционно-ударные решетки грузоподъемностью до 30 т до 100 кг/ч.

Также негативное воздействие на микроклимат литейного цеха оказывают заливочные и стержневые участки. Хотя загрязнение экологии осуществляется в меньших объемах, по сравнению с участками плавки, выбивки и смесеприготовления.

Так, например, при “горячем” отверждении стержней на стержневом участке содержание выделяющихся компонентов: фенол – 0,1 мг/м<sup>3</sup>; формальдегид – 0,05 мг/м<sup>3</sup>; метанол – 5 мг/м<sup>3</sup>.

Выбросы фенола, формальдегида, фурфурола, фурилового и метилового спирта и других веществ приходится в основном на участки изготовления стержней (85 – 100 %). Основным источником указанных выделений являются стержневые автоматы по нагреваемой оснастке.

Общее преимущество “холодных” процессов перед “горячими” – отсутствие выделений в окружающую среду токсичных компонентов (фенола, формальдегида, метанола (на стадии изготовления стержней)).

Оценка долевого участия литейных цехов в загрязнении атмосферы показала, что они составляют по пыли 80–90 %, оксиду углерода 60–70 %, диоксиду серы 90–95 %, фенолу, формальдегиду, фурфуролу и др. 95–100 %.

#### **Список использованных источников**

1. Экология литейного производства. Учебно-методическое пособие / А.Н. Болдин [и др.]. – Брянск: БГТУ, 2001. – 311 с.
2. Отраслевая экология. Конспект лекций/Н.Ф. Невар. – Минск: БНТУ, 2010. – 122с.

УДК 621.746

#### **Повышение физико-механических свойств алюминиевых сплавов при повышенной температуре**

Студент гр. 10404116 Иваненко А.Н.

Научный руководитель – Калинин А.С.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Высокая степень растворимости многих элементов в жидком алюминии при крайне незначительной растворимости в твердом состоянии делает перспективным разработку процессов быстрого затвердевания для создания конструкционных сплавов, характеризующихся высоким уровнем физико-механических свойств. Трудностями, возникающими при попытке формировать перенасыщенные растворы, является высокая электроотрицательность алюминия и его трёхвалентность. Последнее является причиной образования многообразных интерметаллических соединений, многие из которых не идентифицированных до настоящего момента. Практический и научный интерес вызывают алюминиевые сплавы, легированные переходными металлами. Для управления процессом затвердевания таких сплавов необходимо понимание особенностей структурообразования при высокой интенсивности теплоотвода.

Практический интерес представляют легирование алюминия такими элементами, как цирконий и хром. Цирконий оказывает комплексное воздействие на структуру и свойства алюминиевых сплавов. С одной стороны растворенный в алюминии цирконий повышает прочностные характеристики  $\alpha$ -твердого раствора, а с другой – тугоплавкие частицы интерметаллида  $Al_3Zr$  служат активными центрами кристаллизации и обуславливают измельчение зерна (модифицирование).

Как показали металлографический и электронномикроскопический анализы структуры быстроохлаждённых сплавов Al-Zr является сложной, не укладывающуюся в описываемую диаграммой состояния.

При скорости охлаждения  $V_{охл}=102$  К/с сплавы с добавками циркония до 0,6% находятся в однофазном состоянии, структура представляет собой пересыщенный твердый раствор цир-

кония в алюминии. При содержании циркония 0,8% и выше появляется вторая фаза  $Al_3Zr$  сначала по границам зерен  $\alpha$ -твердого раствора, а с увеличением содержания циркония до 1,5–2 % на фоне последних наблюдаются первичные кристаллы этой фазы двойкой формы: пластинчатой и иглообразной и более компактной или звездоподобной формы.

Двойная природа соединения  $Al_3Zr$  зависит от скорости охлаждения расплава. Интересно отметить, что в структуре матричной фазы сплавов с повышенным содержанием циркония (1,5–2 %), затвердевших при повышенных скоростях охлаждения, появляются характерные фигуры травления. Они выявляются на фоне твердого раствора при глубоком травлении, имеют четко очерченную примерно квадратную форму. По-видимому, эта фаза представляет собой структурные участки твердого раствора с повышенной концентрацией циркония, которая составляет около одной третьей его содержания в соединении  $Al_3Zr$ . Возникновение фигур травления в твердом растворе, по-видимому, связано с образованием частиц метастабильной фазы  $Al_3Zr$ .

Для сохранения высокой прочности пересыщенного переходным элементом алюминиевого твердого раствора важно сохранение его стабильности при повышенных температурах. Жаропрочные алюминиевые сплавы должны обладать хорошей прочностью, т.е. сохранять стойкость против распада при температурах выше 300 °С. Изучали характер структуры твердого раствора сплавов Al-Zr после отжига при 360 °С в течении 1 часа с последующей закалкой в воде, а также охлажденном после нагрева на 360 °С на воздухе. Во втором случае эффект распада пересыщенного твердого раствора на светлопольных изображениях структуры заметен сильнее. Анализ двойных сплавов свидетельствует о сложном механизме структурообразования при резко неравновесной кристаллизации Al-Zr сплавов, не являются однозначными и требуют дальнейших выяснений.

В двойной системе Al-Cr период решетчатого твердого раствора хрома в алюминии в зависимости от легирования изменяется существенно – 0,0041 Å на 1%Cr. Поскольку добавки циркония практически не влияют на параметр решетки алюминия можно допустить, что изменение последнего определяется содержанием только хрома. Анализ показывает, что максимальная растворимость хрома в твердом растворе приходится на его содержание в сплаве около 6%. При дальнейшем добавлении хрома выделяется ощутимое количество кристаллов фазы  $Al_7Cr$ , параметр решетки растет, твердый раствор обедняется хромом.

Некоторые свойства образцов из сплавов системы Al-Cr-Zr приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Составы некоторых исследованных сплавов

№	Состав	Толщина лент, мкм	Микротвердость, HV					
			после литья		после отжига			
			охлаждаемая пов-ть	свободная пов-ть	350 °С, 0,5 ч	350 °С, 1,0 ч	415 °С, 0,5 ч	415 °С, 1,0 ч
1	Al-1,5 Cr-1,5 Zr	80	87	77	73	69	69	63
2	Al-2,5Cr-2,5Zr	50	215	190	117	105	107	96
		120	150	110	104	92	92	83
3	Al-2,2 Cr-2,2 Zr-1 Mn	слиток	50	–	50	50	–	–

Тройные сплавы Al-Cr-Zr перспективны в качестве основы при разработке жаропрочных и высокопрочных промышленных алюминиевых композиций. Характер упрочнения твердого раствора в зависимости от содержания хрома в тройных сплавах с постоянным содержанием циркония – 1 %, затвердевших в кокиле ( $V_{охл} = 102$  К/с), показывает сильный рост микротвердости при добавках хрома до 2,5 %, а затем не изменяется. При 0,5 % Cr добавки

циркония до 1 % вызывают выделения компактных частиц фазы  $Al_3Zr$  (метастабильной), располагающихся в центре зерен. Увеличение содержания хрома свыше 1 % и 1 % Zr приводит к выделению первичных кристаллов избыточной интерметаллидной фазы  $Al_7Cr$ . Твердый раствор имеет направленно ячеистое строение с тонкими границами и расположенными в ячейках мелкими частицами  $Al_3Zr$ .

Образцы из быстроохлажденных лент, полученные экструзией характеризовались пределом прочности до 450 МПа при удлинении 4 %. Для оптимальных параметров горячей экструзией быстрозатвердевших лент получены значения предела прочности при растяжении до 520 МПа, что соответствует требованиям к сплавам системы алюминий-хром-цирконий для применения при повышенной температуре.

УДК 612.745

### **Подготовка и плавка стружки чёрных металлов в литейных цехах**

Студентка гр.10404118 Курач Д.И., гр. 10404115 Цыганков А.А.

Научный руководитель – Ровин С.Л.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Из всех видов промышленных отходов, поступающих на металлургические заводы для переплавки, максимальная доля приходится на стружку и мелкий скрап (около 40 %). Очевидно, что состояние этого вида сырья будет влиять на качество выплавляемых сплавов больше, чем другие типы отходов.

Стружка образуется в результате механической обработки заготовок условно можно разделить на следующие виды [1]: стружка скалывания (образуется при обработке твёрдых и недостаточно вязких металлов), ступенчатая (получается при обработке металлов средней твёрдости при небольшой глубине резания и при хорошо заточенном резце), сливная и вьюнообразная (получается при обработке вязких или весьма мягких металлов, как, например, медь, олово, свинец, мягкая сталь и т. п.) и стружка надлома (получается при резании твёрдых и хрупких металлов).

К основным проблемам переработки стружки относятся:

- ✓ большие затраты на транспортировку и хранение;
- ✓ неопределённость состава (особенно при централизованном сборе стружки из множества различных источников);
- ✓ дисперсность и неоднородность по структуре и размерам частиц;
- ✓ загрязнённость маслами, ржавчиной, высокая влажность.

Использование стружки в исходном состоянии в качестве шихты для традиционных плавильных агрегатов приводит к снижению темпов плавки, увеличению энергозатрат на расплавление, ухудшению качества металла, перерасходу флюсов и ферросплавов, увеличению выбросов загрязняющих веществ. Способы подготовки стружки к плавке [2]:

а) дробление вьюнообразной и сливной стружки (эта операция позволяет измельчить стружку до размеров 0,5–5 мм);

б) очистка от загрязнений, масел и влаги (центрифугирование, мойка с последующей сушкой, выжигание и другие способы);

с) холодное брикетирование (включает в себя грохочение стружки, подпрессовку и собственно брикетирование). Брикет, полученный холодным прессованием, имеет относительно невысокую плотность ( $\sim 4500\text{--}5000 \text{ кг/м}^3$ ) и прочность, в нём сохраняется до 2,5–3% масел и влаги, а также загрязнения и окислы, которые были в исходной стружке;



d) горячее брикетирование (осуществляется путем повторного прессования после нагрева стружки до 800–900 °С). Этот способ позволяет получить брикеты из стальной и чугуновой стружки плотностью до 6000 кг/м<sup>3</sup>, без масел и влаги. Однако стоимость таких брикетов зачастую превышает стоимость первичных шихтовых материалов – литейных и переделных чугунов.

Большое внимание уделяется процессу очистки стружки от примесей, так как органические загрязнения резко снижают металлургическую ценность брикетов. Применяют различные способы очистки: центрифугирование – отделение СОЖ и масел центробежными силами; промывка горячей водой или щелочными растворами с последующей сушкой; обжиг в нагревательных печах в основном барабанного типа.

Главным недостатком центрифугирования всех типов является сохранение после обработки до 1,5–2 % масел и влаги, а также забивание грязью и мелкой стружкой отверстий сепаратора для удаления масла, что заметно ухудшает обработку. В конструкциях современных установок могут быть предусмотрена промывка дренажной системы, а также подогрев, но это усложняет конструкцию и повышает энергопотребление.

Промывка – трудоемкий и дорогостоящий процесс, включающий 3–4 – кратную промывку горячей водой (95 °С) с ПАВ или щелочными растворами, а затем сушку во вращающейся или камерной печи.

Все названные выше способы очистки недостаточно эффективны из-за высокоразвитой поверхности стружки, имеющей к тому же микротрещины и другие дефекты, а также из-за высоких адгезионных способностей железа и его оксидов, прочно удерживающих растворы с поверхностно-активными веществами. Только обжиг позволяет удалить практически все примеси: органические, влагу, масло, ПАВ и т. п., однако при этом возникает опасность потери металла из-за окисления поверхности стружки, как в процессе нагрева, так и при последующем хранении[2].

Наиболее распространенный способ подготовки стружки сегодня – холодное брикетирование после предварительной очистки. Однако низкая плотность и прочность получаемых брикетов, сложность оборудования и периферийных устройств, большие энергозатраты и другие недостатки технологии заставляют специалистов продолжать поиски как в области техники и технологии формирования брикетов, так и альтернативных методов переработки стружки. Так, в последнее время появились линии вибропрессования, технологии создания комплексных брикетов с использованием связующих, науглероживателей, пластификаторов, контролируемого увлажнения, флюсов и др. Однако это неизбежно приводит к удорожанию брикетов и дополнительным затратам в процессе плавки на разогрев и удаление побочных продуктов.

Принципиально другой подход к переработке стружки предложили учёные и специалисты БНТУ совместно с ГГТУ им. П.О. Сухого – переработку стружки мелкого скрапа без предварительной очистки и подогрева в ротационных наклоняющихся печах (РНП). Это сравнительно новый тип вращающихся печей, снабженный устройством для наклона или качания в вертикальной плоскости вокруг оси крепления в передней части корпуса.

Такие печи, сохранив достоинства барабанных печей (высокая эффективность и скорость нагрева дисперсных частиц), имеют ряд дополнительных преимуществ: многократно увеличенное время контакта горячих газов с материалом, более полное использование рабочего пространства, высокую скорость нагрева и плавления материала за счет перемешивания, как в радиальном, так и в осевом направлении, возможность рафинирования, управления составом атмосферы в печи, и, соответственно, значительно более высокий КПД и темп плавки [3].

Подобные печи уже используют в Европе для выплавки чугуна как альтернативу вагранкам и индукционным печам, например печи компании «Sogemi» (Италия). Однако их применение для переработки дисперсных железосодержащих отходов является мало исследованным процессом. Для переработки стальной, в том числе окисленной, стружки в таких

печах необходимо применять обогащение дутья кислородом или топливо–кислородные горелки, обеспечивающие требуемый для расплавления низкоуглеродистой шихты и восстановленного железа перегрев в рабочем пространстве печи.

В начальный период в печах поддерживается режим безокислительного нагрева (до 900 °С) в течение времени, необходимого для выжигания загрязнений, затем температура повышается до 1200 °С для проведения восстановления оксидов (длительность определяется окисленностью стружки), после этого за счет подачи кислорода температура повышается до 1600–1750 °С для плавления, перегрева металла и рафинирования.

Преимуществом таких печей является отсутствие в выбросах сажи, паров масел и продуктов деструкции органических веществ, которые активно дожигаются непосредственно в рабочей зоне. Дополнительные преимущества по экономии энергоносителей могут быть обеспечены при использовании дуплекс-процесса, если полученный в РНП жидкий металл (с известным химическим составом) используется непосредственно в завалке основных производственных электропечей, в которых производится плавка чугуна и стали. При этом удельный расход на получение марочных сплавов может быть снижен с 600–800 кВт·ч/т до 100–150 кВт·ч/т [3].

#### **Список использованных источников**

1. Мельников, В.Е. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ по «Обработке материалов резанием» Дисциплина для специальности 050502.65 «Технология и предпринимательство», [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/2548352/page:16>. – Дата доступа: 09.03.2019.

2. Международный научно-технический журнал «Металлургия машиностроения» [Электронный ресурс. – Режим доступа: // <http://masters.donntu.org/2013/fimm/babak/library/article2.htm>. – Дата доступа: 09.03.2019.

3. Опыт утилизации металлической стружки /Д.М. Кукуй [и др.] // Литье и металлургия. – 2009. – № 1. – С. 47–50.

УДК 621.742.486

#### **Использование неорганических связующих материалов для изготовления литейных стержней**

Студенты гр. 10404117: Мисюченко В.С., Пономаренко И.В., Перов Н.Н.  
Научный руководитель – Гуминский Ю.Ю.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

При изготовлении отливок в разовых песчаных формах используются стержни, образующие внутренние полости в отливках. Литейные стержни со всех сторон окружены расплавленным металлом в момент заливки форм, а при охлаждении металла испытывают сжимающее усилие, поэтому стержням предъявляют повышенные требования.

Стержневая смесь – многокомпонентная система материалов, состоящая из огнеупорного наполнителя и связующих органического или неорганического происхождения. Так же в состав стержневых смесей вводят различные добавки для повышения различных технологических свойств. Выбор связующего материала зависит от различных критериев, таких как: вид металла, способ плавки, его доступность, стоимость и т.д.

К неорганическим связующим относятся: глина, жидкие стёкла, цемент, гипс. Однако при изготовлении стержневых смесей формовочная глина не обеспечивает требуемой прочности стержней.

Стержневые смеси с металлофосфатными связующими обладают высокой упрочняющей способностью, термостойкостью, нетоксичностью, высокой долговечностью. При «за-

твердении» огнеупорных материалов происходит полимеризация фосфатных связок – объединение существующих или вновь образовавшихся соединений в крупные молекулы, что и приводит их к затвердеванию. Под действием термонагрузок фосфатные связующие становятся хрупкими, что позволяет выбивать стержни из отливок механическим способом.

Жидкое стекло представляет собой водный раствор силиката натрия  $\text{Na}_2\text{O} \cdot m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ . Особенностью жидкого стекла является способность быстро затвердевать при продувке углекислым газом или при тепловой обработке. Тепловую сушку применяют крайне редко, т.к. данный процесс является весьма энергозатратным и как следствие дорогостоящим.  $\text{CO}_2$ -процесс обладает рядом преимуществ: низкая стоимость исходных материалов и их доступность; простота технологии, экологическая безопасность процесса. Однако, основными недостатками процесса являются затрудненная выбиваемость, большие трудозатраты на финишных операциях, затрудненная регенерация отработанных смесей, большой объем вывоза их в отвал.

Цементы были первыми связующими, примененными в 30-е годы для изготовления форм, отверждаемых на воздухе. Цемент получают путем обжига при 1300–1450°С до спекания измельченных смесей природных пород известняка и глины или других минералов. Упрочнение форм основано на гидратации при взаимодействии с водой минералов цемента с образованием кристаллогидратов, которые, срастаясь, создают связи между песчинками смесей. Недостатком цементов, как связующих, является снижение активности при длительном хранении вследствие образования гидратных оболочек на их частицах.

Учитывая все преимущества и недостатки неорганических связующих материалов можно сделать вывод об их высоком потенциале в отличие от органических связующих материалов, неорганические являются экологически чистыми. Они имеют более низкую цену, а также хорошо выдерживают воздействие высоких температур.

#### **Список использованных источников**

1. Кукуй, Д.М. Теория и технология литейного производства. Формовочные материалы и смеси/ Д.М. Кукуй, Н.В. Андрианов // уч. пособие – Мн.: БНТУ, 2005. – 301 с.

УДК 621.746

#### **Применение неравновесного затвердевания для получения новых материалов**

Студент гр. 10404116 Прищепчик Н.И.

Научный руководитель – Калиниченко А.С.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Современное развитие техники требует создание новых материалов с заданными свойствами, которые должны превосходить существующие по своим эксплуатационным характеристикам. Огромные возможности в создании новых материалов с уникальными свойствами (включая аморфные металлические материалы) открыли процессы неравновесного затвердевания, протекающие при высоких скоростях охлаждения расплава. При высоких скоростях охлаждения в процессе кристаллизации сплавов формируются метастабильные структуры в данной температурно-концентрационной области, к особенностям которых относятся: пересыщенные твердые растворы, образование промежуточных и аморфных фаз, изменение структурных морфологий и др. Фиксирование неравновесных состояний весьма перспективно с точки зрения улучшения комплекса физико-механических свойств сплавов, полуфабрикатов и готовых изделий из них.

Применительно к металлическим материалам эффекты скоростного затвердевания проявляются при высоких скоростях охлаждения сплава из жидкого состояния ( $10^2 - 10^{10}$  К/с). Достижение таких высоких скоростей охлаждения возможно при эффективном отводе теп-

лоты от жидкого металла и малых геометрических размеров, хотя бы в одном направлении. Для достижения высоких эксплуатационных свойств в готовых изделиях необходимо, чтобы в процессе затвердевания формировалась определенная микроструктура.

Характер формирующихся микроструктур зависит от многих параметров: химического состава сплава, скорости охлаждения из жидкого состояния до момента начала кристаллизации, переохлаждения на фронте затвердевания, интенсивности теплообмена в процессе затвердевания и последующего охлаждения, особенности структурных превращений в твердом состоянии и др. Отсюда видна решающая роль управления технологическими параметрами для обеспечения контролируемых и предсказуемых условий кристаллизации и последующего затвердевания отливки, благодаря чему возможно создавать изделия с требуемыми свойствами.

Главной задачей, которая решается при создании новых сплавов, является улучшение эксплуатационных характеристик изделия. Повышение физико-механических свойств можно добиться, в первую очередь, за счет измельчения зерна, благодаря чему происходит измельчение всех структурных составляющих, а также подавляются в большей или меньшей мере сегрегационные явления. Причем измельчение зерна может происходить как в процессе затвердевания, так и в ходе фазовых превращений в твердом состоянии.

Рассмотрим методы воздействия на процесс измельчения зерна в процессе затвердевания. Эти методы можно разделить на три основные группы: а) термические; б) основанные на введении модифицирующих добавок; в) использующие различные энергетические воздействия.

В термических процессах измельчение зерен происходит за счет создания глубокого переохлаждения в расплаве и увеличение количества центров кристаллизации. Существует ряд методов создания значительных переохлаждений. Например, возможно подавление зародышеобразования в объеме расплава при низких скоростях охлаждения за счет механического удаления возможных центров кристаллизации (например, за счет центрифугирования расплава) или создание условий, препятствующих появлению центров кристаллизации. Кроме того, глубокое переохлаждение жидкого металла можно обеспечить за счет высоких скоростей охлаждения от температуры заливки до момента начала кристаллизации (эффект закалки из жидкого состояния).

При низких скоростях охлаждения ( $<10$  К/с) процесс затвердевания идет по хорошо изученной и описанной схеме при незначительном переохлаждении расплава. При более высокой скорости охлаждения кристаллизация начинается при температуре  $T_2$  значительно ниже равновесной температуры солидуса  $T_c$ . В результате затвердевания выделяется скрытая теплота кристаллизации, и температура расплава поднимается (процесс рекалесценции) до величины  $T_3$  немного ниже равновесной температуры затвердевания. Далее кривая охлаждения имеет плато, и процесс затвердевания продолжается по обычной схеме. Поскольку процессы закалки из жидкого состояния могут быть реализованы только в тонких сечениях, то можно предположить одномерную задачу затвердевания и отсутствие температурных перепадов по сечению. Скрытая теплота кристаллизации  $L$  частично рассеивается теплопроводностью в затвердевшем слое и частично отводится в охлаждающую среду (например, стенка формы). В результате поглощения выделяющегося тепла происходит рост температуры отливки. Уравнение теплового баланса в этом случае:

$$L \cdot \rho \cdot v = \alpha(T_1 - T_2) + X \cdot \rho \cdot c \cdot dT / dt,$$

где  $v = dy/dt$  – скорость затвердевания;

$y$  – толщина затвердевшего слоя;

$dT/dt$  – скорость роста температуры в затвердевшем слое;

$T_1, T_2$  – температура затвердевшего слоя и теплоотводящей поверхности соответственно

Установлено, что для сплавов Cu – 30 ат.%Ni, Cu – 30 ат.%Ni – 1 ат.% при переходе критического значения переохлаждения (180–220 К) величина зерна уменьшается на 2 порядка, а скорость роста дендритов увеличивается на порядок. Кроме того, увеличение

внешнего теплоотвода способствует измельчению микроструктуры и подавлению рекристаллизации.

Успехи в снижении удельной плотности сплавов при одновременном увеличении модуля упругости были достигнуты при легировании алюминия литием в количестве до 4 %, что значительно выше, чем в сплавах, получаемых слитковой технологией.

Прочность коррозионностойких алюминиевых сплавов 7000-й серии (типа В95) была повышена путем дисперсионного упрочнения с кобальтом и цирконием. Благодаря процессам скоростного затвердевания были значительно расширены области растворимости в твердом состоянии (до 3...10 %) переходных и редкоземельных металлов (Fe, Ni, Co, Mn, Ce и др.) и повышены физико-механические свойства при повышенной температуре на 15–20 %.

Перспективно использования неравновесного затвердевания для повышения эффективности действия промышленных модификаторов для чугунного и алюминиевого литья. Установлено, что применение переработки этих модификаторов в процессах скоростного литья позволяет на 20–40 % повысить эффективность модифицирующего действия при обработке расплавов. Значительным преимуществом быстро затвердевших ленточных модификаторов для чугунного литья является возможность применения для внутриформенного модифицирования при производстве ЧШГ. Высокие скорости охлаждения позволяют значительно повысить технологические свойства стронций-содержащих лигатур для алюминиевого литья.

Таким образом, неравновесные условия затвердевания позволяют измельчить структуры, расширить область легирования тугоплавкими элементами и, как следствие, повысить физико-механические свойства сплавов.

УДК 621.74

#### **Способы предварительного подогрева металлошихты для электроплавки чугуна и стали**

Студент гр.10404118 Дикун А.О., гр. 10404115 Ярошевич А.И.

Научный руководитель – Ровин С.Л.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Предварительный подогрев шихты является одним из самых эффективных способов интенсификации электроплавки чугуна и стали.

Помимо сокращения удельных затрат на плавку предварительный подогрев шихты способствует: увеличению срока службы печи, повышению качества металла, снижению себестоимости продукции, улучшению экологических характеристик плавки [1].

Подогрев шихты может осуществляться как внутри печи (непосредственно в рабочем пространстве печи или в комбинированных установках), так и вне её на пластинчатых конвейерах, подающих шихту в плавильные печи, на стендах в завалочных бадьях, во вращающихся проходных печах, в специальных нагревательных камерных печах и т.д.

Подогрев может осуществляться при помощи отходящих от плавильной печи газов, или на установках с автономным источником энергии: потоком движущихся над слоем шихты или проходящих через шихту горячих газов, полученных при сжигании топлива, излучением от нагретых поверхностей, а также с помощью индукционного нагрева. При этом наиболее простыми и надежными в обслуживании и эксплуатации являются автономные установки с газовым подогревом шихты. Наиболее экономичными, но существенно более сложными и дорогими являются установки подогрева шихты, использующие тепло отходящих от плавильных агрегатов дымовых газов. Использование вторичных энергоресурсов (ВЭР) вызывает проблемы, связанные с синхронизацией работы печи и установки подогрева, а также необходимостью проведения дополнительных мероприятий, направленных на повышение стабильности и эффективности работы системы пылегазоочистки, что значительно увеличивает инвестиционные затраты на установки такого типа.

К комбинированным установкам в которых осуществляется и плавка и нагрев шихты, в первую очередь, относятся шахтно-дуговые печи [1], как правило, это установки большой ёмкости и мощности (от 100 тонн и более). Стоимость таких печей в 2-3 раза выше цены обычных электродуговых печей. При эксплуатации таких печей значительные проблемы возникают с аспирацией и пыле-газоочисткой: в слое нагреваемой шихты газы, отходящие из ДСП, дополнительно насыщаются продуктами испарения и деструкции органических соединений, аэрозолями и частичками синтетических материалов (масла, краска, пластмасса и т. п.). Высокодисперсные органические вещества и сажистый углерод, осаждаясь на фильтрах и накапливаясь в слое уловленной аспирационной пыли, способны к интенсивному окислению и разогреву, что может привести к возгоранию в газоходах и тканевых фильтрах.

Подогрев шихты на пластинчатых конвейерах осуществляется за счёт движения над шихтой горячих печных газов, либо продуктов сжигания природного газа, в горелках, установленных над конвейером [2]. В процессе подачи в печь может осуществляться и индукционный нагрев шихты: чаще всего такой способ нагрева используется для мелкого скрапа или стружки, и осуществляется в печах с вращающимся корпусом, установленным под углом к горизонту.

К общим недостаткам подогрева на конвейере относятся низкий КПД и значительное окисление поверхности шихты.

Альтернативой, особенно для действующего литейного производства, является подогрев шихты в завалочных бадьях. При этом могут использоваться варианты нагрева, как за счет тепла отходящих газов, так и за счет использования дополнительного топлива – преимущественно природного газа.

В то же время нагрев в завалочных бадьях имеет наряду с очевидной привлекательностью существенный недостаток: невозможно нагреть шихту, не нагревая в то же время корпус бадьи. Причем температура нагрева самой бадьи при контакте с горячими газами при продувке в них шихты, даже выше, чем шихты. Сопротивление движению газов вдоль корпуса бадьи, как правило, меньше, чем в центральной части слоя, соответственно, больше скорость теплоносителя и конвективный теплообмен.

Однако этот недостаток может быть легко устранён путём достаточно простой доработки – установки в бадью вставки, создающей воздушный зазор между корпусом и металлошихтой. Вставка экранирует тепловой поток, а воздушный зазор обеспечивает теплоизоляцию. Такая доработка позволяет практически получить «бадью-термос» (рисунок 1) [3].

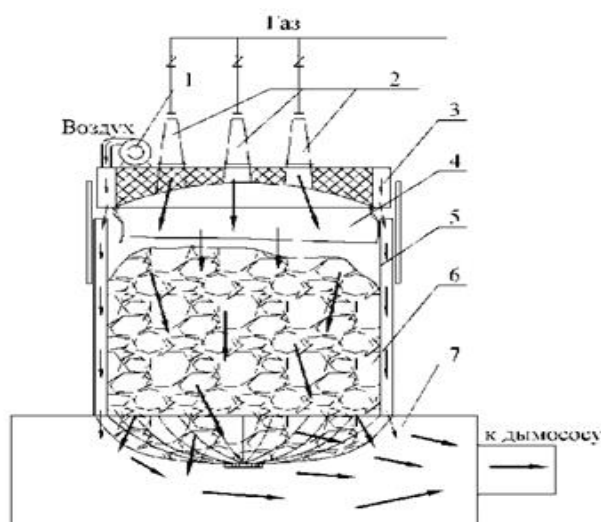


Рисунок 1 – Схема работы «бадьи-термоса»:

1 – продувочный вентилятор; 2 – горелки; 3 – коллектор обдува;  
4 – огнестойкая завеса; 5 – вставка; 6 – нагреваемая шихта; 7 – корпус стэнда

Автономные установки подогрева шихты в завалочных «бадьях-термосах» позволяют нагреть шихту до 700–800 °С за 15–20 минут, при удельном расходе природного газа на уровне 10–15 м<sup>3</sup>/т, что является одним из самых лучших показателей для установок подогрева.

Высокий КПД, компактность, невысокая стоимость и простота обслуживания установок высокотемпературного подогрева металлошихты в завалочных бадьях-термосах делает эти установки одним из наиболее эффективных решений, обеспечивающих энергосбережение и интенсификацию процесса при электроплавке чугуна и стали в литейных цехах.

#### Список использованных источников

1. Некоторые аспекты использования дуговых сталеплавильных печей шахтного типа / С.В. Павельев, Е.А. Чернышов // Успехи современного естествознания. – 2012. – № 6. – С. 44–45.
2. Системы сушки и предварительного нагрева Inductotherm [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://atlanta-beltrade.com/product/drying-and-preheating-systems-inductotherm>. – Дата доступа: 02.03.2019.
3. Высокотемпературный подогрев шихты в загрузочных бадьях / Л.Е. Ровин, С.Л. Ровин // Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого. – 2014. – № 1. – С.29–38.

УДК 621.531

#### Силовой анализ плоского шарнирно-рычажного механизма с использованием SOLIDWORKS

Студенты гр. 10404115: Радионов М.В., Мартинкевич А.А.  
Научный руководитель – Одиночко В.Ф.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Силовой анализ начинается с построения кинематической схемы механизма в программе SOLIDWORKS (рисунок 1). При этом план механизма строится с учётом масштабного коэффициента длины, например  $\mu_l = 4 \frac{\text{м}}{\text{мм}}$ , для положения входного звена, (кривошипа) соответствующего крайнему положению выходного звена (ползуна) [1].

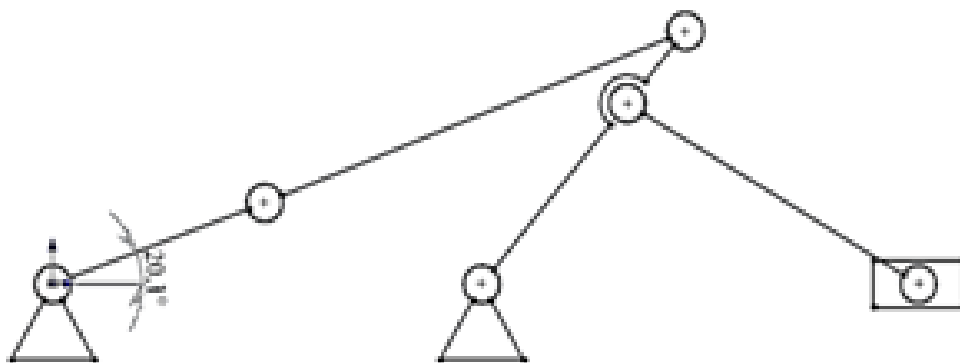


Рисунок 1 – Кинематическая схема механизма в программе SOLIDWORKS

Затем подключается функция SOLIDWORKS Motion и проводится кинематический анализ механизма.

Силовой анализ механизма начинается с построения график потребления энергии. Для этого кнопкой “Результаты и эпюры” открывается окно диалога *Результаты* в котором выбираются нужные параметры (рисунок 2).

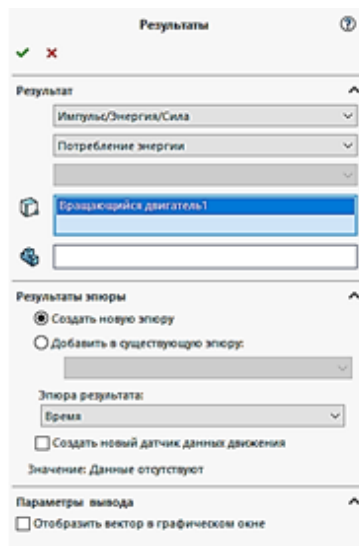


Рисунок 2 – Окно диалога Результаты

В результате (рисунок 3) получается график характеризующий зависимость потребления энергии механизмом от угла поворота входного звена (кривошипа).

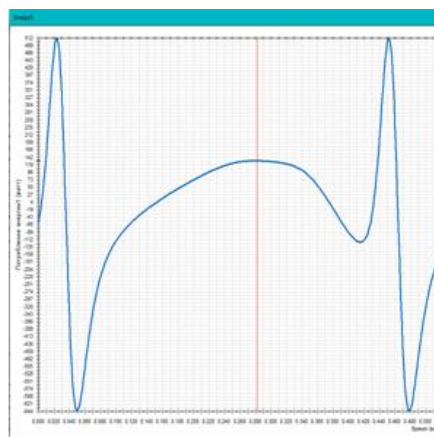


Рисунок 3 – Потребление энергии

Для более точных расчётов потребляемой энергии полученные значения можно сохранить в MS Excel (рисунок 4, 5) и провести вычисления.

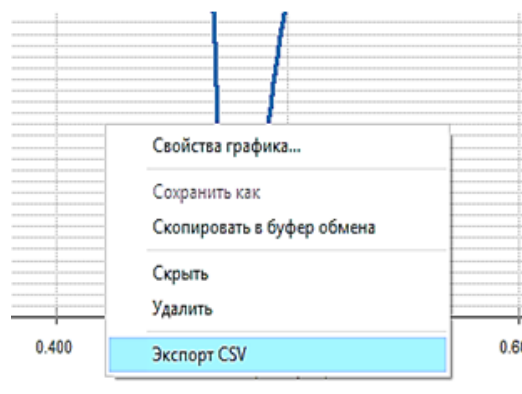


Рисунок 4 – Экспорт CSV



281	0.278,131.936020912388
282	0.279,131.947664191763
283	0.28,131.944462722944
284	0.281,131.92693814769
285	0.282,131.895605242593
286	0.283,131.850969259091
287	0.284,131.793523014249
288	0.285,131.723744089975
289	0.286,131.642091842446
290	0.287,131.549004432652
291	0.288,131.444895784883

Рисунок 5 – Значения потребления энергии

Результатом расчётов являются значения величин потребляемой механизмом энергии. Например, потребляемая энергия на 0,286 секунде вращательного движения кривошипа без учета масштабного коэффициента длины равна 131,64 Ватт. Полученные значения должны быть пересчитаны с учетом масштабного коэффициента длины (умножены на 4 для данного конкретного случая).

Уравновешивающий момент равен:

$$M_{ур} = \frac{N * 4}{\omega_1} = \frac{131,64 * 4}{14,66} = 35,92 \text{ Нм}$$

Результат полностью совпадает с результатом силового анализа данного механизма, полученным графо-аналитическим способом.

#### Список использованных источников

1.Одинокко, В.Ф. Использование программы КОМПАС-3D для построения планов рычажного механизма. Учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства». Учебное электронное издание. Регистрационный номер БНТУ/МТФ 32–46. – 2015. – 26 с.

УДК 621.74

#### Использование цинковых сплавов в качестве антифрикционных материалов

Студенты гр. 10404116: Горбань И.Н., Дудинская Ю.В., Телешова Е.В.  
 Научный руководитель доцент – Рудницкий Ф.И.  
 Белорусский национальный технический университет  
 г. Минск

Сплавы на цинковой основе в качестве антифрикционных получили меньшее распространение, чем медные, но в ряде случаев они с успехом заменяют бронзы при ответственных условиях работы деталей. Большой положительный опыт их использования накопился в подвижном составе железнодорожного транспорта. Невысокая температура плавления и повышенная размягчаемость в связи с этим облегчает их прирабатываемость.

Сплавы системы цинк-алюминий-медь – могут более широко использоваться в качестве антифрикционных материалов, которые во многих случаях способны заменить оловянную бронзу, а в некоторых условиях эксплуатации и оловянный баббит марки Б83. При нагрузке

на пару трения 50кгс/см<sup>2</sup> со смазкой коэффициент трения сплава ЦАМ 10-5 в паре со сталью 45 (49–51 HRC) составляет 0,009, износ – 0,017 мг/(см<sup>2</sup>·км). Коэффициент трения баббита Б83 при тех же условиях 0,005.

Цинковые сплавы представляют большой интерес для промышленности Республики Беларусь, прежде всего, как заменители оловянных бронз. Они отличаются высокими механическими и антифрикционными свойствами, не дефицитны и весьма экономичны. Из антифрикционных сплавов на основе цинка по оптимальному сочетанию алюминия и меди могут быть использованы несколько: ЦАМ 10–1, ЦАМ 10–5, ЦАМ 30–5 и аналогичные. Наибольший интерес для замены литейных антифрикционных бронз БрОЦС 6–6–3, БрОЦС 5–5–5, а в некоторых случаях БрОС 8–12, БрОФ 10–1, представляет цинковый сплав ЦАМ 10–5, содержащий 9–11 % алюминия, 4–6 % меди и цинк (остальное). Сплав отличается от ЦАМ 10–1 более высокими антифрикционными и прочностными свойствами, а от сплава ЦАМ 30–5 меньшей склонностью к усадке. Он и предлагается в качестве базового для дальнейшего исследования возможности использования в узлах трения. Свойства цинкового сплава и заменяемой бронзы БрОФ 10–1 приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Свойства бронзы БрОФ 10-1 и цинкового сплава ЦАМ 10-5

Сплав		<i>БрОФ 10-1</i>	<i>ЦАМ 10-5</i>
температура плавления, °С		934	395
плотность, т/м <sup>3</sup>		8,76	6,3
прочность, $\sigma_b$ , МПа		250–350	300
относительное удлинение, $\delta$ , %		3–10	2
твердость НВ		90–120	90
коэффициент трения	со смазкой	0,008	0,009
	без смазки	0,10	0,35
температура заливки, °С		1150	480
линейная усадка, %		1,44	1

Приведенные результаты свидетельствуют о том, что при условии улучшения некоторых свойств, а также обеспечения эффекта самосмазывания в результате введения в состав при плавке определенных добавок, сплав на основе цинка может быть успешно использован в качестве заменителя бронз.

УДК 621.745.551

### Применение ультрадисперсных добавок для модифицирования чугунов

Студенты гр. 10404117: Волот К.В., Трусевич Е.А.,  
гр. 10404115 Михолап В.И., Уласик А.С.

Научные руководители – Рудницкий Ф.И., Куликов С.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

В настоящее время в науке и технике расширяется применение нано- и ультрадисперсных материалов инанотехнологий, разрабатываются и осваиваются новые способы получения и применения наноразмерных материалов. Это актуально также и для литейного производства.

Выбор материала частицы определяется желаемым эффектом при модифицировании и требует тщательного изучения. В работе [1] автор расположил соединения в ряд по величине уменьшения инокулирующей способности в расплаве: порошок, изоморфный сплаву (например: сталь - железный порошок) – интерметаллиды – карбиды – нитриды – бориды –

сульфиды – оксиды. Характерен тот факт, что оксиды расположены последними, в связи с чем, автор отметил, что например чистый алюминий эффективно влияет на переохлаждение стали, но будучи связанный в оксид утрачивает эту способность. В этой же работе отмечено различное влияние порошка марганца на переохлаждение железа в зависимости от температуры, при которой добавка-инокулятор. вводится в расплав.

При производстве самих наноразмерных материалов, их свойства определяются параметрами технологического процесса – температурой, давлением и т.п. Однако, для достижения максимальной эффективности ультрадисперсных частиц, в процессе изготовления модификатора на их основе так же целесообразно применять различные дополнительные воздействия. В этом плане большой интерес вызывает природное явление самоорганизации наночастиц, с учетом которого при правильном физическом воздействии на частицы можно добиться управляемой самоорганизации нанообъектов в кластеры [2–4], обеспечивающие модифицирующему комплексу максимальную эффективность. При этом, учитывая то, что на поверхности нанокластеров наибольшей реакционной способностью обладают атомы, расположенные в вершинах объекта [5], можно ожидать той или иной направленности реакции в металлических расплавах.

Физические воздействия для получения УДМ так же накладывают определенные ограничения. Компактирование нанопорошков, к примеру, не позволяет получить образцы с высокой плотностью ввиду значительной пористости. В случае применения высокотемпературной обработки нанопорошки могут выйти из наноструктурного состояния.

Само поведение частицы в расплаве так же требует уточнения. В работе [1] отмечено, что моделирование движения частиц в водной среде показывает погружение частиц в области дна формы с последующим конвективным подъемом в остальные части расплава. При этом были подобраны материалы с соответствующей плотностью.

В то время как математическое моделирование [6] показывает, что без учета плотности объектов, погружения частиц в глубину не происходит, для чего требуется дополнительная энергия – вдув порошка газом-агентом и т.п. Таким образом, определение параметров производства УДМ в настоящее время является весьма важной проблемой, требующей дополнительных исследований.

УДМ целесообразно применять комплексно, совмещая инокулирующую способность модификатора с процессом микролегирования металлической матрицы. При таком подходе применение УДМ открывает широкие перспективы для разработки новых технологических процессов получения отливок, а так же позволяет повысить качество выпускаемого литья.

#### **Список использованных источников**

1. Затуловский, С.С. Суспензионная разливка / С.С. Затуловский – Киев: «Навукова думка», 1981. – 260 с.
2. Крушенко, Г.Г. Проблемы определения размеров наночастиц / Крушенко Г.Г., Решетникова С.Н. – Вестник СибГАУ им. М.Ф. Решетнева. – № 2. – 2012. – С.167–170.
3. Ципотан, А.С. Контролируемое лазерным излучением формирование наноструктур с заданной топологией / А.С. Ципотан, Н.Э. Лямкина, А.В. Шамшурин. – Сборник статей «Ультрадисперсные порошки, наноструктуры, материалы. VI ставеровские чтения», – Красноярск, СФУ. – 2012. – С. 81–84.
4. Лапсина, П.В. Влияние внешних воздействий на образование никеля из кристаллической соли / П.В. Лапсина, Е.И. Кагакин – Сборник статей «Ультрадисперсные порошки, наноструктуры, материалы. VI ставеровские чтения», – Красноярск, СФУ. – 2012. – С. 95–98.
5. Попов, Ю.В. Наноразмерные частицы в катализе: получение и использование в реакциях гидрирования и восстановления / Ю.В. Попов [и др.]. – Известия ВолгГТУ. – 2014, том 12. – №7. – С. 5–44.
6. Лихошва, В.П. Моделирование динамики движения частицы на границе газ-жидкость и в жидких средах / В.П. Лихошва [и др.]. – Процессы литья. – 2012. – №6– С. 65–71.

**Влияние меди и железа на структуру алюминия при неравновесном затвердевании**

Студентка гр. 10404116 Телешова Е.В.

Научный руководитель – Калиниченко А.С.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Рассмотрим особенности процесса формирования структур сплавов на основе алюминия, полученных в неравновесных условиях затвердевания. Представляет интерес провести анализ влияния меди на структуру алюминия при сильно неравновесных в условиях затвердевания. В условиях неравновесной кристаллизации сплавов однофазной области (Al-Cu) с повышением скорости охлаждения средняя концентрация легирующего элемента в твердом растворе сначала снижается, при какой-то скорости ( $V_{кр}$ ) становится минимальной, а затем возрастает до исходной в сплаве.

В неравновесных двухфазных сплавах концентрация твердого раствора также непостоянна (как в случае условий, приближающихся к равновесным); она повышается с прибавлением второго компонента в сплаве, при определенном его содержании проходит через максимум и снижается при дальнейшем легировании. Чем выше скорость охлаждения расплава, тем при более высоком содержании легирующего элемента достигается его концентрация в неравновесном твердом растворе. Содержание легирующих элементов в сплавах составляло от 2,0 до 40,0 вес. % для меди. исследования фазового состава и структур проводились для скорости охлаждения жидкого металла  $V_{охл}$ , равной  $10^1$ ,  $10^2$  и  $10^5$  К/с. Результаты определения растворимости меди в неравновесном  $\alpha_{Al}$ -твердом растворе в зависимости от ее содержания в сплаве и скорости охлаждения при кристаллизации представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Среднее содержание меди в  $\alpha_{Al}$ -фазе, вес. %

$V_{охл}$ , К/с	Содержание меди в сплаве, %								
	2	5	10	15	18	20	25	30	33
$10^{-1}$	1,2	3,2	2,9	3,5	–	3,6	3,3	2,1	1,6
$10^2$	0,7	2,7	2,5	2,8	–	2,6	2,0	1,75	1,2
$10^5$	1,85	3,85	3,5	4,25	4,8	4,75	3,9	2,5	–

Как видно, значения средней концентрации твердого раствора для различных составов сплавов при каждой скорости охлаждения существенно отличаются и далеко не достигают предельной растворимости меди в  $\alpha$ -фазе (5,7% Cu) в принятых условиях кристаллизации. Максимальная средняя концентрация меди в твердом растворе составила 4,8% при содержании ее в сплаве 18-20% и скорости охлаждения  $10^5$  К/с. Минимальная растворимость меди в неравновесном  $\alpha_{Al}$ -твердом растворе (1,2–1,6%) оказалась в эвтектическом сплаве 33% и дальше остается на том же уровне.

Фазовый состав быстрозатвердевших образцов ( $V_{охл}=10^4$ - $10^5$  К/с) отличается от состава, сложившегося в условиях, более близких к равновесным, и зависит от содержания второго компонента в сплаве. Структура исследованных сплавов, охлажденных с малой скоростью ( $10^1$  К/с), состоит из первичных дендритов  $\alpha_{Al}$ -твердого раствора и стабильной эвтектической  $\theta$ -фазы ( $CuAl_2$ ). При повышении интенсивности охлаждения до  $10^2$  К/с наряду с равновесной на рентгенограммах фиксируются спектры второй метастабильной фазы  $CuAl$ , которые сохраняются в сплавах с содержанием меди до 20%, а при скорости  $10^5$  К/с – во всех сплавах доэвтектической концентрации (33%Cu).

Начиная с 15% меди, при максимальной скорости кристаллизации сплавов на рентгенограммах появляются линии другой метастабильной фазы  $Cu_3Al_2$ , а при меньших скоростях охлаждения эта фаза обнаруживается в сплавах с 25%Cu и более. Таким образом, с появле-

нием богатых медью вторичных метастабильных фаз  $\text{CuAl}$  и  $\text{Cu}_3\text{Al}_2$  можно связать некоторое снижение концентрации меди в твердом растворе при ее содержании в сплавах 5–10% и особенно заметное в сильнолегированных сплавах двухфазной области, содержащих свыше 20% Cu (вплоть до эвтектического состава), закристаллизованных с большими скоростями.

Известно, что железо относится к нежелательным элементам в алюминиевых сплавах, так как присутствие железа ведет к дендритному затвердеванию и образованию интерметаллических соединений  $\text{Al}_3\text{Fe}$  или  $\text{Al}_6\text{Fe}$ . В тоже время, железо способствует повышению жаропрочности алюминиевых сплавов, если присутствует в виде мелких дисперсоидов или в твердом растворе алюминия. Применение неравновесных условий затвердевания, которые наблюдаются при скорости охлаждения  $10^2 - 10^6$  К/с, позволяют избегать грубых выделений первичных интерметаллидов железа (рисунок 1).

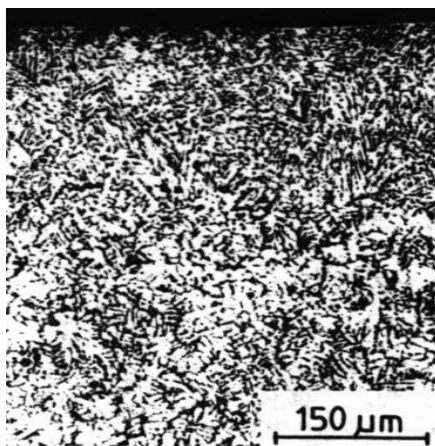


Рисунок 1 – Структура лент из сплавов системы Al-3Fe, полученных литьемнамораживания

Дендритный параметр (для сплава Al-3% Fe) составлял 7 мкм, а расстояние между эвтектическими пластинками было около 0,5 мкм. На основе этих измерений можно оценить, что скорость охлаждения для междендритной эвтектики составляла 650 К/с, а скорость затвердевания была 0,5 мм/с, что почти на два порядка ниже, чем для основной структуры и, соответственно, для ленты. В сплавах алюминий – железо, охлажденных со скоростями  $10^5 - 5 \cdot 10^6$  К/с при содержании в сплавах до 5% Fe структура является ячеисто-дендритной, представляющей собой неравновесный твердый раствор железа в алюминии без заметных включений эвтектической составляющей. Размер дендритных ячеек уменьшается по мере усиления интенсивности охлаждения. Изменение периода решетки твердого раствора проявляется заметно в быстрозатвердевших сплавах. В связи с меньшим атомным радиусом легирующего элемента – железа по мере растворения его в алюминии идет монотонное снижение параметра решетки  $\alpha$ -фазы.

При охлаждении со скоростью  $5 \cdot 10^5$  К/с период решетки чистого алюминия 4,0496 Å уменьшается до 4,0215 и 4,0126 Å для сплавов с 5 и 7,5% железа соответственно. Дальнейшее содержание второго компонента в сплавах приводит уже к постепенному увеличению параметра решетки, а следовательно, к снижению концентрации железа в твердом растворе в результате выделения первичных интерметаллидных фаз.

Равновесная растворимость железа в алюминии оценивается в 0,05% при эвтектической температуре и ничтожно мала при комнатной. Значительное сокращение периода решетки в зависимости от состава быстроохлажденных расплавов Al-Fe свидетельствует о сильном пересыщении твердого раствора железом. Однако нельзя утверждать, что даже при максимальном уменьшении параметра решетки при скоростном охлаждении достигается полная растворимость железа в алюминиевой матрице. Как показывает фазовый рентгеновский анализ в

структуре сплавов с 5 и 7,5 % Fe, охлажденных со скоростями  $10^5$ – $10^6$  К/с, присутствует избыточная интерметаллидная фаза.

Таким образом, неравновесные условия затвердевания позволяют расширить области растворимости меди и железа в алюминии, что способствует повышению физико-механических свойств сплавов.

УДК 621.74

### Конструктивные элементы разъемных стержневых ящиков для пескодувного процесса

Студент гр.10404114 Скворцов А.А.

Научный руководитель – Скворцов В.А.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Основными конструктивными элементами закрытых разъемных стержневых ящиков для пескодувного процесса (рисунок 1) являются: 1 – полуформа нижняя; 2 – полуформа верхняя; 3,4 – центрирующие штыри и втулки; 5 – корпус; 6 – выталкиватели и колонки возврата; 7 – плита выталкивателей; 8 – подкладная плита выталкивателей; 9 – упор; 10 – упор регулируемый.

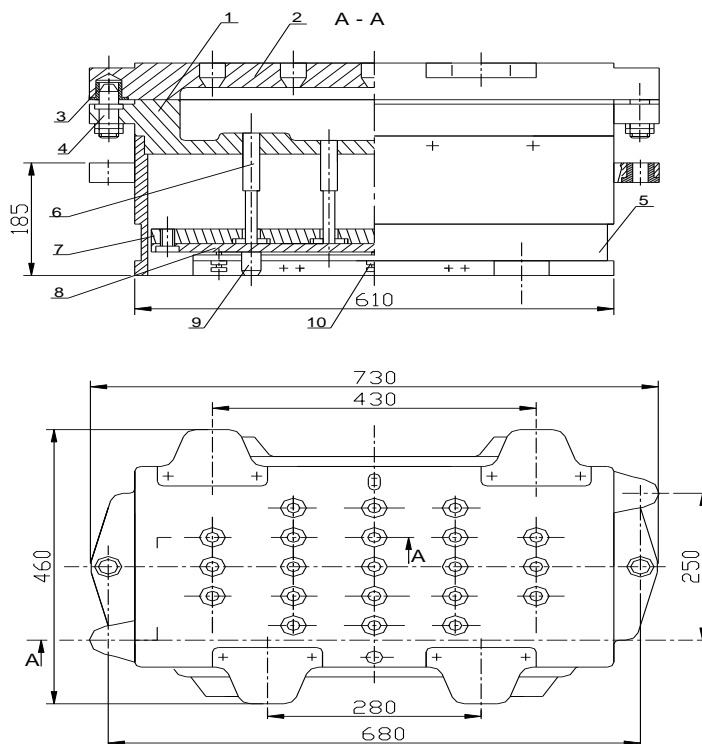


Рисунок 1– Стержневая оснастка к машине модели 4509С с горизонтальной плоскостью разреза:

1, 2 – полуформы; 3 – втулка; 4 – штырь; 5 – корпус; 6 – выталкиватель; 7 – плита выталкивателей; 8 – прижимная плита; 9 – упор; 10 – упор регулируемый

Полуформы стержневых ящиков в большинстве случаев выполняются в виде прямоугольных плит. Верхняя полуформа (рисунок 1, поз. 2) имеет сквозные вдувные отверстия. На нижней плоскости полуформы верха выполняется полость, оформляющая верхнюю часть стержня. На торцовых поверхностях полуформы предусматриваются специальные приливы,

в которых выполняются отверстия для установки центрирующих втулок (рисунок 1, поз.3). Боковые поверхности имеют ушки, предназначенные для съема верхней полуформы перед извлечением стержня из ящика.

Нижняя часть стержня оформляется в нижней полуформе. В приливах нижней полуформы устанавливаются центрирующие штыри (рисунок 1, поз.4), а по всему нижнему периметру предусматривается паз для крепления полуформы с корпусом (рисунок 1, поз.5). Формообразующая поверхность имеет отверстия для прохождения выталкивателей, которые предназначены извлекать стержень из полости ящика (рисунок 1, поз.6). Выталкиватели закрепляются в механизме выталкивания.

Конструкции систем выталкивания определяются конструктивными схемами машин и подразделяются на независимые, связанные и комбинированные.

При независимой системе выталкивания возвращение выталкивателей в исходное положение выполняется за счет пружин. Выталкиватели изготавливаются с грибовидной головкой или в виде штифта с буртиком для упора. Однако независимые системы, несмотря на простоту конструкции, мало используются в конструкциях оснастки из-за существенных недостатков, и применяется для неответственных стержней малых размеров.

В комбинированной системе выталкивания протяжку стержня осуществляет группа независимых выталкивателей, а возврат их в исходное положение выполняется с помощью плиты, охватывающей всю группу толкателей.

Такая система дает возможность производить настройку каждого выталкивателя относительно опорной плоскости и осуществлять протяжку стержней без поломок и повреждений. Комбинированные системы выталкивания применяются в ящиках с горизонтальным и вертикальным разъемом.

Связанная система выталкивания обеспечивает одновременный ход всех выталкивателей, которые жестко закреплены в плите выталкивателей прижимной плитой. Протяжка стержня происходит при движении механизма выталкивания по направляющим колонкам, установка которых является обязательной в ящиках с несимметричным размещением выталкивателей относительно периметра плиты выталкивателей. Возврат механизма выталкивания в исходное положение осуществляется с помощью контролкателей, которые, опираясь на противоположную поверхность полуформы стержневого ящика, не имеющей формообразующей полости в месте контакта, при сборке ящика возвращают механизм в первоначальное положение.

Конструкция выталкивателей может быть разнообразной и зависит от конструкции механизма выталкивания. Основными элементами являются: оформляющая и направляющая поверхности, крепежная часть и тело выталкивателя, которые характерны практически всем видам выталкивателей.

Стационарные выталкиватели (рисунок 2) крепятся в механизме выталкивания с помощью бортов, которые вставляются в отверстие плиты выталкивания (2) и прижимается прижимной плитой (3).

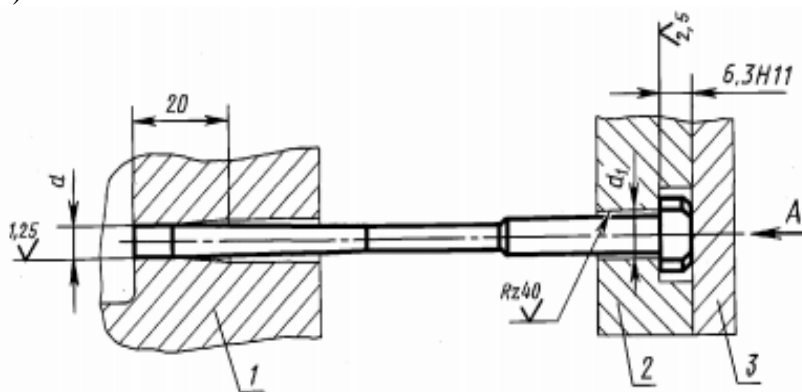


Рисунок 2 – Пример установки выталкивателя

Посадка осуществляется по толщине буртика (6,3 Н11), а по диаметру тела выталкивателя установочный зазор, равный  $\min 0,5$  мм на сторону для компенсации погрешности изготовления.

УДК 620.22

### Литые композиционные материалы с макрорегетерогенной структурой

Студент гр. 10404116 Цымлов И.А.  
Научный руководитель – Калининченко А.С.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Разнообразие условий эксплуатации деталей и узлов механизмов требует для повышения надежности и долговечности создание новых материалов. Особенно актуальной задачей разработки новых материалов с заданными свойствами стоит в машиностроении. Это оборудование характеризуется наличием значительного количества пар трения, срок службы которых, во многом, определяют и надежность всего агрегата.

Поэтому актуальной является задача разработки материалов, способных надежно и длительно работать при повышенных температуре и влажности, а также при знакопеременных нагрузках и высоких удельных давлений.

Одним из перспективных материалов для применения в парах трения являются макрорегетерогенные композиционные сплавы, получаемые методами твердо-жидкого синтеза (литья).

Структура композиционных материалов с макрорегетерогенной структурой (КММС) представляет собой на макроуровне упрочняющие элементы с характерным размером около 1,0 мм, равномерно распределенные в матрице. В отличие от порошковой металлургии размер элементов упрочняющей фазы в несколько раз больше. С практической точки зрения в качестве армирующих элементов целесообразно использовать сферические гранулы (дробь) из железоуглеродистых сплавов, а в качестве матрицы – сплавы на основе меди (рисунок 1).

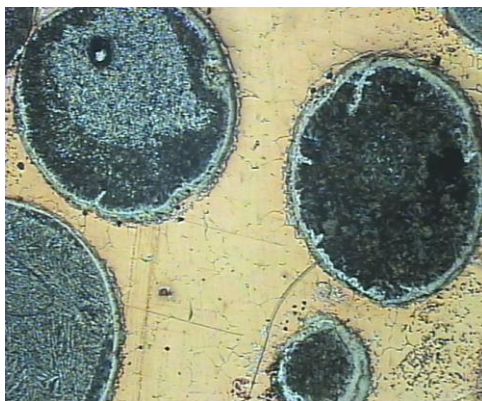


Рисунок 1 – Структура композиционного материала с макрорегетерогенной структурой,  $\times 80$

Среди разнообразных факторов, влияющих на эксплуатационные свойства КММС, при прочих равных условиях, существенное влияние оказывает степень армирования композитов и линейные размеры армирующих элементов. К армирующим элементам предъявляется ряд требований, среди которых одним из важнейших является фактор формы, равный или больший 0,9. Это обеспечивает ряд преимуществ, а именно: высокую текучесть армирующих элементов при заполнении формы, максимальная реализация преимущества КММС благодаря изотропности свойств. Кроме того, при физико-химическом взаимодействии при формировании композиционного материала и в ходе эксплуатации такая форма армирующих элементов обеспечивает инвариантность перераспределения напряжений в пятне контакта.



В области температур совмещения элементов твердой фазы с жидкой матрицей большинство компонентов КМ являются термодинамически неравновесными, способными вступать между собой в различные реакции на границе раздела фаз.

В системе металл – армирующая фаза протекают гетерофазные процессы, движущей силой которых является наличие градиентов химических потенциалов в различных фазах. Взаимодействие между компонентами может осуществляться на стадии формирования, когда матрица находится в расплавленном состоянии, на стадии кристаллизации и охлаждения, при последующих нагревах и деформации в процессе обработки или эксплуатации. Поэтому при рассмотрении видов межфазного взаимодействия целесообразно учитывать конкретные условия, в которых оно произошло (может произойти), поскольку изменение внешних условий или вмешательство в ход реакции может привести к изменению типа взаимодействия на любой из стадии формирования связи.

Основные стадии формирования композиционного материала: заливка, смачивание и растекание матрицы, сопровождающееся возникновением физического контакта между твердой и жидкой фазами, контактное плавление, растворение, химическое и диффузионное взаимодействие фаз с образованием твердых растворов или соединений, кристаллизация и охлаждение матрицы. В результате взаимодействия исходных компонентов литого композиционного материала на различных стадиях его формирования образуются механическое, адгезионное растворно-диффузионное, контактно-реакционное или диспергированное соединения армирующих элементов (каркаса) и матрицы КМ.

Диспергированное соединение элементов структуры литого композита, которое может происходить при определенных температурно-временных условиях, повышает теплостойкость и жаропрочность матрицы до уровня армирующих элементов, но одновременно понижает ее пластические характеристики в макрообъеме и увеличивает твердость, что не всегда желательно. Получение ограниченной диспергированной зоны в сочетании с адгезионным соединением позволяет реализовать высокие прочностные и триботехнические свойства КМ. Одновременно такие композиты хорошо сопротивляются динамическим нагрузкам, поскольку развитые плотные межфазные границы являются ловушками при распространении трещин. Литые образцы с фрагментированными армирующими элементами на основе ДСЛ характеризовались следующими физико-механическими свойствами:  $\sigma_T = 450\text{--}473$  МПа,  $\sigma_B = 645\text{--}690$  МПа,  $\delta = 21\text{--}34\%$ , КСИ = 129–144 Дж·см<sup>-2</sup>; а на основе ДЧЛ:  $\sigma_T = 461\text{--}513$  МПа,  $\sigma_B = 750\text{--}790$  МПа,  $\delta = 10\text{--}12\%$ , КСИ = 45–53 Дж·см<sup>-2</sup> в зависимости от исходного содержания гранул (65–80 об.%).

Таким образом, синтез композиционных материалов с макроготерогенной структурой, сопровождающийся фрагментированием исходных литых гранул железоуглеродистых сплавов, способствовало повышению физико-механических и эксплуатационных свойств.

**Машины  
и технология  
обработки  
металлов давлением**

## Прокатка переменных профилей

Студенты гр. 10402115: Бурачевский А.В., Юркевич А.В.

Научный руководитель –Томило В.А.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Использование переменных профилей в машиностроении является наиболее эффективным способом уменьшения металлоемкости и повышения эксплуатационных характеристик, повышения ресурса, надежности машин и механизмов, позволяет снизить затраты на их производство, ремонт и эксплуатацию.

Целью представленной работы является систематизация заготовок машиностроительных производств, получаемых методом пластической деформации, и разработка на основе анализа проектирования и эксплуатации общих принципов концепции создания станов штучной периодической прокатки. Выделены три основных класса профилей, отличающиеся типом исходной заготовки: полосовые, фасонные и трубные периодические заготовки. Все эти типы заготовок можно использовать в качестве полуфабрикатов для производства основных деталей подвески и ходовой части автомобилей. Полосовые заготовки широко применяются при изготовлении упругих элементов подвески, трубчатые – для производства полых корпусных деталей с повышенными требованиями к прочности и жесткости, в частности, картера ведущего моста, полуосей автомобилей и прицепов, корпусов реактивных двигателей, фасонные периодические профили различных форм – в качестве заготовок под горячую объемную штамповку. Представлены станы и автоматические линии для прокатки заготовок малолистовых рессор, подрессорников, направляющих опор пневмоподвески, вальцовки заготовок балки передней оси, изготовления защитных элементов и полуосей сельскохозяйственной техники. Сформулированы общие требования к деформационному оборудованию машиностроительных производств. Обосновано использование индукционного нагрева и высокотемпературной термомеханической обработки. Не рекомендуется изменять направление движения заготовки в технологической цепочке. В качестве силового привода оборудования предложено принимать электромеханические, а не гидравлические системы. Рекомендовано предпочесть отдельные приводы для каждого рабочего органа оборудования.

Станы для прокатки рессор. В качестве примера приведем способ получения профилей переменного сечения, используемых в качестве упругих элементов рессорной подвески автомобилей семейства МАЗ. Способ отличается тем, что окончательный профиль заготовки малолистовой рессоры получают с одного нагрева путем прокатки нагретой заготовки на перемещающейся при помощи силового механизма профильной оправке через неприводные валки с постоянным межвалковым зазором. Данная технология применяется в настоящее время на Минском рессорном заводе, где установлена и действует промышленная автоматическая линия для изготовления заготовок малолистовых рессор.

В приведенном способе прокатки валки являются неприводными. Поэтому заготовка в процессе обжатия постоянно прижата к торцу оправки, что исключает смещение заготовки относительно профилированных рабочих поверхностей оправки в направлении перемещения последней. За счет этого устраняется явление опережения, чего трудно добиться при обычной прокатке в приводных валках. В связи с этим повышается точность формообразуемого профиля в прокатанных полосах. Кроме того, в данном способе имеет место переднее натяжение, поскольку одних сил трения на контакте полосы с оправкой недостаточно для передачи энергии от металла к валкам и обеспечения вращения последних. Натяжение, создавае-

мое при воздействии переднего конца оправки на серединную часть полосы, возрастает по мере увеличения обжатия. Наличие переднего натяжения приводит к существенному снижению давления металла на валки и тем самым к уменьшению упругой деформации нагруженных элементов в прокатной клети, что способствует повышению точности размеров и формы получаемых изделий. Известно также, что уменьшение диаметра бочки валков обуславливает снижение распорного усилия на них и таким образом способствует повышению точности профиля прокатанных полос. Кроме того, уменьшение диаметра валков приводит к увеличению коэффициента вытяжки и снижению величины уширения, которое существенно влияет на перераспределение металла по длине заготовки и, следовательно, на упругие характеристики полученных полос переменной толщины. Вместе с тем уменьшение диаметра валков ограничено снижением их жесткости, а также условиями захвата металла. В нашем случае это ограничение сводится к условию вращения неприводных валков.

Для промышленной реализации предложенного способа изготовления заготовок малолистовых рессор разработан опытно-промышленный прокатный стан СП-1298.

Вальцовочные станы. Стан для вальцовки серединной части заготовки под поковку балки передней оси. В процессе вращения валков траверса совершает возвратно-поступательные перемещения. При положении траверсы в крайнем, отведенном от валков, положении заготовку укладывают на рольганг. Затем при включении стана траверса за счет кривошипно-шатунного механизма начинает перемещаться в направлении валков, заталкивая в них подпружиненным толкателем заготовку при строго определенном положении катающих секторов. После захвата с локальным обжатием, порядка 1–2 %, заготовка перемещается валками и при набегании катающих секторов обжимается на квадрат в строго заданной ее части, а затем сопровождается снова валками вплоть до выхода из них.

Стан для обжима концевых участков труб. Переменные трубчатые профили получили широкое распространение в машиностроении в качестве мостов и осей автомобильной и сельскохозяйственных агрегатов, деталей аэрокосмической и ракетной техники. Применение тех или иных методов обработки зависит от относительной толщины стенки трубы и от температуры, при которой осуществляется деформирование. Для тонкостенных высокопрочных труб корпусов реактивных двигателей и ракет целесообразно использовать ротационное обжатие или радиальную ковку в холодном состоянии, для толстостенных заготовок – продольную, поперечную или поперечно-винтовую прокатку.

УДК 621.777

### **Технология горячего прессования композиционных материалов**

Студенты гр. 10402115: Богушевич А.И., Гадицкий-Цвирко Е.Д.

Научный руководитель – Минько Д.В.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Композиционные материалы (КМ) делятся на два больших класса. Это КМ с металлической или керамической матрицей и КМ с полимерной матрицей. К первому типу КМ можно отнести композиты на основе алюминия, магния, титана, никеля, карбидов или нитридов кремния. Второй тип это композиционные материалы на основе термопластичных или терморезистивных полимеров.

Существует достаточно много методов горячего прессования КМ, наиболее распространенным из которых в настоящее время является метод прямого прессования. В качестве примера можно рассмотреть получение КМ на основе карбида титана Ti-graphite (рисунок 1). Метод прямого прессования применяют для мелкосерийного производства КМ, поскольку он позволяет получать изделия сложной формы и достаточно больших размеров. Более того,

метод прямого прессования позволяет получать заготовки, близкие по размерам и чистоте поверхности к конечным изделиям, что в итоге минимизирует затраты при проведении конечной механической обработки.

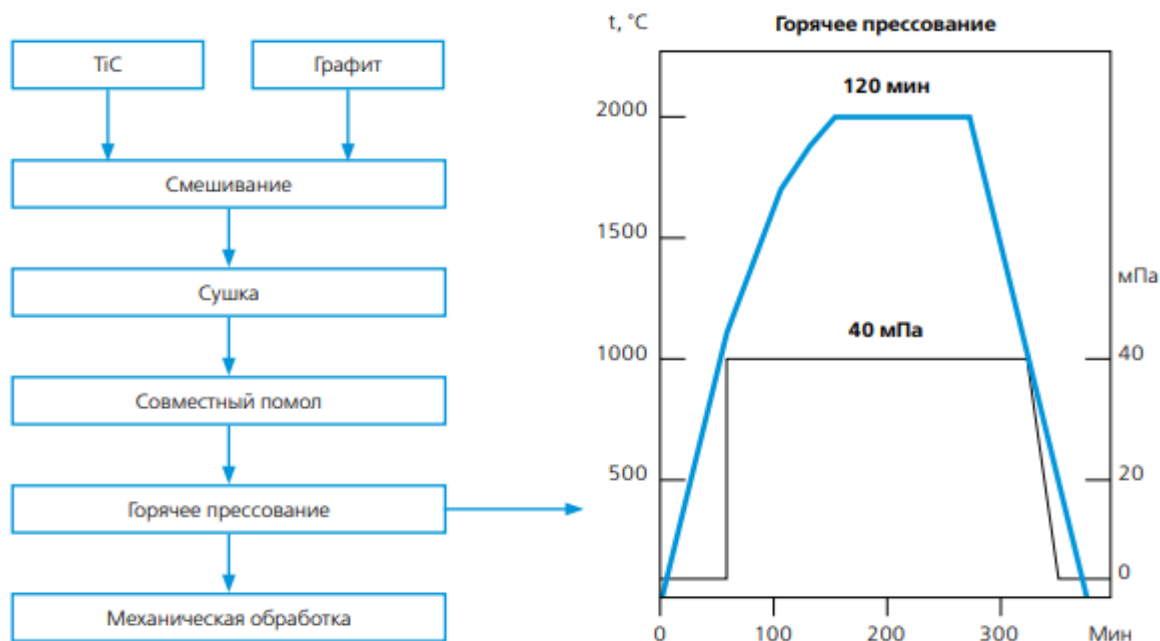


Рисунок 1 – Стадии процесса получения КМ

Методом прямого прессования могут быть получены металлокерамические композитные материалы с высокой прочностью, благодаря использованию таких включений, как графит, борид титана, нитрид кремния и алюминий. Полученные методом прямого прессования КМ на основе металлических или керамических матриц имеют гораздо более высокие значения предела прочности по сравнению с традиционными металлическими и керамическими материалами.

Конструктивно пресс горячего прессования представляет собой модульную систему, включающую следующие основные элементы: раму гидравлического пресса; вакуумную камеру с двойными стенками и системой охлаждения; зону нагрева из металла или графита; приборы для измерения и контроля давления и температуры; источник питания с водоохлаждаемыми кабелями питания; верхний и нижний пуансоны; система подачи инертного газа или водорода; платформу для установки формы для прессования.

Для горячего прессования КМ применяются гидравлические прессы с металлической или керамической матрицей и с полимерной матрицей.

К технологическим параметрам процесса прямого горячего прессования, значения которых необходимо точно определить перед его проведением для получения заданных свойств изделий, относятся: 1) количество загружаемого в пресс-форму материала; 2) время предварительного нагрева; 3) требуемое усилие прессования; 4) время выдержки материала при заданном давлении и температуре; 5) скорость охлаждения пресс-формы с материалом.

Технологические параметры процесса горячего прессования, рекомендуемые для получения металлических и керамических КМ: давление прессования не менее 40–55 МПа; скорость набора температуры не более 5°C/мин до температуры 300 °C и не более 30°C/мин до конечной температуры обработки. На начальном этапе обработки возможно присутствие органических примесей, поэтому рекомендуется проводить медленный нагрев и выдержку при температуре 300 °C; рекомендуемые температуры выдержки в диапазоне 1300 °C–2000 °C в зависимости от состава. Температура выдержки выбирается на основании данных о темпера-

туре плавления вещества матрицы. Температура выдержки должна быть на 100°C–150°C меньше температуры плавления компонента с минимальной температурой плавления; время выдержки при давлении и максимальной температуре 1,5–2 часа. Дальнейшее проведение процесса горячего прессования не будет давать результатов, поскольку все процессы, связанные с перекристаллизацией в веществе проходят достаточно быстро при одновременном действии давления и температуры; среда для проведения обработки – инертный газ, вакуум, водород, в зависимости от веществ, входящих в состав КМ. Наиболее распространено горячее прессование в защитной среде аргона или в вакууме.

Общие значения параметров, которые наиболее часто применяются для прямого прессования полимерных КМ: предварительный нагрев материала осуществляется до температуры 120–160 °С. Время нагрева на данной стадии должно быть минимальным; давление прессования выбирается в диапазоне от 25 до 40 МПа. Для тонкостенных изделий или изделий сложной конфигурации требуется давление до 70 МПа; одним из важных шагов процесса прямого прессования являются дополнительные подпрессовки. Они необходимы, поскольку в процессе поликонденсации происходит испарение воды и выделение легколетучих соединений.

Для полиэфиров или эпоксидных смол подпрессовки не требуются; давление при отверждении материала поддерживается на уровне 10 МПа, поскольку давление на данной стадии необходимо лишь для исключения раскрытия пресс-формы под действием паров воды и легколетучих соединений; температуру прессования обычно выбирают по справочным данным или определяют экспериментально. Время выдержки устанавливают с учетом толщины и температуры формы: чем выше температура, тем короче выдержка. Однако при очень высокой температуре происходит слишком быстрое отверждение поверхностных слоев изделия, и вода, находящаяся внутри изделия, через отвержденный слой удалиться не может. При раскрытии пресс-формы под действием паров воды возможен разрыв поверхностных слоев и появление на изделии вздутий или трещин. Как правило, для КМ температура, при которой проводится процесс прямого прессования, находится в диапазоне от 180 °С до 400 °С.

УДК 621.777

### **Выбор кинематических и технологических параметров инструмента и оборудования при изготовлении трубок малого диаметра из ленты**

Студент гр. 10402115 Гороховик И.В.  
Научный руководитель – Карпицкий В.С.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Проведенный анализ известных способов изготовления тонкостенных труб малого диаметра из различных материалов и сплавов позволил установить, что существующие технологические процессы изготовления таких изделий характеризуются длительностью технологического цикла с использованием комбинаций различных способов волочения как безоправочного, так и оправочного волочения, а также холодной прокатки на начальной стадии деформации трубной заготовки больших диаметров. Все это, в конечном счете, приводит к значительному повышению себестоимости изготовления данного вида продукции. Поэтому поиск новых технических решений данной проблемы имеет большое значение.

На основании анализа технологических схем получения трубок малого диаметра предложен комбинированный способ формообразования таких трубок из ленты, позволяющий упростить технологию их изготовления. Сущность данного метода заключается в том, что формообразование трубчатых изделий в процессе изготовления производится путем одновременной свертки ленты в трубку в заходной зоне конусной части волочильного инструмента и редуцирования изделия по наружному диаметру в переходной зоне волокни от конусной ее части к калибрующему пояску с последующим формированием качественного стыко-

вого соединения за счет пластического деформирования сдвигом и дополнительным локальным воздействием на изделие в калибрующей части волокна.

Качество стыкового соединения получаемых трубчатых изделий в значительной степени определяется точностью исходных полос (лент) по ширине. Поэтому требование получения точных размеров исходных полос по ширине, определяемой по развертке трубки нужного диаметра с учетом дополнительного припуска на пластическое деформирование в заключительной стадии обработки, предопределило необходимость выполнения расчетных и конструкторских работ при изготовлении многодисковых ножниц для резки полос из рулонного материала. С целью получения точных размеров полос по ширине, отрезанных из лент, разработана конструкция многодисковых ножниц, позволяющая производить одновременно резку нескольких полос из рулона, а также обрезку лент по ширине на заданный размер. Расстояние между ножами устанавливается по требуемой ширине разрезаемой полосы при помощи мерных распорных колец. Качество и точность резки достигается благодаря двухстороннему резу по всей ширине полосы и надежному прижиму металла резиновыми кольцами в процессе резки.

При изгибе (свертке) особенно относительно толстостенных заготовок при  $S > 0,05d$  в кольцевую форму происходит незначительное удлинение (утяжка) наружных растягивающих слоев заготовки меньшее укорочение внутренних сжимающих слоев. В этом случае место стыка получится со скосом кромок, что не обеспечивает плотного соединения. Во избежание этого дефекта необходимо использовать заготовку со скошенными концами, увеличивая ширину заготовку с наружной стороны изгиба и уменьшая с внутренней.

Ввиду наличия зазора между ножами, при отрезке заготовки  $(0,1-0,2)S$ , величина угла скоса может быть скорректирована в сторону уменьшения.

Более плотное, герметичное и качественное стыковое соединение можно получить за счет пластической деформации. С этой целью после формирования трубчатой, кольцевой заготовки в зоне свертки производим безоправочное волочение с разовой степенью деформации  $\varepsilon_D = 1,2$ . Корректировка расчетной ширины исходной заготовки (полосы) для определенного диаметра капиллярной трубки осуществляется с учетом дополнительного припуска по ширине на пластическую деформацию в обжимной и калибрующей части волокна для образования более качественного стыкового соединения.

В качестве материала исходных заготовок для проведения экспериментальных исследований изготовления трубок малого диаметра из ленты использовали коррозионностойкую сталь марки X18H9T, а также Сталь Ст3 и Сталь 10. Ширина полос соответствовала длине развертки трубы по среднему диаметру, увеличенной на величину припуска под последующую пластическую деформацию развернутой трубы в калибрующей части волоочильного инструмента с целью получения качественного стыкового соединения трубчатого изделия. Толщина полос составляла 0,2 мм. Перед волочением на полосе выполняли плотную (прочную) хватку, пригодную для заданного цикла изготовления трубы.

В качестве инструмента для изготовления изделий использовали стандартные твердосплавные волокна с конусными входной и выходной частями и калибрующим пояском. С учетом рекомендаций по выбору более рациональных условий процесса волочения для осуществления данного способа применяли волоочильный инструмент с углом волокна  $\alpha = 10-25^\circ$  и шириной калибрующего пояска от 0,5 до 1,5 мм.

Длина калибрующей зоны должна характеризоваться достаточной стойкостью на износ, малым числом обрывов протягиваемого металла и невысоким расходом энергии. Так в известных работах для волочения особо тонкостенных труб малого диаметра с точки зрения их поперечной устойчивости рекомендуется использовать волокна с углами  $25-30^\circ$ . Длину калибрующей зоны рекомендуется выбирать в пределах 40–100% от диаметра калибрующей зоны. Результаты экспериментальных исследований предложенного способа показали возможность получения длинномерных трубок малого диаметра из ленты при хорошем качестве стыкового соединения.

### 3D моделирование оснастки для операций ОМД

Студенты гр. 10402115 Городко Т.Р.,  
гр. 10402128 Астанович А.В., Ветошкин А.В.

Научный руководитель – Белый А.Н.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

В настоящее время широкое применение находит виртуальное компьютерное моделирование процессов ОМД, в основе которого лежит использование современного программного обеспечения. Для конструкторской разработки чертежей используются различные системы объемного проектирования, такие как: Unigraphics NX (UG), CATIA, Pro/Engineer, Solid Edge, Solid Works, Tflex CAD, “Компас 3D”, AutoCAD и др. При этом для моделирования процессов ОМД и прогнозирования поведения металла во время деформации все чаще используются специализированные программные комплексы, например QForm 3D, Forge 3, Deform, PAM-STAMP, AutoForm и др.

Основные преимущества компьютерного моделирования:

- существенное уменьшение времени разработки технологических процессов, проектирования штамповок, оснастки и проведения опытных работ при внедрении процессов в производство;

- повышение надежности разрабатываемых технических мероприятий, в том числе технологических процессов ОМД, так как в современном машиностроении все чаще используются детали сложных форм, изготавливаемые из труднодеформируемых материалов (например, из высоколегированных жаропрочных сталей, титановых сплавов и т.п.), для которых определить характер течения металла и эффективность процесса при штамповке заготовки или детали зачастую достаточно проблематично даже для опытного специалиста.

Компьютерное моделирование процессов ОМД включает в себя несколько этапов.

На первом этапе анализируют чертеж детали на технологичность. Затем проектируют чертеж штамповки, назначают напуски, припуски, допуски; создают, при необходимости, технологические и контрольные базы; выбирают плоскость или поверхность разреза штампов (если требуется); назначают радиусы сопряжения поверхностей, штамповочные уклоны; составляют маршрутную карту технологического процесса изготовления штамповки, в которой указывают вид или тип штамповки, предварительные операции фасонирования исходной заготовки, намечают необходимое оборудование и др..

Далее, например, в системе Unigraphics NX проектируют математическую модель штампуемой заготовки, разрабатывают (к примеру, в системе AutoCAD) чертеж штамповки, который согласовывают с техническими службами цехов – изготовителями детали.

На основе анализа математической модели штамповки, опираясь на опыт изготовления подобного класса деталей и технологические рекомендации, изложенные в научно-технической литературе, определяют вид и число предварительных операций. На каждый переход или операцию разрабатывают математическую модель изготавливаемого полуфабриката. Рассчитывают геометрию исходной заготовки, на которую также разрабатывают математическую модель. Полученные модели служат базой для компьютерного моделирования переходов или операций технологического процесса изготовления штамповки и проектирования формоизменяющей оснастки.

В зависимости от целей компьютерного моделирования разрабатывают либо упрощенные математические модели (содержащие, например, только гравюру матрицы и пуансон) штамповой оснастки для моделирования операций или переходов технологического процесса, либо подробные математические модели инструмента для анализа его работоспособности при формоизменении заготовки. Дополнительно назначают технологические параметры анализируемого процесса (например, температуру нагрева заготовки перед деформированием,



температуру подогрева штампа, скорость перемещения рабочих элементов пресса, силу, которую может развить пресс, тип используемой смазки и т.п.), а также свойства материала штампуемой заготовки, характерные точки, линии и поверхности в теле формоизменяемой заготовки для последующего анализа и определения параметров течения материала в процессе штамповки заготовки.

Пример готовой модели штамповой оснастки выполненной в программе КОМПАС-3D приведен на рисунке 1.

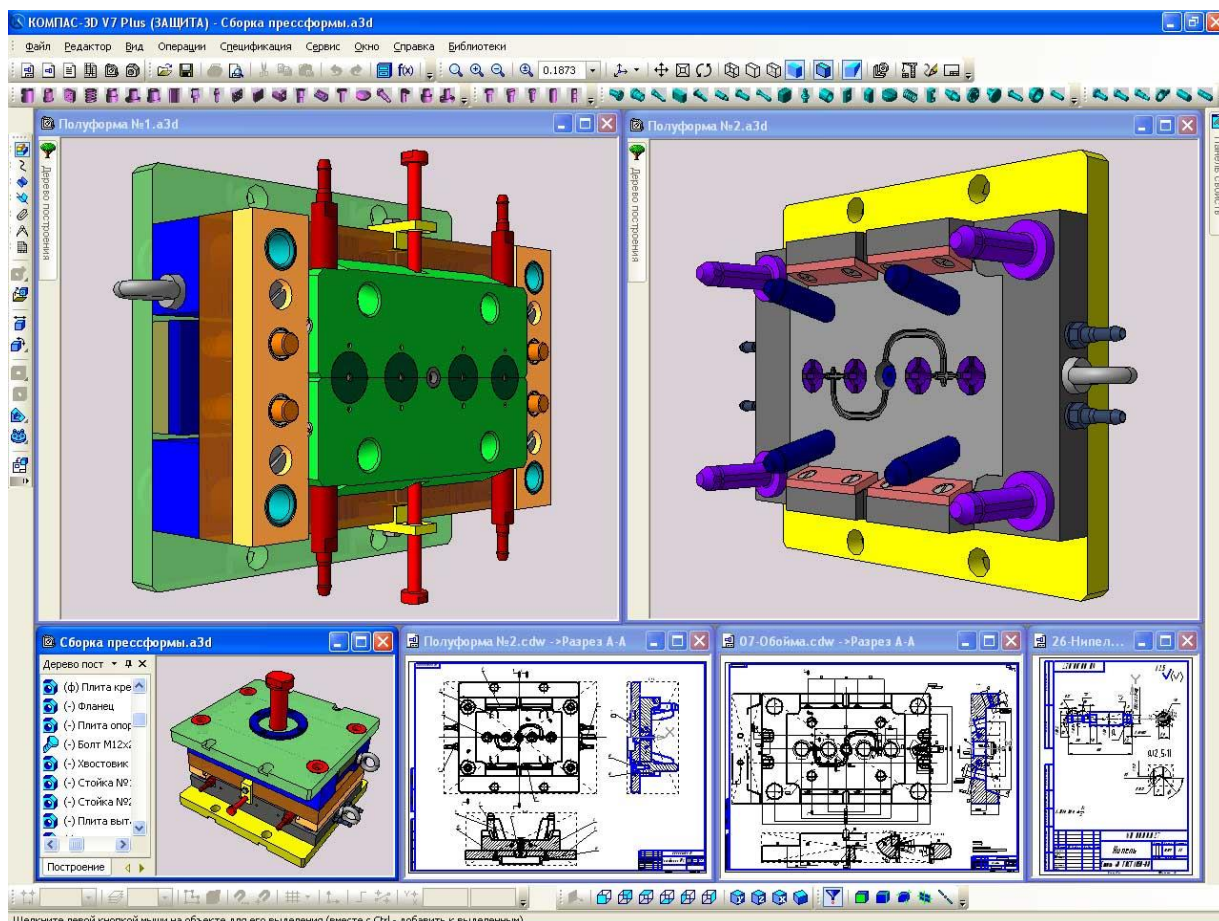


Рисунок 1 – Пример готовой штамповой оснастки

Выполненный затем компьютерный анализ переходов или операций штамповки позволяет, в частности, выявить такие дефекты анализируемого процесса, как заковы на поверхности заготовки, прострелы внутри штамповки (при помощи лагранжевых линий), проверить степень заполнения гравюры штампа, оценить температурные и скоростные поля на любой стадии формоизменения заготовки, определить степени и скорости деформации, напряжения в характерных зонах заготовки, потребные силы деформирования, нагрузку на инструмент и многое другое.

По результатам компьютерного анализа принимают решение об успешности разработанного технологического процесса. При положительном результате технологический процесс изготовления штамповки оформляют документально, проектируют и изготавливают штамповую оснастку. При отрицательных результатах вносят коррективы в анализируемый технологический процесс с последующим повторным его моделированием.

На основе разработанных математических моделей штамповой оснастки (например, в системе Unigraphics NX) изготовители оснастки разрабатывают управляющие программы для станков с числовым программным управлением, изготавливают оснастку, точность изготовления которой при необходимости сравнивают с математической моделью при ее контро-

ле, например, на компьютеризированных контрольно-измерительных машинах (например, измерительном комплексе ОПТЕЛ-КЛ и др.).

УДК 621.777

### **Объемная холодная штамповка материалов**

Студент гр. 10402115 Мазаник В.А.  
Научный руководитель – Шиманович О.А  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Объемная холодная штамповка применяется для изготовления деталей сложной формы, но малых размеров из металлов, обладающих высокой пластичностью. Процесс объемной штамповки – пластическая деформация деталей – подобен горячей штамповке. Однако отсутствие нагрева позволяет получить более точные детали и с более чистой поверхностью. Применение объемной штамповки в сочетании с другими штамповочными операциями позволяет получить детали, не требующие или почти не требующие дальнейшей механической обработки.

К числу операций объемной штамповки относятся: осадка, объемная формовка, холодное выдавливание, высадка, чеканка, клеймение.

Осадка среди других операций объемной штамповки является наиболее простой и часто применяемой. Она используется для расплющивания заготовок и при изготовлении деталей с односторонними и двусторонними выступами. При осадке металл свободно течет в радиальном направлении, а при наличии полостей в верхней или нижней частях штампа заполняет их.

Объемная формовка (холодное прессование) является разновидностью осадки и применяется для изготовления деталей более сложной формы и в более точных штампах, имеющих фигурные полости. Вследствие наклепа детали, отформованные холодным способом, имеют повышенную прочность и твердость. Шероховатость поверхности детали достигает 7-го класса, а точность размеров – 5-го класса.

Применяются два метода объемной формовки: в открытых штампах, в которых излишек металла вытесняется в зазор между верхней и нижней половинками штампа в виде заусенцев, и в закрытых штампах – без образования заусенцев.

При формовке в открытых штампах добавляется дополнительная операция обрезки заусенцев, но отпадает необходимость выдерживать точные размеры заготовки. Точность размеров деталей, изготавливаемых в закрытых штампах, зависит от того, с какой точностью выполнена заготовка. Штампы для объемной формовки делают массивными, формирующие полости выполняют достаточно точно и тщательно отделяют. Для особенно точных и сложных по форме деталей изготавливают два штампа: первый для предварительной формовки, и второй – для калибрующей.

Шероховатость поверхности отформованных деталей зависит от шероховатости поверхности заготовок, поэтому заготовки перед формовкой тщательно очищают от окалины, ржавчины и посторонних наслоений.

Холодное выдавливание заключается в том, что металл под действием высокого давления переходит в пластичное состояние и течет в зазор между матрицей и пуансоном.

Преимуществом холодного выдавливания по сравнению с вытяжкой является возможность изготовления тонкостенных деталей со сложной формой дна, более высокий коэффициент использования металла, более высокая производительность, чем при вытяжке, и более низкие затраты на изготовление штампов.

Для холодного выдавливания пригодны металлы, обладающие высокой пластичностью, малым пределом прочности и низкой способностью к упрочнению.

Существуют два основных способа выдавливания: прямой, при котором металл течет в направлении движения пуансона, и обратный, когда металл течет навстречу движению пуан-

сона. Применяется также комбинированное выдавливание, при котором металл течет одновременно в направлении движения пуансона и навстречу ему.

Прямой способ применяется для получения деталей с фланцем и деталей типа стержней и трубок с различной формой поперечного сечения, обратный – для полых деталей с дном типа колпачков, комбинированный – для деталей сложной формы с различными уступами и ребрами в дне детали, и деталей, имеющих две полости с перемычкой между ними.

Заготовками для прямого способа выдавливания служат плоские шайбы или толстостенные колпачки. Для обратного выдавливания заготовки и детали получают чистой вырубкой из листа или отрезкой от прутка. Форма заготовок должна соответствовать форме поперечного сечения детали.

Методом холодного выдавливания изготавливают детали из свинца, алюминия, цинка, меди, латуни и низкоуглеродистой стали.

Холодная высадка – это процесс увеличения поперечных размеров части заготовки за счет одновременного уменьшения ее длины. Холодная высадка применяется для формования головок заклепок, болтов, винтов, шурупов, гаек, а также некоторых деталей машин из стали и цветных металлов. Без нагрева высаживают болты размером до М20 и гайки размером до М27.

Высадка выполняется обычно на холодновысадочных автоматах одноударного, двухударного и трехударного действия. Материалом для высадочных работ служит проволока или прутки соответствующего сечения. Высадка за один удар применяется для изготовления заклепок и винтов с полукруглой головкой и других деталей, имеющих небольшую относительную длину высаживаемой части заготовки.

Цикл одноударной высадки заклепки протекает следующим образом. После подачи материала (калиброванной проволоки) через отрезную матрицу нож автомата отрезает заготовку и переносит ее на линию высадки. Высадочный пуансон заталкивает заготовку в матрицу и после упора заготовки в выталкиватель осуществляет высадку головки. В момент возврата пуансона в исходное положение высаженная деталь удаляется выталкивателем из матрицы, и цикл повторяется.

Высадка за два удара позволяет получить детали с разнообразной формой головок при длине высаживаемой заготовки, равной 3–6 диаметрам.

УДК 621.762.4

### **Прессование тонких пластин и тонкостенных втулок из трудноформуемых порошковых материалов**

Студент гр. 10402115 Седьков А.С.

Научный руководитель – Любимов В.И.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Керамические порошковые материалы характеризуются плохой формуемостью и прессуемостью. Из-за значительной жёсткости керамических порошков прочность отпрессованных брикетов оказывается недостаточной для дальнейшей технологической обработки. Плохая компактируемость металлокерамических порошковых материалов в ряде случаев не позволяет изготавливать из них изделия традиционными способами прессования в жестких контейнерах. Особые сложности возникают при прессовании тонких пластин и тонкостенных втулок.

Объясняется это следующим. При прессовании порошковой заготовки в жестком контейнере поверхностный слой частиц порошка, воспринимая давление от пуансона, передает его всему объему порошка. Из-за подвижности частиц порошка по горизонтали создается боковое давление, действующее также и на стенки контейнера. Под действием бокового дав-

ления размеры канала контейнера упруго увеличиваются. В заключительный момент прессования диаметр уплотненной порошковой заготовки соответствует внутреннему диаметру контейнера. После снятия усилия прессования размеры контейнера стремятся вернуться к исходным значениям. В результате упругого последействия контейнера заготовка подвергается действию радиальных сжимающих напряжений, что при невысокой прочности прессовки приводит к возникновению в ней трещин, расслоений и сколов, либо к полному ее разрушению непосредственно в контейнере или при выпрессовке из него в результате действия сил контактного трения.

По этим причинам классическая схема прессования в жестких пресс-формах не пригодна для жёстких трудноформуемых порошков (карбидов, боридов и др.). В связи с этим возникает необходимость изменения схемы прессования с целью улучшения условий формования и извлечения прессовки.

Для изготовления изделий из трудноформуемых порошковых материалов может быть использована технология прессования в тонкостенном упруго деформируемом контейнере. Перед прессованием или в процессе прессования тонкостенный контейнер подвергается радиальному обжатию, в результате которого рабочий канал контейнера упруго уменьшается. Для успешной реализации процесса прессования необходимо чтобы величина упругого радиального последействия контейнера превышала величину упругого последействия прессовки, которая может быть весьма значительной по причине большой жёсткости самих частиц прессуемого порошка.

Данная схема прессования была экспериментально опробована при изготовлении пластин диаметром 100 мм и толщиной 5 мм из нитрида титана TiN и керамики  $YBa_2Cu_3O_7$ . Схема процесса приведена на рисунке 1. Металлическая упругая оболочка (контейнер) 1 была изготовлена из стали У10А, термообработана до твердости 54–58 HRC, и имела следующие размеры: внутренний диаметр 101 мм, толщину стенки 2 мм и высоту 7 мм. Кольцевая эластичная оболочка 5 с наружным диаметром 120 мм и внутренним диаметром 105 мм была изготовлена из полиуретана СКУ-7Л. На торцевой поверхности верхнего пуансона 2 был выполнен кольцевой паз глубиной 6 мм с внутренним диаметром 100 мм и наружным диаметром 105,5 мм.

Порошковая заготовка 4 размещалась в тонкостенном стальном закаленном контейнере 1 между пуансонами 2 и 3 (рисунок 1,а слева от оси симметрии). В процессе прессования контейнер обжимался полиуретановой оболочкой 5, которая создавала радиальное давление на боковую стенку прессуемой порошковой заготовки (рисунок 1,а справа от оси симметрии). После прекращения действия деформирующего усилия в результате упругого последействия тонкостенный контейнер восстанавливал свои прежние размеры и между ним и изделием образовывался зазор Z, обеспечивающий беспрепятственное извлечение изделия (рисунок 1,б).

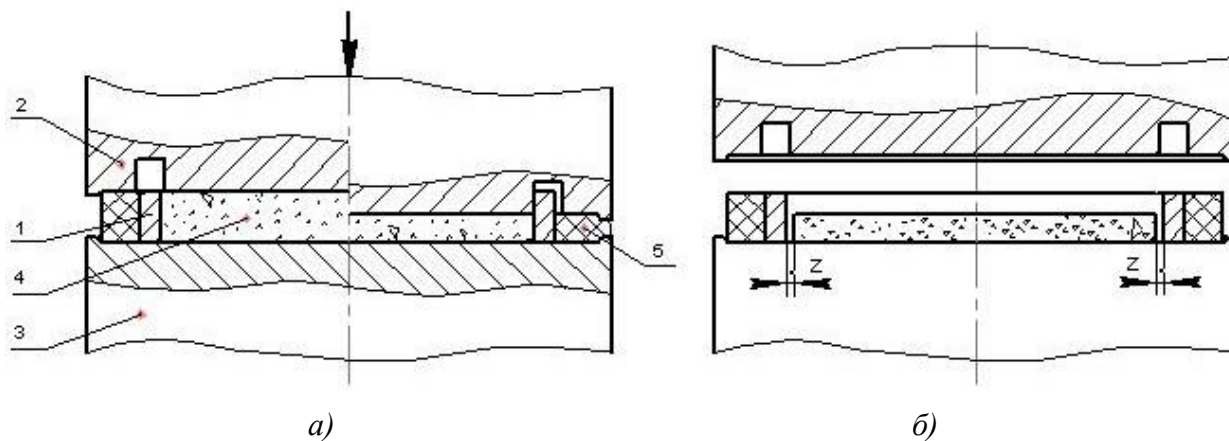


Рисунок 1– Схема прессования тонких пластин в упруго деформируемом контейнере

При давлении прессования 100 МПа (для порошковой композиции  $YBa_2Cu_3O_7$ ) относительная плотность прессовки составляла 64,1%. Полученные изделия не имели повреждений в виде трещин, сколов, расслоений и свободно извлекались из контейнера.

Такой метод может быть использован для прессования тонких пластин, колец и тонкостенных втулок, в том числе весьма малой плотности. Для прессования колец и втулок используются два концентрично расположенных тонкостенных упруго деформируемых контейнера, формирующие наружный и внутренний диаметры изделия.

Схема прессования тонкостенных втулок приведена на рисунке 2. В жестком контейнере 1 расположены на опорной плите 10 два цилиндрических тонкостенных стальных закаленных контейнера 2 и 7, между которыми размещена порошковая заготовка 8. Снаружи контейнера 2 и внутри контейнера 7 установлены кольцевые пружины 3.

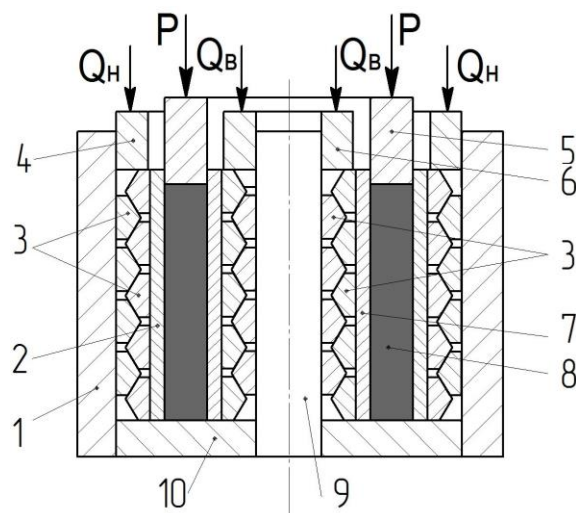


Рисунок 2 – Схема прессования втулок в упругодеформируемых контейнерах:

- 1 – жесткий контейнер; 2 – наружный упругодеформируемый контейнер;
- 3 – кольцевые пружины; 4 – наружный обжимной пуансон; 5 – прессующий пуансон;
- 6 – внутренний обжимной пуансон; 7 – внутренний упругодеформируемый контейнер;
- 8 – порошковая заготовка; 9 – центрирующая оправка; 10 – опорная пластина

Контейнеры 2 и 7 под действием кольцевых пружин 3, сжимающихся от усилий, создаваемых пуансонами 4 и 6, упруго деформируются в радиальном направлении. После прессования порошковой заготовки пуансоном 5 и снятия усилий  $P$ ,  $Q_n$ ,  $Q_v$  контейнеры 2 и 7 в результате упругого последействия восстанавливают свои размеры. Между спрессованным изделием и стенками контейнеров образуются зазоры, позволяющие беспрепятственно извлечь прессовку.

УДК 621.762

### Электрoимпульсное прессование пористых порошковых материалов

Студенты гр. 10402115: Морунов В.С., Боярчук А.Н.  
 Научный руководитель – Белявин К.Е.  
 Белорусский национальный технический университет  
 г. Минск

Важной особенностью порошковой металлургии является возможность изготавливать пористые порошковые материалы (ППМ), работоспособность и область применения, которых определяется их поровой структурой[1]. Наиболее широкое распространение получило применение ППМ в качестве фильтров, назначение которых сводится к отделению газов и

жидкостей от посторонних примесей.ППМ изготавливают из порошков на основе меди, коррозионностойких сталей, никеля, алюминия, а также из порошков тугоплавких металлов – титана, ниобия, тантала, молибдена и вольфрама [1].

Изготовление ППМ из порошков тугоплавких металлов включает следующие технологические операции: подготовка исходного порошка; формование, как правило, с приложением давления; спекание, и при необходимости дополнительную обработку спеченных заготовок.

Изготовление ППМ из порошков тугоплавких металлов заключается в высокоимпульсном спекании ( $\sim 2600^{\circ}\text{C}$ ) в вакууме, в графитовой пресс-форме. В работе исследовался метод электроимпульсного прессования (ЭИП), заключаемый в прямом пропускании через порошок мощного импульса электрического тока (рисунок 1). В исследовании был выбран сферический порошок титана маркой ВТ-0, диаметром  $0,2 - 0,315\text{ мкм}$ , который широко применяется при изготовлении фильтров и является модельным для исследования процессов контактообразования порошков. Опыт проводился на модернизированной магнитно-импульсной установке.

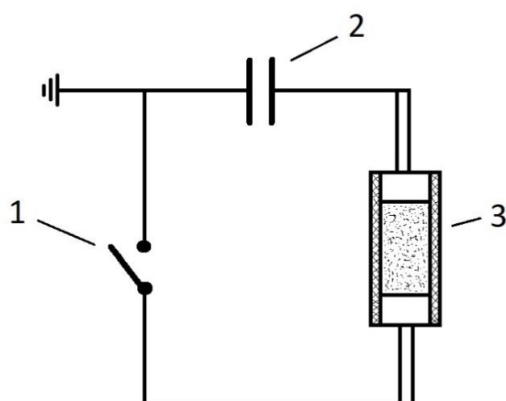


Рисунок 1 – Схема электроимпульсного пресса спекания:  
1 – разрядник; 2 – генератор импульсных токов; 3 – матрица

Процесс формирования порошковых материалов методом ЭИП связан с разрядом емкостной батареи через засыпку металлического порошка. В результате протекания мощного импульса тока в зонах контактов частиц выделяется джоулево тепло, которое разогревает материал и расплавляет его, приводя к образованию металлических контактов размером  $0,1 - 0,2$  от диаметра порошка (рисунок 2), между отдельными частицами порошка. Большое значение для образования контакта имеет и то, что воздействие высокой температуры происходит мгновенно, то есть исчисляется десятками микросекунд.

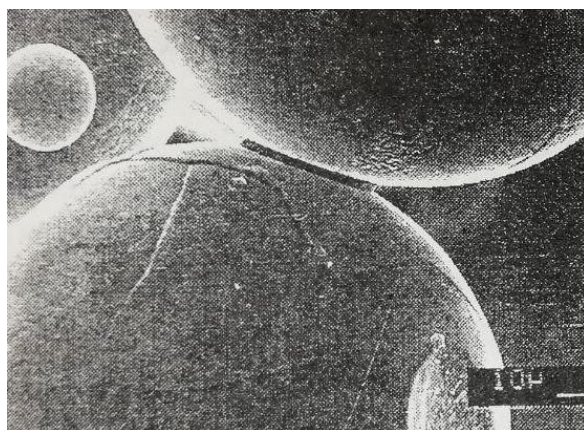


Рисунок 2 – Поверхности частиц и контактных шеек, x500

Для увеличения прочности (для изготовления фильтров), необходимо провести вакуумное допекание. При этом контактная шейка уже составит 0,6–0,8 от диаметра порошка. В завершении можно сказать, что опыт прошел успешно. Был получен ППМ из титана.

### Список используемых источников

1. Белявин, К.Е. Теория и практика электроимпульсного спекания пористых порошковых материалов/ К.Е. Белявин [и др.]. – Минск: НИИПМ Беларусь – 1997. – 180с.

УДК 621.771.013

### Исследование процесса сферодвижной штамповки конического зубчатого колеса

Студент гр. 10402115 Грамович Н.В.  
Научный руководитель – Ленкевич С.А.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

При сферодвижной штамповке расход металла сокращается до 40%, а общая трудоёмкость технологического процесса уменьшается до 25–40% (в зависимости от геометрической формы и размеров обрабатываемых деталей). Поэтому рациональное применение рассматриваемого способа холодного деформирования для получения конических зубчатых колес должно значительно упростить технологический процесс их изготовления при одновременном повышении качества выпускаемых деталей.

Определение энергосиловых показателей процесса, характера течения материала заготовки и параметров очага деформации являются основными задачами при разработке новых технологических процессов.

В ходе работы основное внимание уделялось методам определения энергосиловых параметров процесса. Данные задачи решались с использованием программного комплекса 3D-DEFORM применительно к экспериментальным компьютерным моделям для получения шестерни дифференциала заднего моста тракторов «Беларус» (рисунок 1).

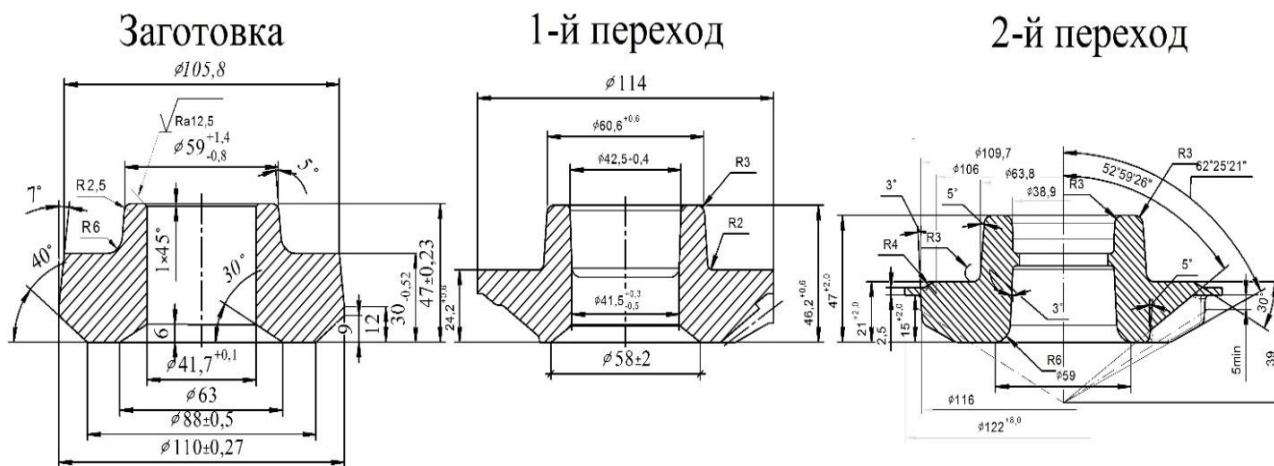


Рисунок 1 – Переходы сферодвижной штамповки конического зубчатого колеса

С учетом технических характеристик сферодвижного прессы "SCHMID" модели T300 и рекомендаций производителя для оптимального режима работы оборудования число обкатывающих движений пуансона не должно превышать 600 об/мин, а технологическое усилие 3000 кН. Угол обкатки  $\gamma$  составлял  $1^\circ$ . Проведенные предварительные исследования показали, что при шаге подачи матрицы 2,7 мм/с и числе обкатывающих движений 600 об/мин тех-

нологическое усилие может превышать 3000 кН, поэтому в данных исследованиях максимальный шаг подачи ограничили 2 мм/с.

Зависимости параметров приведены в виде графиков. На рисунке 2 представлены зависимости для 1 и 2 переходов штамповки.

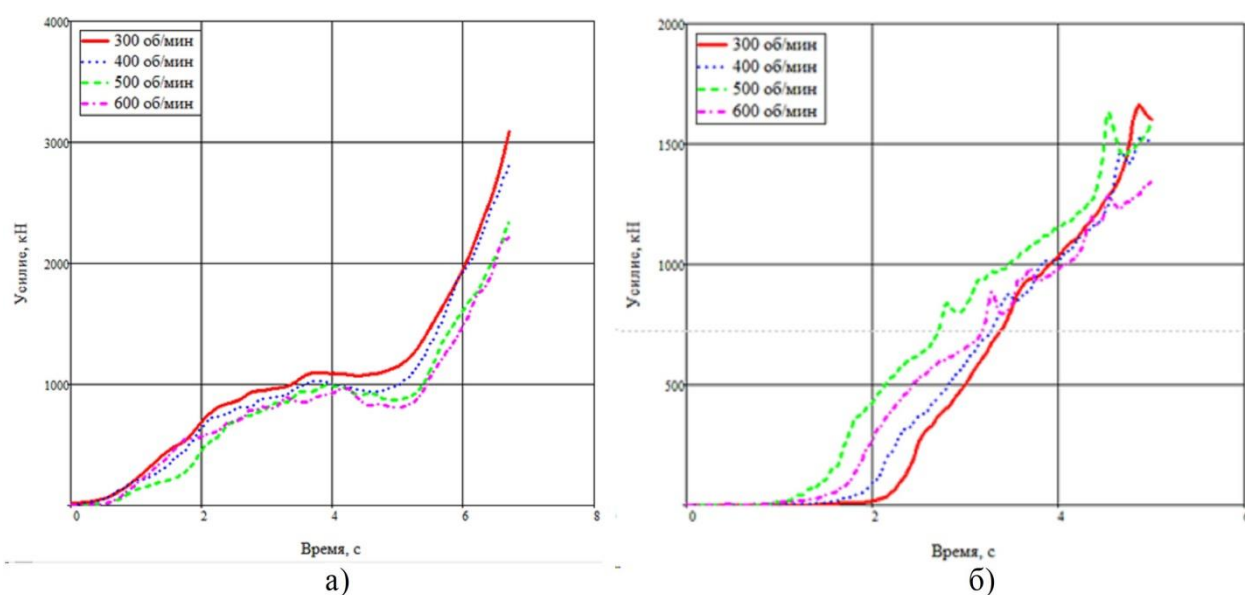


Рисунок 2 – Зависимости технологического усилия при разном числе обкатывающих движений пуансона для сферодвижной штамповки конического зубчатого колеса ( $v = \text{const} = 2 \text{ мм/с}$ ):  
*a* – 1 переход; *б* – 2 переход

Анализируя приведенные на рисунке 2 (а) зависимости, можно сделать вывод, что при шаге подачи матрицы 2 мм оптимальным значением является число обкатывающих движений пуансона  $n=400$  об/мин. Такое соотношение технологических параметров для 1 перехода штамповки обеспечивает максимальную производительность без превышения рекомендуемого значения технологического усилия. Также остается возможность при внедрении новой технологии в реальный технологический процесс по снижению усилия путем повышения числа обкатывающих движений пуансона в диапазоне  $n=400-600$  об/мин.

Как видно, из приведенного графика максимальная производительность на 2 штамповочном переходе достигается при шаге подачи матрицы  $v = 2 \text{ мм/с}$  и числе обкатывающих движений пуансона  $n=500$  об/мин.

Теоретически шаг подачи матрицы может быть увеличен, но следует учитывать момент калибровки зубчатого венца в реальном технологическом процессе, когда происходит резкий скачок усилия и наклеп заусенца, что может привести к поломке матрицы. В этом случае следует считать шаг подачи матрицы 2 мм/с оптимальным.



**Порошковые  
и композиционные  
материалы,  
покрытия  
и сварка**

**Исследование производительности процесса при дуговой сварке в защитных газах  
(CO<sub>2</sub> и его смеси с аргоном) плавящимся электродом низкоуглеродистых  
и низколегированных сталей**

Студенты гр.10403116: Лобанова М.А., Климович В.С., Фесенко Н.В.,  
Казак И.И., Заболоцкий А.С.  
Научный руководитель – Урбанович Н.И.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

На производительность процесса дуговой сварки влияют следующие факторы: сварочный ток ( $I_{св}$ ); коэффициент расплавления электрода ( $\alpha_p$ ); коэффициент наплавки ( $\alpha_n$ ) и т.д. Любой процесс дуговой сварки неизбежно сопровождается более или менее значительными потерями металла на угар и разбрызгивание. Угар – испарившаяся или окислившаяся часть расплавленного металла электрода и сварочной ванны, не попавшая в сварочную ванну. Разбрызгивание – разбрасывание мелких и крупных капель расплавленного металла электрода и сварочной ванны. Часть этих капель выбрасывается за пределы свариваемой детали, а часть прилипает к ее поверхности вдоль шва.

Разбрызгивание металла – нежелательное явление, сопутствующее процессу переноса. В результате разбрызгивания снижается производительность процесса сварки, увеличиваются затраты на зачистку сварных соединений от брызг; расход сварочных материалов, электроэнергии. Разбрызгивание при сварке в защитных газах зависит от рода защитного газа, вида процесса сварки и переноса электродного металла, диаметра электрода и техники сварки, состава и типа электродной проволоки, наличия загрязнений на проволоке и свариваемом металле, качества защиты зоны сварки и свойств источника питания током.

Целью данной работы являлось проведение анализа показателей производительности при дуговой сварке в углекислом газе и смеси с аргоном плавящимся электродом низкоуглеродистой и низколегированной стали.

Для проведения экспериментов использовали полуавтомат TransPulsSynergic 4000 фирмы Fronius в защитном газе проволокой сплошного сечения диаметром 1,0 мм марки Св-08Г2С. На пластины (один валик-одна пластина) размером 180×100×6 наплавляли валики в CO<sub>2</sub> и смеси (Ar + 18% CO<sub>2</sub>) без перерыва при включенном секундомере в нижнем положении, фиксируя при этом показания сварочного тока, напряжения, время сварки и скорость подачи проволоки. Наплавку проводили на следующих режимах: сила сварочного тока ( $I_{св}$ ) – 130А; напряжение дуги ( $U_d$ ) – 21,2В; полярность – обратная; скорость подачи проволоки ( $V_{п.п.}$ ) – 180м/ч; расход газа – 13л/мин; вылет проволоки – 5 мм.

Наплавку осуществляли на три пластины с применением каждого из защитных газов. Перед наплавкой и после пластины взвешивали. С целью определения массы расплавленной проволоки взвесили также один метр сварочной проволоки, масса которой составила 8,6 г.

Для определения коэффициента расплавления, коэффициента наплавки и коэффициента потерь металла на угар и разбрызгивание использовали следующие расчетные формулы:

$$\alpha_p = \frac{m_p}{I_{св} t_0}; \alpha_n = \frac{m_n}{I_{св} t_0}; \psi = \left( \frac{m_p - m_n}{m_p} \right) \cdot 100\%,$$

где  $\alpha_p$  – коэффициент расплавления, г/(А·ч);

$\alpha_n$  – коэффициент наплавки, г/(А·ч);

$\psi$  – коэффициент потерь металла на угар и разбрызгивание, %;

$m_p$  – масса расплавленной во время горения дуги электродной проволоки, г;

$m_n$  – масса наплавленной электродной проволоки, г;

$I_{св}$  – сила сварочного тока, А;

$t_0$  – время горения дуги, ч

Средние значения, полученных данных в результате проведенных экспериментов, занесены в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты проведенных исследований

Защитный газ	Коэффициент расплавления, $\alpha_p$ , г/(А·ч)	Коэффициент наплавки, $\alpha_n$ , г/(А·ч)	Коэффициент потерь, $\psi$ , %
CO <sub>2</sub>	12,76	11,39	10,7
Ar + 18% CO <sub>2</sub>	12,81	12,81	7,2

Анализ, полученных результатов исследования, показал, что почти при равных значениях коэффициента расплавления электродной проволоки, значения коэффициента наплавки выше при дуговой сварке плавящимся электродом в смеси (Ar + 18% CO<sub>2</sub>), чем в CO<sub>2</sub>, а коэффициент, характеризующий потери электродного металла на угар и разбрызгивание, ниже при сварке в смеси (Ar + 18% CO<sub>2</sub>).

На потери значительное влияние оказывает характер переноса электродного металла в сварочной дуге. Из литературы известно [1,2], что характер переноса электродного металла зависит от соотношения сил, действующих на каплю металла на торце электрода. Основные из них: сила тяжести, сила поверхностного натяжения, электродинамические силы пинч-эффекта, реактивная сила давления паров и газов, сила давления газовых (плазменных) потоков.

Величины отдельных сил и направление их равнодействующей зависят от режима сварки, полярности тока, состава электродного металла, состояния поверхности проволоки и её диаметра, а также газовой среды. Следует отметить, что значительное влияние на перенос металла оказывает электродинамическая сила пинч-эффекта.

При протекании тока через проводник, каковыми являются капля жидкого металла и столб дуги, возникают силы, которые стремятся деформировать проводник в радиальном направлении. Величина силы сжатия пропорциональна квадрату силы тока. Если сечение проводника переменное (в случае сварки плавящимся электродом, включающее электрод – каплю – активное пятно – столб дуги), то возникает осевая составляющая электродинамической силы, направленная от меньшего сечения к большему. Если размеры активного пятна меньше, чем диаметр электрода (шейки), то осевая сила будет препятствовать переносу, и наоборот. На рисунке 1 показано направление осевой силы ( $P_0$ ) в зависимости от соотношения площадей активного пятна на поверхности капли и сечения шейки.

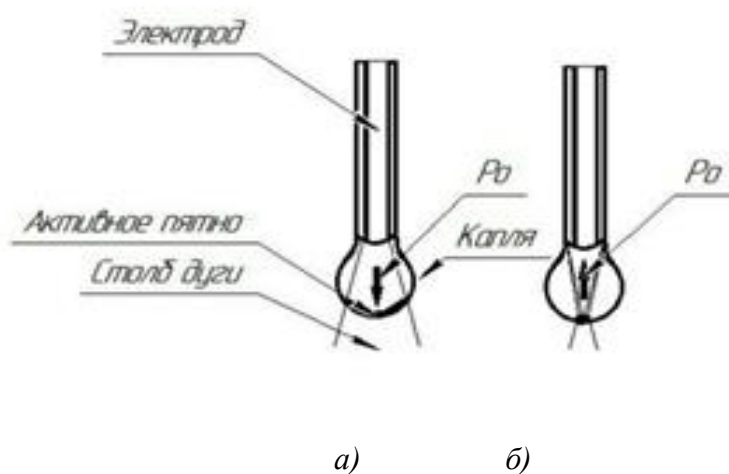


Рисунок 1 – Направление осевой составляющей электродинамической силы пинч – эффекта в проводниках переменного сечения:

- а* – направление  $P_0$ , свойственное для атомарных газов;
- б* – направление  $P_0$ , свойственное для молекулярных газов

Величина осевой силы определяется формулой:

$$P_o = 10^{-7} \cdot I_{ce} \cdot \ln\left(\frac{r_1}{r_2}\right);$$

где  $P_o$  – осевая сила, Н;

$I_{ce}$  – сила тока, А;

$r_1$  и  $r_2$  – радиусы электрода и столба дуги (активного пятна)

При сварке в  $\text{CO}_2$  из-за диссоциации углекислого газа активное пятно сжимается, поэтому осевая сила пинч – эффекта направлена вверх и противодействует отрыву капли (рисунок 1,б) что и служит одной из основных причин хаотического переноса и повышенного разбрызгивания электродного металла. Так же противодействовать отрыву капли будут все вышеперечисленные силы, действующие на каплю, кроме силы тяжести. В тоже время при сварке в смеси ( $\text{Ar} + 18\% \text{CO}_2$ ) характер переноса примерно такой же, как в чистом аргоне (см. рисунок 1,а), осевая сила пинч – эффекта направлена вниз и способствует отрыву капли, что объясняет отсутствие сильного разбрызгивания при дуговой сварке в данной смеси.

Таким образом, проведение анализа полученных результатов показало, что состав защитного газа при дуговой сварке плавящимся электродом низкоуглеродистых и низколегированных сталей оказывает влияние на производительность процесса сварки. При этом коэффициент наплавки при дуговой сварке в смеси ( $\text{Ar} + 18\% \text{CO}_2$ ) имеет более высокое значение и составил  $11,89 \text{ г}/(\text{А} \cdot \text{ч})$ , а в  $\text{CO}_2$  –  $11,39 \text{ г}/(\text{А} \cdot \text{ч})$ . В тоже время коэффициент потерь ( $\psi$ ) при сварке в смеси составил  $7,2\%$ , при сварке в  $\text{CO}_2$  –  $10,7\%$ , т.е. потери на угар и разбрызгивание электродного металла больше при сварке в углекислом газе, чем в смеси  $\text{Ar} + 18\% \text{CO}_2$ .

#### Список использованных источников

1. Новожилов, Н.М. Основы металлургии сварки в газах / Н.М. Новожилов. – М.: Машиностроение, 1979. – 231с.
2. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением. Под редакцией академика Б.Е.Патона – М., машиностроение, 1974. – 768с.

УДК 621.791.763.1

#### Влияние технологических параметров на качество сварного соединения при контактной точечной сварке

Магистрант Киселевич Р.А.

Научный руководитель – Жук А.Е.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

На качество сварного соединения при контактной сварке, наряду с размерами литого ядра точки оказывают влияние: отклонение геометрических параметров и состояние поверхности деталей, физико-механические характеристики материала (твердость, модули упругости и сдвига, предел текучести, электросопротивление); конструкция, геометрические параметры, состояние поверхности, интенсивность охлаждения электрода; тип нагрузочной характеристики, изменение сопротивления вторичного контура в процессе работы, колебания напряжения питающей цепи, изменения динамических характеристик механизма сжатия.

Возможность регулировки давления и тока при правильно выбранном типе нагрузочной характеристики позволяет значительно снизить брак, связанный с параметрами машины. Состояние поверхности (свойства материала, шероховатость, наличие оксидов) определяет требуемую степень деформации поверхности контакта. Чем тверже материал, выше его жесткость в зоне упругих деформаций, тем выше должно быть начальное давление. Локальная пластическая деформация, связанная с пределом текучести материала, приводит к смя-

тию выступов микрорельефа, выдавливанию материала из точек контакта и сопровождается увеличением, как площади пятна контакта, так и разрушением окисных пленок. Критическая деформация выступов может быть оценена выражением:

$$a_{кр} = 5,35 \cdot (1 - \mu^2) \cdot c^2 \cdot \left( \frac{\sigma_T}{E} \right)^2 \cdot r;$$

где  $E$  – модуль упругости;

$\sigma_T$  – предел текучести;

$c$  – коэффициент ( $c=3$ );

$\mu$  – коэффициент Пуассона

Зная величину критической деформации выступов, можно определить среднюю деформацию контактных поверхностей, достаточную для допустимого снижения контактного сопротивления. Однако отклонения геометрических параметров поверхности для партии деталей вызывает нестабильность величин начальных сопротивлений в зоне сварки. Это приводит к изменению выделяемого количества теплоты, диаметра литого ядра и в конечном итоге ведет к изменению прочности сварного соединения. Нестабильность выделения теплоты способствует образованию дефектов сварного соединения: непроварам, выплескам, раковинам, микротрещинам, изменениям структуры, появлениям остаточных напряжений.

Наиболее опасным дефектом является непровар, образование которого связано с уменьшением диаметра литого ядра точки ниже критического. Снижение величины сварочного тока и мощности, увеличение усилия сжатия, диаметра контактной поверхности, зазоров между свариваемыми поверхностями также способствуют возникновению непроваров. Явление выплеска расплава из зоны сварки обусловлено несоответствием скорости нагрева и деформации деталей в начальных локальных зонах контакта, геометрическими отклонениями свариваемых поверхностей. Выплески приводят к нестабильности размеров литого ядра и снижению прочности сварного соединения.

Причинами снижения прочности сварного соединения при контактной сварке также являются снижение сварочного усилия в конце процесса, неправильный выбор размеров и формы рабочей поверхности, условий работы электродов, времени приложения ковочного усилия, места расположения сварных точек.

В результате появления начальных и конечных выплесков в литой зоне точки могут образовываться раковины, поры, глубокие вмятины на поверхности свариваемых деталей. Перечисленные дефекты также отрицательно влияют на картину распределения остаточных напряжений и на несущую способность точечных соединений.

При выборе оптимальных параметров режима точечной сварки необходимо учитывать условия формирования структуры металла в процессе сварки. Интервал кристаллизации и температурный интервал хрупко вязкого перехода определяют склонность свариваемых металлов к образованию горячих трещин.

При контактной сварке листов без зазора увеличение площади контакта электрода и, соответственно, увеличение отвода тепла приводит к уменьшению диаметра (6,45 и 5,6 мм) и высоты ядра (1,6 и 1,2 мм), увеличению диаметра отпечатка (5,8 и 8,3 мм) и снижению высоты отпечатка (0,3 и 0,2 мм). Микротвердость литого ядра составляет порядка 267–269 HV, околошовной зоны – 195–204 HV, при микротвердости основного материала – 148 HV. Микроструктура литого ядра имеет более мелкие дендритные кристаллы. Интенсивный отвод тепла формирует грубые дендритные кристаллы более пластичной околошовной зоны. При увеличении пластической деформации диаметр вмятины увеличивается.

При контактной сварке листов без зазора увеличение площади контакта электрода и соответственно увеличение отвода тепла приводит к увеличению диаметра ядра (5,6 и 5,85 мм), высота ядра практически не изменилась – 1,35 мм, диаметр отпечатка уменьшился (7,25 и 6,5 мм), а высота отпечатка увеличилась (0,25 и 0,35 мм). Микротвердость литого ядра 242–258 HV, око-

лошовной зоны – 189–191 HV. При увеличении отвода тепла формируется более твердая околосшовная зона, снижается пластичность материала, что приводит к снижению диаметра отпечатка.

Вследствие специфики термического и деформационного циклов сварки структура соединений в значительной степени отличается от структур металла, образующихся после литья или прокатки. Здесь превращение аустенита протекает при больших скоростях нагрева. При точечной сварке деталей малой толщины скорость нагрева достигает  $200000^{\circ}\text{C}/\text{с}$ . С увеличением скорости нагрева положение критических точек изменяется и расширяется температурный интервал превращений, что заметно влияет на кинетику распада аустенита. Аустенитизация происходит в условиях непрерывного нагрева и охлаждения металла, подвергающегося деформации. Это приводит к замедлению растворения карбидов, неполной гомогенизации и др.

Свойства сварных соединений определяются развитием диффузионных процессов на границе литой точки и околоточечной зоны, размером и направленностью кристаллитов и др. Указанные особенности формирования структур влияют на несущую способность точечных соединений.

УДК 621.791.03

### **Проблемы и перспективы развития оборудования для сварки плавлением**

Студенты гр.10403116: Снитко Д.В., Разумович Е.Р., Назаров Д.А.  
Научный руководитель – Гольцова М.В.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

За время, прошедшее с 1802 года, когда русский ученый Василий Владимирович Петров обнаружил, что при пропускании электрического тока через два угольных стержня между их концами возникает высокотемпературная электрическая дуга, и предложил использовать ее для расплавления металлов, сварочные технологии шагнули далеко вперед. В сварке плавлением новые технологии появлялись с открытием новых способов нагрева металла, и к сегодняшнему дню источники питания сварочной дуги классифицируются по разным признакам, от способа производства энергии до рода используемого электрического тока.

По некоторым оценкам, к началу XXI в. около 70% объема мирового рынка сварочной техники и услуг приходилось на сварочные материалы и около 30% – на сварочное оборудование. Развитие и усовершенствование оборудования происходит непрерывно, в направлении обеспечения гарантированного производства высококачественных сварных соединений.

В этом ракурсе на первое место выходит автоматизация процесса сварки. Она позволяет создавать принципиально новые технологические процессы, в которых для создания шва параметры тока изменяются по специальному алгоритму. Дополнительное преимущество автоматизации – возможность выполнения работ неквалифицированным исполнителем. Для осуществления автоматической сварки требуется целый комплекс разнообразных машин, механизмов и приспособлений, составляющих автоматическую установку для дуговой сварки.

Второе направление усовершенствования оборудования для сварки – обеспечение его портативности. Легкие и малогабаритные инверторы уже стали привычными аппаратами для сварки, а рынок производителей инверторов настолько широк, что можно подобрать инвертор «на любой кошелек».

Третье направление, реализуемое сегодня – это расширяющееся использование программируемых сварочных роботов. При всех достоинствах роботов, ограничение в их применении вызвано их высокой стоимостью, нехваткой специалистов, способных управлять роботизированными системами и сложностью задания определенных параметров. Поэтому, несмотря на острый интерес в сварочной робототехнике, бурными темпами вытеснить в ближайшее время традиционные виды сварки они не смогут.

Четвертое направление – совмещение отдельных технологических процессов в единые способы сварки (так называемые «гибридные» технологии). Оно обеспечивает качественное соединение деталей из цветных и разнородных металлов и сплавов. Прежде всего, это так называемые «лазерно-дуговые» процессы, в которых осуществляется совместное действие лазерного луча и электрической дуги. Интересно, что при этом увеличивается коэффициент использования энергии как лазерного, так и дугового источников тепла. Эксперименты ведущих фирм и корпораций мира показали, что наиболее эффективно использовать в таком гибридном процессе сжатую (плазменную) дугу. Работы по реализации гибридных процессов и, следовательно, по созданию соответствующего оборудования ведутся в разных странах мира. К одной из основных проблем этого направления относят сложность устройств для реализации гибридных процессов. Чаще всего оборудование для гибридных способов представляет собой сумму основных узлов каждого из источников нагрева и отдельных или совмещенных источников питания с электронным управлением параметрами режимов.

Параллельно с совершенствованием сварочного оборудования проводится разработка новых инструментов для контроля качества шва. В оборудовании для промышленных цехов контрольная аппаратура встраивается как компонент в технологическую линию, а для полевых условий производители создают портативные приборы.

УДК621.791.01

### **Новая версия международного стандарта ISO 15614-1:2017 на квалификацию технологических процессов сварки**

Студент: гр. 10403115 Специан И.В.,

Магистрант Каноник А.Ф.

Научный руководитель – Бендик Т.И.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

В первой половине 2017 года был завершён пересмотр стандарта ISO 15614–1:2017 [1] на квалификацию процедур дуговой и газовой сварки сталей и никелевых сплавов. Версия стандарта 2017 года является результатом обширного и длительного пересмотра предыдущей версии, завершённого подкомитетом ISO /TC 44/SC 10.

Основное отличие новой версии стандарта заключается в том, что ISO 15614-1:2017 включает два уровня испытаний процедуры сварки, обозначенных уровнями 1 и 2. Уровень 1 основан на требованиях раздела IX ASME Boiler and Pressure Vessel Code (ASME IX), а уровень 2 основан на предыдущих версиях ISO 15614–1.

Квалификация технологии сварки по уровню 2 предусматривает большее количество испытаний с более узкими диапазонами распространения квалификации, чем уровень 1. Квалификация технологии, проводимая по уровню 2, будет распространяться на уровень 1, но не наоборот. Следует также отметить, что если условиями контракта или стандартами не задан уровень, то следует применять требования для уровня 2.

Основные технические изменения в стандарте ISO 15614–1 и их предпосылки:

1. Образцы для макроскопических исследований и измерений твердости стыковых соединений пластин в новой версии необходимо отбирать со стороны начала сварного шва (в предыдущей версии, наоборот – вырезка осуществлялась со стороны окончания сварки), т.к. полагается, что в начале шва твердость будет максимальной;

2. Для стыковых соединений труб представлены две схемы вырезки образцов: для сварки «на спуск» и «на подъем» с образцами для вырезки в разных местах по окружности трубы (в предыдущей версии стандарта направление сварки не было указано);

3. Для термообработанных сталей 4 и 5 групп (теплоустойчивые хромомолибденовые) установлена максимальная твердость 350 HV10 (вместо 320 HV10 в предыдущей версии стандарта);

4. Новая таблица для области распространения квалификации технологии по группам свариваемых металлов более проста в использовании, особенно для случая комбинации свариваемых сталей разных групп между собой;

5. Квалификация технологии сварки сталей группы 11 по новой версии можно распространять на стали группы 1 с таким же или более низким пределом текучести;

6. Внесены изменения в таблицы со значениями областей распространения технологии по толщине для стыковых и угловых швов, а также по диаметру свариваемых труб;

7. Для сварных швов, выполняемых несколькими процессами, испытываемые образцы должны включать наплавленный каждым процессом сварки металл отдельно. В предыдущем издании этого явно не требовалось;

8. Расчет тепловложения при дуговой сварке предложено проводить согласно ISO /TR 18491 с учетом возможностей современных источников питания сварочной дуги. Традиционная формула для ввода тепла (энергии дуги) в EN 1011-1 неадекватна при импульсной сварки (например, P-GTAW или p-GMAW) или в случае использования источников питания со сложными формами колебаний (например, Lincoln STT, Fronius CMT, ESAB Superpulse, Kemppi WISEROOT и т.д.) [2].

9. Если используется источник питания со сложной формой колебаний, то марка оборудования (производитель) и режимы сварки должны быть записаны в WPQR и не могут быть изменены. Например, квалификация с Lincoln STT охватывает только Lincoln STT. Если применяется "обычная" импульсная сварка (без сложной формы), то марка оборудования и параметры импульса должны быть записаны в WPQR, но при этом марку оборудования можно изменять при условии воспроизводимости параметров режима в установленном диапазоне.

Следует отметить, что стандарт ISO 15614-1:2017 ссылается на ряд стандартов, аналогов которым (аутентичных стандартов) в Республике Беларусь на данный момент нет:

–ISO 17637 (визуальный контроль сварных швов);

–ISO 17640 (ультразвуковой контроль);

–ISO 3452-1 (капиллярный контроль);

–ISO 4136 (статическое растяжение);

–ISO 5173 (статический изгиб);

–ISO 9016 (ударный изгиб);

–ISO 9015-1 (измерение твердости).

Исключение составляют стандарты СТБ ISO 17638-2013 (магнитопорошковый контроль) и ГОСТ ISO 17636-1-2017 (радиографический контроль) [3].

Поэтому возможность ввода в действие стандарта ISO 15614-1:2017 в Республике Беларусь требует значительной переработки действующей нормативно-технической базы в области разрушающего и неразрушающего контроля сварных соединений.

#### **Список использованных источников**

1. ISO 15614-1:2017 Specification and qualification of welding procedures for metallic materials – Welding procedure test – Part 1: Arc and gas welding of steels and arc welding of nickel and nickel alloys.

2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/faq-whats-new-in-iso-15614-1-2017>. – Дата доступа: 12.03.2019.

3. Национальный фонд технических нормативных правовых актов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tnpa.by>. – Дата доступа: 12.03.2019.



Студент: гр. 10403114 Фигурин Ф.К.

Магистрант: Каноник А.Ф.

Научный руководитель – Бендик Т.И.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Тенденция повышения эффективности энергетических установок путем перехода на суперсверхкритические параметры пара (с температурой 580–620 °С и давлением 25–30 МПа) требует применения конструкционных материалов, обладающих необходимыми технологическими свойствами: высокой жаропрочностью, вязкостью, коррозионной стойкостью и технологической прочностью.

С данной точки зрения наиболее перспективным представляется использование жаропрочных высокохромистых сталей с содержанием хрома 9–10 %, как обладающими высоким сопротивлением ползучести, относительно низкой стоимостью и высокой экономической эффективностью их применения. В качестве примера марок таких сталей можно привести разработанные в ОАО НПО «ЦНИИТМАШ» стали 10X9МФБ и 10X9В2МФБР, а также сталь X10CrMoVNb9-1 (EN 10216-2), P91 (ASTMA335), T91 (ASTMSA213) и сталь X10CrWMoVNb9-2 (EN 10216-2), P92 (ASTMA335), T92 (ASTMSA213) [1].

Данные стали имеют более высокие показатели длительной прочности в сравнении с традиционно используемыми материалами для тепловой энергетики. На рисунке 1 показано иллюстративное сравнение толщин стенок двух труб: из обычной теплоустойчивой стали P22 и жаропрочной P91.



Рисунок 1 – Сравнение толщин стенок труб из теплоустойчивой P22 (ближайший аналог 12X2М) и жаропрочной стали P91(ближайший аналог 10X9МФБ).

Высокие прочностные свойства стали P91 обусловлены легированием и структурой, сформировавшейся после термической обработки: в результате мартенситного превращения при закалке на воздухе с температур порядка 1050 °С в стали формируется дислокационная структура, стабильность которой в процессе ползучести обеспечивается подавлением перемещения дислокаций путем снижения скорости диффузии в твердом растворе и выделением при высоком отпуске (730–780 °С) дисперсных вторичных карбидных и карбонитридных фаз, сдерживающих развитие динамической полигонизации при температурах эксплуатации [1,2].

Однако вышеперечисленные преимущества жаропрочной стали P91 несколько снижаются из-за сложности в реализации процесса сварки данного материала, который заключается в необходимости последовательного выполнения следующих технологических операций [3, 4]:

- предварительный подогрев и контроль температуры между проходами 200–250 °С;
- для завершения мартенситного превращения после сварки швы необходимо охладить до 80–100 °С;
- послесварочная термообработка: отжиг 750–780 °С не менее 2 часов.

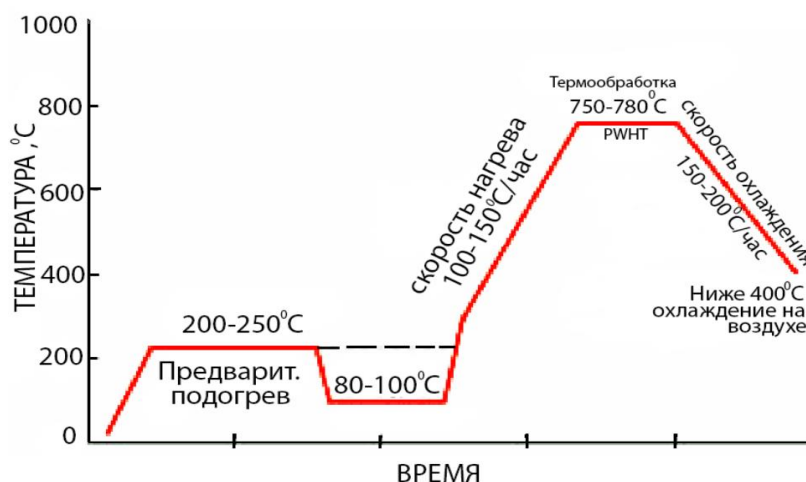


Рисунок 2 – Параметры предварительного подогрева и термообработки при сварке P91

Для сварки турбин, котлов высокого давления, технологических трубопроводов в химической промышленности, работающих при температуре до + 650 °С применяются сварочные материалы, обеспечивающие равнопрочность швов и основного металла и имеющие химический состав близкий со свариваемой сталью, например, для сварки неплавящимся электродом GTAW (присадочный пруток EN ISO 21952-A: W CrMo91, защитный газ Ar), сварки под флюсом SAW (фторидо-основной сварочный флюс EN ISO 14174 SA FB 1 55 DC H5, проволока EN ISO 24598-A S S CrMo91), для ручной дуговой сварки SMAW (электроды EN 1599: E CrMo91 B 4 2 H5).

Сталь P91 отличается большой склонностью к образованию холодных трещин, поэтому предъявляются повышенные требования к сварочным материалам: минимальное содержание водорода в наплавленном металле (не более 5 мл/100грамм наплавленного металла).

Для достижения высоких механических свойств сварку необходимо вести тонкими слоями не более 2–3 мм толщиной и предусмотреть мероприятия по снижению остаточных напряжений и деформаций после сварки.

#### Список использованных источников

1. Скоробогатых, В.Н. Новые материалы для перспективных энергетических установок / В.Н. Скоробогатых, И.А. Щенкова, П.А. Козлов / Арматуростроение, 2010. – №3(66). – с. 56–59.
2. Abe, F. Precipitate design for creep strengthening of 9% Cr tempered martensitic steel for ultra-supercritical power plants. Science and Technology of Advanced Materials, 2008. – №9(1). – P. 11–15.
3. Tammasophon N. Effect of Postweld Heat Treatment on Microstructures and Hardness of TIG Weldment between P22 and P91 Steels with Inconel 625/ N. Tammasophon, W. Homhrajai, G. Lothongkum/ Journal of Metals, Materials and Minerals, 2011/ – Vol. 21, № 1. – P.93–99.
4. Krishi Sanskriti. A Study on Effect of Preheating and Post Weld Heat Treatment (PWHT) of Grade P91/ Akhilesh Kumar Singh, Tapas Debnath, Vidyut Dey and Ram Naresh Rai/ Steel Journal of Material Science and Mechanical Engineering (JMSME). – 2015. – Vol. 2, № 8. – p. 57–62.

## Исследование структуры композитов на основе порошка $\text{Si}_3\text{N}_4$ с добавкой порошка оксидов редкоземельных элементов

Студент гр.10403117 Филистович И.С.  
 Научный руководитель – Григорьев С.В.  
 Белорусский национальный технический университет  
 г. Минск

Одним из основных требований к композиционным материалам для высокопроизводительной размерной обработки является сохранение режущей способности при температурах выше 1000 °С.

Высокие эксплуатационные характеристики композитов при проведении высокопроизводительной размерной обработки изделий наряду с высокой плотностью обеспечиваются получением определённого соотношения кристаллических фаз композита с сохранением нанодисперсной структуры материала.

Для создания инструментальных материалов с высокой теплостойкостью на основе тугоплавких соединений все шире используются технологии с использованием высоких давлений и температур спекания для получения высокоплотных наноструктурных керамических композитов.

Исследование структуры, фазового состава композитов, полученных с использованием процессов горячего прессования осуществлялось на образцах диаметром 8 мм из подготовленной шихты. Шихта подготавливалась из взвешенных в заданном соотношении по массе компонентов. В качестве исходных компонентов использовались субмикронные порошки нитрида кремния с добавкой 5 % порошков оксидов европия.

Смешивание компонентов шихты осуществлялось в смесителе типа «пьяная бочка» в среде этилового спирта в течение 12 часов с использованием шаров из диоксида циркония. После смешивания шихту высушивали до постоянной массы и затем прессовали в таблетки при давлении 400 МПа. После сборки пресс-формы проводилось спекание образцов под давлением 4 ГПа в течение 30 с. Температура спекания варьировалась в заданном диапазоне. На рисунках 1,2 представлена морфология частиц оксида европия, распределение частиц оксида европия в шихте на основе  $\text{Si}_3\text{N}_4$  и спектр шихты, полученного с использованием энергодисперсионного спектрометра сканирующего электронного микроскопа VegaPMU.

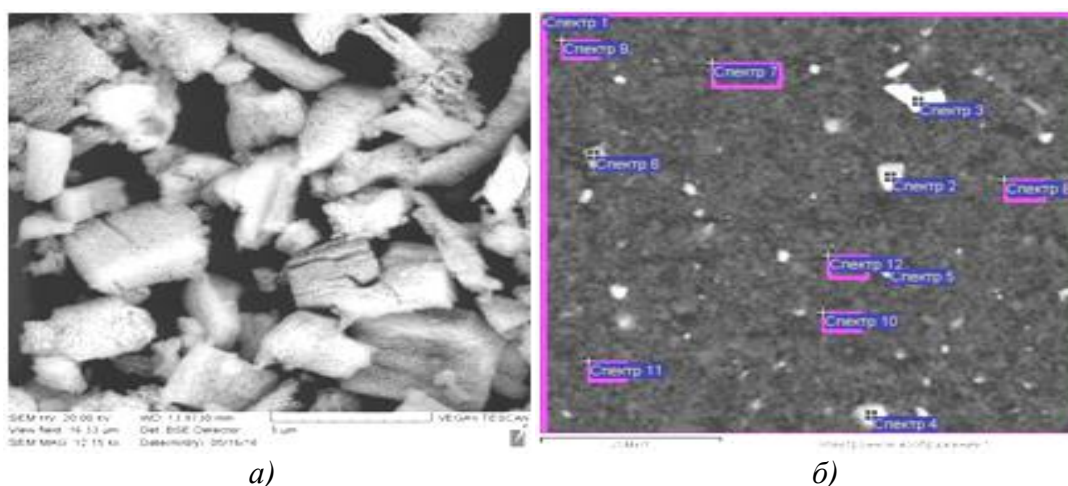


Рисунок 1 – Морфология частиц оксида европия и распределение частиц оксида европия в шихте на основе  $\text{Si}_3\text{N}_4$ :

*a* – морфология частиц оксида европия;

*б* – распределение частиц оксида европия в шихте на основе  $\text{Si}_3\text{N}_4$

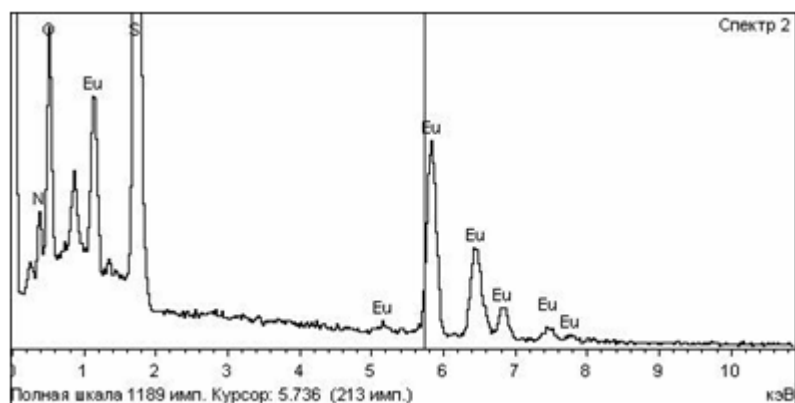


Рисунок 2 – Спектр шихты  $\text{Si}_3\text{N}_4 + 5\% \text{Eu}_2\text{O}_3$ , полученного с использованием энергодисперсионного спектрометра сканирующего электронного микроскопа VegaIII MU

На рисунке 3 показана рентгенограмма композита на основе нитрида кремния и 5% оксида европия, спеченного при температуре 1300 °С.

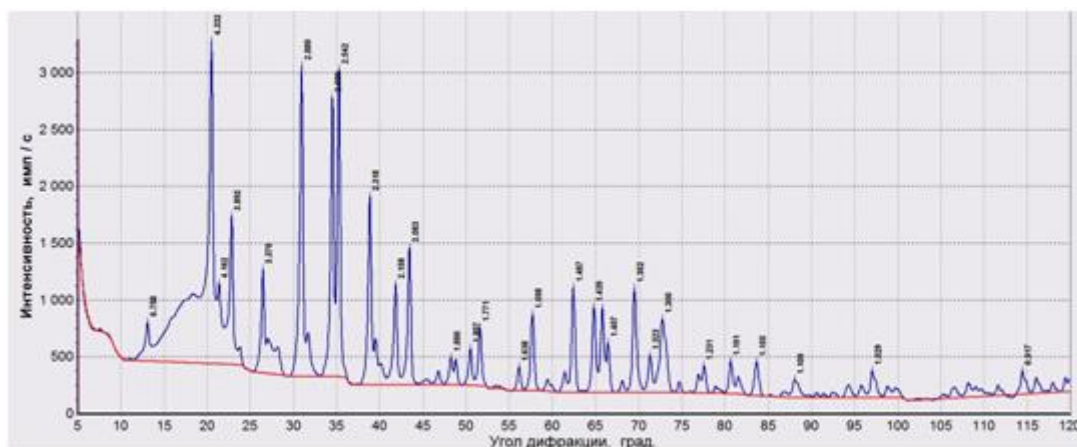


Рисунок 3 – Рентгенограмма композита  $\text{Si}_3\text{N}_4 + \text{Eu}_2\text{O}_3$  с нанесёнными межплоскостными расстояниями, излучение Cu- $\alpha$

Порошок оксида европия представляет собой частицы осколочной формы с размером частиц от 20 мкм до 200 нм. Преобладающая фракция – частицы порошка от 3 до 5 мкм. Преобладающий размер частиц порошка  $\text{Si}_3\text{N}_4$  в шихте – домикронный, форма частиц – осколочная. Распределение частиц порошка оксида европия по шихте – равномерное.

Оксид европия состоит из смеси фаз  $\text{Eu}_{1-x}\text{O}$  и  $\text{Eu}_2\text{O}_3$  со значительным преобладанием фазы  $\text{Eu}_2\text{O}_3$ . Для фазы  $\text{Eu}_{1-x}\text{O}$  наблюдаются только отдельные линии на рентгенограмме.

Основная фаза порошка нитрида кремния –  $\alpha\text{-Si}_3\text{N}_4$ . Её содержание доходит до 90%, содержание фазы  $\beta\text{-Si}_3\text{N}_4$  – порядка 10%.

В процессе спекания горячепрессованной шихты при температурах от 1100 °С до 1300 °С на рентгенограммах не наблюдается отдельно расположенных линий оксида европия. Данное обстоятельство можно объяснить тем, что в процессе спекания между фазами  $\text{Si}_3\text{N}_4$  и  $\text{Eu}_2\text{O}_3$  образуется с твердый раствор на основе  $\text{Si}_3\text{N}_4$ , что сопровождается изменением межплоскостного расстояния фазы  $\alpha\text{-Si}_3\text{N}_4$ .

Увеличение температуры спекания от 1100 °С до 1300 °С приводит к увеличению степени искажения кристаллической решетки  $\alpha\text{-Si}_3\text{N}_4$  при повышении температуры спекания в данном диапазоне.

**Аномалии при динамическом взаимодействии сгустков порошковых частиц с твердой металлической преградой**

Студент гр. 10403117 Филиппов М. Н.  
Научный руководитель – Ушеренко С.М.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Процесс легирования деталей на основе стали, как правило, выполняется в жидком агрегатном состоянии. Легирование стали значительно меняет ее исходную структуру, а соответственно и свойства сплавов. Процесс легирования при этом происходит в условиях перемешивания жидких фаз и создания химических соединений. Такой вариант легирования требует, как значительных затрат энергии, так и относительно длительный период времени обработки стали.

При взаимодействии порошковых сгустков со стальными преградами в динамическом режиме реализуется комплекс физических эффектов, которые качественно отличаются от эффектов при легировании в жидком агрегатном состоянии.

Как правило, стали легированные в твердом агрегатном состоянии обладают более высокой твердостью и прочностью по сравнению с прочностью этой же стали в жидком состоянии. В этих условиях за доли секунды наблюдаются эффекты проникания микроударников на глубины в сотни или тысячи размеров исходных частиц.

С позиции аномального процесса внедрения микрочастиц порошкового сгустка в твердое металлическое тело на первой стадии взаимодействия необходимо сформировать зародыши канальных элементов в поверхностных слоях металлической заготовки.

Глубина проникания ядра в преграду не может превышать 6–10 калибров ударника. В экспериментах по прошивке стального образца сгустками микрочастиц (1–100 мкм) внедрение частицы на глубины до 100 мм потребует уменьшение сопротивления материала преграды в 10000 раз или аналогичную величину дополнительной энергии для подталкивания ударника[1]. На этапе формирования на поверхности открытых кратеров

**Целью настоящей работы** является рассмотрение возможных объяснений эффекта динамического переноса частиц в объеме стального твердого тела.

На этапе формирования на поверхности твердого тела открытых микрократеров излишки энергии удара затрачиваются на выброс осколков, на формирование кратера, а иногда на проплавление поверхности и даже, при высоких скоростях соударения, на излучение в открытое пространство.

В массивном металлическом материале дополнительной подталкивание в стальной преграде частицы становится возможным только при условии интенсивного воздействия матричного вещества на тыльную часть ударника. Реализация такого подталкивания возможно только в импульсном режиме. В закрытой системе, когда микроударник находится в закрытой полости, импульсный режим подталкивания ударников за счет пульсации вещества в канальной зоне после ударника. Известно, что движение ударника (пули) в воде сопровождается взрывами по траектории движения.

Также известно, что кавитация приводит к появлению на поверхности металла многочисленных взрывных каверн, формированию армирующихся волокон (рисунок 1). Взрывы за ударником, даже в твердом теле объясняют кавитацией. Поскольку, после травления поверхности шлифа волоконные элементы вытравливаются над поверхностью стали, то следует предположить, что химическая активность этих структурных элементов существенно отличается от исходной стали. Обработка стали в твердом состоянии проводилась порошками свинца. Т.е. твердость ударника заведомо ниже, чем твердость стальной преграды.



Рисунок 1 – Волокна, формируемые частицами свинца в режиме сверхглубокого проникания

Результаты анализа синтезируемых волоконных элементов показаны в таблице 1.

Таблица 1 – Концентрация микроэлементов при СГП (свинец)

№ точки	Fe	Al	Mn	S	Cu	Pb
T2	28,61	13,99	39,17	–	0,55	17,68
T3	48,77	32,22	–	0,28	0,28	19,03
T4	43,32	40,00	–	0,54	0,54	16,11

На основе экспериментальных результатов можно утверждать, что на глубине 22 мм в объеме твердого стального тела сформировались волокна с высокой концентрацией свинца – 17–19 масс %. Высокую концентрацию алюминия в волокне, по-видимому, можно объяснить тем, что сгустки свинцового порошка разгонялись в кумулятивной линзе, изготовленной из алюминиевого листа. Очевидно, что высокую концентрацию марганца – 39 масс %, зафиксированную в точке 2 нельзя объяснить только за счет динамического массопереноса. На рисунке 2 после прошивки преграды из стали 10 получена фотография канального элемента, пульсировавшего при проникании на глубине 20 мм.

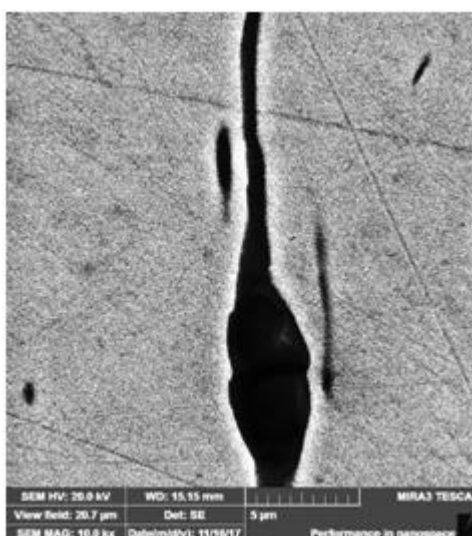


Рисунок 2 – Зона пульсации канального элемента в стальной преграде

Многочисленные эксперименты показали, что при динамической обработке стали устойчиво реализуются необычные эффекты. Эти эффекты заключаются в динамическом легировании твердого тела метаемым веществом, которое в начальном этапе находится также в твердом агрегатном состоянии. Главным практическим результатом в данных условиях является преобразование массивного твердого тела в композиционный волоконный материал за доли секунды. Таким образом, технологическая операция, называемая «сверхглубокое проникание», позволяет эффективно легировать по объему и преобразовывать массивную стальную заготовку в композиционный материал [1].

#### Выводы

1. Обнаружены специфические режимы, при которых реализуются условия обеспечивающие прошивку микрочастицами свинца преграды из углеродистой стали на глубины до 20 мм.

2. Преобразование массивного стального материала в композит возможно при подводе дополнительной энергии к ударнику, как результат многочисленных пульсаций на тыльной поверхности ударника.

#### Список использованных источников

1. Ушеренко, С.М. Анализ процесса проникания. Динамическая перестройка структуры материалов. Кол. Монография – НИИ ИП с ОП, Мн.: 2000. – С. 85–100.

УДК 621.791

#### **Анализ макроструктуры и свойств соединений, полученных электронно-лучевой и механизированной сваркой в защитных газах плавящимся электродом низколегированной стали повышенной прочности**

Магистранты: Киселевич Р.А., Сахончик В.Ю.

Научный руководитель – Урбанович Н.И.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

К деталям колеса относятся ободья, которые в настоящее время, например, на БелАЗе для их изготовления используют трубы из стали 20. Эта сталь относится к хорошему свариваемым, но имеет невысокие прочностные свойства. Для сварки элементов ободьев применяют механизированную дуговую сварку в защитных газах плавящимся электродом. Толщина стенки обода 16 мм., поэтому, согласно ГОСТ 14771–76 сварку осуществляют с двух сторон по три прохода с каждой стороны, Тип соединения стыковой с Х – образной разделкой.

Следует отметить, что при эксплуатации обод колеса испытывает знакопеременные нагрузки, работает в разных климатических условиях. В следствии чего в нем нарушается геометрия появляется овальность, а иногда и трещины, которые чаще всего возникают в зоне сварки, что в конечном итоге может привести к поломкам во время движения автосамосвала и быть причиной несчастного случая.

В рамках данной работы с целью снижения проявления указанных факторов предлагается заменить низкоуглеродистую сталь марки сталь 20 на низколегированную сталь повышенной прочности марки 09Г2С. Кроме повышенных прочностных свойств эта сталь обладает достаточно высокой пластичностью и сопротивляемостью ударным нагрузкам. Устойчивость свойств в широком температурном диапазоне позволяет применять детали из этой марки в интервале температур от -70 до +450 °С, что является весьма актуальным для сверхтяжелых машин, работающих в холодных климатических зонах, например, на крайнем Севере. Сталь 09Г2С относится к низколегированным конструкционным сталям, которые можно считать вполне пригодными для дуговых способов сварки. Эти стали не относятся к группе металлов, обладающих повышенной склонностью к образованию холодных и

горячих трещин. Вместе с тем необходимо отметить, что при повышенном содержании легирующих элементов и особенно углерода в стали проявляется чувствительность металла к образованию малопластичных закалочных структур. Склонность металла к образованию закалочных структур можно приближенно определить по значению углеродного эквивалента ( $C_{ЭКВ}$ ).

$$C_{ЭКВ} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}, \%$$

$$C_{ЭКВ} = + \frac{1,7}{6} + \frac{0,3 + 0 + 0}{5} + \frac{0,3 + 0,3}{15} = 0,54, \%$$

Так как критической величиной  $C_{ЭКВ}$  является значение – 0,45%, значит данная сталь 09Г2С – склонна к образованию малопластичных закалочных структур в зоне термического влияния. Образование закаленных участков в сочетании с высоким содержанием диффузионного водорода в металле шва и наличием остаточных растягивающих сварочных напряжений способствуют образованию холодных трещин. Предотвратить попадание водорода в сварной шов, а так же снизить сварочные напряжения можно, применив передовые виды сварки, например, электронно - лучевую сварку (ЭЛС).

Электронно – лучевая сварка относится к методам сварки высококонцентрированными источниками энергии и обладает широкими технологическими возможностями. Она позволяет сваривать широкий диапазон толщин, соединять за один проход металлы и сплавы толщиной от 0,1 до 400 мм, получать узкие швы с глубоким проплавлением, уменьшить рост зерна в ЗТВ и минимизировать ее размеры, тем самым снизить сварочные напряжения и деформации. Еще одним существенным преимуществом ЭЛС является полная дегазация рабочей области, в результате чего отсутствие воздействия атмосферных кислорода и водорода на шов позволяет добиться его более однородной и плотной структуры и высоких физико – механических свойств изделий.

Целью данной работы является проведение оценки возможности применения ЭЛС для получения сварного соединения из стали 09Г2С, сравнительного анализа макро – микро-структуры и свойств соединений, полученных электронно-лучевой и механизированной сваркой в защитных газах плавящимися электродами.

В качестве материала для исследования использовали пластины толщиной 16 мм, размером 300 x 150мм из стали марки 09Г2С. Химический состав и механические свойства стали приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Химический состав стали марки 09Г2С по ГОСТ 19282-73

Марка стали	Массовая доля элементов, %						
	C	Si	Mn	Ni	Cr	Cu	Fe
09Г2С	До 0,12	От 0,5 до 0,8	От 1,3 до 1,7	До 0,3	До 0,3	До 0,3	~ 96-97

Таблица 2 – Механические свойства стали марки 09Г2С по ГОСТ 1577-81

Предел текучести, $\sigma_T$ , МПа	Временное сопротивление разрыву, $\sigma_B$ , МПа	Относительное удлинение, $\delta$ , %
325	470	21



С целью проведения сравнительного анализа микроструктуры и свойств сварных соединений одно из соединений получали с применением ЭЛС, другое – механизированной сварки в защитных газах плавящимся электродом. ЭЛС сварку проводили на установке КЛ – 155 на следующих режимах: ускоряющее напряжение 60 кВ; ток луча 120 мА; диаметр круговой развертки 2мм.; скорость сварки 25 м/ч.

Стыковое соединение (С25 ГОСТ 14471) получали с использованием дуговой сварки аппаратом «КЛОСС» на режимах: напряжение дуги  $U_d = 18-24$  В, ток сварки  $I_{св} = 130-160$  А, скорость сварки  $V_{св} = 15-20$  м/час, расход защитной смеси (Ar + CO<sub>2</sub>)  $Q_{Ar + CO_2} = 12-14$  л/мин, марка проволоки Св-08Г2С-О, диаметр сварочной проволоки 1,2.

Резку образцов для проведения металлографических исследований осуществляли механической пилой. Изучение структуры проводили с использованием поста микроконтроля МК – 1 на базе микроскопа МИ – 1 и программы обеспечения SIAMS 800. Твердость образцов измеряли на твердометре ПМТ-3М по методу Виккерса при нагрузке 200г.

Увеличенное изображение общего вида соединений, полученных разными видами сварки плавлением и микроструктуры шва, ЗТВ и основного металла представлены на рисунке 1.

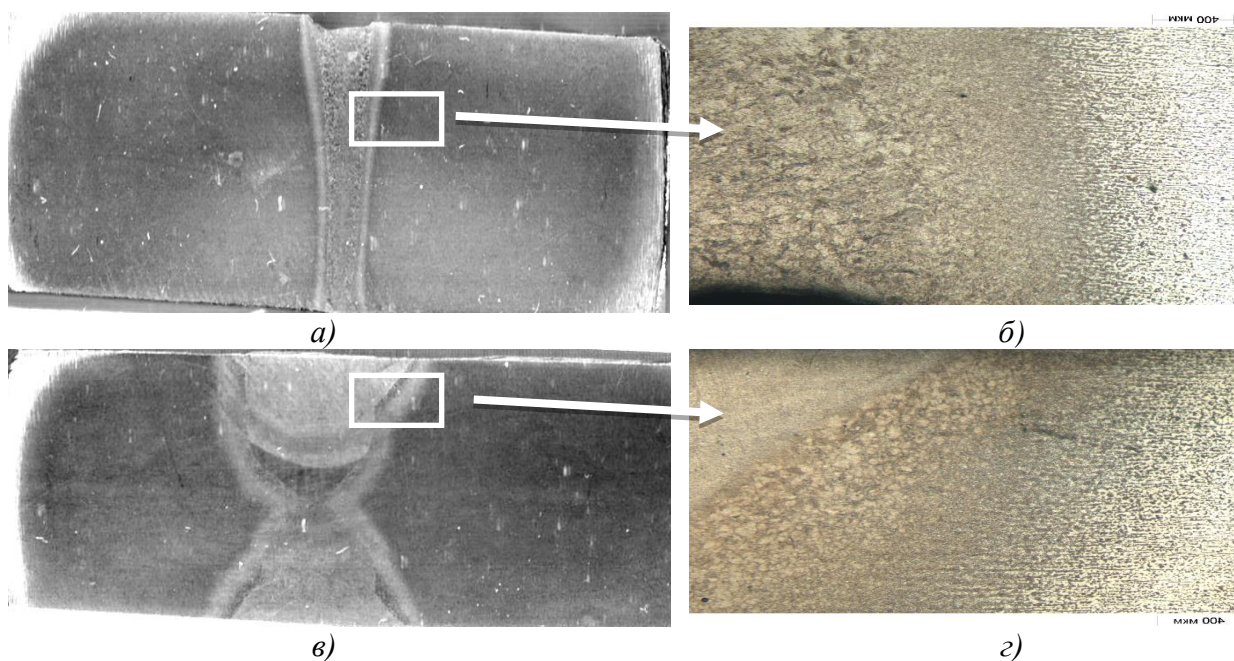


Рисунок 1 – Увеличенное изображение стыкового сварного соединения и микроструктур шва, ЗТВ, и основного металла:

*а* – стыковое соединение полученное ЭЛС;

*б* – микроструктур шва, ЗТВ, и основного металла после ЭЛС;

*в* – стыковое соединение, полученное дуговой сваркой;

*г* – микроструктур шва, ЗТВ, и основного металла после дуговой сварки

Сварное соединение, полученное ЭЛС (см. рисунок 1(а)), характеризуется глубоким узким швом и малой ЗТВ. Ширина шва составляет 3–5 мм. Микротвердость металла шва находится в пределах 210–220 HV<sub>200</sub>. В ЗТВ возле зоны сплавления (см. рисунок 1(б)) структура состоит из крупных феррито-перлитных зерен. По мере приближения к основному металлу размер зерен уменьшается. Микротвердость металла ЗТВ находится в пределах 220 –230 HV<sub>200</sub>. Наибольшее значение наблюдается в зоне сплавления 230–240 HV<sub>200</sub>. Такая твердость свойственна для пластинчатого перлита или сорбита[1]. Ширина ЗТВ равна 1–1.5 мм.

Общий вид сварного соединения, полученного механизированной сваркой в защитных газах плавящимся электродом, представлен на рисунке 1 (в). Следует отметить, что ширина шва после дуговой сварки в 2,5–3 раза больше, чем ширина шва, полученного ЭЛС и составляет 8–9 мм. Его микротвердость имеет значение 170 – 180HV<sub>200</sub>. ЗТВ сварного соединения шире в 2,5 – 3 раза ЗТВ сварного соединения, полученного ЭЛС, и составляет 3–4,5 мм. Изменения структуры в ЗТВ (см. рис. 1,г) носят такой же характер, как после ЭЛС. Микротвердость металла ЗТВ в среднем имеет значение 210 – 220HV<sub>200</sub>. Наибольшее значение наблюдается в зоне сплавления 220 230 HV<sub>200</sub>. На рисунке также хорошо видна структура основного металла, которая представляет собой вытянутые в доль прокатки феррито-перлитные зерна, его микротвердость составляет 145 – 155HV<sub>200</sub>.

На рисунке 2 (а) и б представлены микроструктуры металла швов, полученных двумя видами сварки. Заполнение разделки кромок при дуговой сварке осуществлялось с двух сторон за несколько проходов, поэтому металл нижних слоев шва испытал многократное тепловое воздействие, в связи с чем в структуре не наблюдается явного направленного характера кристаллитов обусловленное отводом теплоты в основной металл. Зерна металла шва оторочены сплошной ферритной сеткой, выделившейся во время распада аустенита. Микроструктура металла шва, полученного ЭЛС, имеет плотное дендритное строение, обусловленное большими скоростями охлаждения.

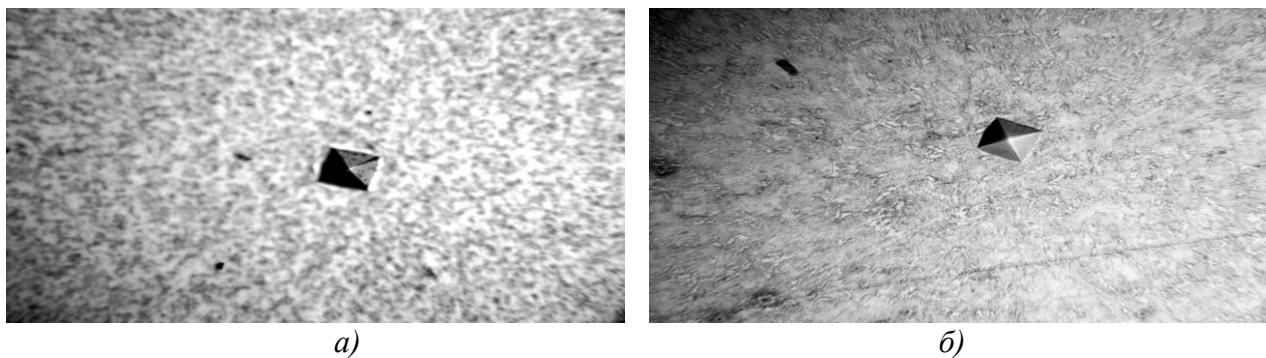


Рисунок 2 – Микроструктуры металла швов сварных соединений:  
*а* – полученного дуговой сваркой; *б* – электронно – лучевой сваркой

Уместно отметить, что при ЭЛС превращения в металле шва протекают в менее равновесных условиях, чем при других способах сварки. Однако вызванная этим опасность образования дефектов, например, холодных трещин, компенсируется тем, что размеры ЗТВ и зоны проплавления малы. Развивающиеся усадочные напряжения невелики и образующиеся неравновесные структуры находятся в слабонагруженном состоянии. Например, электронным лучом можно сваривать без подогрева низколегированные стали, несмотря на то, что в шве и ЗТВ образуется мартенсит [2].

Таким образом, анализ проведенных исследований показал, что применение ЭЛС стали 09Г2С толщиной 16 мм не привело к образованию закалочных структур в ЗТВ. Самое высокое значение микротвердости в зоне сплавления характерно для структур пластинчатого перлита или сорбита. Поэтому применение ЭЛС ободьев из стали 09Г2С является весьма перспективным направлением в технологии их изготовления, что приведет к повышению качества и конкурентоспособности продукции.

#### Список использованных источников

- 1.Лабораторный практикум по курсу «Материаловедение и технология конструкционных материалов» для студ. вузов / Н.А. Свидунович, Г.П. Окатова, Д.В. Куис. – Минск: БГТУ, 2014. – 126 с.
- 2.Атлас структур сварных соединений. Хорн Ф. пер. с нем. М., «Металлургия» 1997. –288с.

# **Охрана труда и промышленная безопасность**

## **Охрана труда при проведении спортивных занятий на примере батутного центра «Негорпарк»**

Студенты: гр. 11902116 Бричкова Ю. Н., Вавулова П.М.  
Научный руководитель – Автушко Г.Л.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Учреждение батутный центр «Негорпарк» является спортивно-развлекательным центром, в котором осуществляются любительские занятия по прыжкам на батутах. Свою работу центр ведет согласно регламенту.

Во время посещения комплекса надо следовать правилам по технике безопасности, направленных на создание условий по охране здоровья, предупреждению несчастных случаев согласно требованиям СанПиН 2.1.2.12-19-2006 «Гигиенические требования к устройству и эксплуатации спортивных сооружений». К занятиям на батутной арене допускаются лица, не имеющие медицинских противопоказаний, прошедшие инструктаж по технике безопасности и подтвердившие это подписью в Журнале ознакомления с техникой безопасности и правилами посещения Батутного комплекса "Хиро парк".

Запрещается посещать центр лицам, находящимся в состоянии алкогольного или наркотического опьянения, под воздействием иных сильнодействующих или лекарственных препаратов; проход на арену осуществляется с разрешением инструктора; на занятиях обязательно выполнять указания инструктора; добросовестно выполнять разминку; запрещается прыгать на батуте беременным женщинам, прыгать с жевательной резинкой во рту, одновременно находиться на одном батуте двум и более людям.

Запрещено сидеть, лежать, стоять на пружинах, держащих сетку батута. Запрещается приземляться, ходить и стоять на обкладке батутов. Посетители должны уважительно относиться к прыгающим рядом людям, не должны выполнять сложные трюки в непосредственной близости с другими прыгающими людьми.

Запрещается находиться в батутной зоне с едой и напитками. Ученик обязан строго следовать замечаниям и рекомендациям тренера, не допускаются самовольные действия без согласия тренера.

Запрещается выбрасывать поролон из ямы. Ограничение посетителей по весу: секция батутная 2,85x2,85 м – 80 кг, секция батутная спортивная – 95 кг, батутная дорожка – 95 кг. Запрещается приземляться в яму головой вниз. Разрешается приземление на ягодичцы, на спину и на напряженные прямые ноги.

Запрещается висеть на стене или подниматься на стену любым способом, кроме как с прыжка.

Данные требования соответствуют оптимальным условиям техники безопасности, которые прописаны в официальных документах организации.

## **Охрана труда при проведении занятий по легкой атлетике**

Студент гр. 11902116 Сидорчик А.В.  
Научный руководитель – Автушко Г.Л.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

При проведении занятий по лёгкой атлетике спортивный инвентарь и оборудование должно быть исправным, размещено в установленных местах и надёжно закреплено. Место

проведения занятия должно быть оборудовано средствами пожаротушения и иметь аптечку с необходимыми медикаментами и средствами первой доврачебной помощи, отвечать требованиям СанПин №2.1.12-19-2006 «Гигиенические требования к устройству и эксплуатации спортивных сооружений».

Ученик должен начинать занятие, брать спортивный инвентарь и выполнять упражнение только с разрешения преподавателя, бережно относиться к спортивному инвентарю, не использовать его не по назначению. Также необходимо внимательно слушать объяснение порядка и техники выполнения упражнения и запоминать их.

При групповом старте на короткие дистанции ученик должен бежать только по своей дорожке, которая должна распространяться не менее чем за 15 метров за финишную отметку.

Яма для прыжков в длину должна быть заполнена песком на глубину 20–40 сантиметров. Перед прыжками необходимо тщательно разрыхлить песок в прыжковой яме, убрать из неё грабли, лопаты и другие посторонние предметы.

Полы спортивных сооружений должны быть без щелей, иметь ровную, горизонтальную, нескользкую и окрашенную поверхность, исключаящую яркое светоотражение.

Максимальный уровень шума в спортивных залах не должен превышать 82 дБА при проведении занятий и 110 дБА во время соревнований.

Системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха должны обеспечивать соответствующие гигиеническим нормативам параметры микроклимата и воздушной среды помещений. Все отапливаемые помещения должны быть снабжены термометрами для контроля за температурой воздуха в соответствии со спецификой зала.

Ежедневная уборка помещений должна проводиться в начале и конце рабочего дня и в перерывах между занятиями. Продолжительность перерывов должна составлять не менее 10 минут.

УДК 388.45

### **Охрана труда при проведении соревнований на воде на примере «Городского центра олимпийского резерва по водным видам спорта»**

Студент гр. 11902116 Шешко В.В.

Научный руководитель – Автушко Г.Л.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Учреждение «Городской центр олимпийского резерва по водным видам спорта» управления спорта и туризма Минского горисполкома является государственным учебно-спортивным учреждением, в котором осуществляется качественная подготовка спортсменов для национальных команд по прыжкам в воду и плаванию. Свою работу центр ведет на основании действующего Устава.

Комплекс Центра имеет: плавательный (размером 50 х 21 м. на 8 дорожек, глубиной 2–2,5 м., высотой над ванной бассейна 10 м) и прыжковый (размером 23,4х 19,9м., глубиной 5,5 м., высотой над ванной 16м) бассейны. Оба бассейна выполнены в полном соответствии с требованиями Международной Федерации плавания (ФИНА).

При посещении комплекса, а также проведении соревнований существуют общие правила по технике безопасности, направленные на создание условий по охране здоровья, предупреждению травматизма, несчастных случаев при посещении учреждения «Городской центр олимпийского резерва по водным видам спорта» (далее Центр); к физкультурно-оздоровительным занятиям допускаются лица, имеющие соответствующую подготовку, не имеющие медицинских противопоказаний для занятий и прошедшие соответствующий инструктаж по технике; запрещается посещать плавательный центр в болезненном состоянии, в состоянии алкогольного опьянения либо в состоянии, вызванном употреблением наркотиче-

ских, психотропных или токсических средств; необходимо соблюдать все меры предосторожности и безопасности, пользоваться электронагревательными бытовыми приборами исключительно в специально оборудованных местах; при обнаружении неисправности оборудования, угрожающей жизни и здоровью посетителей, следует незамедлительно сообщить об этом инструктору или администратору.

Техника безопасности непосредственно перед проведением соревнований: посещение плавательного бассейна при наличии признаков кожного заболевания, открытых ран, инфекционных заболеваний (при несоблюдении данного правила администрация вправе отстранить участника от соревнований); втирать в кожу перед посещением бассейна кремы и мази, плавать, не смывая декоративную косметику; выходить на край чаши бассейна; прыгать с бортиков бассейна; использовать любые упражнения с задержкой дыхания; вставать ногами на разделительные дорожки; толкаться, хватать и топить других посетителей в воде; плавать на дорожке во время ныряния на данной дорожке спортсменов; плавать в бассейне со специальным снаряжением, которым можно зацепиться за разделительные дорожки или травмировать себя и других посетителей; бегать, толкаться в раздевалках и душевых; издавать ложные крики о помощи.

Данные требования соответствуют действующему Уставу учреждения «Городской центр олимпийского резерва по водным видам спорта».

УДК 388.45

### **Охрана система безопасности на примере «Борисов-Арена»**

Студент гр. 11902116 Зданчук А. В.

Научный руководитель – Автушко Г.Л.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

«Борисов-Арена» – футбольный стадион в Борисове, а также домашний стадион ФК БАТЭ «Борисов» и сборной Беларуси по футболу. Официальная вместимость стадиона составляет 13126 человек. «Борисов-Арена» является самым современным стадионом в Республике Беларусь. Благодаря новейшим технологиям стадион может принимать футбольные поединки не только квалификационных стадий еврокубков, но и полуфинальные встречи Лиги Чемпионов и Лиги Европы.

Большое внимание при разработке проекта было уделено системе безопасности. На стадионе имеется необходимое количество запасных выходов согласно ТКП 45-2.02-315-2018 «Пожарная безопасность зданий и сооружений. Строительные нормы проектирования», а число сидений в ряду не превышает 28 мест. Одним из важнейших аспектов безопасности является система видеонаблюдения, благодаря которой без особого труда удаётся распознавать отдельных хулиганов среди болельщиков команд.

На данную систему были выделены большие средства, поэтому была установлена система на базе оборудования Logipix. Также на стадионе присутствует хорошая звуковая система для передачи голосовых уведомлений и инструкции по эвакуации. Для защиты от проникновения посторонних лиц, стадион оборудован системой охранной сигнализации. Полученная информация выводится на рабочие места сотрудников отдела охраны и безопасности. Ещё одной важной системой является пожарная сигнализация, которая предназначена для обнаружения пожара на начальных стадиях и формирования управляющих сигналов на включение различных систем, выполненная в соответствии с ТКП 45-2.02-190-2010 «Пожарная автоматика зданий и сооружений». Также на стадионе установлены несколько видов противопожарных систем. В аппаратных – порошкового пожаротушения, в электрощитовых – газового пожаротушения, во всех остальных – водяного. В подтрибунных помещениях арены предусмотрены сплинкеры. В целях организации беспрепятственного доступа персонала

и посетителей в различные зоны и помещения, а также защиты от проникновения посторонних лиц, на стадионе используется система контроля и управления доступом. Вход в помещение арены происходит по специально запрограммированным электронным картам.

Большие толпы и бурные эмоции – опасная комбинация. Поэтому для каждого спортивного стадиона крайне важно иметь тщательно разработанные планы действий и расширенные меры безопасности.

УДК 331.45

### **Основные средства коллективной и индивидуальной защиты работников строительной отрасли**

Студент гр. 11202116 Янковский Е.К.  
Научный руководитель – Батяновская И.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Для обеспечения безопасных и комфортных условий труда работников строительной отрасли необходимо защитить их от вредных и опасных факторов производственного процесса. Такие условия труда работающих во многом зависят от обеспеченности их средствами коллективной и индивидуальной защиты, которые предназначены для предохранения тела человека, глаз, органов слуха, дыхательных путей от неблагоприятных воздействий внешней среды и вредных факторов.

Средства защиты должны отвечать требованиям технической эстетики и эргономики, а также обеспечивать высокую степень защиты и удобство при эксплуатации. Выбор средств защиты в каждом отдельном случае осуществляется с учетом требований безопасности для данного процесса или вида работ.

Под средствами индивидуальной и коллективной защиты понимаются технические средства, предназначенные для предотвращения или уменьшения воздействия на работающих вредных и опасных производственных факторов, а также для защиты от загрязнения и при работе в неблагоприятных температурных условиях.

Средства индивидуальной защиты используются работниками индивидуально, для защиты от вредных и опасных производственных факторов, а также для защиты от загрязнения. Обычно применяются в тех случаях, когда безопасность выполнения работ не может быть полностью обеспечена организацией производства, конструкцией оборудования.

Средства коллективной защиты предназначены для защиты двух и более работников, которые конструктивно и функционально связаны с производственным процессом, производственным оборудованием, помещением, зданием, сооружением, производственной площадкой.

Согласно законодательству Республики Беларусь, работодатель обязан предоставить работникам, занятым на производстве с вредными и опасными условиями труда, а также на работах, связанных с загрязнением или выполняемых в неблагоприятных температурных условиях, бесплатно специальную одежду, специальную обувь и другие необходимые средства индивидуальной защиты, в соответствии с установленными нормами и в порядке, определяемым Правительством Республики Беларусь. Это значит, что каждый работник обязан соблюдать правила безопасности и соблюдать меры по индивидуальной защите, а также имеет полное право на обеспечение вышеуказанными средствами и в полной мере использовать их по инструкции.

В зависимости от назначения существуют различные средства индивидуальной защиты работников: средства защиты органов дыхания (противогазы, респираторы, пневмошлемы, пневмомаски); специальная одежда (комбинезоны, полукомбинезоны, куртки, брюки, костюмы, халаты, плащи, фартуки, жилеты, нарукавники); специальная обувь (сапоги, ботфорты, полусапоги, ботинки, полуботинки, боты); средства защиты рук (краги, перчатки); сред-

ства защиты головы (каска, шлемы, подшлемники, шапки, береты, шляпы); средства защиты лица (защитные маски, защитные щитки); средства защиты органов слуха (противошумные шлемы, наушники, вкладыши); средства защиты глаз (защитные очки); предохранительные приспособления (пояса предохранительные, диэлектрические коврики, ручные захваты, манипуляторы, наколенники, налокотники, наплечники); защитные, дерматологические средства (моющие средства, пасты, кремы, мази).

Использование этих средств должно обеспечивать максимальную безопасность, а неудобства, связанные с их применением, должны быть сведены к минимуму. Это достигается соблюдением инструкций по их применению.

При выполнении некоторых видов работ: строительных, погрузочно – разгрузочных работ, механической обработке материалов и конструкций, используется спецодежда (костюмы, комбинезоны), сшитая из специальных материалов, для обеспечения безопасности от воздействий различных веществ и материалов, с которыми приходится работать, теплового и других излучений. Чтобы строители лучше видели друг друга на строительной площадке, используются оранжевые жилеты, надетые поверх всей остальной одежды.

При определенных видах работ для предохранения спецодежды могут использоваться фартуки, например, в работе с охлаждающими и смазочными материалами. Если строителю приходится работать долгое время на коленях, то используются специальные наколенники. Во избежание травм стоп и пальцев ног необходимо носить защитную обувь (сапоги, ботинки). Находит применение также и специальная виброзащитная обувь.

Для защиты рук при выполнении различных строительных работ (при механической обработке металлов, древесины, при погрузочно-разгрузочных работах) используются специальные краги или перчатки. Они применяются для защиты от агрессивной химической среды, разбрызгивания горячего металла во время сварки. Средства защиты головы предназначены для предохранения головы от падающих и острых предметов, а также для смягчения ударов. Выбор шлемов и касок зависит от вида выполняемых работ. Для предохранения от вредных механических, химических и лучевых воздействий в строительстве применяются средства защиты глаз и лица. Очки строителями используются при выполнении любых работ, они защищают от пыли, искр, земли, мелкой древесины. Особенно тщательно подбираются очки для сварки, даже если работы разовые. Такие очки или экран должны не только защищать от кусочков раскалённого металла, но и иметь светофильтры.

Средства защиты органов слуха используют в шумных условиях труда. Правильное и постоянное применение средств защиты слуха снижает шумовую нагрузку на 10–30 дБА. Средства защиты органов дыхания предназначены для того, чтобы предохранить от вдыхания и попадания в организм вредных веществ (пыли, пара, газа).

Существует два типа средств защиты органов дыхания: фильтрующие и изолирующие. Фильтрующие подают в зону дыхания очищенный от примесей воздух рабочей зоны, изолирующие - воздух из специальных емкостей или из чистого пространства, расположенного вне рабочей зоны. Для работ на высоте используются монтажные и страховочные пояса.

Коллективным средствам защиты делятся на: оградительные, предохранительные, тормозные устройства, устройства автоматического контроля и сигнализации, дистанционного управления, знаки безопасности. Оградительные устройства предназначены для предотвращения случайного попадания человека в опасную зону. Эти устройства применяются для изоляции движущихся частей машин, опасных участков, пролётов на строительной площадке, непосредственно от рабочей зоны. Устройства подразделяются на стационарные, подвижные и переносные. Они изготавливаются в виде защитных кожухов, козырьков, барьеров, экранов. Предохранительные устройства в большинстве случаев используют на заводах и предприятиях, чем на строительных площадках. Они служат для автоматического отключения машин и оборудования при отклонении от нормального режима работы или при попадании человека в опасную зону. Эти устройства могут быть блокирующими и ограничительными. Для обеспечения безопасной и надежной работы оборудования информационные, пре-



дупреждающие, аварийные устройства автоматического контроля и сигнализации очень важны. Устройства контроля – это приборы для измерения давлений, температуры, статических и динамических нагрузок, характеризующих работу машин и оборудования. При объединении устройств контроля с системами сигнализации значительно повышается их эффективность.

УДК 331.45

### **Планирование и финансирование мероприятий по охране труда**

Студентка гр. 10507117 Силкова П. О.  
Научный руководитель – Батяновская И.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

В Республике Беларусь принята Государственная программа о социальной защите и содействии занятости населения на 2016–2020 годы, частью которой является подпрограмма 2 «Охрана труда». Целью этой подпрограммы является улучшение системы обеспечения жизни и здоровья работающих в процессе труда на каждом рабочем месте. Финансирование мероприятий данной подпрограммы осуществляется за счет собственных средств исполнителей, средств республиканского и местных бюджетов, средств фонда предупредительных (превентивных) мероприятий по обязательному страхованию от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.

Планируемый объем необходимых финансовых средств на реализацию мероприятий подпрограммы «Охрана труда» составляет 2 430 373 рубля, в том числе средства местных бюджетов – 518 083 рубля, средства фонда предупредительных (превентивных) мероприятий по обязательному страхованию от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний – 1 912 290 рублей. На предприятиях в обязательном порядке разрабатываются собственные мероприятия по охране труда, в рамках общей Государственной программы, выполнение которых способствует, в том числе, и успешной реализации Государственной пятилетней подпрограммы 2 «Охрана труда».

Планирование мероприятий по улучшению условий труда, предупреждению травматизма и заболеваемости является одной из функций управления охраной труда на предприятии и осуществляется в соответствии с «Инструкцией о порядке планирования и разработки мероприятий по охране труда», утвержденной постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 28.11.2013 № 111.

Основной целью мероприятий по охране труда является сохранение жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности. Разрабатываемые мероприятия предусматривают решение следующих задач:

- устранение или снижение профессиональных рисков, улучшение условий и охраны труда;
- сокращение численности работников, занятых на работах с опасными и (или) вредными условиями труда;
- обеспечение работников санитарно-бытовыми помещениями до установленных норм, оснащение их необходимыми устройствами и средствами;
- обеспечение в установленном порядке обучения, инструктажа, повышения квалификации и проверки знаний работников по вопросам охраны труда;
- внедрение передового опыта по охране труда.

Мероприятия по охране труда на предприятиях, как правило, планируются на год. Однако мероприятия, которые требуют значительных финансовых затрат и их выполнение займет более длительное время, могут планироваться и на более длительный срок: от 2 до 3 лет.

В план мероприятий по охране труда включаются: организационные, технические, санитарно-гигиенические и другие мероприятия по охране труда, направленные на обеспече-

ние требований безопасности и гигиены труда, на оздоровление работников, улучшение условий труда. Мероприятия разрабатываются нанимателем или уполномоченным им должностным лицом с участием комиссии по охране труда или работниками структурных подразделений, определяемых приказом нанимателя, с участием профсоюза.

Планирование и разработка мероприятий осуществляется на основе законодательных актов, действующих в сфере охраны труда, а также на основе анализа: причин производственного травматизма; результатов аттестации рабочих мест по условиям труда, паспортизации санитарно-технического состояния условий и охраны труда; результатов проведенной идентификации опасностей и оценки профессиональных рисков; обеспеченности работников и рабочих мест необходимыми средствами индивидуальной и коллективной защиты; результатов технических осмотров, освидетельствований, испытаний, экспертизы технического состояния зданий и помещений, оборудования; требований и предписаний контролирующих надзорных органов об устранении выявленных нарушений законодательства об охране труда.

Также в плане мероприятий должны быть указаны: сроки выполнения мероприятий; стоимость выполнения мероприятий; ответственные лица; ожидаемая социальная эффективность мероприятий (количество работников, условия труда которых планируется улучшить, количество работников, условия труда которых планируется привести в соответствие с требованиями санитарно-гигиенических нормативов).

Основными вопросами, которые вносятся в план мероприятий по охране труда на предприятии являются:

- мероприятия по перепланировке помещений с целью обеспечения безопасности и улучшения условий труда работников;
- устройство, расширение, реконструкция и оснащение помещений для отдыха;
- приведение в соответствие с требованиями по охране труда рабочих мест, технологических процессов, оборудования и других объектов производственного назначения;
- перепланировка размещения производственного оборудования, организация рабочих мест с целью обеспечения безопасности работников;
- замена, модернизация производственного оборудования, эксплуатация которого связана с риском травмирования работников;
- обеспечение взрывопожарной безопасности объектов;
- обеспечение электробезопасности;
- нанесение на производственное оборудование и коммуникации сигнальных цветов и знаков безопасности;
- расширение, реконструкция бытовых помещений, оснащение их необходимым оборудованием, устройствами и средствами;
- проведение аттестации рабочих мест по условиям труда, паспортизации санитарно-технического состояния условий и охраны труда;
- организация кабинетов и уголков по охране труда;
- разработка и тиражирование инструкций и других документов по охране труда;
- приобретение технической и другой литературы по охране труда, плакатов, знаков безопасности;
- организация и проведение работы по пропаганде в области охраны труда (выставки, смотры-конкурсы, семинары-совещания).

Контроль за выполнением плана мероприятий по охране труда осуществляется сторонами коллективного договора.

Финансирование мероприятий по улучшению условий и охраны труда на предприятии осуществляется за счет средств работодателей, а также средств республиканского и местных бюджетов в рамках реализации республиканских, отраслевых и территориальных целевых программ по улучшению условий и охраны труда и иных источников, не запрещенных законодательством. Работник не несет расходы по финансированию мероприятий по улучшению условий и охраны труда.

**Особенности охраны труда инвалидов**

Студентка гр. 112081-15 Климкович Е.П.  
Научный руководитель – Вершеня Е.Г.  
Белорусский национальный технический университет  
г.Минск

Белорусское законодательство уделяет большое внимание вопросам правового регулирования труда инвалидов, обеспечения равенства и полноправного участия их в жизни общества. Инвалиды обладают всей полнотой политических, социально-экономических и личных прав и свобод, закрепленных в Конституции Республики Беларусь и иных актах законодательства.

Основные права и гарантии реализации прав инвалидов на труд регулируются:

- Трудовым кодексом Республики Беларусь от 26 июля 1999 года № 296-3;
- Законом Республики Беларусь от 11 ноября 1991 года № 1224-ХП «О социальной защите инвалидов в Республике Беларусь» (в редакции от 14 июля 2000 года № 418-3);
- Законом Республики Беларусь от 23 июля 2008 года № 422-3 «О предупреждении инвалидности и реабилитации инвалидов» и др.

Согласно ст. 2 и 9 Закона Республики Беларусь от 11.11.1991 1224-ХП «О социальной защите инвалидов в Республике Беларусь», в редакции Закона РБ от 14.07.2000 № 418-3 (далее – Закон), инвалидом признается лицо, которое в связи с ограничением жизнедеятельности вследствие наличия физических или умственных недостатков нуждается в социальной помощи и защите. Признание лица инвалидом осуществляется путем экспертного обследования его медико-реабилитационной экспертной комиссией и вынесения соответствующего заключения.

Инвалиды пользуются правом на труд наравне со всеми трудоспособными гражданами. При этом государство обеспечивает им дополнительные гарантии как при трудоустройстве, так и в процессе труда.

Согласно статье 283 Трудового кодекса РБ «Инвалидам обеспечивается право работать у нанимателей с обычными условиями труда, а также в специализированных организациях, цехах и на участках. Отказ в заключении трудового договора либо в продвижении по работе, расторжение трудового договора по инициативе нанимателя, перевод инвалида на другую работу без его согласия по мотивам инвалидности не допускаются за исключением случаев, когда выполнение трудовых обязанностей противопоказано индивидуальной программой реабилитации инвалида. Не допускается расторжение трудового договора по инициативе нанимателя с инвалидами, проходящими медицинскую, профессиональную, трудовую и социальную реабилитацию в соответствующих организациях независимо от срока пребывания в них».

Трудоустройство инвалидов обеспечивается государственной службой занятости и обществами инвалидов. Для обеспечения занятости инвалидов государственными органами с участием общественных организаций инвалидов устанавливаются нормативы по бронированию на предприятиях, в учреждениях и организациях рабочих мест для инвалидов в размере не менее пяти процентов от численности работающих (если число работающих не менее 20 человек).

В соответствии со статьей 287 Трудового кодекса РБ «Инвалидам при приеме на работу не устанавливается испытание. Работаящим инвалидам наниматель обязан создавать условия труда в соответствии с индивидуальными программами реабилитации инвалидов, в том числе путем организации их профессионального обучения на производстве, труда в домашних условиях».

Условия труда, в том числе оплата, режим рабочего времени, устанавливаются трудовым договором, коллективным договором, соглашением и не могут ухудшать положение или ограничивать права инвалидов по сравнению с другими работниками. Для инвалидов I и II группы устанавливается сокращенная продолжительность рабочего времени не более 35 ча-

сов в неделю. При этом оплата их труда производится в таком же размере, как и оплата труда работников соответствующих профессий и должностей при полной норме продолжительности рабочего времени.

Привлечение инвалидов к сверхурочной работе, работе в ночное время, в государственные праздники и праздничные дни (часть первая статьи 147), работе в выходные дни допускается только с их согласия и при условии, если такая работа не запрещена им индивидуальными программами реабилитации инвалидов. Направление инвалидов в служебную командировку допускается только с их согласия. Наниматель вправе уменьшать инвалидам нормы выработки в зависимости от состояния их здоровья. При сокращении численности или штата работников инвалидам при равной производительности труда и квалификации отдается предпочтение в оставлении на работе. Инвалиды, работающие в специализированных организациях, цехах, на участках, применяющих труд инвалидов, имеют преимущественное право на оставление на работе независимо от производительности труда и квалификации».

При организации и содержании рабочих мест, предназначенных для использования труда инвалидов, необходимо руководствоваться Санитарными правилами и нормами 2.2.3.13-57-2005 «Гигиенические требования к организациям, использующим труд инвалидов», утвержденными постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 29 декабря 2005 г. № 279.

Наниматели обязаны создавать рабочие места для трудоустройства работников, получивших инвалидность вследствие трудового увечья или профессионального заболевания на данном производстве. Невыполнение нанимателем обязанности по созданию рабочих мест по трудоустройству работников, получивших инвалидность в результате увечья или профессионального заболевания либо иного повреждения здоровья, связанных с выполнением ими трудовых обязанностей у данного нанимателя, влечет наложение штрафа в размере от 30 до 50 базовых величин, а на юридическое лицо – до 100 базовых величин (ст. 9.15 Кодекса Республики Беларусь об административных правонарушениях от 21 апреля 2003 г. № 184-3).

УДК 331.45

### **Решения звукопоглощения в бассейнах**

Студент гр. 11902116 Бочко Е.А.

Научный руководитель – Автушко Г.Л.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

В спортивных залах, фитнесах, на аренах, сра при проектировании и строительстве необходимо уделять внимание звукопоглощению. В этой статье будут рассмотрены решения этой проблемы в бассейне.

Задача будет считаться решенной в том случае, если:

- будут устранены эхо и гулкость;
- будет отчетливо слышно музыкальное сопровождение;
- при использовании микрофона не будет изменяться тембр звучания голоса, речь будет разборчива и понятна.

Уменьшение реверберации (реверберация – отражение звуков от поверхностей) способствует решению поставленных задач. В бассейне с объемом до 1 тыс. м<sup>3</sup> реверберация на частотах 500–2000 Гц не должна превышать 1,5 сек; при объеме до 10 тыс. м<sup>3</sup> – не более 1,9 сек; при объеме до 100 тыс. м<sup>3</sup> – 2,4 сек. Если частота будет меньше 500 Гц, то время реверберации увеличивается на 15–20%. Шумы от внешнего источника, проникающие в помещение не должны превышать уровня в 50–60 дБА согласно СанПиН № 115 от 16.11.2011 г. «Шум на рабочих местах, в транспортных средствах, в помещениях жилых и общественных». Если размеры сооружения соответствуют технологическим требованиям, то для снижения ревер-

берации нужно использовать звукопоглощающие материалы. При выборе таких материалов следует опираться на параметры:

- коэффициент звукопоглощения не менее 0,6;
- частота при диапазоне от 125 до 4000 Гц.

Размещение звукопоглощающих материалов в первую очередь предусматривается на потолке, на отnose не менее 100 мм от конструкций перекрытия. Если свободной площади на потолке для звукопоглощающих материалов не хватает, то их размещают на стенах, например, в виде вертикальных полос с шагом 1 м или в виде квадратов со стороной не менее 1 м, располагаемых в шахматном порядке.

Рекомендуется использовать следующие звукопоглощающие материалы:

- акустическое напыляемое покрытие SonaSpray;
- декоративно-акустические панели Heradesing;
- саундлюкс-дизайн baffle.

Применение напыляемого покрытия SonaSpray выполняет несколько функций:

- регулирует акустический комфорт в помещении;
- решает задачу декоративной обработки потолочного перекрытия;
- акустическая работа выполняется с высокой скоростью (до 200 м<sup>2</sup> за смену);
- экономит бюджет строительства;
- обеспечивает огнестойкость конструкций.

В SonaSpray основным компонентом являются волокна целлюлозы, которые при помощи специального оборудования смешиваются с клеящим связующим под давлением и наносятся на обрабатываемую поверхность. Толщина покрытия SonaSpray за счет высокой адгезии (адгезия – сцепление разнородных веществ) может достигать 50–70 мм. Фигура выполненного покрытия внешне напоминает вид штукатурки «под шубу».

Для напыления сегодня применяют два типа хлопьев: более дешевые крупнодисперсные SonaSpray K-13 и мелкие – SonaSprayfc (finishceiling). Звукопоглощающий эффект обеспечивается структурой волокон целлюлозы, технологией напыления, позволяющей каждой частице эффективно поглощать звук. Напыления на ребристые и гофрированные поверхности увеличивает акустическую эффективность покрытия.

Достоинства:

- низкая стоимость;
- быстрая обработка поверхностей;
- нанесение напыления не требует обработки поверхностей;
- материал препятствует появлению конденсата.

Heradesing – однородные, открытые и обладающие кажущейся легкостью структуры поверхности с незначительным использованием связующего. Структура позволяет применять плиты для высококачественной внутренней отделки помещений. Для разработки материала применяется связующее магнетизм. Он защищает волокна и поддерживает их в эластичном состоянии. В процессе производства используется только древесина из австрийских экологических лесных хозяйств.

Достоинства:

- проведение декоративных работ сразу после монтажа Heradesing;
- экологические сырьевые материалы;
- обеспечивается точное и высококачественное исполнение кромок;
- высокая механическая прочность;
- долговечность.

Поглощение звуковых волн происходит при проникновении внутрь материала, где происходит его затухание и переход в тепло. Для повышения звукопоглощающих свойств внутренне пространство каркаса заполняют акустическими материалами типа плит Шуманет-ЭКО. Как правило, ниже таких профнастилов располагают вентиляционные коммуникации, которые имеют большие габариты. Поэтому плиточные акустические подвесные по-

толки не всегда удобно и практично, да и мода не позволяет использовать плоские модульные потолочные конструкции.

Когда выполнить подвесные потолки или напыляемое покрытие на перекрытии не представляется возможным, выходом может стать применение подвесных объемных звукопоглощающих элементов baffle. Это металлические кассеты, заполненные звукопоглощающим материалом, которые подвешиваются к перекрытию или силовому каркасу на тросах или цепях.

В отличие от вышеописанных конструкций конструкции baffle расположены перпендикулярно к плоскости перекрытия. Хотя потенциально возможно изготовление baffle любых размеров, популярен модуль 1200x600 мм толщиной от 50–100 мм. Максимальный акустический эффект достигается при размещении двух штук на квадратный метр.

Достоинство – быстрый и несложный монтаж без строительной пыли на потолке и множеством инженерных коммуникаций (для подвеса каждой панели достаточно выполнить две точки крепления).

Создание акустического комфорта с помощью вышеописанных решений снижает гулкость и шум в помещении, что благоприятно сказывается на качестве и результате спортивных занятий.

УДК 614.8

### **Безопасность каменных работ при отрицательных температурах**

Студентка гр. 112081-15 Гузаревич Я.  
Научный руководитель – Вершеня Е.Г.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Как известно, производство строительно-монтажных работ в зимних условиях вызывает значительное снижение производительности труда, увеличение числа простудных заболеваний, а также снижение качества строительных работ. На каждой строительной площадке независимо от характера возводимого инженерного сооружения при отрицательных температурах соблюдение правил техники безопасности приобретает особое значение. Безопасность труда во многом зависит от степени готовности объекта к выполнению строительно-монтажных работ, поэтому до начала работ необходимо выполнить общеплощадочные мероприятия по охране труда. К таким мероприятиям относятся:

- устройство утепленных временных санитарно-бытовых помещений и складов для хранения материалов, инструментов, спецодежды, оборудования и т.д.;
- ввод в эксплуатацию временных (или постоянных) инженерных коммуникаций (водопровода, канализации, электроэнергии, теплотрассы);
- утепление помещения для приготовления бетона, раствора, отделочных материалов;
- подготовка и выделение зоны складирования строительных материалов, оборудования и конструкций;
- обеспечение в соответствии с нормами рабочих необходимой теплой спецодеждой и защитными средствами;
- обеспечение строительного объекта запасом топлива и ограждающими устройствами и приспособлениями для монтажных работ.

Безопасность труда при выполнении каменных работ, в том числе в условиях отрицательных температур, во многом зависит от правильной организации труда и соблюдения требований норм и правил по охране труда.

При возведении многоэтажных кирпичных зданий обязательно над входом в здание на высоте 6 м от земли устраивают защитные навесы с козырьком, причем уклон этих козырьков должен быть в сторону зданий. Ширина таких козырьков принимается не менее 1,5 м,

а рассчитаны они на сосредоточенную нагрузку в 160 кг. Защитные козырьки навешивают на металлические кронштейны. Козырьки устанавливают к горизонту под углом  $20^{\circ}$  с уклоном в сторону здания. Они должны иметь бортовую доску высотой 15–20 см. Второй ряд козырьков устанавливают через 6–7 м над первым рядом с последующей перестановкой через каждые 6–7 м по ходу кладки.

Защитные козырьки следует систематически очищать от снега и строительного мусора. Разбирать их разрешается только после окончания каменных работ и под непосредственным руководством мастера или бригадира. Рабочие, разбирающие защитные козырьки, должны иметь испытанные и проверенные защитные пояса.

При производстве каменных работ не разрешается подавать кирпич, сложенный в штабель на поддоне. При организации труда каменщиков в зимний период всегда нужно иметь в виду, что рабочее место их должно делиться на три зоны (рабочую, материальную и транспортную).

В рабочей зоне шириной 0,6–0,7 м каменщик непосредственно ведет кладку. Материалы необходимо располагать в зоне таким образом, чтобы удобно их было подавать в рабочую зону. Ширина зоны материалов 1–1,2 м.

Транспортная зона предназначена для прохода рабочих и транспортирования материалов. Ширина этой зоны должна быть 0,8–1 м. Если все три зоны расположены на подмостях, то по границе транспортной зоны и подмостей устанавливают оградительные устройства.

Если кладка ведется с междуэтажных железобетонных перекрытий, то отверстия размером более 5 см в зонах работы должны быть закрытыми и у опасных зон установлены оградительные устройства. Особое внимание следует обращать на качество и исправность инструментов для каменщиков. Существует разработанный типовой комплект инструмента, в который входят: кельма, складной метр, отвес со шнуром, уровень, молоток-кирочка, расшивка, складывающиеся в специальную сумку.

Кладку в зимних условиях должны контролировать инженерно-технические работники. Необходимо вести журнал работ и не менее трех раз в сутки заносить температуру наружного воздуха, при которой велась кирпичная кладка.

При составлении проектов производства работ или технологических карт на каменные работы в зимних условиях необходимо знать метод производства работ, зависимость прочности кладки от прочности раствора и необходимо знать температуру составляющих раствора при его приготовлении. Эти и другие задачи решают вопросы технологии строительного производства, поэтому наряду с основными требованиями техники безопасности для каменных конструкций, возводимых при отрицательных температурах, необходимо рассматривать проектно-технологические причины, способные привести к серьезным авариям как в процессе кирпичной кладки, так и в начальной стадии эксплуатации.

Анализ причин аварий каменных конструкций, возведенных при отрицательных температурах, и связанные с этим тяжелые несчастные случаи показывают, что большая часть аварий каменных конструкций происходит в результате:

- заглупления фундаментов не по проекту;
- устройство фундаментов на временно промерзшем грунте (основание не было утеплено);
- недостаточных геологических исследований и оценки качества грунта под фундаментами;
- отсутствия контроля за кладкой в период наступления оттепелей;
- неправильной конструкции фундаментов и недоучета действующих на них нагрузок;
- ошибки в проектах производства работ;
- применения материалов, не соответствующих проекту;
- перегрузки конструкций;
- потери несущей способности из-за недостаточности армирования и прочности раствора и др.

Рассмотренные выше причины указывают на то, что безопасность производства каменных работ при отрицательных температурах требует тесного контакта работы проектировщиков и строителей.

## **Применение индивидуальных средств радиационной защиты при проведении медицинских рентгенологических исследований**

Студент гр. 10701116 Мордик А.В.  
Научный руководитель – Журавков Н.М.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Диагностические и профилактические рентгенологические исследования охватывают практически все категории населения. По данным Всемирной организации здравоохранения во всем мире ежегодно осуществляются более 3600 миллионов рентгеновских исследований.

При выполнении рентгенодиагностических исследований должен соблюдаться принцип оптимизации радиационной защиты пациентов, являющийся одним из основных принципов обеспечения радиационной безопасности, установленный Законом Республики Беларусь «О радиационной безопасности населения». Закон Республики Беларусь «О радиационной безопасности населения» гласит, что для обеспечения безопасности и снижения дозовых нагрузок на персонал и пациентов при проведении рентгенологических исследований должны использоваться средства радиационной защиты граждан (пациентов).

Индивидуальные средства радиационной защиты – надеваемые на человека технические средства для защиты всего тела, его части или отдельных органов при рентгенологических исследованиях. При рентгенологическом исследовании обязательно проводится экранирование тех частей тела пациента, которые не подлежат исследованию (например, таза, щитовидной железы). При проведении сложных рентгенологических исследований в палатах используются передвижные или индивидуальные защитные средства для экранирования других пациентов, а персонал при этом располагается за ширмой или на максимально возможном расстоянии от палатного рентгеновского аппарата. Учитывая то, что в зону облучения при проведении рентгенологических исследований попадает щитовидная железа, применение индивидуальных средств радиационной защиты при таких исследованиях обязательно.

Особое внимание при проведении рентгенологических процедур уделяется следующим категориям граждан:

1. Дети. Для исследования детей предусмотрены наборы защитной одежды для различных возрастных групп, а также такие специальные защитные средства, как подгузник, пеленка, пеленка с отверстием. У детей ранних возрастов экранируется все тело за пределами исследуемой области. Рентгенологические исследования детей в возрасте до 12 лет выполняются в присутствии медицинской сестры, санитарки или родственников. Всех лиц, помогающих при таких исследованиях, предварительно инструктируют и снабжают индивидуальными средствами радиационной защиты от ионизирующего излучения.

2. Пациенты детородного возраста. Женщины детородного возраста перед проведением рентгенологических процедур должны проинформировать врача о предположении или наличии у них беременности или факте кормления грудью.

Важным является правильное использование медицинским персоналом индивидуальных средств радиационной защиты, т.е. недопущение такого их применения, которое может помешать видеть исследуемую область в нужном объеме (например, закрытие индивидуальными средствами радиационной защиты верхней части легких при флюорографии и т.п.), из-за чего получаемая при рентгенологическом исследовании информация может стать недостоверной, а исследование – бессмысленным.

Защитные свойства применяемых средств радиационной защиты должны периодически проверяться (1 раз в 2 года). В ходе проверки все средства проверяются на целостность и соответствие их защитных свойств данным, указанным в паспорте на индивидуальное средство радиационной защиты.



### Анализ условий труда маркетолога

Студенты: гр.10503116 Кириллова А.В., Еванисова П.Ю., Лукьянцева Ю.В.  
Научный руководитель – Кот Т.П.  
Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск

Маркетолог – особый работник на предприятии, его деятельность характеризуется некоторыми особенностями, которые следует учитывать при организации труда: преимущественно умственная работа, ненормированный рабочий день, повышенные нервно-психические нагрузки, связанные с принятием ответственных решений за короткий период времени. Работа маркетолога преимущественно выполняется сидя, в большинстве случаев за компьютером. Длительная сидячая поза является утомляющей из-за того, что связана с постоянным статическим напряжением мышц и многими другими вредными для организма явлениями, которые возникают из-за относительно неподвижного положения тела.

Труд маркетолога – это не только сугубо интеллектуальная деятельность. В процессе выполнения своей работы он работает на компьютере, пользуется факсом, модемом, техникой для размножения документов. Тесное взаимодействие с данными видами техники обуславливает воздействие на маркетолога следующих опасных и вредных производственных факторов: повышенный уровень электромагнитных излучений; повышенная напряженность электростатического поля; пониженная ионизация воздуха; повышенная яркость света; прямая и отраженная блескость; статические перегрузки костно-мышечного аппарата и динамические локальные перегрузки мышц кистей рук; перенапряжение зрительного анализатора; умственное перенапряжение; эмоциональные перегрузки.

При несоблюдении санитарно-гигиенических правил и норм работа на компьютере может привести к ухудшению самочувствия и развитию ряда заболеваний. Светотехнические параметры дисплея, размеры монитора и символов, цветовые параметры, яркость дисплея, частота обновления кадров и общая освещенность в помещении влияют на состояние зрения. Низкая освещенность дисплея может ухудшить восприятие информации, а слишком высокая привести к уменьшению контраста изображения знаков, что вызывает усталость глаз. Основными осложнениями при длительной работе на компьютере являются утомление глаз и возникновение головной боли. Существенным фактором, влияющим на утомление глаз, является частота перевода взгляда с дисплея на клавиатуру. Работа на близком расстоянии (менее 50 см) вызывает покраснение глаз, слезотечение, резь и ощущение инородного тела в глазах, что может привести к их сухости, светобоязни, плохой видимости в темноте (в некоторых случаях заболевание катарактой) из-за электромагнитных излучений дисплея.

При работе дисплея регистрируется слабое рентгеновское, ультрафиолетовое, инфракрасное, микроволновое излучения, низко- и ультранизкочастотное электромагнитное поле. Их воздействие может привести к появлению головных болей и дисфункции ряда органов.

При работе с дисплеем в течение 2-6 часов и более в день повышается риск заболевания экземой из-за наличия электростатического и электромагнитного полей, которые являются причиной повышения концентрации положительных аэроионов [1]. Электромагнитные излучения также ухудшают работу сосудов головного мозга, что вызывает ослабление памяти, могут спровоцировать ряд заболеваний.

Длительная работа за компьютером приводит к снижению внимания и восприятия, ухудшению переработки информации, утомлению и головным болям, возникновению негативно-эмоциональных состояний (депрессий).

Для оперативной работы рабочее место маркетолога оснащается принтером. Принтеры могут быть источниками вредных и опасных факторов, которые можно разделить на несколько групп: вредные вещества, выделяющиеся при работе, ультрафиолетовое излучение,

повышенный уровень шума, опасность возгорания и возможные травмы при извлечении застрявшей бумаги.

Вредные вещества несут наибольшую опасность для здоровья. В процессе работы принтера в воздух выделяется озон – газ, возникающий из обычного кислорода воздуха под воздействием высокого напряжения. Этот газ при превышении определенной концентрации начинает действовать на организм угнетающе. Основные причины превышения концентрации озона – плохая вентиляция и несвоевременная замена в принтере озонового фильтра.

При работе лазерных принтеров выделяются органические вещества, в состав которых входят канцерогенные и другие опасные для здоровья компоненты. Наиболее известные из них: trichloroethane (вызывает раздражение кожи), изооктан, толуол (вызывает усталость, сонливость, раздражение слизистых оболочек), ксилол (вызывает нарушение менструального цикла, почечную недостаточность), бензол (канцерогенное и тератогенное вещество) [2].

Для минимизации воздействия рассмотренных негативных факторов необходим комплексный подход, в основе которого лежит соблюдение следующих принципов:

- правильная организация и оснащение рабочего места маркетолога с учетом требований эргономики и санитарно-гигиенической безопасности;
- соблюдение режима труда и отдыха.

#### **Список использованных источников**

1. Проблема обеспечения здоровых и безопасных условий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://elib.bspu.by/bitstream/doc/1598/1/Статья\\_K-Ч2.pdf](http://elib.bspu.by/bitstream/doc/1598/1/Статья_K-Ч2.pdf). – Дата доступа: 16.03.2019.

2. Опасные и вредные факторы при работе лазерных принтеров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.znakcomplect.ru/poleznosti/example/ot-v-ofise/vrednye-factory-lazernyx-printerov.html>. – Дата доступа: 16.03.2019.

УДК 331.45-05

#### **О правах и защите молодого специалиста**

Студентка гр. 112081-15 Жабурденюк Е.С.

Научный руководитель – Вершеня Е.Г.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Каждый год выпускники учебных заведений сталкиваются с поиском работы по специальности. И в качестве защиты учащихся наше государство предусматривает такую процедуру как распределение. Распределение – процедура определения места работы выпускника, осуществляемая государственным учреждением образования или в случаях, установленных Правительством Республики Беларусь, государственным органом в целях социальной защиты выпускников, удовлетворения потребностей отраслей экономики и социальной сферы в специалистах, рабочих, служащих.

Согласно пункту 5 статьи 82 «Кодекса Республики Беларусь об образовании», выпускники, работающие по распределению, являются в течение срока обязательной работы по распределению, молодыми специалистами.

Молодой специалист в соответствии с законодательством имеет право на:

- трудоустройство в соответствии с полученной специальностью (направлением специальности, специализацией) и присвоенной квалификацией;
- отдых продолжительностью тридцать один календарный день. По инициативе выпускника продолжительность отдыха может быть сокращена;
- денежная помощь, размер, источники финансирования и порядок выплаты которой определяются Правительством Республики Беларусь;

– компенсации в связи с переездом на работу в другую местность в соответствии с законодательством о труде.

Наниматель обязан заключить трудовой договор с молодым специалистом, прибывшим на работу по распределению. В свою очередь, молодые специалисты, заключившие трудовой договор, имеют право параллельно осуществлять деятельность по гражданско-правовым договорам, а также работать по совместительству.

**Отдых.** Отдых используется выпускником для трудоустройства в организацию по распределению (направлению). В случае, если выпускник уже состоит в трудовых отношениях, использование им отдыха возможно только путем предоставления ему трудового или социального отпуска. Например, по согласованию с нанимателем может быть оформлен социальный отпуск по семейно-бытовым или иным уважительным причинам на основании статьи 190 Трудового кодекса РБ.

**Денежная помощь.** В соответствии с пунктом 25 Положения о порядке распределения, перераспределения, направления на работу, последующего направления на работу выпускников, получивших послевузовское, высшее, среднее специальное или профессионально-техническое образование, утвержденного постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 22.06.2011 № 821, выплачивается денежная помощь:

– молодым специалистам, а также выпускникам, получившим высшее или среднее специальное образование в дневной форме получения образования за счет средств физических лиц или собственных средств граждан, которые направлены на работу, в размере месячной стипендии, назначенной им в последнем перед выпуском семестре (полугодии);

– молодым рабочим (служащим), получившим профессионально-техническое образование, из расчета тарифной ставки по присвоенной им квалификации (разряду, классу, категории) или соответствующего оклада.

Выплата денежной помощи осуществляется нанимателем в месячный срок со дня заключения трудового договора (контракта) с выпускником в полном размере независимо от количества использованных им дней отпуска.

Гарантии и компенсации в связи с переездом. Согласно части первой статьи 96 Трудового кодекса РБ выпускникам, которым место работы предоставлено путем распределения, выпускникам, направленным на работу, переезжающим в другую местность, возмещаются:

– стоимость проезда выпускника и членов его семьи (муж, жена, дети и родители обоих супругов, находящиеся на их иждивении и проживающие вместе с ними) на тех же условиях, что и при направлении работника в служебную командировку;

– расходы по провозу имущества железнодорожным, водным и автомобильным транспортом (общего пользования) в количестве до 500 килограммов на самого выпускника и до 150 килограммов на каждого переезжающего члена семьи (по соглашению сторон могут быть оплачены расходы по провозу большего количества имущества);

– суточные за каждый день нахождения молодого специалиста в пути выплачиваются в соответствии с законодательством о служебных командировках. Выплата суточных осуществляется в размерах, установленных Министерством финансов Республики Беларусь. Выплата производится за каждый день нахождения в пути, в том числе за время вынужденной остановки в пути;

– единовременное пособие в размере его месячной тарифной ставки (оклада) по месту работы и на каждого переезжающего члена семьи – в размере четверти пособия на самого молодого специалиста. Молодым специалистам и членам их семей, направленным на работу в порядке персонального распределения по месту нахождения учреждения образования, где они обучались, единовременное пособие выплачивается, если они до обучения постоянно проживали в другой местности. И, наоборот, единовременное пособие не выплачивается, если молодой специалист направлен на работу по месту своего прежнего места жительства. Если до учебы молодой специалист проживал в общежитии, либо жилом помещении по договору аренды (найма), компенсация выплачивается полностью.

Компенсации, выплаченные в связи с переездом на работу в другую местность, в соответствии со статьей 98 Трудового кодекса РБ, должны быть возвращены нанимателю, выплатившему их, полностью, если работник:

- не явился на работу или отказался приступить к ней без уважительной причины;
- до окончания срока работы, предусмотренного законодательством о труде, трудовым договором, уволился по собственному желанию без уважительной причины или был уволен за виновные действия, которые в соответствии с Трудовым кодексом Республики Беларусь и иными актами законодательства явились основанием для прекращения трудового договора.

При неявке на работу или отказе приступить к работе по уважительной причине работник обязан вернуть полученные средства, за исключением понесенных путевых расходов.

Кредиты и льготы. Также в соответствии с Указом Президента Республики Беларусь от 27.11.2000 № 63 «О дополнительных мерах по повышению заработной платы и предоставлению льготных кредитов отдельным категориям граждан», выпускникам государственных учреждений образования, получившим среднее специальное или высшее образование и приступившим к работе по распределению не по месту жительства родителей или в районах, пострадавших от катастрофы на Чернобыльской АЭС, согласно утверждаемому Правительством Республики Беларусь Перечню территорий (населенных пунктов и других объектов), относящихся к зонам радиоактивного загрязнения, независимо от места жительства родителей, в организациях, финансируемых из бюджета, предоставляются льготные кредиты в течение двух лет после окончания этих учреждений образования.

На выпускников учреждений образования, получивших возможность самостоятельного трудоустройства, положения законодательства о предоставлении вышеуказанных гарантий и компенсаций не распространяются.

УДК 331.45

### **Исследование и оценка условий труда персонала предприятий молочно-консервной промышленности**

Студент гр. 10701215 Царь А.И.  
Научный руководитель – Журавков Н.М.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Исследования проводились с целью аттестации рабочих мест персонала по условиям труда Новогрудского маслодельного комбината ОАО «Лидский молочно-консервный комбинат».

Изучались основные санитарно-гигиенические параметры сопутствующие проведению технологических процессов производства молочных продуктов: уровни шума и вибрации; температура, относительная влажность, скорость движения воздуха, интенсивность теплового излучения, а также химические и психофизиологические факторы.

Исследованиями установлено, что максимальные уровни от работающего технологического оборудования обнаружены в рабочих зонах персонала следующих профессий:

- аппаратный участок: аппаратчик пастеризации (88 дБА), маслодел (89 дБА);
- на участке централизованной мойки: оператор централизованной мойки (89 дБА), машинист моечных машин (87 дБА);
- в цехе сухого обезжиренного молока: аппаратчик производства сухих молочных продуктов (88 дБА), аппаратчик упаривания сгущенных продуктов (91 дБА), оператор линии в производстве пищевой продукции (89 дБА);
- в сыродельном цехе: сыродел-мастер по созреванию сыров (87 – 88 дБА), прессовщик сыра (87 дБА);

– в цехе цельномолочной продукции: оператор автомата по розливу молочной продукции в пакеты и пленку (88 дБА), изготовитель творога (91 дБА), машинист расфасовочных машин (88 дБА), оператор централизованной мойки (95 дБА).

Повышенные уровни относительной влажности (77 ÷ 92 %) отмечены практически во всех основных производственных подразделениях, что связано с постоянной мойкой оборудования и помещений.

Работа сыросолов и сыроделов сопряжена также с пониженной температурой воздуха (10 – 12 °С) согласно технологического регламента.

Кроме указанных факторов, на персонал оказывают воздействие химические вещества, применяемые в качестве моющих и дезинфицирующих (азотная кислота, едкий натр, хлор) в концентрациях, не превышающих ПДК.

Из психофизиологических факторов следует отметить: монотонность (при работе на конвейере), ходьба при обслуживании оборудования с переноской тяжестей (до 10 кг), работа стоя (75 % смены и более), посменная работа с ночной сменой и т.д.

Наряду с основными профессиями проведена аттестация ремонтного и вспомогательного персонала (водителей, лаборантов, мастеров, электрогазосварщиков и др.).

В соответствии с нормативными документами Республики Беларусь и результатами исследований проведена комплексная балльная оценка условий труда работников (в основном 3.1 ÷ 3.2 классов опасности), что позволило определить их право на доплаты, дополнительный отпуск и льготное пенсионное обеспечение за работу во вредных и тяжелых условиях.

УДК 331.45

#### **Влияние относительной влажности на здоровье и работоспособность человека**

Студенты гр.10502118: Метельская А.П., Казакова Е.А.

Научный руководитель – Кот Т.П.

Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск

Комфортные и безопасные условия жизнедеятельности человека во многом определяются показателями микроклимата. Одним из таких показателей является относительная влажность воздуха. Относительную влажность воздуха рассматривают вместе с параметром дефицита насыщения. Эти показатели дают представление о степени насыщения воздуха водяными парами и свидетельствуют о возможности отдачи тепла путем испарения. С возрастанием дефицита влажности увеличивается способность воздуха к приему водяных паров.

В этих условиях более интенсивно будет протекать отдача тепла в результате потоотделения. Для человека относительная влажность 40–60% относится к оптимальным величинам, установленным санитарными и гигиеническими нормами. Такая влажность обеспечивает нормальную жизнедеятельность организма. Способствует увлажнению кожи и слизистых оболочек дыхательных путей и вдыхаемого воздуха, в некоторой степени поддерживают постоянство влажности внутренней среды организма.

Воздух, относительная влажность которого ниже 20%, оценивается как сухой, от 71 до 80% – как умеренно влажный и более 80% – как сильно влажный. Влажность менее 20% сопровождается испарением влаги со слизистых оболочек дыхательных путей. Это приводит к уменьшению их фильтрующей способности и ощущению сухости во рту[1].

Относительная влажность находится в тесной взаимосвязи с показателем температуры окружающей среды. В зависимости от степени влажности воздуха действие температуры ощущается по-разному. Так, высокая температура воздуха в сочетании с низкой влажностью переносится человеком значительно легче, чем при высокой влажности. Однако, в этом случае человек может потерять значительное количество влаги. Интенсивное потоотделение приводит к потере воды, минеральных солей и водорастворимых витаминов. Считается до-

пустимым для человека снижение его массы на 2–3% путем испарения влаги, далее наступает обезвоживание организма. Обезвоживание на 6% влечет за собой нарушение умственной деятельности, снижение остроты зрения; испарение влаги на 15–20% приводит к смертельному исходу. При длительном пребывании людей в закрытых помещениях рекомендуются ограничиваться относительной влажностью в пределах 30–70%.

Влияние пониженной относительной влажности на самочувствие и здоровье проявляется в виде следующих симптомов: обветривание кожи и губ, раздражение носа, ангина, проблемы с дыханием. В результате сухости воздуха поражаются ухо-горло-носовая и бронхиальная области. Утрачивают свою защитную функцию слизистые оболочки верхних дыхательных путей, так называемый респираторный эпителий. Слизистая глаз также утрачивает свои защитные функции, открывая дорогу бактериальной инфекции. Сухой воздух также вызывает дополнительное раздражение у тех, кто носит контактные линзы, поскольку ускоренное пересыхание линз вызывает дискомфорт, а при длительном действии неблагоприятно отражается на состоянии глаз в целом.

С увеличением влажности воздуха происходит повышение температуры тела, учащение пульса и дыхания, появляется головная боль и слабость, наблюдается снижение двигательной активности, а также снижается отдача тепла с поверхности тела испарением (гидратация и дегидратация тканей). В условиях интенсивного перегрева организма человек не способен выполнять не только тяжелую физическую работу, но и даже длительное время легкую. Также резко снижается эффективность всех видов умственного труда.

Насыщение воздуха водяными парами в условиях низкой температуры будет способствовать переохлаждению тела и респираторным заболеваниям. Как недостаточная, так и избыточная влажность способствует активизации болезнетворных бактерий, вирусов, проявлению аллергических реакций организма (рисунок 1).

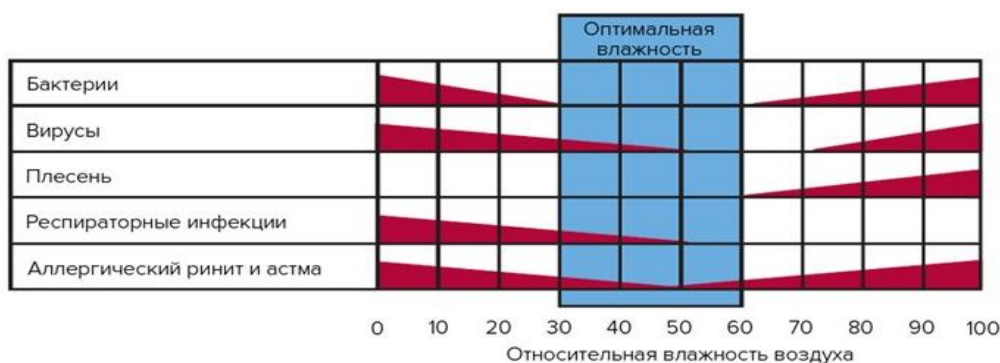


Рисунок 1 – Влияние относительной влажности воздуха (%) на активность болезнетворных микроорганизмов, плесени и заболеваемость

Для комфортных и здоровых условий жизни и труда необходим постоянный контроль относительной влажности и других показателей микроклимата в помещениях, с тем чтобы обеспечить тепловой баланс (тепловое равновесие) между человеком и окружающей средой.

Границей теплового баланса человека является температура воздуха 40°C и влажность 30% или температура воздуха 30°C и влажность 80% [2].

#### Список использованных источников

1. Влияние влажности на организм человека [Электронный ресурс]: <https://kto.guru/biologia/1063-vlijanie-vlazhnosti-na-organizm-cheloveka.html>. – Дата доступа: 16.03.2019.

2. Как влажность воздуха влияет на самочувствие [Электронный ресурс]: <http://sundekor.com.ua/kak-vlazhnost-vozdukha-vlijaet-na-samochuvstvie>. – Дата доступа: 16.03.2019.

## Влияние стресса на безопасность труда

Студенты гр.10503116: Сабич О.В., Казейко А.В.  
Научный руководитель – Кот Т.П.  
Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск

Растущая конкуренция, повышенные требования к профессиональным качествам способствуют формированию агрессивной рабочей среды, которая оказывает серьезное воздействие на эффективность труда, здоровье и благополучие работающего населения. Работники практически всех сфер деятельности испытывают психоэмоциональные перегрузки, вызванные негативными стрессорами, такими как интенсивность труда, рост потока информации, которую необходимо обработать и использовать в работе; дефицит времени, ответственность за принятие решений, гиподинамия, различные внешние воздействия (шум, вибрация, запыленность, излучения и т. д.), монотонность труда.

Согласно докладу Европейской обсерватории рисков от 50 до 60 процентов всех потерь рабочего времени приходится на стресс. В среднем стресс испытывают двадцать два процента работников [1].

Стресс, возникающий вследствие длительных психоэмоциональных перегрузок, оказывает существенное влияние на риск развития различных заболеваний и травмирования работников. Уровень стресса, активация нервной системы, которая порождается им, и результативность трудовой деятельности тесно взаимосвязаны. Стресс может положительно влиять на результаты труда (мобилизует организм и способствует преодолению препятствий, возникающих в процессе труда) только до тех пор, пока не превысит определенного критического уровня. При превышении этого уровня в организме развивается процесс гипермобилизации, который вызывает нарушение механизмов саморегуляции и ухудшение результатов деятельности.

Стрессовые воздействия могут спровоцировать возникновение физиологических и психологических изменений.

Физиологические нарушения могут сопровождаться расстройствами нервной и сердечно-сосудистой систем (нейроциркуляторная дистония, инфаркт миокарда, гипертоническая болезнь), желудочно-кишечного тракта (язвенно-дистрофические поражения), дыхательной системы (бронхиальная астма), приводить к снижению иммунитета, онкологическим заболеваниям. Стресс влияет на половые функции, генетический аппарат клеток.

К психологическим расстройствам относятся агрессивность, фрустрация, нервозность, раздражение, тревога, нерешительность, быстрое развитие усталости.

Стресс приводит к появлению специфического заболевания – синдрому эмоционального выгорания, сопровождающемуся истощением эмоционально-энергетических и личностных ресурсов человека. Выделяют следующие стадии синдрома эмоционального выгорания:

- первая стадия – рецидивирующие стрессы, которые способны уменьшать физическую энергию человека;
- вторая стадия – снижение интереса к трудовой сфере, нарушение сна, чрезмерная усталость;
- третья стадия – эмоциональная нестабильность, уязвимость к заболеваниям;
- четвертая стадия – в организме прогрессируют хронические процессы, которые связаны с неудовлетворенностью собой как личностью, а также в профессиональной деятельности;
- пятая стадия – трудности физического и психоэмоционального плана способствуют развитию опасных для жизни заболеваний [2].

Сильным стрессом, который влияет на состояние работника и возможность возникновения опасных ситуаций, является моббинг. Моббинг – форма психологического насилия в

виде травли сотрудника в коллективе. Моббинг квалифицируют как психосоциальный несчастный случай на рабочем месте [3].

Ученые Ball State University в 2010 году провели исследование 17542 работников различных компаний. Они выяснили, что психотравма на работе проявляет себя как различные формы депрессии, панические атаки, тревожные состояния. Многим травмированным сотрудникам впоследствии требовалась длительная помощь психиатров [4].

Основными причинами моббинга являются:

– процесс постоянной модернизации, рационализации производства, который требует концентрации сил и внимания в процессе труда, что обуславливает высокую производительность труда и, как следствие, социальную незащищенность работающего;

– страх потерять рабочее место;

– психологический террор, обусловленный завистью, тщеславием, выражающийся в виде интриг, сплетен, физического воздействия.

Реакция работников на моббинг проявляется физиологическими и психическими расстройствами, а иногда приводит к травмированию и суициду.

Таким образом, стресс на рабочем месте и его последствия оказывают серьезное влияние на безопасность и производительность труда. Работодатели должны осознавать его негативное воздействие и уметь контролировать риски, способствуя формированию здоровой и безопасной производственной среды, позитивной и профилактической корпоративной культуры.

#### **Список использованных источников**

1. Доклад МОТ 2016 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mintrud.gov.by/system/extensions/spaw/uploads/files/Doklad-MOT-2016.pdf>. – Дата доступа: 14.03.2019.

2. Синдром эмоционального выгорания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://simptomer.ru/bolezni/nevrologiya/3086-sindrom-emotsionalnogo-vygoraniya>. – Дата доступа: 16.03.2019.

3. Основы охраны труда [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://uchebnikirus.com/bgd/osnoviohronipratsi-gandzyukmp/vplivstresubezpekupratsi.htm>. – Дата доступа: 16.03.2019.

4. Психотравма на рабочем месте [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://apteka.ru/info/articles/psikhologicheskoe-zdorove/psikhotravma-na-rabochem-meste>. – Дата доступа: 16.03.2019.

УДК 331.45

#### **Исследование ионизирующего излучения от интерактивной доски**

Студенты гр.10503116: Рыбалко Ю.М., Луцкая В.Л.<sup>1</sup>, гр.23мо Жарков К.Н.<sup>2</sup>

Научные руководители – Кот Т.П.<sup>1</sup>, Жаркова Н.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет,

<sup>2</sup>Белорусский государственный аграрный технический университет  
г. Минск

Современные технологии уже давно стали неотъемлемой составляющей образовательного процесса. Использование компьютеров, видеопроекторов, интерактивных досок и других мультимедийных средств стало незаменимым и даже обыденным. Интерактивная доска представляет собой большой сенсорный экран, работающий как часть системы, в которую входят компьютер и проектор. С помощью проектора изображение рабочего стола компьютера проецируется на поверхность интерактивной доски [1].

Доски бывают двух типов: прямой и обратной проекции. В случае прямой проекции, проектор находится перед доской, а обратной – за доской [2].



Общепризнано, что применение интерактивных досок в ходе образовательного процесса значительно расширяет возможности учебного процесса, позволяет предложить обучающимся более полную и точную информацию об изучаемом предмете или явлении.

Польза в преподавании с использованием интерактивных досок неоценима. Однако не утихают споры о вреде интерактивных досок.

В рамках исследований нами проводилась оценка ионизирующих излучений, создаваемых интерактивной доской. Измерялась эквивалентная доза поглощенного излучения (радиационный фон) с помощью дозиметра-радиометра МКС АТ 6130. Измерения проводились на расстояниях: 0,1 м (максимально близко к поверхности доски), 1 м, 2 м, 3 м, 4 м, 5 м от доски в пяти повторностях.

Определялось среднее значение дозы и сравнивалось с нормируемой величиной (0,2 мкЗв/ч). Результаты исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1– Результаты измерений эквивалентной дозы поглощенного излучения, мкЗв/ч

Повторность	Расстояние от интерактивной доски					
	0,1 м	1 м	2 м	3 м	4 м	5 м
1	0,11	0,08	0,07	0,06	0,07	0,06
2	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,06
3	0,10	0,08	0,07	0,06	0,05	0,05
4	0,09	0,08	0,07	0,06	0,07	0,06
5	0,10	0,08	0,07	0,06	0,05	0,05
Среднее значение	0,10	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05

Из таблицы 1 видно, что эквивалентная доза поглощенного излучения не превышала нормируемой величины. С увеличением расстояния от интерактивной доски радиационный фон уменьшался.

Вычислялось значение дозы ионизирующих излучений, которую получит обучающийся в течение года, при условии, что среднее значение радиационного фона на протяжении года меняться не будет.

Расчет проводился по формуле:

$$D = t \cdot P \cdot N, \quad (1)$$

где  $D$  – доза, полученная за год, мЗв;

$t$  – среднее время работы с интерактивной доской в неделю, ч;

$P$  – среднее значение всех фактических измерений, мкЗв/ч;

$N$  – количество учебных недель за год

Расчет времени работы интерактивной доски проводился с учетом следующих показателей: среднее время использования доски – до 1 час 30 мин по 3 пары в день (использовались максимальные значения). В среднем в неделю 22 часа 30 минут. Количество учебных недель в году  $N = 34$ .

Тогда по формуле (1) получаем:  $D = 0,0442$  мЗв/год.

Средняя годовая доза ионизирующих излучений от интерактивной доски в 23 раза меньше допустимой нормы.

Учитывая эти результаты, можно утверждать, что радиационный фон в аудиториях, где расположены интерактивные доски, не значителен.

#### Список использованных источников

1. Виды и возможности интерактивных досок [Электронный ресурс] Сайт "DeLight2000" // URL: <http://www.delight2000.com/about/publication/kak-vybrat-nteraktivnyuyu-dosku>. – Дата доступа: 10.03.2019.

2.Интерактивные доски. Зачем они и для кого? [Электронный ресурс] Сайт "Geektimes"// URL: <https://geektimes.ru/post/118536>. – Дата доступа: 10.03.2019.

УДК 331.45

### Исследование ультразвукового увлажнителя воздуха

Студенты гр.10503316: Петрович В.В.<sup>1</sup>, гр.23мо Жарков К.Н.<sup>2</sup>

Научные руководители – Кот Т.П.<sup>1</sup>, Абметко О.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет,

<sup>2</sup>Белорусский государственный аграрный технический университет  
г. Минск

Относительная влажность воздуха – один из основных показателей микроклимата, оказывающий значительное влияние на самочувствие и здоровье человека. Оптимальными значениями относительной влажности, способствующими комфортному самочувствию, считаются 40–60%. Отклонение от этих значений способно постепенно снизить иммунитет человека, способствовать проявлению аллергических реакций, ухудшить состояние кожи, повысить утомляемость. Наиболее ощутимо влияние пониженной относительной влажности воздуха в помещении в холодный период года. Существенное снижение влажности (до 20–25%) приводит к сухости слизистой оболочки носа и дыхательных путей за счет постоянного взаимодействия с сухим воздухом, сухости кожи (в первую очередь рук и лица), пересыханию губ. В сухой среде пыль и аллергены свободно перемещаются по помещению, беспрепятственно проникая в органы дыхания.

Одним из способов нормализации относительной влажности воздуха является применение увлажнителей воздуха. Увлажнители бывают трех типов: ультразвуковые, паровые и традиционные (вырабатывающие холодный пар). Наиболее популярными на сегодняшний день являются ультразвуковые модели.

Принцип работы ультразвуковых увлажнителей заключается в высокочастотной вибрации пьезоэлектрического элемента, который разбивает воду на мельчайшие частицы, превращая ее фактически в туман. Дробление воды на мельчайшие капли происходит следующим образом: небольшое количество воды помещается на мембрану, которая под действием ультразвуковых волн начинает вибрировать и разбрызгивать мельчайшие капельки воды. Встроенный вентилятор выдувает прохладную водяную взвесь в помещение.

Эффективность ультразвуковых увлажнителей доказана исследованиями многих авторов. При ультразвуковом дроблении создаются капли наименьшего размера (монодисперсная фаза капель воды диаметром 1–5 микрон). Чем меньше диаметр капли, тем лучше соотношение между площадью поверхности и массой, т.е. тем больше площади поверхности приходится на единицу массы и капле «проще» испариться.

В ходе проведенных нами экспериментальных исследований, подтвердивших эффективность ультразвуковых увлажнителей в сравнении с другими типами, была выявлена еще одна их особенность. При работе ультразвуковых увлажнителей происходит изменение аэроионного состава воздушной среды. Известно, что с увеличением относительной влажности в воздухе уменьшается количество отрицательно заряженных частиц и увеличивается количество нейтральных и положительно заряженных частиц. При использовании ультразвукового увлажнителя с увеличением относительной влажности отмечалось появление значительного количества как отрицательно, так и положительно заряженных частиц.

Первоначально оценивался исходный аэроионный состав воздуха (без увлажнения) в помещении площадью 22 м<sup>2</sup>. Измерение количества аэроионов проводилось прибором МАС-01. Результаты измерений представлены в таблице 1. На следующем этапе исследований использовался ультразвуковой увлажнитель воздуха WildWindWWCf-UH-80-0,8L. Анализировалось

изменение количества положительно и отрицательно заряженных частиц при изменении относительной влажности.

Таблица 1 – Исходный аэроионный состав воздушной среды

№ измерения	Количество отрицательных аэроионов, $n^-$ , шт./см <sup>3</sup>	Количество положительных аэроионов, $n^+$ , шт./см <sup>3</sup>
Время проведения измерений – 10 <sup>30</sup>		
Относительная влажность воздуха в помещении $\phi=23,6\%$		
1	420	770
2	380	710
3	490	810

Фиксируемое количество отрицательных аэроионов не достигало минимальных нормируемых значений ( $n^- > 600$  шт./см<sup>3</sup>). При использовании ультразвукового увлажнителя количество аэроионов обеих полярностей превышало минимальные показатели, установленные нормами. Результаты измерений представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Аэроионный состав воздушной среды при использовании ультразвукового увлажнителя воздуха

№ измерения	Количество отрицательных аэроионов, $n^-$ , шт./см <sup>3</sup>	Количество положительных аэроионов, $n^+$ , шт./см <sup>3</sup>
Время проведения измерений – 11 <sup>30</sup>		
Относительная влажность воздуха в помещении $\phi=26,8\%$		
1	890	640
2	880	710
3	810	730
Время проведения измерений – 12 <sup>00</sup>		
Относительная влажность воздуха в помещении $\phi=30,4\%$		
1	1350	970
2	1150	880
3	1400	1030
Время проведения измерений – 12 <sup>10</sup>		
Относительная влажность воздуха в помещении $\phi=30,9\%$		
3	1580	970
4	1750	1250
5	1760	1210
Время проведения измерений – 12 <sup>20</sup>		
Относительная влажность воздуха в помещении $\phi=31,3\%$		
1	2140	1310
2	2170	1280
3	2110	1200
Время проведения измерений – 12 <sup>40</sup>		
Относительная влажность воздуха в помещении $\phi=33,6\%$		
1	2290	1450
2	2390	1490
3	2270	1460

Изменение количества заряженных частиц вероятнее всего обусловлено баллоэлектрическим эффектом, возникающим при электризации частиц при их дроблении и распылении. Для подтверждения данной теории необходимо проведение дальнейших исследований. Од-

нако, несомненно то что, ультразвуковой увлажнитель помимо эффективного увлажнения воздуха способен влиять на аэроионную обстановку воздушной среды.

УДК 621.74:658.382

### **Влияния условий труда на общую заболеваемость литейщиков**

Студенты гр. 10404128: Близнюк Н.А., Волк А.В.,  
Мацинов С.А., Пацовский Н.В.  
Научный руководитель – Лазаренков А.М.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Исследование влияния производственных факторов условий труда на заболеваемость с временной утратой трудоспособности работающих в литейных цехах (стале- и чугунолитейных, специального и цветного литья) проводилось на предприятиях различных отраслей промышленности. Для этого использовали показатели болевших литейщиков, случаев и дней нетрудоспособности приходящиеся на 100 работающих, которые содержат данные листков о нетрудоспособности каждого работающего, за пятилетний период, так как за этот период наиболее полно выявляются заболевания, специфичные для каждого конкретного производства, и меньше сказывается влияние случайных факторов.

Для анализа заболеваемости было сформировано пять групп работающих, в каждую из которых вошли лица, объединенные общностью условий труда: 1 – плавильщики металла и сплавов, заливщики металла; 2 – стерженщики, формовщики; 3 – выбивальщики; 4 – обрубщики, наждачники, чистильщики литья; 5 – земледелы. На рабочих местах указанных профессий фиксируются повышенные содержания пыли, превышающие предельно допустимые концентрации. Наибольшие концентрации отмечались в воздухе рабочей зоны земледелов (превышение предельно допустимых концентраций в 2,4-7,6 раза), выбивальщиков (1,8-4,1 раза) и наждачников (в 2,2-5,7 раза), а наименьшие – в рабочей зоне плавильщиков (в 1,1-1,6 раза).

Работающие указанных профессий находятся в условиях производственного шума, уровень которого изменяется от 82 до 91 дБА (допустимый уровень 80 дБА).

Воздействие локальной вибрации характерно для рабочих мест обрубщиков, наждачников и чистильщиков литья (превышение допустимого уровня на 2-6 дБ).

Для группы плавильщиков неблагоприятными производственными факторами является температура воздуха (превышение допустимых значений на 7-14<sup>0</sup>С), инфракрасные (тепловые) излучения (превышение в 3,2-12 раз).

Анализ заболеваемости с временной утратой трудоспособности позволил выявить ряд особенностей в ее структуре и уровнях, характерных для литейного производства. Обращает внимание относительно низкий «индекс здоровья», т.е. процент работающих, не болевших в течение года, который составляет 18-27 %. В структуре заболеваемости всех рассматриваемых групп наибольшее количество случаев заболеваемости в среднем по литейным цехам приходится на острые респираторные инфекции (в среднем 52,30% от всех случаев). Затем отмечаются болезни костно-мышечной системы (15,12), грипп (7,75), заболевания органов дыхания (4,29), гипертоническая болезнь (2,66), инфекции и заболевания кожи (1,95), болезни сердца (1,48), психические расстройства (1,30), пневмония (1,19), болезни нервной системы (0,96), что соответствует закономерности распределения отдельных нозологических форм в структуре заболеваемости работающих на всех предприятиях.

В структуре заболеваемости с временной утратой трудоспособности среди всех работающих первое место принадлежит гриппу и острым респираторным инфекциям. Сравнительно высокий уровень болезней костно-мышечной системы (15,12%) работающих в литейных цехах является следствием воздействия тяжелой физической работы, вибрации, высоких

температур и значительных скоростей движения воздуха на рабочих местах, а также нахождение в вынужденных позах.

У рабочих шумовых профессий отмечаются повышенные уровни заболеваемости с временной утратой трудоспособности в 1,2–1,3 раза при увеличении уровня шума на 7–10 дБ.

Количество указанных заболеваний в литейных цехах серийного и мелкосерийного производства несколько выше, чем в цехах массового производства, что можно объяснить процентом работающих, находящихся в более неблагоприятных климатических условиях.

Установлено, что в литейных цехах при расчете на 100 работающих наблюдается превышение показателей по предприятию в целом по случаям заболеваемости в среднем по всем цехам на 10,80%, а по дням нетрудоспособности – на 13,02%.

Роль неблагоприятного микроклимата в формировании заболеваемости наблюдалась на примере плавильщиков металла и сплавов, которые имели самые высокие уровни временной нетрудоспособности в связи с гриппом и острыми респираторными инфекциями и заболеваниями верхних дыхательных путей. Это подтверждается наибольшими превышениями допустимых значений температуры и скоростей движения воздуха на рабочих местах плавильно-заливочных участков литейных цехов в любой период года.

Улучшение условий труда на рабочих местах литейщиков имеет важное народнохозяйственное значение, так как, с одной стороны, создает резерв для снижения экономического ущерба, наносимого заболеваемостью, сопровождающейся утратой трудоспособности, а с другой – способствует сохранению для производства большого количества трудящихся, что чрезвычайно важно в условиях дефицита трудовых ресурсов в литейном производстве, создаваемого неудовлетворенностью рабочих своей профессией, высокой сменяемостью кадров и падением престижа литейных профессий.

УДК 621.74:658.382

### **Исследование воздушной среды рабочих зон литейных цехов**

Студенты гр. 10405526: Белов М.Д., Чаюков В.О., Хоронко И.А.

Научный руководитель – Лазаренков А.М.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

В литейном производстве применяется значительное количество технологических процессов изготовления стержней и форм, видов связующих материалов и различных противогригарных покрытий, что привело к содержанию в воздухе рабочей зоны литейщиков нескольких десятков 50 вредных веществ, регламентированных санитарными нормами.

Одним из основных вредных производственных факторов является пыль, приводящая к профессиональному заболеванию (силикоз, пылевой бронхит), составляющему около половины всех профессиональных заболеваний работающих в литейных цехах. Такое положение связано с несовершенством наиболее распространенной технологии литейного производства, при которой около 75 % отливок изготавливаются в разовых песчаных формах. Поэтому запыленность и загазованность воздушной среды производственных помещений литейных цехов часто превышает предельно допустимые концентрации.

Результаты проведенных исследований содержания пыли в воздухе рабочих зон различных участков литейных цехов показали превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) пыли практически на всех рабочих местах. Анализ концентраций пыли в воздухе рабочих зон участков литейных цехов с различным характером производства показал, что в цехах массового производства отмечаются в основном большие концентрации пыли, чем в цехах серийного и мелкосерийного производства. Такое положение объясняется большей продолжительностью работы «пылящего» оборудования, непрерывностью протекания технологических процессов.

На рабочих местах литейных цехов серийного производства содержание пыли в 1,2 – 1,4 раза ниже допустимых. На рабочих местах стерженщиков и формовщиков наименьшие концентрации пыли отмечаются при использовании технологических процессов изготовления стержней и полуформ из жидкостекольных и холоднотвердеющих смесей. Однако при выбивке форм из жидкостекольных смесей и финишных операциях при обработке отливок, выбитых из этих форм, имеют место наибольшие концентрации пыли из-за затрудненной выбивки отливок из форм и стержней из отливок.

Установлено, что размещение оборудования или отдельных участков в помещении цеха оказывают влияние на содержание пыли на рабочих местах этих участков. Это наиболее наглядно видно в литейном цехе мелкосерийного производства, где плавильный агрегат (вагранки) расположены в одном помещении с заливочным участком.

Оценка содержания пыли в воздухе рабочей зоны в теплый и холодный периоды года, которая показала, что в холодный период года запыленность воздуха выше, чем в теплый. Это объясняется тем, что в теплый период года в цехах открыты ворота, светоаэрационные фонари и окна, приводя к увеличению воздухообмена в помещениях за счет естественной вентиляции, с воздухом которой происходит унос пыли наружу.

Наибольшему воздействию пыли подвергаются работающие в литейных цехах массового производства (обрубщики, чистильщики и выбивальщики отливок), что может привести к развитию профессиональных заболеваний (силикоз, пылевой бронхит).

Анализ содержания пыли в воздушной среде рабочих мест различных участков литейных цехов показал, что такое положение с запыленностью обуславливается несовершенством технологических процессов изготовления отливок в песчаных формах и недостаточной эффективностью работы систем вытяжной вентиляции и обеспыливания воздуха. Следует также отметить, что значительное влияние на запыленность участков литейных цехов оказывают операции, связанные с подготовкой и сушкой исходных материалов, их транспортировкой, пересыпкой и т.д.

Таким образом, на основании представленных выше данных можно сделать вывод о том, что пыль оказывает значительное влияние на работающих в литейных цехах, степень воздействия которого определяется применяемыми технологическими процессами и оборудованием для изготовления стержней и форм, приготовления смесей, выбивки, обрубки и очистки отливок, уровнем механизации, а также характером производства.

Загазованность воздуха рабочих мест литейных цехов является не менее важным фактором производственной среды, оказывающим влияние на организм работающих. На основании результатов проведенных исследований было установлено, что в воздушной среде литейных цехов фиксируются оксид углерода, азота оксиды, фенол, формальдегид, метиловый спирт, этиловый спирт, углеводороды, ангидрид сернистый, аммиак и др. Наличие и количество того или иного вещества в воздухе рабочих зон определяется применяемыми технологическими процессами.

На всех участках фиксируется оксид углерода, в одних случаях происходит его выделение при протекании технологических процессов (стержневой, плавильный, заливочный, выбивной, термообрубной участок), а в других – за счет миграции с соседних неизолированных друг от друга участков (высокая подвижность воздуха и разные величины кратностей воздухообмена на различных участках). Самая неблагоприятная обстановка по оксиду углерода отмечается на рабочих местах плавильщиков и заливщиков, где концентрации превышают допустимые в 1,2 – 1,6 раза. Наибольшему воздействию вредных веществ подвергаются стерженщики литейных цехов (в основном массового производства), где используются технологические процессы изготовления стержней по нагреваемой оснастке. На рабочих местах заливщиков и стерженщиков фиксируется превышение ПДК по фенолу и формальдегиду в среднем до 1,3 – 1,7 раза.

Существующее положение с загазованностью рабочих мест литейных цехов объясняется несовершенством технологических процессов изготовления отливок в песчаных формах с

использованием смесей на органических связующих, недостаточной эффективностью работы систем вытяжной вентиляции, несовершенством технологического оборудования (отсутствие укрытий и встроенных местных отсосов или неэффективностью их работы).

Таким образом, на основании представленных данных можно сделать вывод о том, что пыль и вредные вещества оказывают влияние на работающих в литейных цехах, степень воздействия которого определяется применяемыми технологическими процессами и оборудованием для приготовления смесей, связующими материалами для изготовления стержней и форм, плавки и заливке металла, выбивке форм, уровнем механизации и автоматизации, а также характером производства.

УДК 636.331

### **Особенности охраны труда при работе с агрохимикатами и минеральными удобрениями**

Студентка гр.1от Пинчук А.А.

Научный руководитель – Молош Т.В.

Белорусский государственный аграрный технический университет

г. Минск

Химические вещества широко используют в сельскохозяйственном производстве и для борьбы с вредителями, сорняками, болезнями растений, повышения урожайности культур, дезинфекции в животноводстве. Химический метод высокоэффективен, однако большинство агрохимикатов и минеральных удобрений могут представлять опасность для здоровья работающих.

На территории Республики Беларусь возможны ввоз, хранение, транспортировка, расфасовка, реализация и применение агрохимикатов и минеральных удобрений, прошедших санитарно-гигиеническую экспертизу в установленном законодательством порядке, а также имеющих удостоверение о государственной регистрации Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь и включенных в Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению. Работы с агрохимикатами и минеральными удобрениями подлежат государственной санитарно-гигиенической экспертизе, осуществляемой в установленном законодательством Республики Беларусь порядке.

Работники, непосредственно участвующие в организации и выполнении работ по применению, перевозке и хранению агрохимикатов и минеральных удобрений (постоянно или временно), проходят гигиеническое обучение и воспитание и обязательные медицинские осмотры в установленном законодательством Республики Беларусь порядке. За организацию проведения гигиенического обучения и воспитания и медицинских осмотров работников несет ответственность руководитель организации.

При использовании агрохимикатов и минеральных удобрений должны соблюдаться меры безопасности, указанные на тарных этикетках и (или) в рекомендациях по применению их конкретных видов. Все работы по применению минеральных удобрений регистрируются в специальном журнале учета за подписью руководителя работ и должностных лиц организаций, где проводились указанные работы. Работа с агрохимикатами и минеральными удобрениями осуществляется с использованием соответствующих средств индивидуальной защиты (СИЗ), указанных в тарной этикетке и (или) рекомендациях по применению конкретных видов агрохимикатов и минеральных удобрений. Во время выполнения производственных операций на рабочих местах запрещено употреблять алкогольные напитки, курить табачные изделия, снимать средства индивидуальной защиты, принимать пищу. К работам с использованием агрохимикатов и минеральных удобрений, а также на обработанные ими площади не допускаются женщины, дети и подростки в соответствии с нормативных правовых актами Республики Беларусь, регламентирующими применения их труда.

Безопасность труда при работе с агрохимикатами и минеральными удобрениями должна быть обеспечена максимальной механизацией и автоматизацией трудоемких и опасных работ, использованием прогрессивных технологий, современных способов внесения препаратов, строжайшим соблюдением правил техники безопасности и санитарно-гигиенических норм. Для проведения работ с минеральными удобрениями и агрохимикатами должны использоваться только технологии, техника и оборудование, прошедшие в установленном порядке гигиеническую и технологическую оценку и имеющие соответствующее разрешение учреждений Министерства здравоохранения Республики Беларусь.

Перед началом сезона работ все машины, аппаратура и оборудование должны быть проверены на их готовность и полностью отремонтированы. Руководители хозяйств (организаций) или работ ответственны за проведение необходимых подготовительных работ и исправность используемых машин и оборудования. До выезда в поле следует проверить правильность сборки узлов машины; отрегулировать расположение рабочих органов для получения необходимого направления внесения препаратов; опробовать машину в рабочем состоянии, используя в качестве рабочего раствора чистую воду; привести в соответствие с требованиями технологии расход рабочей жидкости, ширину захвата агрегата. На машинах должны быть краткие надписи, предупреждающие об опасности работы без средств индивидуальной защиты. Машины должны быть оборудованы бачком вместимостью не менее 5 л и мылом для мытья рук обслуживающего персонала, аптечкой первой до врачебной помощи.

При работе с машинами не допускается во время работы механизмов проводить подтяжку болтов, сальников, уплотнителей, хомутов, магистралей, цепей; открывать крышки и люки бункеров и резервуаров, находящихся под давлением, вскрывать нагнетательные клапаны насосов, предохранительные и редукционные клапаны, прочищать наконечники и брандспойты, вывинчивать манометры. Движущиеся и вращающиеся части машин должны быть ограждены согласно единым требованиям к конструкции тракторов и сельхозмашин по безопасности и гигиене труда. Для отдыха и приема пищи работников организуются специальные площадки с наветренной стороны обрабатываемой площади и других мест применения агрохимикатов и минеральных удобрений. Площадки для отдыха и приема пищи оборудуются: аптечкой первой медицинской помощи, бачком питьевой воды, умывальником, мылом, индивидуальными полотенцами. При незначительных поломках машины во время работы ее необходимо остановить и провести ремонтные работы в СИЗ; при серьезных поломках машину освобождают от препаратов, обезвреживают и доставляют на пункт ремонта. После ремонта проверка проводится на рабочих режимах.

На границе участков, обрабатываемых и обработанных агрохимикатами и минеральными удобрениями, должны быть выставлены единые знаки безопасности с надписью «Обработано агрохимикатами и минеральными удобрениями» на расстоянии в пределах видимости от одного знака до другого, которые должны контрастно выделяться на окружающем фоне и находиться в поле зрения людей, для которых они предназначены. Знаки убираются только после окончания срока ожидания до уборки урожая и срока ожидания до выхода людей на обрабатываемые участки.

Химический метод является частью интегрированной системы защиты растений и должен применяться совместно с другими нехимическими приемами и способами борьбы (организационными, агротехническими, биологическими, механическими). Необходимость применения средств химизации в каждом конкретном случае должно быть строго обосновано. Безопасность труда при применении, перевозке и хранении агрохимикатов и минеральных удобрений должна обеспечиваться максимальной механизацией и автоматизацией трудоемких и опасных работ, способов внесения, соблюдением требований Санитарных норм и правил и правовых актов, регулирующих обращение с агрохимикатами и минеральными удобрениями, а также природоохранных мероприятий, требований безопасности технической документации.



### Оценка условий труда литейщиков

Студенты гр. 10404116: Иваненко А.Н., Прищепчик Н.И.

Научный руководитель – Лазаренков А.М.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Условия труда литейщиков определяются такими производственными факторами как запыленность, загазованность, шум, вибрация, параметры микроклимата, которые с учетом многообразия технологических процессов и производственного оборудования, трудоемких операций, выполняемых вручную и требующих большого физического напряжения. Нахождение работающих в этих условиях способствует повышению производственного травматизма, развитию профессиональных заболеваний и увеличению общей заболеваемости. Для определения воздействия условий труда на литейщиков были проведены исследования профессиональной заболеваемости работающих в литейных цехах. Анализ заболеваемости проводился по результатам ежегодных медицинских осмотров литейщиков с учетом влияния факторов производственной среды на показатели заболеваемости и сроки развития болезней.

Результаты оценки состояния профессиональной заболеваемости литейщиков показали, что в них регистрируется значительное количество нозологических форм профессиональных болезней. Наиболее распространенными являются заболевания от воздействия пыли (силикоз и пылевой бронхит), вибрации (вибрационная болезнь), шума (кохлеарный неврит слухового органа).

Анализ распределения профессиональных заболеваний литейщиков показал, что заболеваемость невритом слухового органа, вибрационной болезнью и пылевой патологией представляет серьезную проблему, так как пылевая патология составляет около 76 % всех случаев пылевой патологии, а вибрационная болезнь – более 54 % всей вибрационной патологии в машиностроительной отрасли. В таблице 1 приведено распределение профессиональных заболеваний работающих в литейном производстве, а также по сталелитейным и чугунолитейным цехам и цехах цветного литья.

Таблица 1– Распределение профессиональных заболеваний по литейным цехам

Наименование профессионального заболевания	Количество случаев заболеваемости в литейных цехах, %			
	от общего по предприятию	в том числе по цехам		
		сталелитейным	чугунолитейным	цветного литья
кохлеарный неврит слухового органа	39,1	49,8	43,7	6,5
вибрационная болезнь	57,2	54,5	40,8	4,7
силикоз	79,7	59,5	38,9	1,6
пылевой бронхит	83,0	55,1	41,2	3,7

Более высокий процент случаев заболеваний силикозом и пылевым бронхитом можно объяснить применением ручного инструмента на обрубных и зачистных работах, техническим состоянием оборудования и недостаточной эффективностью приточно-вытяжных вентиляционных систем. Следует выделить состояние местной вытяжной вентиляции на рабочих местах стерженщиков, формовщиков, обрубщиков, чистильщиков литья. Также на указанных рабочих местах отмечаются высокие концентрации кварцсодержащей пыли, в среднем 12–29 мг/м<sup>3</sup>, а содержание в пыли кремнезема, определяющего силикоопасность ее, составляет от 58 до 76 %. Более напряженная тепловая обстановка в литейных цехах серийного и мелкосерийного производства способствует увеличению степени воздействия кварцсодержащей пыли на организм работающих.

Распределение профессиональной заболеваемости силикозом и пылевым бронхитом у работающих в цехах чугунного и стального литья показало, что в цехах стального литья силикоз и пылевой бронхит развивается чаще. Установлено, что силикоз у работающих в цехе стального литья в среднем развивается через 18,4 года, а у работающих в цехе чугунного литья – через 22,3 года. Такое различие в сроках развития объясняется более высокой агрессивностью пыли в цехах стального литья, так как под воздействием высоких температур кремнезем переходит в модификацию кристобалит и тридимит, которые обладают более выраженной фиброгенностью. В литейных цехах с массовым характером производства наибольшее число профессиональных заболеваний объясняется воздействием на работающих чрезмерного шума от используемого литейного оборудования, более высоким уровнем механизации и автоматизации и более продолжительным воздействием. Наиболее высокий коэффициент заболеваемости невритом слухового органа в литейных цехах приходится на профессии обрубщиков, формовщиков и чистильщиков литья. Кроме того следует обратить внимание на профессии ремонтников, которые также имеют высокий коэффициент заболеваемости, так как им приходится непосредственно контактировать с шумным оборудованием.

Значительное количество заболеваний вибрационной патологии объясняется тем, что работающие (особенно обрубщики и чистильщики литья) подвергаются воздействию локальной вибрации при использовании ручного инструмента и зачистке отливок на наждачных станках, больших физических нагрузок, выполняют работы в вынужденных напряженных позах, подвергаются значительным тепловым нагрузкам и охлаждающему микроклимату, что способствует развитию вибрационной болезни.

Наибольшее число случаев профзаболеваний в литейных цехах приходится на восемь профессиональных групп. Анализ полученных данных показывает, что наиболее неблагоприятной является профессия обрубщика, особенно по количеству зарегистрированных случаев профессиональных болезней ( $K_3 = 5,03$ ) (таблица 2).

Таблица 2 – Распределение профзаболеваний по профессиям работающих в литейных цехах

Профессия	Коэффициент заболеваемости $K_3$ (число случаев на 1000 работающих) в литейных цехах					Средняя продолжительность развития болезни, лет			
	общий	вибро- бо- лезнь	неврит слухо- вого органа	сили- коз	пыле- вой брон- хит	вибро бо- лезнь	неврит слухо- вого органа	си- ли- коз	пыле- вой брон- хит
обрубщик	5,03	0,78	1,17	1,22	2,16	11,8	15,2	16,6	15,8
плавильщик- заливщик	1,35		0,72	0,24	0,39		21,6	19,4	18,0
формовщик	2,17	0,21	1,03	0,29	0,64	19,6	18,3	18,1	17,4
стерженщик	1,78	0,06	0,77	0,43	0,52	22,4	20,8	16,3	17,3
выбивальщик	1,05		0,42	0,14	0,49		20,9	18,8	17,0
наждачник (чистильщик литья)	3,09	0,56	1,12	0,54	0,87	13,9	16,8	17,4	15,7
земледел	0,86		0,19	0,19	0,48		21,4	22,0	21,6
ремонтник	1,51		0,78	0,17	0,56		24,6	26,4	25,1

На долю вибрационной болезни приходится 15,5 % всех случаев заболеваний обрубщиков. Остальные приходятся на пылевой бронхит (37 %), силикоз (24,3%) и неврит слухового органа (23,2 %). В группе обрубщиков отмечаются самые короткие сроки развития вибрационной болезни (11,8 лет), неврита слухового органа (15,2 года), силикоза (16,6 года) и пыле-

вого бронхита (15,8 года), что говорит о значительном влиянии условий труда на организм работающих.

По вибрационной болезни значительные показатели регистрируются в группе наждачников и чистильщиков литья (18,1% от всех заболеваний наждачников и чистильщиков литья), что объясняется не только высокими уровнями локальной вибрации, но и спектральными характеристиками (вибрации средне- и высокочастотного диапазонов), представляющими наибольшую опасность. Воздействие вибрации также сочетается со значительными физическими нагрузками при выполнении технологических операций, что усугубляет ее воздействие.

Заболееваемость силикозом и пылевым бронхитом у обрубщиков и наждачников весьма высокая из-за повышенного пригара, приводящего к образованию мелких фракций кремнезема в воздухе рабочей зоны.

В группе формовщиков 47,5 % всех случаев профзаболеваний приходится на неврит слухового органа, 9,7 % на виброболезнь и 42,8 % на пылевые заболевания. Средние сроки развития заболеваний более продолжительные, что объясняется низкочастотными шумами и вибрацией машин ударного действия.

В структуру профзаболеваний стерженщиков входят пылевой бронхит (29,2 %), силикоз (24,2 %), неврит слухового органа (43,2 %) и вибрационную болезнь (3,4%). Высокие показатели заболеваемости силикозом и пылевым бронхитом обусловлены значительным содержанием в пыли диоксида кремния (44–72 %). Использование пескодувных и пескострельных стержневых машин приводит к повышенным уровням шума (выхлоп сжатого воздуха, обдув стержневых ящиков сжатым воздухом). Это также приводит к высокому уровню заболевания невритом слухового органа.

Стерженщики подвергаются повышенным уровням шума и в случаях, когда стержневые участки располагаются не изолированно от других.

В группе ремонтников случаи профзаболеваний распределяются следующим образом: неврит слухового органа – 51,7 %, пылевой бронхит – 37 %, силикоз – 11,3 %,

Исследование условий труда работающих в литейных цехах говорит о том, что проблему сохранения здоровья литейщиков необходимо решать комплексно с учетом всех производственных факторов, определяющих условия труда, на основе модернизации литейного оборудования с учетом выявленных конструктивных недостатков, расширения использования манипуляторов и роботов особенно при выполнении тяжёлых и опасных ручных операций.

УДК 636.331

### **Совершенствование охраны труда на зерноочистительно-сушильных комплексах**

Магистрантка гр. маг. 18от Апетенко И.И.

Научный руководитель – Молош Т.В.

Белорусский государственный аграрный технический университет  
г. Минск

Большой объем работ при уборке урожая зерновых культур приходится на послеуборочную обработку зерна, при этом производственный процесс состоит из ряда технологических операций, таких как подача зерна в зерноочистительные машины, погрузка в транспортные средства, транспортировка, хранение зерна. В настоящее время все вышеперечисленные работы выполняются на зерноочистительно-сушильных комплексах различной производительности.

Для разработки мероприятий по совершенствованию охраны труда следует уделять особое внимание возникающим опасным и вредным производственными факторам, которые являются источниками травматизма и заболеваемости работающих: заваливание человека обрушившейся зерновой массой при хранении более 7 часов зерна повышенной влажности; недостаточная освещенность рабочей зоны (работа в ночное время); повышенная запылен-

ность воздуха в рабочей зоне; неблагоприятные метеорологические условия; повышенные шум и вибрация; затягивание в зерновую массу при выпуске зерна из складов, бункеров; падение в открытый люк силоса или бункера; повышенная температура воздуха в рабочей зоне; открытые движущиеся части машин или механизмов; рассыпанное на полу зерно; повышенная температура поверхности оборудования в зоне обслуживания; наличие на машинах или оборудовании напряжения электрического тока; погрузка, перемещение и разгрузка сырья, продукции, материалов с использованием ручного труда; возможность возникновения взрывов и пожаров; нарушения изоляции или неисправности контуров заземления; темп работы и монотонность труда.

Наиболее распространенные опасные ситуации при доработке зерна: утопление в бункерах-накопителях зерна, завальных ямах; поражение электрическим током при передвижении необесточенных электрифицированных машин по территории тока. Послеуборочную обработку зерна (очистку, сортировку, сушку) проводят в специально оборудованных производственных помещениях или на площадках, имеющих размеры, обеспечивающие безопасность обслуживания машин. Кроме того, такие помещения должны быть построены по утвержденным в установленном порядке проектам и соответствовать требованиям электро- и пожаробезопасности, Санитарным и строительным нормам и правилам.

Ответственность за состояние охраны труда в процессе работы на объекте несет механик; за монтаж, наладку, техническое и технологическое обеспечение, наличие индивидуальных средств защиты противопожарной техники – должностное лицо инженерной службы хозяйства. При организации послеуборочной обработки зерна лицо, ответственное за безопасность выполнения таких работ (бригадир, заведующий током), обязано: к работе допускать лиц не моложе 18 лет, прошедших инструктаж по охране труда и изучивших устройство комплекса и руководство по эксплуатации; обучить работников безопасным приемам труда согласно инструкциям по охране труда; вывесить инструкцию по охране труда для работающих, правила эксплуатации пункта и пожарной безопасности в помещении зерноочистительного-сушильного пункта на видном месте; не эксплуатировать неисправные машины и оборудование; обеспечить рабочих деревянными лопатами для подачи зерна к транспортерам, а персонал, обслуживающий зерноочистительные машины, – специальными щетками и скребками; требовать от рабочих, чтобы они каждую смену очищали оборудование от пыли, не производить ручное разравнивание зерна в бункерах; не использовать оборудование агрегатов, комплексов и токов одновременно для подработки продовольственного или фуражного зерна и протравливания семян; не допускать работу на оборудовании без ограждений вращающихся механизмов; устранять повреждения, производить очистку машин, смазывать и регулировать только при выключенных механизмах. На главный рубильник следует повесить табличку «НЕ ВКЛЮЧАТЬ! РАБОТАЮТ ЛЮДИ». Безопасная работа комплекса обеспечивается при соблюдении требований безопасности при эксплуатации электрооборудования зерносушилки и должны соответствовать требованиям технических нормативных правовых актов.

На рабочем месте оператора нужно иметь в наличии: запас предохранителей, осветительных и сигнальных ламп; набор слесарного инструмента; указатель напряжения; комплект индивидуальных защитных средств (респиратор, монтажный пояс) аптечку; ключи от шкафов управления, комплекса и распределительного шкафа силовой электросети; табличку с инструкцией по правилам эксплуатации и технике безопасности.

Для безопасной эксплуатации зерносушилки перед началом работы следует провести внешний осмотр агрегатов в целом, обратив особое внимание на надёжность заземления, крепления лестниц, площадок обслуживания и ограждений, отсутствие подтеканий топлива или утечки газообразного топлива. Проверить на холостом ходу по варианту «Наладка» работоспособность агрегатов зерносушилки, последовательно включая вытяжные вентиляторы, норию сухого зерна, выгрузной шнек, выпускные устройства, норию влажного зерна, вентилятор топочного агрегата.

Для обеспечения бесперебойной и эффективной работы нории и повышения её долговечности необходимо осуществлять регулярный технический уход, а также проводить необходимые работы, обеспечивающие нормальное техническое состояние нории. В процессе эксплуатации нории необходимо периодически проверять натяжение ленты с ковшами, проверять состояние сварных соединений, подтяжку болтов; очищать норию от загрязнений; проверять натяжение приводных ремней; производить смазку подшипников по мере необходимости. Очистка нижней головки норий рукой категорически запрещается, так как под тяжестью зерна, находящегося в ковшах, лента нории может дать обратный ход. Эту работу следует выполнять специальным скребком. Техническое обслуживание верхней головки нории необходимо выполнять со специально устроенной площадки обслуживания, а персонал должен иметь пояс монтажника, надежно зачalenный к ограждению. Не реже чем раз в неделю очищать от пыли и мусора секции с установленными вытяжными вентиляторами.

При возникновении пожара или ситуаций, угрожающих здоровью и жизни людей, нажать кнопку "Стоп", расположенную на шкафе управления, остановить сушилку разом, при необходимости оказать помощь людям, вызвать скорую помощь и пожарную команду.

Для предупреждения загораний зерна в сушилках необходимо строго следить за отсутствием завалов шахт и температурой теплоносителя, не допускать работу сушилок при неисправной работе регуляторов температуры. Содержание соломистых примесей в зерне не должно превышать 0,5 % при длине соломин не более 50 мм. Показателем нормального состояния сушильных шахт является одинаковый и равномерный поток зерна из выпускного устройства.

Совершенствование охраны труда при послеуборочной обработке зерна должно развиваться путем повышения эффективности существующих и разработки технологических схем, конструкции оборудования зерноочистительно-сушильных комплексов, направленных на обеспечение безопасности технологических процессов и улучшения условий труда операторов.

УДК 636.3

### **Совершенствование охраны труда в процессах кормоприготовления**

Студентка гр.1от Сосновская К.Д.  
Научный руководитель – Молош Т.В.  
Белорусский государственный аграрный технический университет  
г. Минск

На животноводческих комплексах, фермах крупного рогатого скота, свино-, зверо- и птицефермах наиболее трудоемкой работой является приготовление кормов.

В процессе приготовления различных видов кормовых смесей используют солому, измельченное зерно и различные другие компоненты. В связи с этим кормоприготовительные отделения (кормоцеха) имеют специфическое оборудование, где безопасность работы зависит от герметичности всех узлов, правильной эксплуатации оборудования с повышенной опасностью, которые требуют более сложной подготовки к работе.

В процессе приготовления кормов на работающих воздействуют основные травмирующие и вредные производственные факторы: движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования; обрушивающиеся продукты, разрушающиеся конструкции; отлетающие частицы продукта и посторонних предметов, попавших в оборудование; нагретая поверхность машин и оборудования; повышенный уровень шума, запыленность, подвижность воздуха, уровень статического электричества; недостаточная освещенность рабочей зоны; возможность появления опасного электрического напряжения на нетоковедущих частях оборудования; острые кромки, заусенцы и шероховатость на оборудовании и продуктах обработки, химически активные продукты, микроорганизмы; возможность образования взрывоопасных смесей; пожарная опасность.

Ответственность за состояние охраны труда в кормоприготовительных отделениях (кормоцеха) возлагается приказом руководителя хозяйства или комплекса на старшего оператора по обслуживанию и управлению технологическими процессами. Использование большого количества разнообразной и сложной техники обязывает заведующих фермами требовательно относиться к подбору рабочих на механизированные участки, своевременно обучать их безопасным приемам труда, не забывая о том, что к обслуживанию сложных машин с электроприводом допускаются только те рабочие, которые хорошо знают их устройство и эксплуатацию, освоили безопасные приемы труда и правила электробезопасности, учитывая условия в помещениях и опасность поражения электрическим током при появившихся неисправностях. Все металлические части машин и трубопроводы, в которых проложена электропроводка, зануляют. При обнаружении неисправности в электросистеме или машине рабочий должен прекратить работу, выключить рубильник и сообщить об этом ответственному лицу. Проводить какой-либо ремонт электросети и электрооборудования рабочему запрещается даже во время вечернего и ночного дежурства; для этого нужно вызвать электромонтера.

Машины по приготовлению кормов на фермах крупного рогатого скота чаще всего устанавливают в общефермском кормоприготовительном отделении или в другом удобном месте, причем недалеко от фермы. Полы в этих отделениях должны быть бетонированными, иметь уклон для стока воды и отходов в канализацию. Под навесами (или на площадках) пол может быть с твердым основанием. Машины и оборудование устанавливают в отделении с учетом последовательности операций и с соблюдением габаритов прохода (проезда). Для предохранения ног от переохлаждения на бетонном полу у каждой машины устанавливаются деревянные решетки. Светильники в отделении (кормоцехе) заключают в стеклянные колпаки с металлической сеткой. Световые фонари и окна необходимо содержать в чистоте, для этого не менее двух раз в месяц их следует мыть. Для обеспечения нормальных условий труда важно, чтобы рабочее место было обеспечено исправным инструментом, всеми приспособлениями и медицинской аптечкой. В отделениях предусматриваются бытовые помещения: гардеробная для переодевания и хранения спецодежды, душевая, туалет, комната для отдыха и приема пищи. Посторонним лицам вход в кормоприготовительное отделение не разрешается. На входной двери должна быть надпись «Посторонним вход запрещен».

До начала работы рабочий, обслуживающий оборудование, должен проверить его техническое состояние: комплектность; крепление предохранительных кожухов (ограждений, цепных, карданных, шестеренчатых и других передач); балансировку механизмов, имеющих большую скорость вращения; надежность болтовых соединений; регулировки узлов; исправность подъемных устройств; надежность зануления, исправность рубильников и магнитных пускателей. Перед пуском в работу следует проверить, не осталось ли на транспортерах или других узлах каких-либо посторонних деталей, инструмента и других предметов, а также на рабочем месте - отходов. Если машину обслуживают несколько рабочих, перед ее включением подают предупредительный сигнал. Во время работы запрещается: регулировать и смазывать ее на ходу, подтягивать болтовые соединения, прикасаться к вращающимся и движущимся механизмам и передачам, открывать смотровые люки, класть на ограждение и транспортеры инструмент и другие предметы, оставлять работающую машину без надзора. В соответствии с заводскими инструкциями мелкие ремонты и регулировки выполняют рабочие, обслуживающие машины для кормоприготовления. Перед регулировкой режущих и дробильных аппаратов машин их рабочие органы следует надежно затормаживать, чтобы не было произвольного поворота рабочего органа. В конце смены каждый рабочий должен прибрать свое рабочее место. Если пол влажный или скользкий, его следует посыпать опилками, шлаком или другими материалами.

Проблемы улучшения охраны труда работников животноводства при выполнении различных технологических процессов требуют глубокого комплексного изучения, что дает возможность предсказать состояние травмоопасности, предупредить несчастный случай и на

основе этого разрабатывать методы, средства и мероприятия обеспечивающие безопасность труда в животноводстве. В оздоровлении условий труда работников животноводства и повышения производительности работ исключительное значение приобретает механизация трудоемких процессов на фермах. Следует разрабатывать комплекс профилактических мероприятий по охране труда при эксплуатации технических средств для приготовления кормов, позволяющих улучшить условия труда в отрасли и снизить риск производственного травматизма.

Работа по улучшению условий труда предполагает в первую очередь совершенствование техники, технологии, а также совершенствование производственных процессов с учетом требований нормативных технических правовых актов. Для улучшения охраны труда при приготовлении кормов необходимо разрабатывать организационные, инженерно-технические, санитарно-гигиенические и другие мероприятия, основанные на анализе состояния производственной безопасности при выполнении технологического процесса и направленные на профилактику производственного травматизма и заболеваемости работающих в животноводстве.

УДК 331.456

### **Организация охраны труда в зарубежных странах**

Студент гр. 10602115 Мелехов А.А.  
Научный руководитель – Мордик Е.В.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Система трудовых отношений в странах дальнего зарубежья включает как общественные ценности (например, свобода объединений, чувство групповой солидарности, поиск максимальных прибылей), так и процедуры (например, процедуры ведения переговоров, организации работы, консультаций и разрешения споров). Традиционно системы трудовых отношений разделяются на категории по национальным признакам, границы которых в последнее время размываются вследствие глобализации мировой экономики. Национальные системы различаются по признаку организации проведения централизованных переговоров между нанимателями и профсоюзами об условиях труда (почти все Скандинавские страны), по признаку организации проведения переговоров между нанимателями и профсоюзами об условиях труда на уровне секторов или отраслей экономики (Германия) или ведения таких переговоров на уровне предприятий (Япония, США).

Основной целью законодательства по охране труда является решение задачи: защита работающих от воздействия вредных производственных факторов, которые угрожают их здоровью и физической безопасности на рабочем месте, обеспечение компенсаций при несчастных случаях на производстве и профессиональной заболеваемости, а также проведение медицинской и профессиональной реабилитации пострадавших на производстве (социальное страхование).

Ситуация в сфере безопасности и охраны труда в странах ближнего зарубежья медленно, но меняется. Государство формально расширяет свои функции в области охраны труда, появляются новые нормативные правовые акты и административные структуры, регулирующие правоотношения в этой области. Международное разделение труда, вовлечение стран в общемировые процессы интеграции предполагает учитывать требования международных организаций. Вызывая определенные проблемы в сфере трудовых стандартов, глобализация в то же время объективно способствует их разрешению, позитивно влияя на экономическое и социальное развитие отдельных стран. Несомненно, по мере вовлечения в мировую экономику, опираясь на опыт таких стран, как, например, Южная Корея, Сингапур, Тайвань, Малайзия, мы имеем возможность заметно продвинуться в области улучшения условий труда.

В конституциях Кыргызстана и Туркменистана провозглашено, что работники имеют право на вознаграждение не ниже установленного государством прожиточного минимума. Трудовой кодекс Кыргызстана предусматривает индексацию оплаты труда, осуществленную на величину индекса потребительских цен. В Законе "О трудовом договоре Эстонии" установлено, что в случае противоречий в положениях законодательства применяется норма, более благоприятная для работника.

Так, в Трудовом кодексе Узбекистана отсутствуют гарантии для матерей-одиночек при их увольнении. Допускается также привлечение беременных женщин и женщин, имеющих детей до 14 лет (детей-инвалидов – до 16 лет), с их согласия к труду на ночных, сверхурочных работах, работах в выходные дни и направление в командировку. Беременные женщины и женщины, имеющие детей до 3 лет, допускаются к таким работам только при наличии медицинского заключения, подтверждающего, что такая работа не угрожает здоровью матери и ребенка.

В трудовом законодательстве Эстонии, сформированном по примеру США, расширена материальная ответственность работников. В Латвийской Республике система управления охраной труда сформирована по образу и подобию стран ЕС. В Трудовом кодексе Кыргызстана расширены возможности использования в качестве меры давления нанимателя на работника отстранение от работы.

УДК 614.8.084

### **Влияние психологических и эргономических факторов на работу оператора АЭС**

Студенты гр. 10605115:Иванова Д.С., Богдан А.А.  
Научный руководитель –Мордик Е.В.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Возрастание сложности и потенциальной опасности создаваемых технических объектов резко обостряют проблему обеспечения надежности и безопасности при управлении ими. Атомная станция - система, обладающая всеми особенностями, присущими подобным объектам. Крупные аварии и катастрофы конца XX века, происшедшие непосредственно или косвенно по вине человека, в очередной раз обратили внимание на проблему человеческого фактора. После катастрофы на Чернобыльской АЭС в 1986 году, резко возрос интерес к проблеме человеческого фактора в ядерной энергетике, который представляет собой комплекс психофизиологических, психологических и физиологических особенностей поведения человека в производственной среде.

Анализируя условия работы оператора энергоблока АЭС, можно выстроить ряд факторов, осложняющих его действия:

➤ невысокое качество эргономической разработки пультов управления, вследствие которого оператор временами испытывает неуверенность в точности своих представлений об управляемых процессах;

➤ сочетание усыпляющего однообразия - монотонии - с высокой вероятностью сверхмобилизации сил при переходных процессах в управлении, необходимость в условиях дефицита времени принять решения почти на уровне интуиции, пользуясь профессиональным чутьем;

➤ огромная ответственность за совершенную ошибку;

➤ социально-психологический климат на АЭС, межличностные отношения в малой группе (смене оперативного персонала).

Опыт эксплуатации АЭС показывает, что станционные отказы, повлекшие отключения энергоблоков, являлись причинами неправильных действий операторов вследствие недостатков эргономического проектирования рабочих мест, системы отображения информации, пультов и органов управления.



Одной из важных составляющих эффективности и надежности работы такой сложной эргатической системы, как атомная станция, является оптимизация трудовой деятельности оператора – создание гигиенически приемлемых условий труда, повышение за счет этого производительности, работоспособности и сохранение здоровья работников. Поскольку основным условием надежной работы является поддержание заданного уровня деятельности на протяжении определенного отрезка времени, надежность человека-оператора может быть определена как способность к сохранению требуемых рабочих качеств в условиях возможного усложнения обстановки.

Организация рабочего места, окраска помещений, режим напряженных моментов в работе и пауз для отдыха, отношения с коллегами – все это, как и многие другие факторы, имеет прямое отношение к производительности труда.

Благоприятный социально-психологический климат смены как единой команды, позволяет оптимизировать взаимодействия в группе операторов и сплочение коллектива. Оптимизация межличностных отношений является способствующим фактором повышения.

Комплектование смен оперативного персонала с использованием параметрического метода социометрического анализа решает одну из задач инженерно-психологического проектирования по преодолению негативных проявлений стресса - проблему межличностных отношений.

Деятельность оператора АЭС характеризуется крайне неравномерной нефункционально низкой и экстремально высокой психофизиологической, интеллектуальной и эмоциональной нагрузкой, поэтому необходимы как реабилитационно – оздоровительные мероприятия, психофизиологическая поддержка деятельности оператора.

Улучшение условий труда операторов АЭС на конкретных рабочих местах - реконструкция системы отображения информации, освещения, вентиляции, переоснащение рабочих мест – позволит повысить работоспособность, удовлетворенность отдельными характеристиками труда, снизить вероятность ошибочных действий.

При работе оператора в условиях монотонности для окраски средств отображения информации(СОИ) необходимо применять малонасыщенные нейтральные и теплые цвета с высоким коэффициентом отражения. Для сохранения сосредоточенности внимания оператора необходимо, чтобы фон мнемосхемы был простым и спокойным, например, серого цвета. В ряду сигнальных цветов на СОИ не следует применять оранжевый как предаварийный наряду с желтым («внимание») и красным («авария»), поскольку оранжевый цвет при пониженной яркости может иногда восприниматься как красный, а при повышенной – как желтый.

УДК 331.456

### **Мировой опыт организации и деятельности служб охраны труда**

Студенты гр. 10602215: Качан П.С., Веракса Р.В.

Научный руководитель – Мордик Е.В.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Конвенция № 161 Международной организации труда – МОТ (ILO Convention No. 161), принятая в 1985 году, предложила необходимый стандарт для служб охраны труда. Хотя область его применения охватывает и развивающиеся и развитые страны, фундаментальные положения конвенции основаны на опыте промышленных стран и на осуществляемых там программах.

Структурные основы службы охраны труда в конкретной стране обычно описываются в ее законодательстве. При этом возможны два варианта. Первый представлен Соединенными Штатами и Великобританией, где в законодательном порядке устанавливаются лишь стандарты, соответствия которым необходимо добиваться. К достижению этой цели работодатели идут разными путями, опираясь при необходимости на информационную и техническую поддержку со стороны правительства. Власти обязаны обеспечить проверку соответствия установленным стандартам.

Второй вариант представлен законодательством Франции, которое не только устанавливает цели, но и предписывает определенную процедуру их достижения. Законодательство требует, чтобы предприниматели обеспечили работу специализированных служб охраны труда с привлечением врачей, прошедших специальную подготовку, а подразделениям, занимающимся вопросами охраны труда, предписывается предоставить такие услуги. Устанавливается количество работников, закрепленных за определенным специалистом-врачом: на рабочих местах, где отсутствуют явно выраженные источники опасности, их может быть в ведении такого врача более 3 тысяч человек, а там, где такие источники опасности существуют, их должно быть меньше.

Специалисты, работающие в области охраны труда в развитых странах, расширяют поле своей деятельности. Врачи уделяют гораздо больше внимания, чем прежде, вопросам профилактики и контроля состояния здоровья. Специалисты в области гигиены труда пользуются большой популярностью в Соединенных Штатах, в то время как в Японии велико количество специалистов, занимающихся изучением состояния окружающей среды. Физиотерапевты, работающие в сфере охраны труда, имеются, пожалуй, только в скандинавских странах. Таким образом, существуют некоторые различия в распределении различных категорий специалистов по регионам. Учреждения, где количество работников превышает несколько тысяч, обычно имеют собственное независимое подразделение, занимающееся вопросами охраны труда. Использование услуг врачей и других специалистов, а также обеспечение элементарных условий для проведения работы по охране труда возможно лишь, если количество работающих превышает определенный уровень.

Проведение мероприятий по охране труда на малых предприятиях, особенно тех, где трудятся всего лишь несколько рабочих, обеспечивается по-другому. Даже во многих промышленных странах не на всех малых предприятиях существуют структуры, занимающиеся вопросами охраны труда. В законодательстве Франции и некоторых других европейских стран содержится перечень минимальных требований к оборудованию и услугам, которые обязаны предоставить организации, занимающиеся вопросами охраны труда, и каждое предприятие, в структуре которого нет аналогичного собственного подразделения, обязано заключить контракт с одной из таких организаций, чтобы обеспечить своих работников соответствующими услугами.

В некоторых промышленных странах при осуществлении программ охраны труда внимание уделяется скорее профилактическим, чем лечебным мероприятиям. Однако это часто становится предметом для обсуждения. Как правило, страны с всеобъемлющей системой здравоохранения стремятся ограничить сферу, охватываемую программами по охране труда, рассматривая лечение как задачу местных учреждений здравоохранения.

Вопрос о том, должен ли обычный рабочий периодически проходить медицинский осмотр, также является предметом обсуждения. Несмотря на бытующее мнение о том, что проверки общего состояния здоровья являются неэффективными, в Японии, как и ряд других стран, существует требование о том, чтобы работодатели организовывали такие медицинские осмотры для своих служащих. При осуществлении такого рода программ настоятельно рекомендуется проведение широкой сети последующих мероприятий, включая санитарное просвещение и пропаганду, абсолютно необходимым для достижения целей программы считается ведение документации по каждому работнику. Оценка эффективности таких программ требует долгосрочной обратной связи.

Почти во всех промышленных странах существуют системы страхования, в рамках которых работникам, получившим травму или профессиональное заболевание на производстве, предоставляется медицинская помощь или выплачивается денежная компенсация. Однако между этими системами имеются многочисленные различия в отношении их подчинения, сферы действия, порядка выплаты страховой суммы, типов страховых пособий, степени заинтересованности в предотвращении несчастных случаев и технического обеспечения. В США каждый штат имеет свою независимую систему страхования, где важная роль принад-

лежит частным страховым компаниям. Во Франции же, напротив, система страхования полностью подчинена государству и в значительной мере является частью системы административных органов, ведающих вопросами охраны труда. Специалисты, работающие в системе страхования, часто играют важную роль в оказании предприятиям технического содействия по предотвращению несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.

Во многих странах существует возможность обучения в аспирантуре и обучения без отрыва от производства по специальностям, связанным с охраной труда. Самая высокая ученая степень по данным специальностям – это степень доктора, существуют также производственные квалификационные системы.

УДК 331.45

### **Охрана труда в электроустановках**

Студенты гр. 10602115: Волынец А.В., Рабцевич В.С.  
Научный руководитель – Мордик Е.В.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Охрана труда – это неотъемлемая часть деятельности любого предприятия, в том числе и энергетических предприятий. Соблюдение всех законов и норм в области охраны труда – это залог успешного развития и обеспечения нормальной деятельности предприятия. Электроустановка – это объект повышенной опасности. Следовательно, в электроустановках охрана труда имеет очень большое значение. Ниже рассмотрим основные задачи в области охраны труда (ОТ) в электроустановках.

Прежде всего, следует отметить главную цель политики охраны труда – это сохранение здоровья и жизни работников предприятия. Все меры и задачи направлены на реализацию данной цели.

Одна из основных задач энергетических предприятий – обеспечить безопасные условия труда, минимизировать риски возникновения производственного травматизма, а также профессиональных заболеваний. Для того чтобы реализовать данную задачу в полном объеме на каждом предприятии действуют службы, которые занимаются вопросами в области охраны труда.

Основная задача службы охраны труда предприятия – обеспечить соблюдение всех норм и правил по охране труда работниками в процессе трудовой деятельности. Каждый работник должен знать о мерах безопасности на рабочих местах и соблюдать правила техники безопасности.

Службы по охране труда анализируют деятельность предприятия, выявляют возможные риски и составляют соответствующие инструкции и директивы, основная задача которых – обеспечить максимальную безопасность работников предприятия в процессе выполнения работ, по возможности свести к минимуму возможные риски жизни и здоровью рабочих предприятия.

Персонал, который обслуживает электроустановки, периодически проходит проверку знаний нормативных документов по охране труда. Кроме того, каждый из работников проходит специальные тренировки, целью которых является приобретение навыков (проверка навыков) применения знаний нормативных документов по охране труда на практике.

Основная мера, направленная на повышение уровня безопасности труда – это постоянное совершенствование рабочих мест, технологических процессов и системы управления охраной труда предприятия.

В электроустановках данная мера реализуется следующим образом:

- замена старого оборудования;
- использования высококачественного современного оборудования;
- своевременное обнаружение и предотвращение неисправностей оборудования;

–использование технологий, которые обеспечивают дополнительную безопасность работников во время проведения работ в электроустановках;

–обеспечение дополнительного контроля над соблюдением требований охраны труда.

В зависимости от условий труда рабочему, кроме средств индивидуальной защиты, предусмотренных типовыми отраслевыми нормами для соответствующей профессии, выдаются для защиты:

–голова от механических воздействий, электрического тока, воды – средства индивидуальной защиты головы (каска защитная);

–глаз от воздействия твердых частиц, газов, пыли, брызг жидкостей, слепящей яркости света – средства индивидуальной защиты глаз (защитные очки, светофильтры соответствующего вида);

–лица от механических предметов, пыли – средства индивидуальной защиты лица (щитки, экраны);

–от падения с высоты – средства индивидуальной защиты от падения с высоты (каска защитная, пояс предохранительный ляточный или страховочная привязь (удерживающая привязь) со стропом и амортизатором);

–от поражений электрическим током – электрозщитные средства, включающие электроизолирующие перчатки, боты, галоши, ковры и подставки.

Одна из основных задач охраны труда в электроустановках – это мотивация работников в области охраны труда. В данном случае могут применяться разные механизмы: премирование, депремирование, поощрение, взыскание и др. Цель – воспитание у работников, обслуживающих электроустановки, ответственности и заинтересованности в соблюдении нормативных документов по охране труда.

УДК 537.8.029

### **Исследование обеспечения безопасности воздействия на население электромагнитных полей бытовых приборов при частоте 50 Гц**

Студенты гр. 11305215 Наджафова А.А., гр. 11305115 Скуратова Е.А.

Научный руководитель – Науменко А.М.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Исследования влияния электромагнитных излучений на человеческий организм ведутся специалистами разных стран мира. Например, ученые из Италии выяснили, что регулярное нахождение человека в электромагнитных полях (ЭМП) может вызвать бесплодие. Американские ученые установили негативное влияние излучения бытовых приборов на человеческий мозг. Шведские ученые установили безопасный предел интенсивности ЭМП, он равен 0,2 мкТл. Установлено, что ЭМП отрицательно действует на центральную нервную систему, сердечно-сосудистую, гормональную, репродуктивную системы. Усталость, головные боли, бессонница и общий дискомфорт – все это является результатом «общения» с бытовой техникой.

Воздействие излучения от бытовой техники может оказаться даже более сильным, чем пребывание рядом с линиями электропередач.

На территории Республики Беларусь действуют следующие санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы:

– СанПиН «Требования к обеспечению безопасности и безвредности воздействия на население электрических и магнитных полей промышленной частоты 50 Гц», Постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 67 от 12.06.2010;

– Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы «Гигиенические требования к электрическим полям в производственных условиях», Постановление Министерства здра-

вохранения Республики Беларусь № 69 от 21.06.2010. Этот норматив устанавливает требования к нормируемым параметрам и проведению измерений электрических полей и магнитных полей тока промышленной частоты 50 Гц (далее ЭП и МП 50 Гц). Оценка воздействия ЭП и МП 50 Гц на человека проводится на основании измерения суммарной интенсивности ЭП и МП 50 Гц по трем ортогональным осям (X, Y,Z). Базовые точки для проведения измерений уровней ЭП и МП 50 Гц должны располагаться, а местах наиболее частого и длительного пребывания людей. Количество базовых точек должно быть не менее 3.

Измерения уровней ЭП и МП 50 Гц электрических изделий бытового назначения, использование которых связано с возможным их приближением к телу человека на расстояние менее, чем  $0,1 \pm 0,01$  м, а также контактирующих с телом человека (или отдельными его частями), проводятся на расстоянии  $0,05 \pm 0,01$  м от каждой из сторон корпуса такого изделия путем поиска максимального значения. Измерения уровней ЭП и МП 50 Гц электротехнических изделий бытового назначения, использование которых связано с возможным их приближением к телу человека на расстояние более, чем  $0,1 \pm 0,01$  м, проводятся на расстоянии  $0,5 \pm 0,02$  м от каждой из сторон корпуса такого изделия путем поиска максимального значения. Расстояние, на котором проводятся измерения уровней ЭП и МП 50 Гц, должно отмеряться от ближайшей точки поверхности электротехнического изделия бытового назначения до измерительной антенны.

Согласно вышеуказанным техническим нормативно-правовым актам действуют следующие предельно-допустимые уровни ЭП и МП 50 Гц при их воздействии на население приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Предельно-допустимые уровни ЭП и МП 50 Гц при их воздействии на население

Место проведения измерения уровней электрических и магнитных полей тока промышленной частоты 50 Гц (помещения, территория)	Напряженность электрических полей тока промышленной частоты 50 Гц – E, кВ/м	Интенсивность магнитных полей тока промышленной частоты 50 Гц – H, А/м (В, мкТл)
Жилые комнаты жилых зданий, помещения учреждений образования и организации здравоохранения	0,5	4(5)
Подсобные (нежилые) помещения жилых зданий, помещения общественных зданий, помещения общественных зданий	0,5	8(10)

Защита человека от неблагоприятного влияния ЭП и МП 50 Гц должна обеспечиваться соблюдением следующих санитарно-противоэпидемических мероприятий:

- при использовании электротехнических изделий бытового назначения, не контактирующих с человеком в процессе эксплуатации (микроволновая печь, обогреватель, стиральная машина, кофеварка, чайник и др.), минимальное расстояние нахождения человека от этих изделий должно быть не менее 1,5 м;

- при работе телевизионного приемника человек должен находиться от него на расстоянии не менее суммы 3 размеров диагонали его экрана;

- телевизионные приемники и другая аудио- и видеоаппаратура при завершении эксплуатации должны полностью отключаться от электрической сети;

- электротехнические изделия бытового назначения, предназначенные для подключения к трехпроводной электрической сети (электрическая вилка изделия имеет заземляющий контакт), должны быть включены в трехполюсные розетки.

В ходе наших исследований были получены следующие значения напряженности электрических полей и магнитной индукции магнитного поля в зонах работы бытовых приборов, которые представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты измерения напряженности электрических полей и магнитной индукции магнитного поля в зонах работы бытовых приборов

Бытовые приборы	Напряженность электрических полей тока промышленной частоты 50 Гц – Е, В/м	Магнитная индукция тока промышленной частоты 50 Гц – В, мкТл
Холодильник	162	0,18
Стиральная машина (при измерении непосредственно вблизи)	323	0,59
Чайник	354	0,38
Утюг	106	0,5
Мультиварка	312	0,2

На основании результатов можно сделать вывод, что электромагнитное излучение от бытовых приборов не превышает ПДУ, но присутствует, т.е. оказывает неблагоприятное воздействие, особенно при длительном нахождении и на близком расстоянии. В связи со стремительным ростом числа технологий и приборов избежать влияние электромагнитных полей в современном мире практически невозможно. Все опасное влияние бытовых приборов не должны заставить отказаться от комфортной жизни. Главное – научиться правильно их использовать.

УДК 331.456

### Способы и средства обеспечения электробезопасности

Студент гр. 10602115 Бурчик С.Ю.

Научный руководитель – Мордик Е.В.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Электробезопасность персонала обеспечивается конструкцией электроустановок, организационными и техническими мероприятиями, а также техническими способами, средствами и приспособлениями.

Требования электробезопасности к конструкции и устройству электроустановок устанавливаются нормативными документами и технологическими условиями на электротехнические изделия.

Организационные мероприятия включают в себя: требования к персоналу; назначение лиц, ответственных за организацию и производство работ; оформление наряда на производство работ; осуществление допуска к проведению работ; организацию надзора за проведением работ и др.

Технические мероприятия в действующих установках со снятым напряжением при работах в электроустановках или вблизи их – это отключение установки (или ее части) от источника; механическое запирающее устройство отключающих коммутационных аппаратов; снятие предохранителей; отсоединение концов питающих линий; установка знаков безопасности и ограждений; применение заземления и др.

Технические мероприятия при выполнении работ под напряжением включают в себя применение изолирующих, ограждающих и вспомогательных защитных средств.

Изолирующие защитные средства (основные и дополнительные) служат для изоляции персонала от частей электрооборудования или проводов сети, находящихся под напряжением, а также для изоляции человека от земли.

К основным средствам относятся такие средства, изоляция которых надежно выдерживает рабочее напряжение электроустановок и при помощи которых допускаются работы в электроустановках под напряжением и изолируют главным образом руки работающих от токоведущих частей или частей, оказавшихся под напряжением. К ним относятся (в электроустановках напряжением до 1 кВ) электроизолирующие перчатки, инструмент с изолированными рукоятками, указатели напряжения и др.

К дополнительным защитным изолирующим средствам относятся средства, которые сами по себе не могут обеспечить электробезопасность и лишь дополняют защитную роль основных изолирующих средств, изолируя ноги работающих от земли. К дополнительным защитным изолирующим средствам относятся электроизолирующие галоши, резиновые коврики, изолирующие подставки и т.п. Основные изолирующие средства должны применяться совместно с дополнительными. Ограждающие защитные средства предназначены для временного ограждения токоведущих частей и защиты персонала от прикосновения к токоведущим частям оборудования. К ним относятся временные переносные ограждения (щиты, ограждения–клетки и т.п.), изолирующие накладки, кожухи, предупредительные плакаты и др.

При работах на отключенном оборудовании во избежание поражения током при ошибочной подаче на него напряжения или появлении наведенного напряжения применяются временные переносные заземления и закоротки.

Предупредительные плакаты служат для предупреждения персонала об опасности, напоминания о принятых мерах безопасности, запрещения подачи напряжения и т.п.

Вспомогательные защитные средства служат для защиты персонала от сопутствующих опасностей и вредностей при работе в электроустановках. К ним относятся: приспособления, предохраняющие от падения с высоты (предохранительные пояса, страхующие канаты и т.п.); приспособления для безопасного подъема на высоту (стремянки, лестницы, монтерские когти и т.п.); устройства, защищающие работающих от световых, тепловых, электромагнитных, механических и химических воздействий (защитные очки, респираторы, противогазы, рукавицы и др.).

Для защиты от поражения электрическим током при эксплуатации различного технологического оборудования, использующего электрическую энергию, применяется ряд технических методов, основными из которых являются: применение малых напряжений, оборудования и ручного инструмента; электрическое разделение сетей; защитное заземление; зануление; устройства защитного отключения (УЗО) и др.

Устройства защитного отключения применяются, главным образом, в передвижных установках и для ручного электрифицированного инструмента, а также в других случаях, где условия эксплуатации оборудования не позволяют обеспечить безопасность защитным заземлением, занулением и другими способами защиты.

УДК 669:658.382(075.8)

### **Классификация зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности**

Студент гр. 10404128 Близнюк Н.А.  
Научный руководитель – Фасевич Ю.Н.  
Белорусский государственный политехнический университет  
г. Минск

Современная противопожарная защита зданий и сооружений представляет собой комплекс организационных, технических и конструктивных решений, направленных на предотвращение, своевременное обнаружение, ограничение распространения и ликвидацию пожара, обеспечение безопасной эвакуации людей.

С учетом технологических процессов, большой пожарной нагрузки, опасности обрабатываемых и хранящихся веществ и материалов, ТКП 474-2013 «Категорирование помеще-

ний, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» (с изменениями №1 постановление МЧС РФ от 27.03.2015 г. № 13 и №2 постановление МЧС РФ от 16.03.2016 г. № 50) устанавливает требования по категорированию помещений, зданий и наружных установок.

Опыт применения требований указанных Норм показывает, что ответственные лица категорируют складские и производственные помещения без необходимых расчетов, исходя только из вида пожарной нагрузки, не учитывая ее количество, порядок размещения и свойства. В современных условиях наряду с техническими требованиями следует учитывать и экономическую составляющую. Затраты на противопожарную защиту взрывопожароопасных и пожароопасных зданий и помещений категорий В1-В3 несоизмеримо больше, чем на обеспечение пожарной безопасности помещений и зданий категории В4 и, тем более, Д. Поэтому чрезвычайно важно правильно установить категорию в соответствии с [1].

Следует отметить, что проведение расчетов категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (если подобные мероприятия не являются составной частью расчетов по определению уровня обеспечения пожарной безопасности людей, вероятности возникновения пожара, оценке экономической эффективности систем пожарной безопасности) не является лицензируемым видом деятельности. Ответственные лица объектов за пожарную безопасность, инженерно-технический персонал в состоянии провести указанные расчеты без привлечения сторонних специалистов. Вместе с тем, при определении категорий производственных и складских зданий, возникает немало проблемных вопросов, не позволяющих в ряде случаев принять правильное решение, соответствующее требованиям.

Определение категорий зданий осуществляется путем последовательной проверки принадлежности здания к категориям от высшей (А) к низшей (Д), при этом следует учитывать:

- процент площади помещений соответствующих категорий;
- максимальную площадь помещений соответствующих категорий;
- оборудование помещений автоматическими установками пожаротушения.

Здание относится к категории А, если в нем суммарная площадь помещений категории А превышает 5 % площади всех помещений или 200 м<sup>2</sup>. Допускается не относить здание к категории А, если суммарная площадь помещений категории А в здании не превышает 25 % суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 1000 м<sup>2</sup>) и эти помещения оборудуются установками автоматического пожаротушения.

Здание относится к категории Б, если одновременно выполнены два условия: здание не относится к категории А; суммарная площадь помещений категории А и Б превышает 5 % суммарной площади всех помещений или 200 м<sup>2</sup>. Допускается не относить здание к категории Б, если суммарная площадь помещений категорий А и Б в здании не превышает 25 % суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 1000 м<sup>2</sup>) и эти помещения оборудуются установками автоматического пожаротушения.

Здание относится к категории В (В1–В4), если одновременно выполнены два условия: здание не относится к категории А или Б; суммарная площадь помещений категории А, Б и В1–В3 превышает 5% (10%, если в здании отсутствуют помещения категории А и Б) суммарной площади всех помещений. Допускается не относить здание к категории В, если суммарная площадь помещений категорий А, Б и В1-В3 в здании не превышает 25% суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 3500 м<sup>2</sup>) и эти помещения оборудуются установками автоматического пожаротушения.

Здание относится к категории Г, если одновременно выполнены два условия: здание не относится к категории А, Б или В; суммарная площадь помещений категорий А, Б, В1-В3 и Г1-Г2 превышает 5% суммарной площади всех помещений. Допускается не относить здание к категории Г, если суммарная площадь помещений категорий А, Б, В1-В3 и Г1-Г2 в здании не превышает 25% суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 5000 м<sup>2</sup>) и помещения категорий А, Б, В1-В3 оборудуются установками автоматического пожаротушения.



Здание относится к категории Д, если оно не относится к категориям А, Б, В или Г.

Определение категории наружных установок осуществляют путем последовательной проверки их принадлежности к категориям от высшей ( $A_n$ ) к низшей ( $D_n$ ). В случае если из-за отсутствия данных невозможно оценить величину индивидуального риска, допускается использование вместо нее следующих критериев. Для категории  $A_n$  и  $B_n$ : горизонтальный размер зоны, ограничивающей газопаровоздушные смеси с концентрацией горючего выше нижнего концентрационного предела распространения пламени (НКПР), превышает 30 м (критерий применяется только для горючих газов и паров) и/или; расчетное избыточное давление при сгорании газо-, паро- или пылевоздушной смеси на расстоянии 30 м от наружной установки превышает 5 кПа. Для категории  $B_n$ : интенсивность теплового излучения от очага пожара веществ и/или материалов, указанных для категории  $B_n$ , на расстоянии 30 м от наружной установки превышает 4 кВт·м<sup>2</sup>.

Практика применения требований к категорированию показывает, что при упорядоченном размещении и минимизации пожарной нагрузки, организации экономят значительные материальные средства на противопожарную защиту зданий и сооружений, одновременно выполняя действующие требования технических нормативных правовых актов.

#### **Список использованных источников**

1. Лазаренков, А.М. Учебное пособие «Пожарная безопасность» по дисциплине «Охрана труда». Электронное издание / А.М. Лазаренков, Ю.Н. Фасевич // Белорусский национальный политехнический институт, кафедра «Охрана труда». 2018. – С. 126.

УДК 331.45

#### **Влияние условий труда на качество и достоверность радиографического контроля сварных соединений**

Студенты гр.11312115: Тихоновец Е.С., Фолынский Д.И.  
Научный руководитель – Пантелеенко Е.Ф.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

В данной работе с точки зрения охраны труда рассматривается радиографический метод неразрушающего контроля сварных соединений. Этот один из видов рентгеновского неразрушающего контроля. Метод позволяет выявлять поверхностные и внутренние дефекты в сварном шве и околошовной зоне, а также дает возможность легко определить вид, размеры и местоположение дефекта.

При проведении радиографического контроля на сварочном участке большое влияние на дефектоскописта оказывают опасные и вредные производственные факторы (ОПФ и ВПФ) [1]. В частности, таковыми являются: повышенные уровни электромагнитных (ионизирующих) излучений, возможность поражения электрическим током, наличие свинцовой пыли, высокий уровень шума при работе рентгеновского оборудования, высокая физическая нагрузка при транспортировке оборудования [2].

Наиболее опасным производственным фактором является воздействие на организм ионизирующего излучения (ИИ) и продуктов ионизации. В радиационной дефектоскопии используются источники, генерирующие низкоэнергетическое рентгеновское излучение. Допустимая мощность экспозиционной дозы излучения аппарата для промышленной дефектоскопии не должна превышать 3,3 мкЗв/ч в любой точке на расстоянии 0,1 м от прибора [3].

Для женщин-дефектоскопистов в возрасте до 45 лет эквивалентная доза на поверхности нижней части области живота не должна превышать 1 мЗв в месяц [0]. Для работников средняя годовая эффективная доза равна 20 мЗв, за период трудовой деятельности (50 лет) - 1000 мЗв. Допустимо облучение до 50 мЗв в годовой при условии, что средняя годовая эффективная

доза, исчисленная за пять последовательных лет, не превысит 20 мЗв. Для защиты от ИИ конструкция помещается в металлический защитный кожух, чаще всего выполненный из свинца, а пульт управления стационарной аппаратуры устанавливается в другом помещении. Так же применяются средства коллективной и индивидуальной защиты (СИЗ) такие как: защитные двери, защитные смотровые окна, ширмы, ставни, жалюзи, фартук, резиновые перчатки, защитные очки, марля и др. [2, 5].

Также в помещении присутствует свинцовая пыль, которая оседает на стены, пол и аппаратуру и накапливается в организме человека на протяжении жизни. Даже малые дозы свинца могут привести к отравлению. Среднесменная предельная допустимая концентрация (ПДК) свинцовой пыли составляет 0,05 мг/м<sup>3</sup>. Для уменьшения количества свинцовой пыли помещения увлажняют, а персонал использует СИЗ. В помещении также может присутствовать пыль другого смешанного состава, например, при ручной дуговой сварке в воздух выделяются химические элементы Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (среднесменная ПДК – 1 мг/м<sup>3</sup>), Mn (среднесменная ПДК при содержании до 20% - 0,2 мг/м<sup>3</sup>, до 30% - 0,1 мг/м<sup>3</sup>), NO<sub>2</sub> (максимально разовая ПДК – 2 мг/м<sup>3</sup>) и др. [6].

Одним из наиболее опасных факторов является возможность поражения электрическим током. Для защиты работников все электрооборудование заземлено, электроизолировано, не должно самопроизвольно включаться или отключаться [7].

Кроме ОПФ и ВПФ на качество контроля и здоровье персонала влияют и такие условия труда, как температура, освещенность, уровень шума, концентрация пыли и вредных веществ в воздухе, уровень вибрации. Допустимые значения температуры при работе в помещении в холодный период года +19...24 °С, в теплый +20...28 °С [8].

Перед проведением радиографического контроля необходимо визуально осмотреть объект контроля с целью выявления заранее недопустимых дефектов. Освещенность в таком случае должна составлять и не менее 350 лк, а для надежного выявления дефектов – 500 лк [9]. Предельно допустимый уровень шума при работе с рентгеновской аппаратурой на рабочем месте составляет 60 дБА [10]. Вибрация, присутствующая на рабочем месте при проведении дефектоскопии, кроме вредного воздействия на работника также оказывает и существенное влияние на качество контроля. Наличие вибрации существенно снижает разрешающую способность прибора, что ведет к увеличению минимальных размеров выявляемых дефектов. Поэтому для качественного проведения контроля следует соблюдать нормы по СанПиН от 26.12.2013 № 132 [11], а лучше исключить вибрацию.

Отклонение вышеперечисленных факторов от норм приводят к увеличению операторской (личной) погрешности контроля качества. Работник может быть невнимателен и пропустить или неправильно идентифицировать дефект. Нервозное состояние оператора или его усталость может привести к методической погрешности, то есть к неправильному выбору методики или средства контроля. Например, на качество контроля влияет угол направления излучения и его нормаль к радиографической пленке, который должен быть минимальным и не должен превышать 45° [2].

Практика показывает, что при панорамном просвечивании трубы изнутри (за одну установку) и при фронтальном просвечивании через две стенки (за три установки или за одну установку без смещения), угол между направлением излучения и плоскостью сварного шва не должен превышать 5°. При других схемах просвечивания угол в любой точке сварного шва не должен превышать 30°. При значительном отклонении угла излучения достоверность контроля уменьшается.

Кроме методической погрешности невнимательность оператора может привести к инструментальной погрешности, которая связана с погрешностью прибора. Например, оператор может не заметить, что штатив закреплён нестабильно, что придет к размытому снимку дефектов объекта контроля.

### Список использованных источников

1. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация: ГОСТ 12.0.003-74. – Введ. 01.01.1976. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 8 с.
2. Контроль неразрушающий. Соединения сварные трубопроводов и металлоконструкций. Радиографический метод: СТБ 1428-2003. – Введ. 01.05.2004. – Мн.: Госстандарт. – 40 с.
3. Гигиенические требования к устройству и эксплуатации источников, генерирующих низкоэнергетическое рентгеновское излучение: СанПиН 2.6.1.13-13-2005. – Введ. 01.11.2005. – Мн.: Госстандарт. – 20 с.
4. Санитарные правила и нормы 2.6.1.8-12-2004 «Обеспечение радиационной безопасности при рентгеновской дефектоскопии», утвержденные постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 30 декабря 2004 г. № 159.
5. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты. Метод определения проницаемости материалов в агрессивных средах: ГОСТ 12.4.218-2002. – Введ. 01.07.2003. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 8 с.
6. Санитарные нормы и правила «Требования к контролю воздуха рабочей зоны»; Гигиенический норматив «Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны»; Гигиенический норматив «Ориентировочные безопасные уровни воздействия вредных веществ в воздухе рабочей зоны»; Гигиенический норматив «Предельно допустимые уровни загрязнения кожных покровов вредными веществами». /утвержденный Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь 11.10.2017 № 92.
7. Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности: ГОСТ 12.2.007.0-75. – Введ. 01.01.1978 М.: Стандартиформ, 2008. – 16 с.
8. Требования к микроклимату рабочих мест в производственных и офисных помещениях: санитарные нормы и правила; Показатели микроклимата производственных и офисных помещений: гигиенический норматив / утвержденный Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь №33 от 30.04. 2013г.
9. Контроль неразрушающий сварных соединений. Визуальный метод: СТБ ЕН 970-2003. – Введ. 01.11.2003. – Мн.: Госстандарт. – 16 с.
10. Шум на рабочих местах, в транспортных средствах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки». СанПиН от 16.11.2011 № 115. – Введ. 01.01.2012. – Мн.: Госстандарт. – 20 с.
11. СанПиН от 26.12.2013 № 132 «Требования к производственной вибрации, вибрации в жилых помещениях, помещениях административных и общественных зданий».

УДК 331.45

**Соответствие температурных параметров в учебных аудиториях нормативным значениям**

Студенты гр. 11303115: Гаврош А.О., Шлеведа Ю.В.  
Научный руководитель – Пантелеенко Е.Ф.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Необходимым и обязательным условием эффективной трудовой деятельности является обеспечение нормальных метеорологических условий – температуры воздуха и поверхностей, влажности, скорости воздуха, интенсивности теплового облучения и тепловой нагрузки среды. При благоприятных сочетаниях этих параметров работник испытывает состояние теплового комфорта, что является важным условием высокой производительности труда и предупреждения заболеваний. Важно соблюдать нормативные значения микроклимата в помещениях, где деятельность людей связана с различными видами умственного труда.

Целью данной работы является проверка соответствия нормам температурных параметров в учебном корпусе БНТУ №17, а также анализ причин несоответствия и возможных методов его устранения. При организации учебного процесса необходимо обеспечивать безопасные условия для учащихся, что предполагает и поддержание комфортной температуры в аудиториях. Показатели исследуемого параметра должны соответствовать нормативным значениям, установленным Санитарными нормами и правилами «Требования к микроклимату рабочих мест в производственных и офисных помещениях» и Гигиеническим нормативом «Показатели микроклимата производственных и офисных помещений», утвержденными постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 30.04.2013 № 33. Этот документ устанавливает требования к оптимальным и допустимым параметрам микроклимата на рабочих местах в помещениях с целью предотвращения неблагоприятного воздействия их на самочувствие, функциональное состояние, работоспособность и здоровье человека.

Нормативные оптимальные и допустимые параметры температуры на рабочем месте – в данном случае в аудиториях, где проводятся занятия – обусловлены следующими факторами: периодом года и категорией работ по интенсивности энергозатрат. В период исследования (март 2019 г.) среднесуточная температура не поднималась выше +10°C, соответственно, период года – холодный. Категория работ – Ia, к ней относятся работы с интенсивностью энергозатрат до 120 Ккал/ч (139 Вт), производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением. Таким образом, согласно нормативу, оптимальная температура в нашем случае составляет 22–24 °С, а допустимая – 20–25 °С.

Измерения температуры в учебном корпусе № 17 проводилось спиртовым термометром с погрешностью измерения 0,5 °С в аудиториях, где проводились занятия по расписанию. Поскольку учебный процесс в основном предполагает рабочую позу сидя, то измерение температуры проводилось на уровне около 1 метра от уровня пола (выше поверхности парты), что не противоречит требованиям СанПиН № 33 (измерения должны проводиться на расстоянии 0,1 – 1 м от уровня пола). Измерения проводили в начале и конце занятия, средние значения результатов измерений приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты измерений температуры

Номер аудитории	102а	126	209	2п	3п	403	416	606	808
Температура, °С	21	21	19	18	18	19	21	21	22

Результаты показывают, что в учебных аудиториях 102а, 126, 416, 606 температурные нормы соответствуют допустимым значениям, в аудитории 808 – оптимальным. В остальных же аудиториях (из них 2п, 3п – поточные) температура ниже допустимой.

Следует отметить, что температура в аудитории зависит от нескольких факторов. Одним из главных является площадь и объем помещения (высота потолков). Так как, чем больше площадь, тем больше нужно установить источников тепла (радиаторы, обогреватели и др.). Также многое зависит от количества аппаратуры, установленной в помещении. Это относится к компьютерным аудиториям (416, 606, 808), где дополнительным источником тепла являются компьютеры, а именно тепло, выделяемое ими. Немаловажным фактором является расположение аудитории: если она находится с солнечной стороны, то температура внутри помещения выше, чем если оконные проемы ориентированы на теневую сторону.

Несмотря на то, что в некоторых помещениях температура ниже допустимых параметров, согласно СанПиН №33 (таблица 1) предельное время нахождения в помещениях с температурой +18 °С – до 6 часов, + 19 °С – до 7 часов. Поскольку занятие в аудитории длится меньше двух часов, то можно сделать вывод, что законодательные нормы соблюдаются.

Для улучшения микроклиматических условий в учебном корпусе №17 можно предложить следующие технические решения: необходимо обеспечить дополнительные источники тепла и пути уменьшения тепловых потерь. Рассмотрим возможные варианты решения данной задачи:

Очевидными вариантами являются увеличение температуры теплоносителя в батареях, утепление стен помещения, замена старых окон. Но в данном случае предполагаются значительные финансовые затраты. Одним из более дешевых способов является выравнивание разности температур по высоте помещения: теплый воздух легче холодного и поэтому он собирается под потолком. При этом возрастает вертикальная разность температур между полом и потолком. Температурный градиент ( $^{\circ}\text{C}/\text{м}$ ) представляет собой изменение температуры на единицу высоты и зависит от типа обогревательной системы. В помещениях с высокими потолками разница температур между зоной, где находится человек и потолком зачастую значительна (до  $15^{\circ}\text{C}$ ). При выравнивании разницы температур тепловые потери могут быть уменьшены до 30% и обогрев становится более экономичным. Установка потолочных вентиляторов является очень простым и недорогим способом выравнивания разности температур. Теплый воздух перемещается из-под потолка вниз, в зону пребывания людей.

Еще одним техническим средством являются инфракрасные обогреватели. Они передают энергию в окружающую среду в основном излучением. Тепловая энергия с поверхности прибора, не поглощаясь воздухом, передается поверхностям и предметам в зоне действия прибора, нагревая их. В свою очередь они отдают тепло воздуху в помещении. При данном способе обогрева, градиент температуры будет минимальным ( $0,3^{\circ}\text{C}/\text{м}$ ).

УДК 331.45

### **Нестандартные решения по созданию комфортных условий труда при работе с компьютером в мировой практике**

Студентка гр. 10302114 Радзивило А.  
Научный руководитель – Пантелеенко Е.Ф.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Рабочее место инженера-экономиста на любом предприятии Республики Беларусь связано с постоянным использованием ПЭВМ. Перечень опасных и вредных производственных факторов на рассматриваемом рабочем месте согласно классификации по ГОСТ 12.0.003 – 74, приведен в Типовой инструкции по охране труда при работе с персональными электронными вычислительными машинами, утвержденной постановлением Министерства труда и социальной защиты № 130 от 24.12.2013.

Среди них присутствуют такие психофизиологические факторы, как: статические перегрузки костно-мышечного аппарата и динамические локальные перегрузки мышц кистей рук; перенапряжение зрительного анализатора; умственное перенапряжение; эмоциональные перегрузки; монотонность труда. Обычно основные меры по созданию комфортных условий труда направлены на исключение или уменьшение воздействия физических, химических и биологических факторов, однако, и перечисленные факторы в значительной степени влияют на трудоспособность и состояние здоровья работников. В связи с этим в данной работе рассмотрим отечественные нормы по организации работы с ПЭВМ и мировой опыт в создании комфортных условий труда с точки зрения обеспечения благоприятного психологического климата, способствующего повышению производительности труда.

Согласно Постановлению Министерства Здравоохранения Республики Беларусь от 30 апреля 2013 г. № 33, инженер-экономист выполняет Ia-Iб категорию и группу работ. То есть это, по большей части, сидячая, физически монотонная работа, но без напряжений с редкими передвижениями с места на место, например, для подписания каких-либо документов. При сидячем образе работы, практически неподвижном, на позвоночник и некоторые группы мышц оказывается большая нагрузка. Зрительная система испытывает значительные нагрузки, что приводит к таким заболеваниям, как близорукость, синдром сухого глаза, остеохондроз, туннельный или запястный синдром, аллергия.

В СанПин №59 от 28.06.2013 «Требования при работе с видеодисплейными терминалами и электронно-вычислительными машинами» предлагаются следующие меры предотвращения указанных заболеваний. В зависимости вида работы продолжительности рабочей смены регламентированы перерывы. Для физической и эмоциональной разрядки организма необходимо выполнять комплексы упражнений. Чтобы снять эмоциональное и психологическое напряжение, необходимо побыть в полной тишине, или же, наоборот, чтобы придать себе тонус, послушать музыку, посмотреть на красивые вещи (природу, картины и др.). Однако, не всегда и не везде есть условия для осуществления перечисленных мер.

В то же время мире существует множество компаний, которые идут в ногу со временем и создают для своих работников максимально комфортные и способствующие творческой активности условия труда. Сотрудники работают в удобных офисах, в креативной обстановке. Далее перечислены некоторые компании-новаторы в сфере создания таких условий.

1. Selgas Cano. Это архитектурное бюро, построенное в лесу недалеко от Мадрида. Помещение построено в виде огромной трубы, где одна сторона стеклянная, это обеспечивает естественное освещение и обзор окружающего растительного ландшафта. Внутри все выполнено в спокойной цветовой гамме, где предпочтение отдается зеленому. Зеленый цвет положительно влияет на психику человека и успокаивает.

2. Google. Это всемирно известный офис огромной компании. Существует множество штабов, которые выполнены в разных стилях. В каждом придерживаются неформальной обстановки и для сотрудников предусмотрены спортплощадки, спортзалы, бассейны, залы отдыха, кинотеатры, залы с настольными играми, залы с музыкальными инструментами и др. В каждом офисе мебель удобная и разнообразная, где-то можно даже поспать. Везде есть растения для очищения воздуха и эстетики. Из окон здания открываются красивые виды на города, большие окна обеспечивают естественное освещение.

3. Airbnb – онлайн-площадка для размещения, поиска и краткосрочной аренды частного жилья по всему миру. В этих офисах всё «по-домашнему». Помещения специально ароматизируются запахами выпечки, мягкая мебель, большие окна. В офисах есть домашние животные, за которыми ухаживают все сотрудники. Та же можно приводить своих питомцев.

4. Facebook. Всемирная социальная сеть. Офисы в компании сделаны просторными, наполненными разными красивыми вещами. Некоторые офисы сделаны на улице. Люди между зданиями могут передвигаться на велосипедах.

5. Lego. Компания по производству конструкторов. Внутри офисов между этажами установлены горки, по которым сотрудники могут передвигаться. Есть много комнат с различными играми.

Перечисленные компании получают огромную прибыль от своих проектов. И один из способствующих факторов – это комфортное рабочее пространство для сотрудников, которые занимаются разработкой, конструированием, внедрением новых изобретений. Условия, созданные для них, способствуют продуктивному творческому процессу.

Также снижается риск возникновения перечисленных выше заболеваний, т.к. постоянно есть разминка и эмоциональная разрядка. Предупредить появление болезней легче, чем вылечить их. Тем более что в большинстве случаев возникновение и развитие рассмотренных профессиональных заболеваний вызвано не столько вредоносным воздействием компонентов компьютера, сколько безответственным отношением пользователей ПК к оснащению своего рабочего места, к соблюдению элементарных норм гигиены и охраны труда.

На белорусских машиностроительных предприятиях для повышения эмоционального и физического здоровья сотрудников можно создавать эстетично оформленные комнаты отдыха в приятных цветовых тонах, ароматизированные, также спорткомнаты для разминок, делать большие оконные проемы для увеличения естественного освещения. Так же стоит облагораживать территорию рядом с предприятием, чтобы сотрудники могли выйти на свежий воздух.

**Обеспечение безопасности при эксплуатации внутренних газопроводов  
производственных объектов**

Студенты гр. 106031-15: Кушнер И.И., Меленец Н.А.  
Научный руководитель – Филянович Л.П.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Помещения, в которых проложены газопроводы и установлены газоиспользующие установки и арматура, должны быть доступны для технического обслуживания и ремонта согласно постановления Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 03.05.2014 г. № 14. Занимать их под склад мастерские и тому подобное запрещается.

В помещениях котельных с постоянным присутствием персонала следует предусматривать систему контроля концентрации окиси углерода с автоматическим отключением подачи газа. Датчики приборов контроля концентрации окиси углерода устанавливаются на расстоянии 150 – 180 см над уровнем пола или рабочей площадки там, где пребывание оператора вероятно и продолжительно во время рабочей смены, а также на расстоянии 100 – 130 см над уровнем пола или рабочей площадки в зоне дыхания за рабочим столом у фронта котла. Кроме этого, на каждые 200 м<sup>2</sup> помещения котельного зала следует устанавливать 1 датчик в прибору контроля, но не менее 1 датчика на каждое помещение, на расстоянии не ближе 2 м от мест подачи приточного воздуха и открытых форточек.

При установке датчиков следует учитывать требования инструкции изготовителя по монтажу, которой должно быть максимально исключено отрицательное влияние на точность измерения концентрации окиси углерода от движущихся потоков воздуха, относительной влажности в помещении котельной, тепловых облучений, пыли (в запыленных помещениях). Запрещается нагружать газопроводы и использовать их в качестве опорных конструкций и заземлений. Газоснабжение крышных котельных должно осуществляться, как правило, от сетей среднего и высокого давления (до 0,6 Мпа).

Проектирование объектов газопотребления с газопоршневыми агрегатами (далее – ГПА) осуществляется в соответствии с требованиями Правил и строительных норм проектирования, применяемых к газоиспользующим установкам, а также документов организации-изготовителя ГПА, регламентирующих порядок его монтажа, наладки и эксплуатации. Газоиспользующие установки должны оснащаться автоматическими горелками.

Для газоиспользующих установок мощностью свыше 100 кВт горелочные устройства (горелки) должны быть оснащены автоматическим устройством контроля герметичности запорной арматуры. Работа газоиспользующих установок, не оснащенных приборами контроля и управления процессом сжигания газа и аварийной защиты, запрещается. Врезка газопровода к горелкам для газоиспользующих установок должна быть выполнена до предохранительных запорных клапанов.

На котлах, конструкцией которых предусмотрены распорочные горелки, защитно-запальные устройства, обеспечивающие наличие и контроль запального факела у горелки в режиме розжига и селективный контроль факела основной горелки во всех режимах работы котла, включая режим розжига, допускается устанавливать только на растопочных горелках. На газоиспользующих установках, оборудованных группой распорочных горелок с контролируемым факелом, обеспечивающим розжиг остальных горелок (группы), допускается первый по ходу газа устанавливать общим.

Газоиспользующие установки должны оснащаться системой технологически х защит, прекращающих подачу газа в случаях: погасания факела горелки; отклонения давления газа перед горелкой за пределы области устойчивой работы; недостатка воздуха для горения; уменьшения разрежения в топке (кроме топок, работающих под наддувом); прекращения по-

дачи электроэнергии или исчезновения напряжения на устройствах дистанционного и автоматического управления и средствах измерения. Каждая газоиспользующая установка должна быть оснащена блокировкой, исключающей подачу газа в топку при отсутствии факела на запальном устройстве. Автоматика безопасности при ее отключении или неисправности должна блокировать возможность подачи газа на газоиспользующую установку в ручном режиме. Автоматика безопасности и регулирования должна обеспечивать нормативный процесс эксплуатации газоиспользующего оборудования в автоматическом режиме, исключая возможность вмешательства в этот процесс обслуживающего персонала.

Если при розжиге горелки или в процессе регулирования произошли отрыв, проскок или погасание пламени, подача газа на горелку и запальное устройство должна быть немедленно прекращена. К повторному розжигу разрешается приступить после устранения причины неполадок, вентиляции топки и газоходов в течение времени, указанного в технологической инструкции, а также проверки герметичности запорной арматуры горелки. Продувать газопроводы котла через трубопроводы безопасности и газогорелочные устройства котла запрещается. Не разрешается оставлять работающую газоиспользующую установку без постоянного наблюдения со стороны обслуживающего персонала.

При приеме и передаче смены в сменном журнале отражаются сведения о работе газоиспользующей установки, в том числе о параметрах работы технических устройств, результатах их осмотра и проверки, выявленных неисправностях оборудования, состоянии газорегуляторной установки (при наличии), систем автоматики безопасности, регулирования и сигнализации. Также в сменный журнал записываются распоряжения руководства котельной (цеха), касающиеся обслуживания оборудования, розжига и остановки газоиспользующих установок. Записи в журнале ежедневно проверяет лицо, ответственное за безопасную эксплуатацию газоиспользующего оборудования, о чем оно делает соответствующую запись в журнале.

Допускается эксплуатация установок без постоянного наблюдения за их работой со стороны персонала при оборудовании установок системой автоматизации, обеспечивающей безаварийную работу газового оборудования и противоаварийную защиту в случае возникновения неполадок и неисправностей. Сигналы о загазованности помещения и неисправности оборудования, состоянии охранной сигнализации помещения, где оно размещено, должны выводиться на диспетчерский пункт или в помещение с постоянным присутствием работающих, способных направить персонал для принятия мер или передать информацию в организацию, с которой заключен договор на техническое обслуживание.

Отопительные системы с горелками инфракрасного излучения (далее – ГИИ), предназначенные для отопления помещений, должны быть оборудованы автоматикой безопасности, обеспечивающей прекращение подачи газа в случае погасания пламени горелки. При установке ГИИ на высоте более 2,2 м должна быть предусмотрена автоматика дистанционного розжига. При использовании установок с ГИИ на открытом воздухе должна быть предусмотрена защита горелок от задувания ветром и от воздействия атмосферных осадков.

Внутренние газопроводы и газовое оборудование установок должны подвергаться техническому обслуживанию не реже 1 раза в месяц, текущему ремонту – не реже 1 раза в 12 месяцев, а установки, оборудованные системой автоматизации, обеспечивающей безаварийную работу газового оборудования и противоаварийную защиту должны подвергаться техническому обслуживанию не реже 1 раза в 2 месяца, а текущему ремонту – 1 раз в 12 месяцев.

Текущий ремонт газового оборудования может не производиться ежегодно, если в эксплуатационных документах организации-изготовителя имеются соответствующие гарантии надежной работы на большой срок и даны разъяснения о режиме обслуживания по истечении гарантийного срока. Проверка и прочистка газоходов должны проводиться при выполнении ремонта печей, котлов и другого оборудования, а также при нарушении тяги.



**Определение локально-эффективных значений теплофизических характеристик формовочных материалов методом заливки на основе технологического алгоритма для проектирования конструкций литниково-питающих систем**

Студенты гр. 11402115 Чернявский Р.С., гр. 10404116 Прищепчик Н.И.

Научный руководитель – Фасевич Ю.Н.

Белорусский государственный политехнический университет  
г. Минск

Пользовательский интерфейс разрабатываемого технологического алгоритма для проектирования и корректировки при разработке литых технологических процессов позволит наглядно проводить необходимые вычисления и оперативно корректировать накапливаемые базы вычислительных результатов основан на сочетании эксперимента по заливке литейной формы с определением искомых температурнозависимых локально-эффективных характеристик формы на основе применения методологии решения обратных задач [1]. Излагаемый алгоритм определения локально-эффективных значений теплофизических характеристик формовочных материалов включает три последовательных и взаимосвязанных этапа:

– на первом этапе проводят эксперимент по заливке сплава с известными теплофизическими свойствами в испытываемую форму и регистрируют (методом термического анализа) значения температуры в контрольных точках, располагающихся в форме и отливке; в общем случае целесообразно установить в форме несколько термопар, а также для контроля условий затвердевания отливки иметь одну или несколько термопар в металле с регистрацией их показаний в различные моменты времени;

– на втором этапе выполняют численное моделирование процесса прогрева формы и затвердевания отливки при начальных и граничных условиях, соответствующих условиям проведения эксперимента по всем параметрам (геометрическим, размерным и теплофизическим), за исключением теплофизических характеристик формы, которые пока не известны; в серии численных экспериментов их варьируют по определенному плану с регистрацией расчетных значений температуры в контрольных точках, отвечающих координатам расположения горячих спаев термопар при проведении экспериментов (рисунок 1).

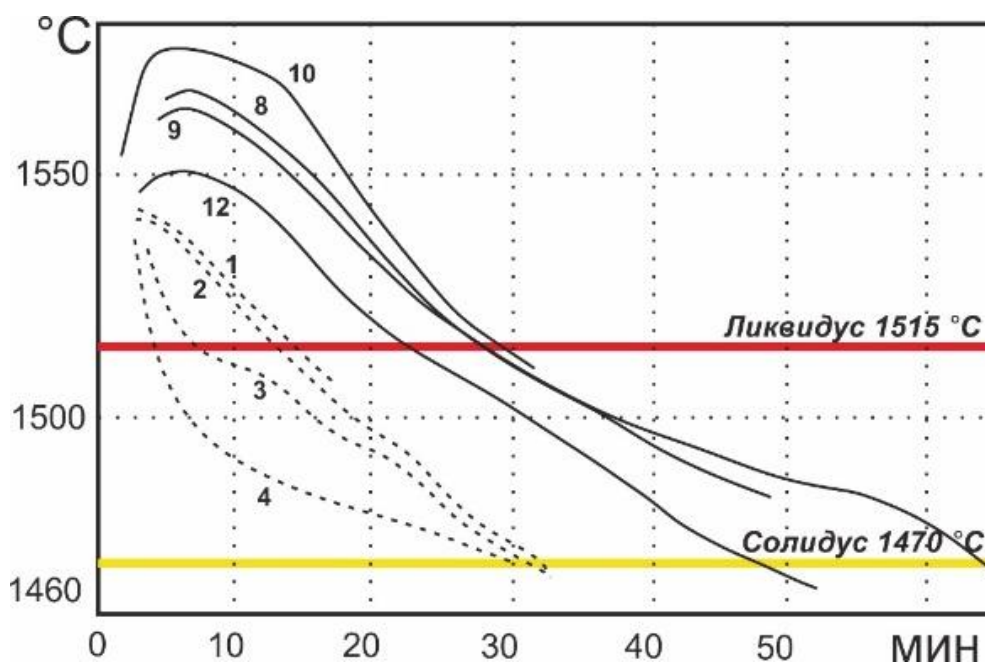


Рисунок 1 – Изменение температуры при затвердевании опытных отливок [2]

В результате моделирования прогрева формы и затвердевания отливки получают расчетные значения температуры в контрольных точках (рисунок 2).

на третьем этапе решают задачу поиска таких оптимальных значений теплофизических характеристик литниковой системы и формы путем расчета коэффициентов регрессии для моделей, которые минимизируют среднеквадратичное отклонение расчетных значений температуры в контрольных точках от экспериментальных значений для выбранной для сопоставления совокупности данных (по времени проведения измерений и количеству термопар). Здесь целесообразно использовать методику планирования экспериментов [2].

На рисунке 2 сопоставлены результаты измерений температур при заливке сталью специальной пробы в сопоставлении с данными численного моделирования, свидетельствующие об удовлетворительной точности предварительного определения температурно-независимых теплофизических характеристик; при учете температурной зависимости  $C_{\phi}$  и  $\lambda_{\phi}$  квадратичными полиномами достигается погрешность вычисления температур (в интервале значений от 1360 до 1720 °С).

Разрабатываемый технологический алгоритм обладает тем важным преимуществом, что может быть использован при малом числе контрольных точек, в том числе – как исключение – при установке всего одной контрольной точки (термопары). Второе несомненное преимущество этого метода – отсутствие ограничений, налагаемых на конфигурацию и размеры заливаемого образца.

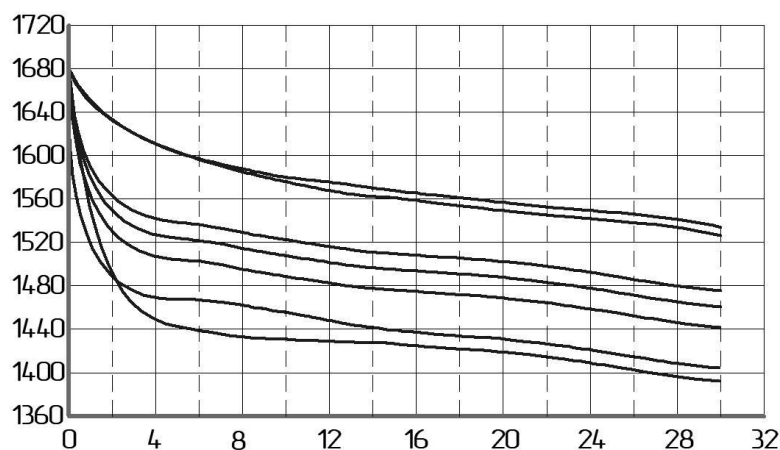


Рисунок 2 – Результаты моделирования продолжительности процесса охлаждения экспериментальных образцов литых заготовок

В связи с этим метод может быть успешно применен не только в лабораторных условиях с использованием специально подобранного по массе и геометрии отливки, но и непосредственно в производстве, при заливке штатных фасонных отливок, что позволяет произвести определение теплофизических характеристик формы в естественном состоянии уплотнения, зернового и минералогического состава, влажности смесей и т.д.

Для автоматизации вычислительных процедур, выполняемых при численном моделировании затвердевания отливки и прогрева формы, подвергаемой экспериментальному термическому анализу, реализуется технологический модуль (планируется регистрация компьютерной программы, созданной работниками БНТУ в рамках служебного исполнения (выписка о направлении на рассмотрение комиссии БНТУ от 11.12.2018г., №7)).

#### Список использованных источников

1. Голод, В.М. Компьютерный анализ и диагностика литейной технологии: опыт применения, проблемы и перспективы / В.М.Голод, К.Д. Савельев // Труды Восьмого съезда литейщиков России. Ростов Н/Д., 2007. Т. II.

2. Фасевич, Ю.Н. Разработка методики экспериментальных исследований управления кристаллизацией литых заготовок путем оптимизации теплофизических свойств элементов литниковой системы / Ю.Н. Фасевич, Ф.И. Рудницкий // *Литье и металлургия*. – 2018. – №3. – С. 36–42.

УДК 614.84.084.(476)

### **Обеспечение пожарной безопасности на складе безалкогольной продукции**

Студентка гр. 31203113 Будилович Н.Д.  
Научный руководитель – Ушакова И.Н.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Основные требования к проектированию складских зданий и помещений устанавливает ТКП 45-3.02-95 «Складские здания». Складские помещения имеют свои особенности по обеспечению технологического процесса хранения продукции и пожарной безопасности. Объектом исследования является склад хранения готовой безалкогольной продукции (минеральной газированной воды и питьевой негазированной воды) в полиэтиленовых бутылках на деревянных поддонах.

Степень огнестойкости здания принята в соответствии с ТКП 45-2.02-315 «Пожарная безопасность зданий и сооружений» – III.

Класс функциональной пожарной опасности помещения – Ф 5.2.

Категория склада хранения по взрывопожарной и пожарной опасности и принята в соответствии с ТКП 474-2013 – В1. В соответствии с ТКП 474-2013 такие помещения должны быть оборудованы автоматической системой пожаротушения.

Для подбора установок пожаротушения были изучены технологические условия разгрузки и погрузки безалкогольной продукции и условия ее хранения. Способ хранения стеллажный (фронтальные стеллажи) шестиярусный. Вид тары – европаллета, весом до 850 кг, (разм. паллеты 0,8 x 1,2 м и высотой до 1,6 м). Высота хранения – 10725 мм.

Складские помещения категорий взрывопожароопасной В1 – В3 со стеллажами высотой складирования 5,5 м для хранения горючих материалов и негорючих материалов в горючей упаковке должны быть оборудованы автоматическими установками пожаротушения, независимо от их площади.

На складах, в основном, применяется спринклерное пожаротушение, которое требует строительство пожарных резервуаров больших объемов. Сложность применения спринклерных установок связана также с опасностью погрузочно-разгрузочных работ, при которых установки пожаротушения могут быть повреждены.

Проведенный анализ возгораний в складских помещениях показывает, что независимо от установки автоматических систем пожаротушения происходят пожары. Наиболее крупный пожар зафиксирован при складировании обоев. При этом не было зафиксировано случаев пожара на складах хранения готовой безалкогольной продукции (минеральной газированной воды и питьевой негазированной воды). Были изучены планировка склада, характеристики основных конструкций здания по пожароопасности.

Изготовлен испытательный стенд, который позволил исследовать процесс развития пожара на складе. Проведено исследование динамики развития пожара в зависимости от количества пожарной нагрузки. Проведенные испытания и расчеты позволили установить, что нет необходимости выполнения на объекте автоматического пожаротушения и огнезащиты покрытий строительных конструкций до RE15. Согласно проведенным расчетам категория по взрывопожарной и пожарной опасности помещения склада безалкогольной продукции – Д.

## Целесообразность проведения профилактических медосмотров работников

Студенты гр. 10302114: Абрамович А.А., Володько А.А.

Научный руководитель – Пантелеенко Е.Ф.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Обязательные медицинские осмотры – это комплекс медицинских мероприятий направленных на выявление каких-либо патологических состояний, заболеваний и факторов риска их развития. Порядок проведения обязательных (при поступлении на работу), периодических и внеочередных медосмотров лиц, поступающих на работу, и работающих на вредных и опасных работах, или если есть необходимость в профессиональном отборе, в Республике Беларусь, установлен следующими документами: Трудовой кодекс РБ; Закон Республики Беларусь от 23.06.2008 № 356-З «Об охране труда»; Закон Республики Беларусь от 23.11.1993 № 2583-ХІІ «О санитарно-эпидемическом благополучии населения»; постановление МинЗдрава РБ от 28 апреля 2010 г. № 47 «Об утверждении инструкции о порядке проведения обязательных медицинских осмотров работающих».

Цели проведения медосмотров следующие: определить пригодность к работе; предотвратить распространение инфекционных и паразитарных заболеваний; наблюдать за состоянием здоровья; своевременно выявлять профессиональные и общие заболевания; лечение заболевших и улучшение условий их труда. Медосмотры проводит врачебная комиссия во главе с врачом-профпатологом. Периодические медосмотры осуществляют: 1 раз в год для работающих во вредных (классы 3.3, 3.4) или опасных (класс 4) условиях труда; 1 раз в 2 года – во вредных условиях (классы 3.1, 3.2); 1 раз в 3 года – в допустимых условиях. Для медицинских работников родильных домов (отделений), детских больниц (отделений) периодичность медосмотра – 2 раза в год.

Предварительные осмотры обязательны для: работ на высоте, по обслуживанию подъемных сооружений; работ по оперативному обслуживанию, лесозаготовительных, в нефтяной и газовой промышленности; подземных работ и связанных с обслуживанием сосудов под давлением, связанных с применением взрывчатых материалов; работ по использованию атомной энергии; работ в ночную смену (более 4 раз в месяц).

Основными обстоятельствами возникновения зарегистрированных профзаболеваний остаются несовершенство техпроцессов и оборудования; неисправность или отсутствие санитарно-технических установок и неприменение средств индивидуальной защиты.

Наиболее распространенными профессиональными заболеваниями являются заболевания органов дыхания (60 %), тугоухость (30 %), заболевания опорно-двигательного аппарата и нервно-мышечной системы, органов зрения, кожи, аллергическая патология (10 %).

Как правило, мужчины чаще заняты на вредных работах, и неудивительно, что статистика последних лет показывает: профзаболеваниями чаще болеют именно мужчины (70–80 % заболеваний), а женщины менее подвержены им (20–30 %). Так, к примеру, за 2017 год по республике численность работников с впервые установленным профессиональным заболеванием составила 84 чел., из них мужчины – 66 чел, женщины – 18 чел.

Распределение количества работников с впервые установленным профессиональным заболеванием по областям и г. Минску приведено на рисунке 1. Лидирующая позиция Минска в данном рейтинге объясняется достаточно просто: здесь достаточно большая концентрация производственных предприятий, в частности машиностроительного профиля, с наличием вредных факторов на рабочих местах.

Самыми частыми вредными и опасными факторами, встречающимися в производственной сфере являются: повышенный уровень шума (320 374 рабочих мест); повышенный уровень вибрации (100 859 рабочих мест); пыль в воздухе рабочей зоны (72 260 рабочих

мест); пары и газы в воздухе рабочей зоны (35 738 рабочих мест) повышенные уровни неионизирующего излучения (15 150 рабочих мест); повышенный уровень ионизирующего излучения (3 691).

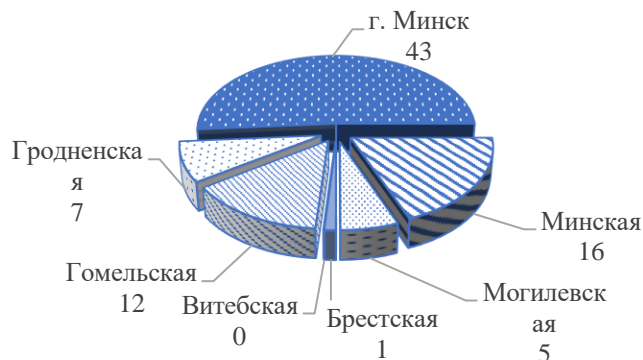


Рисунок 1 – Численность работников с впервые установленным профессиональным заболеванием по областям и г. Минску за 2017 год

Прочие вредные факторы присутствуют на 308812 рабочих местах. [1] Процентное соотношение работников, работающих при воздействии вредных факторов по гендерному признаку приведено на рисунке 2.

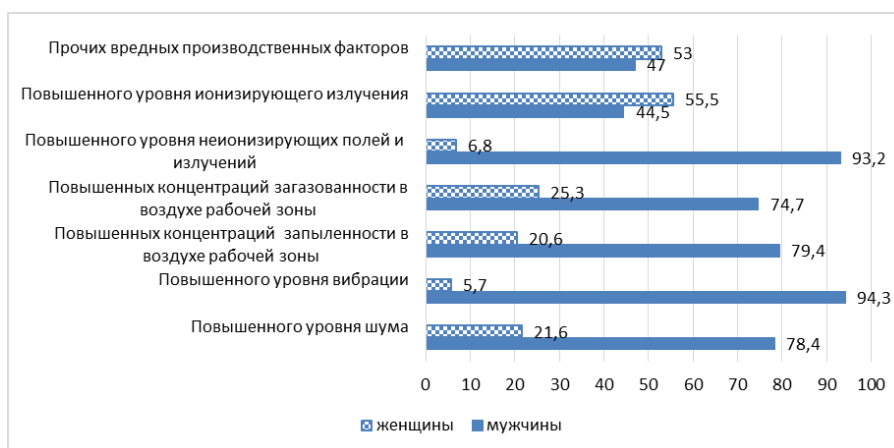


Рисунок 2 – Численность работников в процентном соотношении, занятых в условиях воздействия вредных производственных факторов, не отвечающих гигиеническим нормативам, на 2017 год

При этом, наибольшее число профессиональных заболеваний приходится на работающих со стажем свыше 21 года (84,5%) и в возрастной структуре старше 46 лет (84,6 %).

Обязательные медосмотры работников предприятий являются одним из эффективных методов профилактики профессиональных заболеваний: за последние 10 лет первичная заболеваемость стабильно снижается. А если таковое обнаружено, заболевшему будет бесплатно, за счет Белгосстраха, обеспечено лечение, медикаменты реабилитация, протезирование (при необходимости). По данным медиков именно во время профосмотра, а не при самостоятельном обращении к врачу, устанавливается профессиональное заболевание. «Своевременное выведение работника из вредных или опасных условий труда в случае наличия медицинских противопоказаний даст возможность сохранить его здоровье и трудовой потенциал», – говорит заведующая отделением профпатологии и аллергологии на базе 10-й клинической больницы города Минска Жанна Степановна Иванова.

### Список использованных источников

1. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Национальный статистический комитет РБ. – Минск, 2018. – Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by> – Дата доступа: 25.10.2018.

УДК 621.311:658.345

### Пожарная опасность электрооборудования

Студентка гр.10606115 Пигулевская А.В.  
Научный руководитель – Филянович Л.П.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Вопросы пожарной и взрывобезопасности являются одним из приоритетных направлений в вопросах эксплуатации энергетического оборудования. Пожарная опасность электроустановок обусловлена наличием в них большого количества горючих материалов (масла различных марок, изоляция электрических кабелей, использование в качестве топлива природного газа, мазута) и источников зажигания, которые возникают в результате различных аварийных ситуаций (перегрузки, короткие замыкания (КЗ), образование больших местных переходных сопротивлений, электрические искры и дуги и др.). Растекание горящих масел на большой площади также создает опасность перехода огня на другие электроустановки. Сложность пожарной обстановки и наличие большого количества электрооборудования различного напряжения существенно затрудняют действия пожарных подразделений, добровольных пожарных дружин при локализации и ликвидации пожаров на энергообъектах.

Необходимо отметить, что при возникновении пожара выделяющиеся продукты сгорания могут быть причиной тяжелого травматизма как для обслуживающего персонала, так и для лиц, участвующих в его тушении. Выделяющийся дым содержит в себе самые разнообразные газы, отличающиеся друг от друга степенью вредного воздействия на организм человека. К множеству газообразных вредных продуктов горения можно отнести углекислый газ, угарный газ, хлористый водород, бензол, цианистый водород, сероводород, аммиак и др.

Рассмотрим факторы, обуславливающие пожарную опасность электроустановок.

Короткое замыкание (КЗ) – это всякое не предусмотренное нормальными условиями работы замыкание через малое сопротивление между фазами или нескольких фаз на землю (или нулевой провод). Ток при этом резко возрастает, вызывая разогрев и даже плавление проводников.

Перегрузки – это явления, когда по проводам и кабелям течет рабочий ток, превышающий значение допустимого тока. При двукратной и более перегрузке проводников с горючей изоляцией происходит ее воспламенение.

Искрение наблюдается при размыкании электрических цепей под нагрузкой при пробое изоляции, между щетками и коллектором электрических машин. Под действием электрического поля воздух между контактами ионизируется и при достаточной величине напряжения происходит разряд, сопровождающийся сечением воздуха и треском, а при достаточной мощности искровой разряд принимает вид электрической дуги. Искры и электрическая дуга при наличии в помещении легковоспламеняющейся жидкости или горючих газов могут быть причиной пожара или взрыва.

Пожарная опасность переходных сопротивлений – возможность воспламенения изоляции или других горючих близлежащих материалов от тепла, возникающего в месте большого переходного сопротивления (в переходных клеммах, переключателях и др.).

Вихревые токи – токи, которые индуктируются в массивных металлических телах при пересечении их магнитными силовыми линиями. Они могут быть очень большими и сильно нагревать сердечники машин и аппаратов, что может привести к разрушению изоляции проводников и даже ее воспламенению.

Пожарная опасность перенапряжения обусловлена нагреванием токоведущих частей за счет увеличения перенапряжения между отдельными элементами электроустановок.

Пожарная опасность токов утечки обусловлена локальным нагревом изоляции между отдельными токоведущими элементами и заземленными конструкциями.

Очевидная возможность возникновения пожаров от электрического тока не означает их неизбежность при аварийных режимах в электроустановках. Все зависит от того, сложилась ли пожароопасная ситуация в момент аварийного режима, которая в присутствии окислителя возникает при совмещении горючих материалов с источниками зажигания, имеющими достаточную для воспламенения температуру и необходимый запас тепловой энергии. К причинам можно отнести нарушения или несоблюдения мероприятий, направленных на предотвращение пожаров от электрического тока, или несовершенства этих мероприятий.

Для снижения пожарной опасности электроустановок используется: правильный выбор и расчет электрической защиты, соответствующее исполнение и размещение электроустановок, использование огнезащитных покрытий, внедрение высокоэффективных систем извещения о пожарах и возгораниях и автоматических систем пожаротушения.

УДК 620.9:658.345

### **Государственный надзор и контроль за охраной труда энергетической отрасли Республики Беларусь**

Студентка гр.10608115 Цыганкова С.Д.  
Научный руководитель – Филянович Л.П.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Приоритет жизни и здоровья работников по отношению к результатам трудовой деятельности, установление ответственности нанимателей за безопасность труда, совершенствование правовых отношений и механизмов – основной принцип государственной политики Республики Беларусь в области обеспечения охраны труда.

В соответствии с Законом Республики Беларусь от 23 июня 2008 г. № 356-3 «Об Охране труда», под термином «охрана труда» понимают систему обеспечения безопасности жизни и здоровья работающих в процессе трудовой деятельности, включающая правовые, социально-экономические, организационные, технические, психофизиологические, санитарно-противоэпидемические, лечебнопрофилактические, реабилитационные и иные мероприятия и средства. основополагающим законодательным актом, определяющим и регулирующим правоотношения в сферах труда и охраны труда, является Закон Республики Беларусь «Об охране труда» и Трудовой кодекс Республики Беларусь.

Цели, основные принципы, направления государственной политики и уровни управления в области охраны труда, основные функции органов государственного управления определены в Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 16 августа 2005 г. № 904 «О Концепции государственного управления охраной труда в Республике Беларусь». В соответствии с главой 4 настоящего постановления, целью государственного управления охраной труда является создание условий, обеспечивающих сохранение жизни и здоровья граждан в процессе трудовой деятельности. Стоит отметить, что одним из главных условий достижения цели является законодательное закрепление уровней государственного управления охраной труда и определение функций его субъектов.

В соответствии со статьей 462 ТК и статьей 34 Закона Республики Беларусь от 23 июня 2008 года № 356-3 «Об охране труда» (в редакции от 12 июля 2013 года № 61 -3) надзор и контроль за соблюдением законодательства о труде осуществляют специально уполномоченные государственные органы надзора и контроля. Высший государственный контроль за исполнением законов о труде, в том числе, и по охране труда, всеми министерствами, ведомствами, предприятиями и их должностными лицами возложен на Генерального прокурора Республики Беларусь и подчиненные ему прокуратуры.

Надзорно-контрольным органом общей компетенции, который осуществляет надзор за соблюдением законов о труде, выполнением правил и норм по охране труда всеми нанимателями независимо от форм собственности, видов деятельности и ведомственной подчиненности является Департамент государственной инспекции труда при Министерстве труда и социальной защиты Республики Беларусь. Департамент возглавляется директором, который одновременно является Главным государственным инспектором труда Республики Беларусь.

Контроль за соблюдением Правил устройства и безопасной эксплуатации компрессоров, трубопроводов пара и горячей воды, котлов, сосудов под давлением, грузоподъемных кранов, лифтов, газовых сетей и оборудования; за порядком допуска персонала к работе на этих объектах (обучение персонала, его аттестация) осуществляет Департамент по ядерной и радиационной безопасности МЧС Республики Беларусь.

Управление государственного энергетического надзора и сбыта электроэнергии концерна «Белэнерго» Республики Беларусь ведет надзор за выполнением правил устройства электроустановок, правил технической эксплуатации электроустановок потребителей и правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок. Инспекторы имеют право требовать отключение электроустановок при обнаружении состояния, опасного для жизни обслуживающего персонала.

Государственный санитарный надзор за соблюдением предприятиями, должностными лицами и гражданами гигиенических норм, санитарно-гигиенических и санитарно-противоэпидемических правил; за проведением мероприятий, направленных на предупреждение заболеваний и др. осуществляют Органы и учреждения санитарно-эпидемиологической службы.

Другие государственные надзорно-контрольные органы осуществляют надзор и контроль по определенному кругу предприятий, производств или видов деятельности в рамках их компетенции (органы государственного пожарного надзора МЧС, Главная государственная инспекция по надзору за техническим состоянием машин и оборудования Минсельхозпрода и др.).

Обобщая всё вышесказанное, мы можем говорить о том, что на сегодняшний день в Республике Беларусь государственный надзор и контроль в области охраны труда осуществляется на системной основе. Функции государственных органов управления по вопросам охраны труда строго определены и разграничены. Каждый из вышеперечисленных органов государственного управления осуществляет свою деятельность в конкретной сфере в четко ограниченных пределах, что позволяет им действовать наиболее эффективно, не дублируя друг друга. Деятельность государственных органов управления позволяет улучшить условия труда, снизить производственный травматизм и профессиональную заболеваемость, уменьшить социальные и экономические потери, обусловленные заболеваемостью и травматизмом на производстве; повысить уровень ответственности субъектов государственного управления охраной труда, нанимателей и работников за соблюдение требований охраны труда; улучшить взаимодействие и координацию деятельности субъектов социального партнерства в области охраны труда.



**Научно-технический прогресс в машиностроении и его влияние на условия труда, как определяющий фактор в изменении списка и причин травм и заболеваний**

Студенты гр. 10303114: Павловский А.Д., Кругликов А.А., Литвинов А.Ю.  
Научный руководитель – Пантелеенко Е.Ф.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Развитие техники и технологий, особенно за последние два столетия, принесло не только изменение и улучшение качества и образа жизни, но изменился и список видов деятельности, профессий. Внедрение инноваций напрямую влияет на улучшение качества и уменьшение себестоимости продукции. Одновременно на предприятиях изменяются и условия труда. Целью данной работы было провести анализ изменения списка возможных профессиональных заболеваний в связи с меняющимися условиями труда, проследив исторически обусловленную цепочку изменений технологии «ручной труд – механизированное производство – автоматизация и роботизация».

Для работников предприятий, где применяется ручной труд, наиболее характерными являются механические травмы, такие как ушибы, переломы и вывихи, ранения. Вынужденная статическая или неудобная поза, физические перегрузки, недостаточно хорошее освещение приводят к заболеваниям опорно-двигательного аппарата, ухудшению зрения.

Механизация, то есть замена ручного труда машинным расширяет перечень возможных травм и заболеваний, так как даже при механизированном труде работник все равно должен обслуживать работающие механизмы. Добавляются такие опасные и вредные факторы, как движущиеся, вращающиеся элементы оборудования, повышенный уровень шума и вибрации, повышенная концентрация вредных веществ и пыли в воздухе. С появлением электричества к перечню травм добавляются и электрические: ожоги, поражения глаз, электрические удары, знаки тока, металлизация кожи. В машиностроении наиболее частыми причинами травм являются перечисленные ниже. Неосторожное обращение с инструментом и приспособлениями, использование неисправного инструмента, падение инструментов и обрабатываемых деталей, выскользывание инструмента из рук приводят к ушибам и переломам. Такие травмы возможны также в результате падения при движении по неровной или скользкой поверхности. Травмирование с нарушением целостности мягких тканей (ранения) происходят при контакте с острыми режущими кромками оборудования, деталей, стружки.

Особо опасно травмирование глаз при попадании инородных тел на роговицу и конъюнктиву, травматические эрозии, порезы и ссадины на коже век и др. Чаще всего такие травмы происходят при обработке резанием, рубкой, шлифованием, при дроблении угля, шлака, стекла, при заточке инструмента без применения защитных очков.

Раздражение кожного покрова происходит при постоянном контакте с вредными веществами, а также возможно при работе с материалами, содержащими стекловолокно.

Поражение работников электрическим током также является достаточно частой причиной несчастных случаев в машиностроении.

Самыми распространенными профессиональными заболеваниями при механизированной форме труда являются следующие ниже. Пневмокониозы и другие заболевания дыхательной системы (период развития 10–20 лет), обусловленные длительным вдыханием пыли и сварочных аэрозолей. Вибрационная болезнь, развивающаяся при постоянном пользовании виброинструментом (развиваются 3–5 лет). Острые и хронические заболевания кожи рук (дерматиты, экземы) возникают при контакте с электролитами и прочими агрессивными средами. При регулярном интенсивном тепловом облучении возникает катаракта. Последствием воздействия ультрафиолетового излучения на сетчатку глаза является электроофтальмия.

Повышенный уровень постоянного шума на рабочих местах вызывает нейросенсорную тугоухость.

Автоматизация производства предполагает использование саморегулирующихся технических устройств (роботов) и математических методов для освобождения человека от участия в производственном процессе. Таким образом, уменьшается воздействие на работника опасных и вредных производственных факторов. Развитие технологий в этом направлении позволяет увеличить безопасность труда.

Для работников роботизированного производства характерны механические травмы, связанные с проблемами в эксплуатации промышленных роботов и не соблюдение техники безопасности.

Япония является одной из передовых стран мира в области внедрения роботов в производство. Опыт эксплуатации такого оборудования показывает достаточно большой процент несчастных случаев в расчете относительно количества эксплуатируемых робототехнических комплексов – 4 %, в том числе 1 % смертельных. Это обусловлено тем, что остается необходимость в обслуживании и ремонте роботов, чем и занимаются работники. Однако, основным видом травм в данном случае являются механические травмы: пальцев (33%), рук (1%), головы (16%), спины (11%), плеч (6%), ног (6%), шеи (3%), челюстные (3%), перелом ребер (3%). Причем более половины несчастных случаев происходит в результате отказов в работе и неуправляемых действий исполнительных механизмов роботов (около 62 %), а оставшиеся – вследствие ошибок персонала.

Подведя итоги, можно сказать, что внедрение на производстве промышленных роботов практически исключает возможность возникновения профессиональных заболеваний. Минимальное участие человека в производстве исключает возможность воздействия на него таких факторов как, длительное вдыхание пыли и вредных веществ, повышенных уровней шума, вибрации, различных видов излучений. Также автоматизация производства сужает возможный перечень травм до механических. Тем не менее, независимо от степени механизации или автоматизации производства следует помнить, что проблема человеческого фактора не может быть полностью исключена.

УДК 621.31:614.84(083.133)

### **Пожарная безопасность в кабельном хозяйстве энергетических объектов**

Студенты гр. 106031-15 Дубатовка А.Д., гр. 106032-15 Цудило Н.Ю.

Научный руководитель – Филянович Л.П.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

К кабельному хозяйству энергетических предприятий относятся все кабельные сооружения (этажи, шахты, каналы, галереи, эстакады), а также закрытые в специальные металлические короба или открыто проложенные кабельные линии. Приказом руководителя предприятия кабельное хозяйство целиком или по участкам должно быть закреплено за соответствующими цехами для обеспечения надежной эксплуатации кабельных линий и проведения необходимых строительного-монтажных, ремонтных работ и противопожарных мероприятий. Все кабельные сооружения по графику, утвержденному начальником соответствующего цеха, должны регулярно осматриваться.

Результаты осмотра и выявленные недостатки должны заноситься в оперативный журнал и журнал (или картотеку) дефектов и неполадок оборудования. При обнаружении нарушений мест уплотнения кабельных линий, проходящих через перегородки, перекрытия, другие строительные конструкции, немедленно должны приниматься меры к их восстановлению. Кабельные сооружения должны содержаться в чистоте. Запрещается устройство каких-либо кладовых, мастерских, а также хранение материалов и оборудова-

ния, в том числе неиспользованных кабельных изделий. При обнаружении попадания в кабельные сооружения воды и пара, пыли твердого топлива, масла, мазута или других горючих жидкостей (а также их водных эмульсий) немедленно должны приниматься меры по предотвращению их поступления.

Для удаления из кабельных сооружений воды, масла, мазута, других горючих жидкостей и горючих пылей должны быть организованы аварийные работы. Все кабельные помещения относятся к помещениям, не обслуживаемым постоянно персоналом, поэтому они должны быть закрыты. Запрещается допуск лиц для обслуживания кабельных сооружений или работы в них без согласования с начальником смены электростанции (с дежурным подстанции или начальником смены цеха). Допуск ремонтного персонала, строительномонтажных и наладочных организаций разрешается при наличии наряда на производство работ или наблюдающего лица из работников предприятия, хорошо знающего схему кабельных сооружений.

Обследование кабельных сооружений представителями контролирующих организаций должно проводиться только в присутствии сопровождающего должностного лица из соответствующего цеха с обязательным уведомлением начальника смены. Лица, допущенные для работы или обследования кабельных сооружений, должны иметь электрические индивидуальные фонари из расчета один фонарь на группу (бригаду) не более 5 человек.

В кабельных сооружениях не реже чем через 50 м должны быть установлены указатели ближайшего выхода. На дверях секционных перегородок должны быть нанесены указатели (схема) движения до ближайшего выхода. У выходных люков из кабельных сооружений должны быть установлены лестницы так, чтобы они не мешали проходу по туннелю (этажу). Автоматические установки пожаротушения кабельных сооружений должны эксплуатироваться на основании требований Правил.

На период нахождения в кабельных сооружениях персонала (при обходе, ремонтных работах и т.п.) запуск установок по конкретному направлению должен переводиться на ручное управление, а после выхода персонала вновь переводиться на автоматический режим. Об изменениях режима работы установки пожаротушения на этот период делается запись в оперативном журнале. Ремонт автоматических стационарных установок пожаротушения в кабельных сооружениях должен проводиться в кратчайшие сроки. Гидроизоляция и дренажные устройства в кабельных сооружениях, обеспечивающие отвод или автоматическую откачку воды, должны быть в исправном и работоспособном состоянии. Работа дренажных устройств должна проверяться не реже 1 раза в квартал, с записью в оперативном журнале начальника смены цеха. Отмеченные недостатки должны фиксироваться в журнале (картотеке) дефектов оборудования.

Запрещается прокладка бронированных кабелей внутри помещений без снятия сгораемого джутового покрова. При обнаружении повреждения наружной пластиковой оболочки (шлангов) кабелей должны приниматься срочные меры для их ремонта или замены поврежденного участка. Двери секционных перегородок кабельных сооружений должны быть самозакрывающимися, открываться в сторону ближайшего выхода и иметь плотный притвор. При эксплуатации кабельных сооружений указанные двери должны находиться и фиксироваться в закрытом положении. Допускается по условиям вентиляции кабельных помещений держать двери в открытом положении, при этом они должны автоматически закрываться от импульса пожарной сигнализации в соответствующем отсеке сооружения.

Устройства самозакрывания дверей должны поддерживаться в технически исправном состоянии. Все места прохода кабелей через стены, перегородки и перекрытия должны быть уплотнены для обеспечения огнестойкости не менее 0,75 ч. Уплотнение кабельных трасс должно осуществляться с применением различных огнестойких материалов (легких цементных, асбоцементных, перлитовых и других растворов), специальных уплотняющих составов и других материалов. При замене или прокладке новых кабелей восстановление

огнестойкого уплотнения кабельных трасс должно проводиться до закрытия наряда на выполняемые работы.

Выходы кабелей из металлических кабельных коробов, которые устанавливаются в местах возможных механических и других повреждений, должны выполняться с использованием штуцеров, металлических рукавов, в трубах и т.п. В металлических коробах кабельные линии должны разделяться перегородками и уплотняться материалом огнестойкостью не менее 0,75 ч в следующих местах: при входе в другие кабельные сооружения; на горизонтальных участках кабельных коробов через каждые 30 м, а также при ответвлениях в другие короба основных потоков кабелей; на вертикальных участках кабельных коробов через каждые 20 м; кроме того при прохождении через перекрытия такие же огнестойкие уплотнения дополнительно должны выполняться на каждой отметке перекрытия. Места уплотнения кабельных линий, проложенных в металлических коробах, должны быть обозначены красными полосами на наружных стенках коробов.

В необходимых случаях делаются поясняющие надписи. При эксплуатации кабельных линий не допускается перегрев их выше допустимых норм от оборудования и источников нагрева. Кабельные сооружения новых и расширяемых частей энергетических предприятий должны приниматься в эксплуатацию без недоделок с оформлением акта приемки. Запрещается принимать в эксплуатацию кабельные сооружения энергопредприятий без уплотнения прохода кабельных линий через строительные конструкции, противопожарных перегородок, samozакрывающихся дверей и других противопожарных мероприятий, предусмотренных проектом по действующим нормам и правилам.

Кабельные короба должны быть закрыты быстросъемными крышками, а запорные устройства должны открываться без применения ключей и других приспособлений. Осевшая пыль твердого топлива на кабельных трассах и в коробах (особенно в котельной и на трактах топливоподачи) должна убираться по утвержденному графику, но не реже 1 раза в квартал в зависимости от способности пыли топлива к самовозгоранию.

Запрещается при проведении реконструкции или ремонта применять кабели с горючей полиэтиленовой изоляцией. Металлические оболочки кабелей в металлические поверхности, по которым они прокладываются должны быть запрещены негорючими антикоррозийными покрытиями. Запрещается в помещениях подпитывающих устройств маслonaполненных кабелей хранить сгораемые и другие материалы, не относящиеся к данной установке.

## СОДЕРЖАНИЕ

Кафедре «Металлургия чёрных и цветных сплавов» 50 лет! ..... 3

### Металлургия чёрных и цветных сплавов

Кулик М.А., Позняк О.А. Проблемы экологии и рентабельности производства при плавке окисленных отходов алюминия..... 5

Кулик М. А., Позняк О.А. Глубокая переработка алюминиевых шлаков – путь к получению новых материалов для литейно-металлургического производства ..... 6

Мурашко И.А., Качина В.Ю., Храменков Д.В., Михеев И.В. О некоторых аспектах проблемы получения качественных литых изделий..... 9

Бородулькин В.С. Влияние температурного режима на стойкость прошивной правки .... 10

Иванов Н.Р. Исследование электромагнитного поля индукционной печи ..... 11

Бычик А.В. Требования по содержанию цветных металлов для различных сталей ..... 12

Смоляк В.В. Пористость в отливках при литье под низким давлением..... 14

Мекто А.Д. Разделительные покрытия при литье под давлением ..... 14

Белов М.Д., Хоронко И.А., Чаюков В.О. Анализ энергоэффективности методических нагревательных печей различной конструкции ..... 15

Костюченко Ю.А., Ковалевич Э.В. СВС-процессы и технологии получения материалов, применение продуктов СВС-процессов в промышленности ..... 17

Самусева А.И., Кулаковская Я.И. Барабанов Е.Н. Моделирование процесса литья отливки «Поддон»..... 18

Жук К.А. Контроль содержания твердой фазы, выделяющейся при затвердевании расплавов, с использованием данных термического анализа ..... 19

Капуста Д.О. Воспроизводство древних технологий. Получение железа из болотных руд ..... 20

Саленко И.Б., Шманай П.С., Гусаковский Е.Л., Герасикова А.А., Микишко Е.В. Технологические добавки в термостойкие наполнители для красок, применяемых при литье по газифицируемым моделям..... 22

Шевчук В.Ю., Иванов А.И., Данилова А.Д. Исследование процесса получения «тяжёлой» лигатуры для сфероидизирующей обработки высокопрочного чугуна ..... 23

## Материаловедение в машиностроении

Иванов А.И. Вакуумная цементация стальных деталей.....	29
Цвирко И.С. К вопросу о высокоточных вычислениях при решении инженерных задач ..	30
Октысюк Д.Н. Исследование путей снижения брака на производстве при проведении цементации.....	32
Одарченко В.И., Дершен А.В. Жаростойкие чугуны. Влияние легирующих элементов на окалинотойкость и ростоустойчивость.....	33
Приходько Н.А. Сплавы из металлических отходов производства для наплавки токами высокой частоты.....	34
Пацеко Е.К., Моисеева А.Ю. Ресурсосберегающий технологический процесс термической обработки крупногабаритных штампов .....	36
Лешок В.А. Эффективность применения сульфидирования и фосфатирования для повышения стойкости стальных деталей трибосопряжений.....	37
Лешок В.А. Преимущества азотирования сталей в условиях низкотемпературного циклического нагрева .....	39
Иванов А.И. Термообработка быстрорежущих сталей в вакуумных печах .....	42
Филиченко К.Д., Терпиловский Н.С. Перспективы реализации принципа индукционного нагрева для антикоррозионной защиты стальных деталей и металлоконструкций.....	44
Бачило Д.Н. Изучение оцинкованных стальных крепежных элементов узлов металлоконструкций.....	45
Литвин Д., Матюков И.Создание нумерованных формул в MSWord версий выше 2007.....	46
Рудозуб Н.С. Исследование влияния низкотемпературной химико-термической обработки на стойкость режущего инструмента, используемого на ОАО «Зенит Бел-ОМО» .....	48

## Машины и технология литейного производства

Радионон М.В., Русевич.О.А., Кижаккин С.А. Перспективы применения аддитивных технологий в литейном производстве .....	51
Кижаккин С.А., Радионон М.В., Русевич О.А. Вредные выбросы, влияющие на микроклимат литейного производства.....	52
Иваненко А.Н. Повышение физико-механических свойств алюминиевых сплавов при повышенной температуре .....	54

Курач Д.И., Цыганков А.А. Подготовка и плавка стружки чёрных металлов в литейных цехах .....	56
Мисюченко В.С., Пономаренко И.В., Перов Н.Н. Использование неорганических связующих материалов для изготовления литейных стержней .....	58
Прищепчик Н.И. Применение неравновесного затвердевания для получения новых материалов .....	59
Дикун А.О., Ярошевич А.И. Способы предварительного подогрева металлошихты для электроплавки чугуна и стали.....	61
Радионон М.В., Мартинкевич А.А. Силовой анализ плоского шарнирно-рычажного механизма с использованием SOLIDWORKS .....	63
Горбань И.Н., Дудинская Ю.В., Телешова Е.В. Использование цинковых сплавов в качестве антифрикционных материалов .....	65
Волот К.В., Трусевич Е.А., Михолап В.И., Уласик А.С. Применение ультрадисперсных добавок для модифицирования чугунов .....	66
Телешова Е.В. Влияние меди и железа на структуру алюминия при неравновесном затвердевании.....	68
Скворцов А.А. Конструктивные элементы разъемных стержневых ящиков для пескоудовного процесса.....	70
Цымлов И.А. Литые композиционные материалы с макрогетерогенной структурой ....	72
<b>Машины и технология обработки металлов давлением</b>	
Бурачевский А.В., Юркевич А.В. Прокатка переменных профилей .....	75
Богушевич А.И., Гадицкий-Цвирко Е.Д. Технология горячего прессования композиционных материалов .....	76
Гороховик И.В. Выбор кинематических и технологических параметров инструмента и оборудования при изготовлении трубок малого диаметра из ленты .....	78
Городко Т.Р., Астанович А.В., Ветошкин А.В. 3D моделирование оснастки для операций ОМД.....	80
Мазаник В.А. Объемная холодная штамповка материалов .....	82
Седьков А.С. Прессование тонких пластин и тонкостенных втулок из трудноформуемых порошковых материалов .....	83
Морунов В.С., Боярчук А.Н. Электроимпульсное прессование пористых порошковых материалов.....	85
Грамович Н.В. Исследование процесса сферодвижной штамповки конического зубчатого колеса .....	87

## Порошковые и композиционные материалы, покрытия и сварка

Лобанова М.А., Климович В.С., Фесенко Н.В., Казак И.И., Заболоцкий А.С. Исследование производительности процесса при дуговой сварке в защитных газах (СО <sub>2</sub> и его смеси с аргонном) плавящимся электродом низкоуглеродистых и низколегированных сталей.....	90
Киселевич Р.А. Влияние технологических параметров на качество сварного соединения при контактной точечной сварке.....	92
Снитко Д.В., Разумович Е.Р., Назаров Д.А. Проблемы и перспективы развития оборудования для сварки плавлением .....	94
Специан И.В., Каноник А.Ф. Новая версия международного стандарта ISO 15614-1:2017 на квалификацию технологических процессов сварки.....	95
Фигурин Ф.К., Каноник А.Ф. Технологические особенности сварки жаропрочной высокохромистой стали Р91 .....	97
Филистович И.С. Исследование структуры композитов на основе порошка Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> с добавкой порошка оксидов редкоземельных элементов .....	99
Филиппов М.Н. Аномалии при динамическом взаимодействии сгустков порошковых частиц с твердой металлической преградой .....	101
Киселевич Р.А., Сахончик В.Ю. Анализ макроструктуры и свойств соединений, полученных электронно-лучевой и механизированной сваркой в защитных газах плавящимся электродом низколегированной стали повышенной прочности.....	103

## Охрана труда и промышленная безопасность

Бричкова Ю. Н., Вавулова П.М. Охрана труда при проведении спортивных занятий на примере батутного центра «Негорpark» .....	108
Сидорчик А.В. Охрана труда при проведении занятий по легкой атлетике .....	108
Шешко В.В. Охрана труда при проведении соревнований на воде на примере «Городского центра олимпийского резерва по водным видам спорта» .....	109
Зданчук А.В. Охрана система безопасности на примере «Борисов-Арена» .....	110
Янковский Е.К. Основные средства коллективной и индивидуальной защиты работников строительной отрасли .....	111
Силкова П.О. Планирование и финансирование мероприятий по охране труда .....	113
Климкович Е.П. Особенности охраны труда инвалидов.....	115
Бочко Е.А. Решения звукопоглощения в бассейнах.....	116
Гузаревиц Я. Безопасность каменных работ при отрицательных температурах .....	118



Мордик А.В. Применение индивидуальных средств радиационной защиты при проведении медицинских рентгенологических исследований .....	120
Кириллова А.В., Еванисова П.Ю., Лукьянцева Ю.В. Анализ условий труда маркетолога .....	121
Жабурденко Е.С. О правах и защите молодого специалиста .....	122
Царь А.И. Исследование и оценка условий труда персонала предприятий молочно-консервной промышленности .....	124
Метельская А.П., Казакова Е.А. Влияние относительной влажности на здоровье и работоспособность человека .....	125
Сабич О.В., Казейко А.В. Влияние стресса на безопасность труда .....	127
Рыбалко Ю.М., Луцкая В.Л., Жарков К.Н. Исследование ионизирующего излучения от интерактивной доски .....	128
Петрович В.В., Жарков К.Н. Исследование ультразвукового увлажнителя воздуха .....	130
Близнюк Н.А., Волк А.В., Мацинов С.А., Пацовский Н.В. Влияния условий труда на общую заболеваемость литейщиков .....	132
Белов М. Д., Чаюков В.О., Хоронко И.А. Исследование воздушной среды рабочих зон литейных цехов .....	133
Пинчук А.А. Особенности охраны труда при работе с агрохимикатами и минеральными удобрениями .....	135
Иваненко А.Н., Прищепчик Н.И. Оценка условий труда литейщиков .....	137
Апетенок И.И. Совершенствование охраны труда на зерноочистительно-сушильных комплексах .....	139
Сосновская К.Д. Совершенствование охраны труда в процессах кормоприготовления .....	141
Мелехов А.А. Организация охраны труда в зарубежных странах .....	143
Иванова Д.С., Богдан А.А. Влияние психологических и эргономических факторов на работу оператора АЭС .....	144
Качан П.С., Веракса Р.В. Мировой опыт организации и деятельности служб охраны труда .....	145
Волынец А.В., Рабцевич В.С. Охрана труда в электроустановках .....	147
Наджафова А.А., Скуратова Е.А. Исследование обеспечения безопасности воздействия на население электромагнитных полей бытовых приборов при частоте 50 Гц ...	148

Бурчик С.Ю. Способы и средства обеспечения электробезопасности .....	150
Близнюк Н.А. Классификация зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности .....	151
Тихоновец Е.С., Фолынский Д.И. Влияние условий труда на качество и достоверность радиографического контроля сварных соединений.....	153
Гаврош А.О., Шлеведа Ю.В. Соответствие температурных параметров в учебных аудиториях нормативным значениям.....	155
Радзивило А. Нестандартные решения по созданию комфортных условий труда при работе с компьютером в мировой практике .....	157
Кушнер И.И., Меленец Н.А. Обеспечение безопасности при эксплуатации внутренних газопроводов производственных объектов.....	159
Чернявский Р.С., Прищепчик Н.И. Определение локально-эффективных значений теплофизических характеристик формовочных материалов методом залитки на основе технологического алгоритма для проектирования конструкций литниково-питающих систем .....	161
Будилович Н.Д. Обеспечение пожарной безопасности на складе безалкогольной продукции.....	163
Абрамович А.А., Володько А.А. Целесообразность проведения профилактических медосмотров работников .....	164
Цыганкова С.Д. Государственный надзор и контроль за охраной труда энергетической отрасли Республики Беларусь .....	166
Пигулевская А.В. Пожарная опасность электрооборудования.....	167
Павловский А.Д., Кругликов А.А., Литвинов А.Ю. Научно-технический прогресс в машиностроении и его влияние на условия труда, как определяющий фактор в изменении списка и причин травм и заболеваний .....	169
Дубатовка А.Д., Цудило Н.Ю. Пожарная безопасность в кабельном хозяйстве энергетических объектов .....	170

Научное издание

## **НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ИХ ОБРАБОТКИ**

Сборник научных работ  
XX Республиканской студенческой  
научно-технической конференции

*Минск, 17–18 апреля 2019 года*

Подписано в печать 07.10.2019. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бумага офсетная. Ризография.  
Усл. печ. л. 20,81. Уч.-изд. л. 8,14. Тираж 50. Заказ 647.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя  
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.