

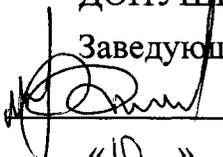
**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ**

**КАФЕДРА «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ В МАШИНОСТРОЕНИИ»**

**ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ**

Заведующий кафедрой

 В.М. Константинов

«10» 12 2019г.

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание степени магистра техники и технологии

«Сплавы для индукционной наплавки с повышенной наплавляемостью  
из металлических отходов»

Специальность 1 – 42 81 01 «Металлургические технологии повышения  
конкурентоспособности продукции»

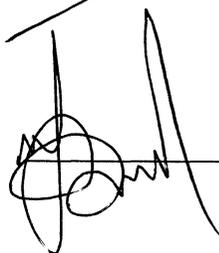
Магистрант



Н.А. Приходько

Руководитель

Доктор технических наук,  
профессор



В.М. Константинов

Минск 2019

## РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация: С. - 66, рис. – 42, табл. – 13, библиография – 43.

### ДИФФУЗИОННОЕ ЛЕГИРОВАНИЕ, БОРИРОВАНИЕ, ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА, ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ОБРАБОТКА, НАПЛАВЛЯЕМОСТЬ.

Работа относится к области упрочнения деталей машин наплавочными материалами из металлических отходов производства износостойкими борсодержащими слоями и покрытиями из конструкционных сталей, работающих в условиях абразивного изнашивания с умеренными ударными нагрузками.

Объектом исследований является технология предварительной электродуговой обработки диффузионно-легированного бором порошка из отходов стружки Р6М5 с последующим его наплавлением.

Целью настоящей работы является исследование наплавляемости диффузионно-легированного бором сплава из стружки Р6М5 после оплавления.

Установлена целесообразность диффузионного легирования отходов стружки Р6М5 во вращающемся контейнере. При предварительном электродуговом оплавлении диффузионно-легированной бором стружки Р6М5 с силой тока 150А в структуре сплава формируются бориды правильной геометрической формы и распределение микротвёрдости по сечению сплава изменяется. Установлено, что при индукционной наплавке диффузионно-легированной бором стружки Р6М5 без оплавления формируется износостойкий слой с пористостью 25-30%. При индукционной наплавке диффузионно-легированной бором стружки Р6М5 после оплавления формируется износостойкий слой с минимальной пористостью 1-3%.

16. Пантелеенко Ф.И. Восстановление деталей машин: справочник / под ред. В.П. Иванова. -М.: Машиностроение, 2003.
17. Константинов В.М. Теоретические и технологические аспекты создания экономно-легированных защитных слоёв из диффузионно-легированных сплавов / В.М. Константинов // Вестник БНТУ, 2007, №2, с 29-36.
18. Ворошнин, Л.Г. Перспективы развития химико-термической обработки (материалы лекций) / Л.Г. Ворошнин // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2008. – № 1. – С. 5–8.
19. Ворошнин, Л.Г. Химико-термическая обработка микрообъектов / Л.Г. Ворошнин, О.Л. Менделеева // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2008. – № 1. – С. 15–19.
20. Щербаков В. Г. Некоторые особенности получения диффузионно-легированных сплавов для индукционной наплавки из дисперсных отходов стали и чугуна в подвижных порошковых смесях / В. Г. Щербаков // Металлургия: республиканский межведомственный сборник научных трудов. – Минск : БНТУ, 2015. – Вып. 36 - С. 243-249.
21. Вращающаяся электрическая печь для химико-термической обработки сыпучего материала: пат. 15412 Респ. Беларусь; МПК7 F27B 7/14/ В.М. Константинов, О.П. Штемпель, В.Г. Щербаков; заяв. Бел. нац. техн. ун-т. - № а 20091415; заявл. 05.10.2009; опубл. 28.02.12 // Афіцыйны бюл. / Нац. центр інтэлектуал. уласнасці. 2012. №1. С. 143.
22. ГОСТ 11964-81. Дробь чугунная и стальная техническая.
23. Штемпель О. П. Интенсификация диффузионного легирования металлических порошков для защитных покрытий в подвижных порошковых смесях: дис. ... канд. техн. наук: 05.16.01 / О. П. Штемпель. – Новополоцк, 2003. – 166 с.
24. Химико-термическая обработка металлов и сплавов. Справочник. Под редакцией. Л.С. Ляховича. М.: Металлургия, 1981. 424 с.
25. Ворошнин Л. Г. Теория и практика получения защитных покрытий с помощью ХТО / Л. Г. Ворошнин, Ф. И. Пантелеенко, В. М. Константинов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск: ФТИ; Новополоцк: ПГУ, 2001. – 148 с.
26. Девойно О.Г., Калиниченко А.С., Кардопалова М.А. Лазерная обработка износостойких газотермических композиционных покрытий/ О.Г. Девойно, А.С. Калиниченко, М.А. Кардопалова. Минск: БНТУ, 2011.
27. Дашкевич В.Г. Поверхностно-легированная стальная проволока для наплавки деталей машин, работающих в условиях абразивного изнашивания: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.02.01 / В.Г. Дашкевич; ГНУ «Физико-технический институт Национальной академии наук Беларуси». - Минск, 2009. - 23 с.
28. Щербаков В. Г. Снижение температуры плавления диффузионно-легированных сплавов для индукционной наплавки / В.Г. Щербаков, Литъё и металлургия, 2014, № 74, с. 97-100.
29. Щербаков В.Г. Анализ путей снижения температуры плавления диффузионно-легированных наплавочных порошков // Инженерия

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ткачев В.Н. Индукционная наплавка твёрдых сплавов / В.Н. Ткачев, Б.М. Фиштейн, Н.В. Казинцев, Д.А. Алдырев. - М.: Машиностроение, 1970. – 182 с.
2. Шалаев П. О. Индукционная наплавка порошковых материалов в комбинированных защитных средах // Молодёжь и наука: Сборник материалов VI Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных [Электронный ресурс]. — Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2011.
3. Глушков Г.И., Лозинский М.Г. Новый метод наплавки твёрдых сплавов при индукционном нагреве / Г.И. Глушков, М.Г. Лозинский. – Вестник машиностроения 1951, №8, с. 28-34.
4. Вологдин В.В. Пайка и наплавка при индукционном нагреве / В.В. Вологдин. – М: Машиностроение, 1965. – 90 с.
5. Рябцев И.А. Индукционная наплавка / И.А. Рябцев. - Ремонт. Восстановление. Модернизация. — 2005. — № 11. — С. 37–40.
6. Хасуи А., Моригаки О. Наплавка и напыление / А. Хасуи, О. Моригаки. – М.: Машиностроение, 1985. – 240 с.
7. Гринберг Н.А., Лившиц Л.С. Наплавка деталей, работающих в условиях абразивного износа / Н.А. Гринберг, Л.С. Лившиц. – Автоматическая сварка, 1962, №7, с 18-24.
8. Колесов В.Г. Износостойкость наплавочных сплавов при работе в абразивной среде / В.Г. Колесов. – Сварочное производство, 1960, № 11, с 6-8.
9. Хрущёв М.М., Бабичев Н.А. Абразивное изнашивание / М.М. Хрущёв, Н.А. Бабичев. – М.: Наука, 1970. – 251с.
10. Велринцев В.И. Состояние производства и применение твёрдых износостойких наплавочных материалов в СССР и за рубежом / В сб. "Износостойкие наплавочные материалы и методы их наплавки". М.: МДНТИ, 1966. - Вып. 1.
11. ГОСТ 21448-75. Порошки и сплавы для наплавки. Технические условия.
12. АО «ПОЛЕМА». Продукция предприятия [Электронный ресурс] / URL: <http://www.polema.net/produkcija.html>.
13. Пантелеенко Е.Ф., Щербаков В.Г. Исследование диффузионно-легированных отходов стальной и чугуновой дроби для получения защитных покрытий / Е.Ф. Пантелеенко, В.Г. Щербаков // Литьё и металлургия, 2009, №50, с 176-181.
14. Борисов Ю.С. Порошки для газотермического напыления из отходов металлообработки: основы производства и перспективы применения / Ю.С. Борисов // Порошковая металлургия, 1989, №10, с 25-30.
15. Ворошнин Л.Г. Борирование промышленных сталей и чугунов:/ Л.Г. Ворошнин. – М.: Металлургия, 1981. — 260 с

поверхностного слоя деталей машин: Материалы II Международной науч.-практ. конф. Минск, 2010, БНТУ с. 119-120.

30. Щербаков В.Г., Чугаев П.С. Влияние кратковременного высокотемпературного воздействия и предварительного диффузионного легирования на температуру плавления сплавов на железной и медной основах / В.Г. Щербаков, П.С. Чугаев // Новые материалы и технологии: порошковая металлургия, композиционные материалы, защитные покрытия, сварка: материалы 10-й Междунар. науч. – техн. конф. Минск, 12-14 сент. 2012г. Минск: Беларуская навука, 2012.

31. Залкин В.М. Природа эвтектических сплавов и эффект контактного оплавления / В.М. Залкин, Москва: Металлургия, 1987. – 152 с.

32. Щербаков В. Г. Эффект контактного эвтектического плавления в диффузионно-легированных сплавах из металлических отходов производства при кратковременной высокотемпературной обработке концентрированными источниками энергии / В. Г. Щербаков // Металлургия: республиканский межведомственный сборник научных трудов. – Минск : БНТУ, 2016. – Вып. 37 - С. 108 - 117.

33. Щербаков В.Г. Предварительная высокотемпературная обработка диффузионно-легированных сплавов для индукционной наплавки // Современные методы и технологии создания и обработки материалов: Сб. науч. тр. В 3-х кн. Кн.2. Технологии и оборудование механической и физико-технической обработки. Минск: ФТИ НАН Беларуси, 2015. С 341-348.

34. ГОСТ 19265-73. Прутки и полосы из быстрорежущей стали.

35. Установка для обработки металлического порошка: пат. 10051 Респ. Беларусь; МПК7 F22B 1/00/ В.М. Константинов, Д.В. Дашкевич, В.Г. Щербаков; заяв. Бел. нац. техн. ун-т. - № u 20130804; заявл. 10.08.2013; опубл. 30.04.2014

36. Константинов В.М. Многофункциональная научно-исследовательская установка индукционного нагрева сталей и сплавов / В.М. Константинов и др. // Сборник металлургия ТВЧ -2, 2015.

37. ГОСТ 1050-88. Прокат сортовой, калиброванный, со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной стали. Общие технические условия.

38. ГОСТ 5640-68. Сталь. Металлографический метод оценки микроструктуры листов и ленты.

39. ГОСТ 2999-75. Металлы и сплавы. Методы измерения твердости по Виккерсу.

40. Дьяконов О.М. Исследование физико-химических и механических свойств стальной и чугуновой стружки / О.М. Дьяконов. Литье и металлургия, 2009, №53, с. 161-173.

41. Крукович М.Г., Прусаков Б.А., Сизов И.Г. Пластичность боридных слоёв / М.Г. Крукович, Б.А. Прусаков, И.Г. Сизов. Москва, Физматлит: 2010. – 384 с.

42. Приходько Н.А. Исследование наплавляемости диффузионно-легированного бором сплава на основе стружки из быстрорежущей стали

Р6М5 / Н.А. Приходько; научн. рук. В.Г. Щербаков // Литье и металлургия 2019: сборник научных работ II Международной научно-практической конференции студентов и магистрантов, 15 – 16 ноября 2019 года / Белорусский национальный технический университет, Механико-технологический факультет. Материаловедение в машиностроении. – Минск: БНТУ, 2019. – С. 37–38.

43. Щербаков В.Г. Диффузионно-легированные сплавы из чугуновых отходов для индукционной наплавки защитных покрытий / В.Г. Щербаков, Н.А. Приходько // IV Всероссийская молодежная научно-практическая школа "Упрочняющие технологии и функциональные покрытия в машиностроении" с международным участием, Кемерово, Россия 2018.