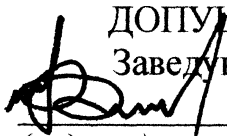


**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ

КАФЕДРА «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ В МАШИНОСТРОЕНИИ»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
 В.М. Константинов
(подпись)
« 06 » 12 2019 г.

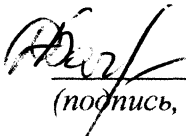
МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание степени магистра техники и технологии

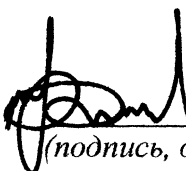
**ИЗУЧЕНИЕ ОЦИНКОВАННЫХ СТАЛЬНЫХ КРЕПЕЖНЫХ
ЭЛЕМЕНТОВ УЗЛОВ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ**

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

Магистрант

 05.12.19, Д.Н. Бачило
(подпись, дата)

Руководитель
д.т.н., профессор

 06.12.19 В.М. Константинов
(подпись, дата)

Минск 2019

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация 71 с., 34 рисунка, 10 таблиц, 2 приложения
АТТРАКЦИОН, КРЕПЕЖНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ, АНТИКОРРОЗИОННОЕ
ПОКРЫТИЕ, ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ, ДОЛГОВЕЧНОСТЬ, УДАРНАЯ
ВЯЗКОСТЬ, ДИНАМИЧЕСКАЯ НАГРУЗКА, ПРЕДЕЛ ПРОЧНОСТИ,
ПРЕДЕЛ ТЕКУЧЕСТИ, ГРУЗОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ, НЕРАЗРУШАЮЩИЙ
КОНТРОЛЬ.

Объектом исследования являются образцы для испытаний на
растяжение, образцы для испытаний на ударную вязкость и пальцы
крепления гидроцилиндров аттракциона «Калипсо» из стали 40Х с
различными антикоррозионными покрытиями.

Целью данной работы является проведение исследования по выбору
метода нанесения цинкового покрытия на крепежные элементы
металлоконструкций аттракционов, которое позволило бы обеспечить
сохранение механических свойств для последующего обоснованного и
эффективного применения на практике.

Проведены исследования образцов для испытаний на разрыв и ударную
вязкость из стали 40Х без покрытия, с гальваническим цинковым покрытием
и с термодиффузионным цинковым покрытием. Выполнено сравнение
механических свойств данных образцов, характер излома, толщина и адгезия
покрытия и коррозионная стойкость. Проведены грузовые испытания
пальцев крепления гидроцилиндров с термодиффузионным цинковым
покрытием, установленных на аттракционе «Калипсо», в течение 20 рабочих
циклов при максимально допустимых нагрузках. После испытаний выполнен
магнитопорошковый и ультразвуковой контроль пальцев.

Сделано заключение, что применение на практике крепежных элементов
аттракционов с термодиффузионным цинковым покрытием является
эффективным и обоснованным по параметрам эксплуатационных
характеристик.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Правила по обеспечению промышленной безопасности аттракционов, утвержденные постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь 13.09.2009 № 52 (в редакции постановления Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 20.08.2012 N 42, от 16.06.2015 N 29). С. 66
2. Баландин Ю.А., Колпаков А.С., Жарков Е.В. Диффузионное многокомпонентное цинкование стали 40Х в виброкипящем слое. // МиТОМ 2009. №1 с.46-49
3. Баландин Ю.А., Колпаков А.С., Жарков Е.В. Диффузионное цинкование в псевдоожигенном слое. // МиТОМ 2006. №4 с. 37-39
4. Термохимическое диффузионное цинкование. <http://elektrob.md6.ru/content>
5. Док. Дж. Дефранк, Покрытие Zinga. <http://www.zinga.ru>
6. С.М. Бостынец Магистерская диссертация «Модернизация оборудования диффузионного цинкования», 2010. С. 113
7. Материалы ЗАО Институт защитных покрытий <http://www.termit-spb.ru>.
8. ГОСТ 9.307 – 89. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия цинковые горячие. Общие требования и методы контроля. С. 8
9. В.М. Чертов, Новые способы цинкования // Технология машиностроения, 2007, №11 С. 10-12.
10. Заваров, А.С., Баскаков, А.П., Грачев, С.В. Химико-термическая обработка в кипящем слое. Москва: Машиностроение, 1985. - 160 с.
11. Баландин, Ю.А., Колпаков, А.С., Жарков, Е.В. Диффузионное комплексное цинкование как способ повышения коррозионной стойкости стали // Автомобильная промышленность, 2006, №11, С. 31-
12. Проскуркин, Е.В., Горбунов, Н.С. Диффузионные цинковые покрытия. - Москва: Металлургия, 1972. – 248 с.

13. Экологически чистая технология цинкования // "Металлы. Технологии и Оборудование" №36 (819) 31.08.2009 С.1-4
14. Д. А. Вольтман // "Строительные материалы и технологии" Красная линия, 2005, №5
15. Н.И. Сотсков, Б.М. Жуков, Промышленное и гражданское строительство 5/2009, Исследование физико-химических и технологических процессов при термодиффузионном цинковании, с 28-31.
16. Ю.Д. Третьяков, Твердофазные реакции. Москва.: Химия, 1978. 360с.
17. Л.Г. Ворошнин, О.Л. Менделеева, В.А. Сметкин, Лабораторный практикум: Теория и технология химико-термической обработки, Минск.: БНТУ, 2006, 199с.
18. ООО "НПП Электрохимия", www.zctc.ru.
19. Магистерская диссертация Булойчик И.А. «Изучение перспективных, высокопроизводительных, экономичных и экологически безопасных технологий термодиффузионного цинкования. Поиск путей повышения эффективности цинкования в порошковых насыщающих средах». 2011. С.99
20. Danger, Elisabeth, Pohl, Martin, Патент, Thin Film Coating Systems, US № 2006/0159858 A1, 20.07.2006
21. Твердомеры портативные ультразвуковые ТКМ-459 (модификации ТКМ-459С, ТКМ-459М) Руководство по эксплуатации, Санкт-Петербург
22. П. <https://pek.by/tkm-459/>
23. ГОСТ 9454-78 «Металлы. Метод испытания на ударный изгиб при пониженных, комнатной и повышенных температурах». Москва. с.12
24. ГОСТ 1497-84. «Металлы. Методы испытаний на растяжение» Москва, с.26
25. ГОСТ 21105-87 «Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод», Москва 06.06.2003. с.15
26. ГОСТ 14782-86 «Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые». Москва. с.27

27. www.zinga.ru. [Электронный ресурс] / Уникальный способ цинкования.
– Режим доступа: <http://www.zinga.ru/>.– Дата доступа: 12.03.2011.
28. Фришберг И.В.; Исаков В.В.; Кишкопаров Н.В. Патент, Способ изготовления порошковой смеси для термодиффузионного цинкования, RUS 2180018 C23C10/28, C23C30/00 27.02.2002
29. Ю.А. Баландин, А.В. Папшев, Способ диффузионного цинкования металлических материалов, Патент, RU, 2221899 RU C23C10/36, 13.06.2002.
30. Справочник: Осаждение в газовой фазе / Под редакцией К. Пауэлла, Дж. Оксли и Дж. лочера; пер. с англ. Москва, Атомиздат, 1970, 472 с.
31. Азотирование и карбонитрирование / Чаттерджи-Фишер Р., Эйзель Ф.В. и др. Пер. с нем. Под ред. А.В. Супова, Москва.: Металлургия, 1990, - 279 с.
32. Е.В. Проскуркин, Защитные цинковые покрытия: сопоставительный анализ свойств, рациональные области применения // Оборудование, 2005, С. 66-71.
33. P. Volovitch, C. Allely, K. Ogle, Understanding corrosion via corrosion product characterization: I. Case study of the role of Mg alloying in Zn–Mg coating on steel, *Corrosion Science*. 51 (2009) 1251–1262.
34. Константинов В.М., Булойчик И.А. Some aspects of sherardizing implementation during anticorrosive defence of heat-treated metal parts. IOP Conference Series. Materials Science and Engineering 71/ 012063. 2015.
35. Константинов В.М., Гурченко П.С., Булойчик И.А. Разработка совмещенного процесса термической и антикоррозионной обработки стальных деталей автотехники, Международная научно-техническая конференция «Инновации в машиностроении-2014, Минск 2014 том 3, С. 384-387.
36. Гурченко П.С., Галимский А.И., Булойчик И.А., Ковшик А.И. «Исследование влияния формирования цинковых интерметаллидных диффузионных слоев на изменение ударной вязкости стали 65Г»

37. Отчет № 1609-27-1613 из лаборатории ТТМ в Кливленде, штат Огайо.
38. Отчет № D276392 от Прикладной технической службы, Мариетт, Джорджия.
39. М. Горбани, Покрытие металлов, Том 1, Институт Шарифского научного издания университета, 1999.
40. www.macleapower.com
41. Оладис Троконис де Ринкон, Хесус Людвич, Энни, Уэрта, Нельсон Ромеро, Матильда Ферандес де Ромеро, Орландо Перес, Уильям Компос и Альфредо Наварро. Исследование «Диффузионное цинковое, алюминиевое и цинковое покрытие на стали», с. (28-39), июнь 1997 г.
42. К. Осиниски, Г.Ф. Бастин, Реакция между сплавом Fe (Si) и Zn при 668К, Материалы 12-й Международной конференции по цинкованию, стр. (29 / 1-29 / 5), Париж, 1979.
43. Levinski жВ.А1. Патент США: 6,171,359. 9 января 2001 года
44. ГОСТ 17769-83 Изделия крепежные. Правила приемки. *Москва. с.11*
45. ГОСТ 9.302-88 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Методы контроля, *Москва. с.40*.
46. ГОСТ 9.301-86 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Общие требования. *Москва. с.16*
47. Константинов В. М. Булойчик И.А. Анализ перспективных технологий цинкования в условиях современного производства. Сборник научных работ студентов БНТУ, 2010.
48. В.М. Чертов, Новые способы цинкования // Технология машиностроения, 2007, №11 С. 10-12.
49. Константинов В.М. Булойчик И.А. Технико-экономическая оценка целесообразности применения метода термодиффузионного цинкования // Международная научно-техническая конференция

- «Ресурсо - и энергосберегающие технологии и оборудование, экологически безопасные технологии»-24-26.11.2010г.
50. Константинов В.М. Булойчик И.А. Технико-экономическая оценка целесообразности применения метода термодиффузионного цинкования // Международная научно-техническая конференция «Ресурсо - и энергосберегающие технологии и оборудование, экологически безопасные технологии»-24-26.11.2010г.
51. ООО «Мир гальваники». [Электронный ресурс] / Получение химико-механических цинковых покрытий на высокопрочных термообработанных сталях. – Режим доступа: http://www.galvanicworld.com/articles/articles_138.html – Дата доступа: 02.02.2011.
52. ЗАО Институт защитных покрытий. [Электронный ресурс] / Сравнительный анализ методов цинкования. – Режим доступа: <http://www.termit-spb.ru/information.htm>. – Дата доступа: 02.12.2011.
53. ГОСТ Р 50793-95 Болты с шестигранной головкой с резьбой до головки классов точности А и В. Технические условия.
54. Avraham Sheinkman, Itzhak Rosenthul, Патент, Methods of preparing thin polymetal diffusion coatings, US № 2010/0215980 A1 C23C 24/08, 26.08.2010.
55. П.А. Витязь, Р.О. Азизов, М.А. Белоцерковский, Упрочнение газотермических покрытий, Минск, Бестпринт, 2004, 192 С.