

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт

Кафедра «Конструкторско-технологического обеспечения
машиностроительных производств»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ М. П. Головин

подпись

«_____» _____ 2018 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

09.03.01 – Информатика и вычислительная техника

Исследование свойств электроконтактных порошковых материалов

Научный руководитель

подпись, дата

доц., канд. тех. наук Н.А. Колбасина

Выпускник

подпись, дата

А. А. Пьянзин

Нормоконтролер

подпись, дата

доц., канд. тех. наук Н.А. Колбасина

Красноярск 2018

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Исследование свойств электроконтактных порошковых материалов» содержит 41 страницу текстового документа, 7 страниц приложений, 11 использованных источников.

ПОРОШКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ЭЛЕКТРОКОНТАКТЫ, УДЕЛЬНОЕ ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЕ.

Объект – порошковые композиты для разрывных электроконтактов.

Цель работы: определение удельного электросопротивления контактных порошковых материалов с помощью конечно-элементных методов.

Задачи:

1. Исследование методов определения удельного электросопротивления композитных материалов.
2. Разработка расчетной конечно-элементной модели для определения удельного электросопротивления контактных порошковых материалов, оценка достоверности на основе экспериментальных данных и аналитических моделей.
3. Разработка программного продукта для автоматизированного построения расчетной конечно-элементной модели с учетом изменения варьируемых параметров.
4. Анализ влияния различных геометрических факторов образцов на удельное электросопротивление контактных материалов.

В результате проделанной работы были рассмотрены способы определения удельного электросопротивления порошковых композитов, разработана расчетная конечно-элементная модель, разработано приложение, автоматизирующее процесс создания расчетной модели и проведена оценка влияния различных параметров на удельное электросопротивление порошковых композитов.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Информационный обзор.....	7
1.1 Структура порошковых композитов.....	7
1.2 Получение порошковых композитов.....	8
1.3 Методы определения удельного электросопротивления.....	11
1.3.1 Экспериментальные методы.....	11
1.3.2 Аналитические методы.....	15
1.3.3 Конечно-элементные методы.....	18
1.4 Обзор программных продуктов.....	20
2 Разработка конечно-элементной модели.....	21
2.1 Этапы разработки конечно-элементной модели для определение удельного электросопротивления.....	21
2.2 Проверка работоспособности конечно-элементной модели.....	25
2.3 Разработка программного продукта для автоматизации построения расчетной модели.....	35
3 Накопление экспериментальных данных.....	37
3.1 Оценка влияния различных параметров структуры на величину удельного электросопротивления порошкового композита.....	37
3.2 Сравнение результатов расчетов с экспериментальными данными.....	40
Заключение.....	42
Список использованных источников.....	43
Приложение А.....	44

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время к электрическим контактам предъявляются высокие требования: они должны быть термически, химически и механически устойчивы, иметь малое электросопротивление, обладать эрозийной стойкостью и др. Получение материалов с подобными характеристиками методами традиционной металлургии невозможно.

Порошковая металлургия – область металлургии, занимающаяся получением порошков металлов и их соединений и изготовлением из них изделий без процесса плавления.

Главными достоинствами методов порошковой металлургии являются:

1. Возможность изготовления изделий из тугоплавких металлов и соединений;
2. Экономия материала вследствие получения деталей высокой точности с минимальной степенью последующей механической обработки (не более 1-3% отходов);
3. Получение материалов высокой чистоты;
4. Простота технологии.

Электроконтакты делятся на два типа:

- Разрывные;
- Скользящие.

Материалы разрывных контактов должны обладать хорошими тепло- и электропроводными характеристиками, малым контактным сопротивлением, не свариваться в процессе работы, не разрушаться под воздействием электрической дуги. Критические сила тока и напряжение должны быть как можно большими. Для высоковольтных разрывных контактов используются материалы вольфрам-серебро-никель или железо-медь. Пористая матрица из тугоплавкого металла (вольфрам) пропитывается более легкоплавким металлом (серебро, медь). Для низковольтной и слаботочной аппаратуры широко применяются материалы на основе серебра с добавлением никеля, оксида кадмия и других материалов. Также используются медно-графитовые материалы.

Скользящие контакты применяются в коллекторных электрических машинах, электрическом транспорте, приборах. Они представляют собой пары трения, обладающие хорошими антифрикционными характеристиками, при этом контакт должен быть мягче, чтобы не изнашивать контртело, так как замена скользящего контакта гораздо более простая операция, чем замена коллектора или привода. Для улучшения антифрикционных характеристик в состав материалов вводятся твердые смазки (графит, дисульфид молибдена, гексагональный нитрид бора).

Материалы для различных контактов, совмещающие описанные выше характеристики, возможно создать только используя методы порошковой металлургии.

Наиболее распространенным на сегодняшний день в низковольтной аппаратуре материалом для разрывных электроконтактов является композит серебро-оксид кадмия (Ag-CdO). Он отвечает всем требующимся характеристикам: высокая тепло- и электропроводимость, малое контактное сопротивление, хорошие дугогасящие свойства, высокое сопротивление сварке.

Однако существенным недостатком данного композита является высокая токсичность оксида кадмия. Оксид кадмия – специфическое загрязняющее вещество первого класса опасности, вдыхание его паров может привести к летальному исходу. Таким образом, высока актуальность замены токсичного оксида кадмия на безопасные компоненты, отвечающие всем требованиям разрывных электроконтактов. На сегодня такими материалами являются оксид цинка (ZnO) и двуокись олова (SnO₂).

Так как продуктами порошковой металлургии являются композитные материалы, то создание нового материала или даже незначительное изменение уже существующего состава приводит к изменению всех свойств композита, что практически невозможно предугадать без проведения экспериментов по определению тех или иных характеристик нового материала. Разработка нового состава является достаточно длительным процессом. На характеристики порошковых электроконтактов влияет большое количество факторов: размеры и форма используемых порошков, процентное соотношение компонентов, технология изготовления, дисперсность порошков и др. Таким образом, для определения необходимого состава материала может потребоваться проведение большого количества экспериментов. Поэтому высока актуальность разработки методов прогнозирования свойств композитов без проведения натуральных экспериментов.

Цель: определение удельного электросопротивления контактных порошковых материалов с помощью конечно-элементных методов.

Задачи:

1. Исследование методов определения удельного электросопротивления композитных материалов.
2. Разработка расчетной конечно-элементной модели для определения удельного электросопротивления контактных порошковых материалов, оценка достоверности на основе экспериментальных данных и аналитических моделей.
3. Разработка программного продукта для автоматизированного построения расчетной конечно-элементной модели с учетом изменения варьируемых параметров.
4. Анализ влияния различных геометрических факторов образцов на удельное электросопротивление контактных материалов.

Из работы изъяты главы 1, 2, 3, приложение А (основное содержание работы)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проделанной работы были получены следующие результаты:

- проведен обзор методов определения удельного электросопротивления порошковых контактных композитов;
- разработана расчетная конечно-элементная модель для определения удельного электросопротивления контактных порошковых материалов. Была проведена оценка ее достоверности методом сравнения с аналитическими расчетами, в результате которой результаты расчетов сошлись;
- разработано приложение, автоматизирующее процесс создания расчетной конечно-элементной модели, и проверено его работоспособность;
- проведен анализ влияния различных факторов на удельную электропроводность порошковых композитов. Также было проведено сравнение экспериментальных данных с результатами конечно-элементных расчетов, показавшее совпадение результатов с коэффициентом 1,3.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Talijan, N. M. Electrical contact materials based on silver, *Zaštita materijala*, 52(3) (2011) 173-180. ISSN 0351-9465; UDC: 669.227:621.3.066
2. Зеер, Г. М. Исследование микроструктуры и свойств электроконтактного материала серебро–нанопорошок оксида цинка / Г. М. Зеер // *Физика металлов и металловедение*. – 2012. – Т. 113, № 9. – С. 951–955.
3. Классификация методов получения порошков [Электронный ресурс] Режим доступа: https://studopedia.ru/2_9452_mehanicheskie-metodi-polucheniya-poroshkov.html
4. Павлов, Л.П. Методы измерения параметров полупроводниковых материалов. – Москва.: Наука, 1987. – 386 с.
5. ГОСТ 25947-83 (СТ СЭВ 3914-82) Сплавы твердые спеченные. Метод определения удельного электрического сопротивления (с Изменением N 1). Введ. 01.01.1985. – М.: Гос. комитет СССР по стандартам. 1984 г.
6. Николаева, Н. С. Синтез высокодисперсных порошков и композитов $Ag/Zn_{1-x}(Al, Ga, In)_xO$ для электроконтактов: дис. канд. тех. наук: 05.16.06/ Николаева Наталия Сергеевна. – Красноярск, 2014.
7. Кравченко, А. И. Расчёт электропроводности двухфазного материала с помощью решёточной модели. Харьковский физико-технический институт. ISSN 1562-6016. ВАНТ. 2014. №1(89)
8. Измайлов, В. В. Две модели для расчета удельного электросопротивления дисперсного электрофрикционного материала: Межвузовский сборник научных трудов, Выпуск 8 / В. В. Измайлов, М. В. Новоселова. – Тверь: Тверской государственный технический университет, 2001 – С. 49-56.
9. Матвеев, Е. Р. Анализ компьютерных моделей для расчёта относительного удельного электросопротивления дисперсного электропровод. Межвуз. сб. науч. тр. / Под ред. Н.Б. Демкина. Тверь: ТГТУ, 2005. – С. 103-108.
10. Интерфейс Ansys Mechanical [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://3dtoday.ru/blogs/dagov/ansys-mechanical-interface>
11. ANSYS Maxwell [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://cae-expert.ru/product/ansys-maxwell>

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт

Кафедра «Конструкторско-технологического обеспечения
машиностроительных производств»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

М. П. Головин

подпись

« 2 » июня 2018 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

09.03.01 – Информатика и вычислительная техника

Исследование свойств электроконтактных порошковых материалов

Научный руководитель Колбасина доц., канд. тех. наук Н.А. Колбасина

подпись, дата

Выпускник

А. А. Пьянзин

А. А. Пьянзин

подпись, дата

Нормоконтролер

Колбасина доц., канд. тех. наук Н.А. Колбасина

подпись, дата

Красноярск 2018