

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

Политехнический институт
Кафедра Материаловедение и технологии обработки материалов

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
В.И. Темных
(подпись)
« » 2016 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Направление 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов
Профиль 22.03.01.07 Материаловедение и технологии материалов в машино-
строении

**ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ, ЭЛЕМЕНТНОГО И
ФАЗОВОГО СОСТАВА ЭЛЕКТРОКОНТАКТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА
ОСНОВЕ СЕРЕБРА**

Научный руководитель
кандидат технических наук

(подпись) 27.06.16 Г.М. Зеер
(подпись, дата)

Выпускник

(подпись) 27.06.16 М.К. Головков
(подпись, дата)

Нормоконтроль

20.06.16 *(подпись)* Л.А. Свечникова
(подпись, дата)

Красноярск 2016

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 Электроконтактные материалы	5
1.1 Электроконтактные материалы различного назначения	5
1.2 Электроконтактные материалы для низковольтной аппаратуры	7
1.3 Контактное сопротивление	11
1.4 Электрическая эрозия при коммутации электрических цепей	15
1.5 Выбор материалов для электрических контактов	17
1.6 Технология изготовления разрывных электроконтактов	19
2 Методики исследования электрических контактов.....	23
2.1 Методика получения образцов электроконтактных материалов на основе серебра	23
2.2 Методика измерения плотности и расчета пористости	24
2.3 Методика измерения твердости.....	25
2.4 Методики исследования микроструктуры и элементного состава электроконтактов	26
2.5 Лабораторные испытания на электроэрозионный износ	27
3 Результаты экспериментальных исследований электроконтактных материалов на основе серебра.....	28
3.1 Характеристика исходных материалов и технологические режимы разрабатываемых электроконтактов на основе серебра	28
3.2 Физико-механические свойства электроконтактных материалов	31
3.3 Исследование микроструктуры и элементного состава электроконтактов	33
3.4 Испытания контактов на электроэрозионный износ.....	37
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	44
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	46

ВВЕДЕНИЕ

Работа большого числа электрических приборов (реле, контакторов, выключателей) основана на использовании разрывных контактов, производящих периодическое замыкание и размыкание электрической цепи. Разрывные контакты в процессе эксплуатации разрушаются в результате действия электрической дуги, прохождения номинального тока, токов перегрузки и короткого замыкания, влияния динамических нагрузок различной природы, термических напряжений и коррозионного воздействия окружающей среды. Для большинства контактных материалов характерна хорошая электро- и теплопроводность, причем электроконтактные материалы при прохождении электрического тока должны как можно меньше нагреваться, а при нагреве не должны разрушаться. Необходимо обеспечить устойчивость контактного материала к атмосферной коррозии и микроклимату, существующему в коммутационном устройстве. Для разрывных контактов низковольтных аппаратов используют композиционные материалы на основе серебра, которые обладают низким переходным сопротивлением, высокими электро- и теплопроводностью.

В разрывных электроконтактах на основе Ag в качестве функциональной добавки, придающей контактам высокий уровень служебных свойств, используются оксиды металлов, например: Cd, Zn, Sn, Cu и др. Более высокими дугогасящими свойствами обладает CdO, повышает механические свойства электроконтактного материала, увеличивает вязкость расплава, уменьшая разбрызгивание, диссоциация CdO приводит к понижению тепловой нагрузки на матрицу и одновременно понижает стабильность дуги и ее температуру, способствуя деконцентрации тепловой энергии. Однако CdO обладает высокими токсичными характеристиками.

Альтернативой замены оксида кадмия в составе контакта является ZnO, так как физико-химические свойства цинка подобны свойствам кадмия, кроме того ZnO в отличие от CdO нетоксичен.

Целью данной работы является изготовление и исследование микроструктуры, элементного и фазового состава электроконтактного материала с добавками смеси нанопорошков оксидов цинка и титана

Задачи:

1 Провести анализ литературы по технологии изготовления, составам и свойствам электроконтактных материалов на основе серебра.

2 Изготовить образцы электроконтактных материалов на основе серебра, дисперсно-упрочнённых нанопорошками Ni, ZnO, TiO₂.

3 Изучить физико-механические и эксплуатационные свойства разработанных электроконтактных материалов.

4 Исследовать микроструктуру и элементный состав, выявить фазы, формирующие структуру электроконтактов до и после эксплуатационных испытаний.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Получены образцы контактных материалов на основе серебра, которые содержат 0,2 вес. % TiO_2 , 4 вес. % Ni, содержание ZnO варьировалось от 1 до 3 вес. %, остальное – Ag.

Образцы электроконтактов изготавливались по технологии порошковой металлургии. Смешивание порошков производили под воздействием ультразвуковых колебаний в два этапа: 1 этап – смешивание нанопорошков оксидов титана и цинка в течение 20 мин, 2 этап – добавление в шихту оксидов порошков никеля и серебра и смешивание в течение 30 мин. Прессование осуществляли в жесткой матрице при удельном давлении $P = 1,5$ т. Спекание в вакууме при температуре $T = 850$ °С в течение 2-х часов, допрессовывание при удельном давлении $P = 10$ т, отжиг для снятия остаточных напряжений при $T = 500$ °С в течение 1-го часа.

На спечённых образцах электроконтактов измерена плотность – методом гидростатического взвешивания на аналитических весах Mettler Toledo XP205, укомплектованных приспособлением, позволяющим проводить взвешивание на воздухе и в жидкости, рассчитана пористость, твердость – методом вдавливания стального закаленного шарика диаметром 1,588 мм (шкала F) на приборе Роквелла. Микроструктура образцов, элементный состав фаз исследованы электронно-микроскопическими методами с помощью растрового электронного микроскопа JEOL JSM 7001F, укомплектованного энергодисперсионным спектрометром.

Выявлено, что плотность и твердость зависят от содержания оксидных добавок и уменьшаются с их увеличением, пористость при этом незначительно увеличивается. Определены фазы, формирующие микроструктуру спечённых образцов электроконтактных материалов – TiO_2 , ZnO, Zn_2TiO_4 , ZnTiO_3 . Короткие цепочки оксидных фаз и никель равномерно расположены по границам зерен серебра, не формируя непрерывного каркаса, что важно для электрических свойств контактов. Максимальные

твердость, плотность и минимальная пористость получены на образце с минимальным содержанием нанопорошков оксидов цинка и титана (суммарное количество – 1.2 вес. %).

Исследование микроструктуры и элементного состава фаз показало более равномерное распределение дисперсных оксидных фаз (размером 1–5 мкм) в образцах, содержащих 2 вес. % ZnO. Дальнейшее увеличение количества ZnO приводит к росту оксидных фаз до 5–7 мкм.

Анализ микроструктуры и элементного состава фаз, на рабочей поверхности и в слое наработки образцов, показывает, что при содержании 1–2 вес. % ZnO в исходной шихте глубина слоя наработки составляет 53 ± 15 мкм. При этом слой наработки формируется кристаллами серебра, никеля и оксида никеля. При содержании 3 % ZnO произошло сваривание контактов после 50 циклов включения-выключения, что свидетельствует о превышении оптимальной концентрации оксидов в материале образцов.

Анализ полученных результатов показал, что наиболее удовлетворяющим эксплуатационным свойствам является электроконтактный материал, в составе которого 2 вес. % ZnO.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Шатт В. Порошковая металлургия. Спеченные и композиционные материалы / В. Шатт. – М : 1983. – 520 с.
- 2 Holm Н. Electric Contacts/Н.Holm - Berlin. Verlang :2010. -421р.
- 3 Таев И.С. Электрические контакты и дугогасительные устройства аппаратов низкого напряжения/ И.С.Таев. – М: Энергия, 1975. – 423 с.
- 4 Бредихин, А.Н. Электрические контактные соединения /А.Н.Бредихин, М.В.Хомяков. – Энергия, 1980. – 168с.
- 5 Гнесин Г. Спеченные материалы для электротехники и электроники: справочник / Г. Гнесин. – М: Металлургия, 1981. – 343 с.
- 6 Арзамасов, Б. Н. Материаловедение: учебник для вузов / Б. Н. Арзамасов, Г. Г. Мухин и др ; под общей редакцией Б. Н. Арзамасова, Г. Г. Мухина. – 3-е изд., стереотип. – М: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. – 648 с.
- 7 Применение серебра: обзор /Л.Т. Денисова, Н.В. Белоусова, В.М.Денисов, В.В. Иванов. – М : 2009. -250-277с.
- 8 Григорьев А.А. Анализ физических процессов износа электрических контактов коммутационных низковольтных аппаратов / А. А. Григорьев, М. А. Ваткина. – Чебоксары : Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева, 2014. - 1-6с.
- 9 Comparison of properties of silver-metal oxide electrical contact materials / V. Ćosović, N. Talijan, , D. Živković, D. Minić, Ž. Živković. - Institute of Chemistry, Technology and Metallurgy, University of Belgrade, 2012. – 1–3р.
- 10 The Laboratory Equipment for the Prompt Functional Properties Measurement of Electrocontact Materials/ V.V. Ivanov, A.V. Sidorak, A.A.Shubin, I.N. Kotlyarov. – Siberian Federal University, 2014. – 6р.
- 11 Радько И.П. Низковольтные электрические контакты / И.П. Радько. – Киев Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, 2011. – 11с.

12 Буткевич Г.В Дуговые процессы при коммутации электрических цепей/ Г.В. Буткевич. – М: Энергия, 1973. – 172 с.

13 Микроструктура и свойства медного электроконтактного материала с добавками нанодисперсного диоксида титана / Г.М. Зеер, Е.Г. Зеленкова, А.В. Сидорак, О.Н. Ледяева, М.Ю. Кучинский : Журнал технической физики, 2013.

14 Либенсон. Г.А.Производство порошковых изделий / Г.А.Либенсон. – 2-е изд. – М: Metallургия, 1990. – 240с.

15 Мастеров В.А. Серебро, сплавы и биметаллы на его основе: справочник / В.А. Мастеров, Ю.В. Саксонов. – М: Metallургия, 1979. – 296 с.

16 ГОСТ 2789-73 Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики – Введ. 07.05.80 – Москва: Госстандарт России, ИПК Издательство стандартов, 2001, 4 с.

17 Браунович М. Электрические контакты: учебно-справочное руководство / М. Браунович, Н. К. Мышкин, В. В. Кончиц.– Долгопрудный : Интеллект, 2008. – 558 с.

18 Никифорова Э.М. Теоритические основы, технология получения и свойства порошковых материалов: курс лекций / Э. М. Никифорова, О.А. Артемьева, А.Г. Верхотуров. – Электрон.дан. – Красноярск: ИПК СФУ, 2009.

19 Райченко А.И. Основы процесса спекания порошков пропусканием электрического тока/ А.И. Райченко. –М: Metallургия, 1987 – 128 с.

20 ГОСТ 9013-59 Металлы. Метод измерения твердости по Роквеллу. – Введ. 04.02.59. – Москва: Госстандарт России, ИПК Издательство стандартов, 2001, 7 с.

21 Сидорак А.В Стенд для эрозионных испытаний материалов разрывных электроконтактов / А.В.Сидорак, И.Н.Котляров, А.А.Шубин // Сибирский федеральный ун-т. – Красноярск, 1997/98.

22 Григорьева Е.С. Справочник физических величин / Е.С. Григорьев, Е.З. Мейлихова: Энергоатомиздат, 1995. – 1234 с.

23 Влияние содержания и дисперсности оксидов на эрозионную стойкость и стойкость против сваривания контактов из композиционных материалов на основе серебра: /М. П. Афонин, М. Н. Овчинникова – НПО «Благовест», г. Истра, Московская обл., Россия 2010, 3 с.

24 Процессы порошковой металлургии. Т.2 Формование и спекание: учебник для вузов //Либенсон Г.А, Лопатин В.Ю, Комарницкий Г.В – М. МИСИС. 2002 – 320 с.

25 Electrical contacts: principles and applications / Ed. by Paul G. Slade. – New York, 1999. – 1073 p.

26 Электрические аппараты (общий курс): Учебник для энергетических и электротехнических институтов и факультетов./ Изд. 2-е, перераб и доп. М., «Энергия», 1981 – 648 с.

27 Составы композиций электрических контактов для низковольтных электрических аппаратов: /Т.П. Павленко // Национальный технический университет «ХПИ», Харьков 2013, 5с

28 Микроструктура и свойства электроконтактного материала Cu–(ZnO/TiO₂): / Г.М. Зеер, Е.Г. Зеленкова, В.В. Белецкий, С.В. Николаев, А.Н. Кожурин, М.Ю. Кучинский, О.А. Григорьева // Журнал технической физики, 2015, 1–2с

29 Топорцев Н.А, Барзаковский В.П, Лапин В.В, Курцева Н.Н. Диаграммы состояния силикатных систем. Справочник. Выпуск первый. Изд. «Наука», Ленингр. 1969 – 822 с.

30 Jiang Y, Liu S. H, Chen J. L, Mao Y, Xie M, Sun X.D. // Materials Research Innovations, 2015. Vol. 19. I. S4. P. 152–156 p.

31 Намитоков К.К. Электроэрозионные явления / К.К. Намитоков. – М.: Энергия, 1978. – 456 с.

32 Брон О.Б. Потoki плазмы в электрической дуге выключающих аппаратов / О.Б. Брон – Л: Энергия. 1975 – 211 с.

33 Декабрун Н.Е. Контакты аппаратов низкого напряжения. – М.: Энергия, 1970. – 327 с.