

*О.Г. ВОЛКОВА*, канд. техн. наук, доц., ЗНТУ, Запорожье

## **ТРЕБОВАНИЯ К КОНТАКТНЫМ МАТЕРИАЛАМ КОММУТАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ**

Предложено перейти от использования в конструкциях силовых электрических аппаратов медных сплавов в качестве электроконтактных материалов на порошковые материалы. Представлен анализ состава порошкового материала и даны рекомендации по количественному составу легирующих компонентов в структуре медной матрицы. Отмечено, что сложное легирование медной порошковой матрицы проявляется эффектом синергетики, обусловленной каркасной структурой из легирующих компонентов, что придает образованным твердым растворам при достаточной пластичности более высокую прочность.

**Ключевые слова:** электрические контакты, порошковый материал, легирующий компонент, твердая смазка, электропроводность, теплопроводность.

**Введение.** Работа контактных пар коммутационных аппаратов сопровождается комплексом силовых и физико-химических воздействий, что приводит к изменению их формы и разрушению контактных поверхностей. Задача подбора материалов для контакт-деталей является основным направлением совершенствования работы коммутационных устройств. Как показывают результаты многочисленных исследований и практической эксплуатации литейные сплавы на основе меди, традиционно используемые в качестве контактных материалов исчерпали свои возможности, особенно в конструкциях силовых аппаратов [1].

**Анализ исследований.** Известно, что методами порошковой металлургии, практически из тех же компонентов можно получить новые, обладающие более широким спектром эксплуатационных и технологических характеристик контактные материалы. Трудно найти такие литейные материалы, которые обладали бы совокупностью свойств в полной мере удовлетворяющих требованиями современного электроаппаростроения, а именно:

- высокое сопротивление механическому износу;
- высокое сопротивление электроизносу;
- высокая теплопроводность;
- высокая электропроводность;
- высокая коррозионная стойкость;
- низкое и стабильное во времени сопротивление;
- равномерная подача смазки в зону трения;

© О.Г. Волкова, 2015

- электропроводность продуктов износа;
- технологичность материала;
- низкое влияние на рабочую среду;
- использование одноименных пар трения;
- электропроводность пленок окислов;
- старение сплавов;
- отсутствие дорогостоящих компонентов.

Кроме того, что порошковые материалы дают возможность получить аддитивное объединение свойств составляющих их компонентов, при отсутствии их химического взаимодействия, они позволяют объединять в одной структуре металлические порошки с неметаллическими твердыми включениями.

Однако, сведения о процессах, происходящих внутри порошковых материалов и на их поверхностях носят ограниченный характер, сложность изучения этих процессов заставляет искать их аналоги в других отраслях металлургии и переносить их в область контактного материаловедения.

**Цель работы.** Выделить основные требования, предъявляемые к контактному материалу сильноточных коммутационных устройств на основе порошковых материалов, а также, провести поиск оптимального соотношения легирующих компонентов в медной матрице, что способно придать контактному материалу более высокие свойства жаростойкости и прочности.

**Анализ влияния легирующих компонентов.** Очевидно, что в качестве матрицы большинства составов порошкового электоконтактного материала используется порошок меди, которая, не являясь дорогостоящим материалом, обладает достаточно хорошей тепло- и электропроводностью. Основным недостаткам меди в электроаппаратостроении относят низкую твердость и прочность особенно впри высокойтемпературе. Известно, что эти недостатки удастся снизить путем дисперсионного упрочнения легирующими элементами равномерно распределенными по матрице. При этом небольшое содержание упрочняющих фаз (не более 10%) существенно не влияет на электро- и теплопроводность меди, но повышает ее прочность. Наличие термостойких фаз таких элементов как Cr, Zrв структуре порошкового материала повышает его электроэрозионную стойкость. Из [2] известно, что в порядке возрастания воздействия на разупрочнение медной матрицы, при нагреве, легирующие элементы можно расположить в следующей последовательности:

Ni – Mn – Co – W – Mo – Si – V – Ti – Cr.

Таблица 1 – Исходный состав порошкового материала на основе меди

Состав шихты	Качественные характеристики компонентов	Физико-химическое влияние компонентов	Количественный состав компонентов
Медь	Электропроводность, относительная легкоплавкость	Адгезионная способность к легирующим компонентам	Все легирующие компоненты суммарно не должны превышать 10 %
Титан	Жаропрочность и горячая твердость, каркастность структуры, износостойкость, тормозящее действие разупрочнения	Повышение работы адгезии, стабилизирует атомы O, C, N	
Цирконий	Жаропрочность и горячая твердость, поглощение кислорода, блокирует рост оксидных пленок, каркастность структуры	Повышение работы адгезии, подавление окислительных процессов на контртеле, упрочнение матрицы	
Хром	Каркастность структуры, тугоплавкость, жаропрочность, повышение износостойкости, карбидообразователь, препятствует разупрочнению сплава	Повышение жаропрочности и длительной твердости при высокой температуре	
Графит	Электропроводность, смазочное действие до 300°С, карбидообразователь, очищает границы зерен от внедрения окислов, снижает усадку при спекании	Предотвращает свариваемость медных контакт-деталей при больших токах	
Дисульфид молибдена	Смазочное действие до 1000°С, электропроводность	Повышает растворимость титана в меди	

Замечено, что совмещение легирующих компонентов Ti, Zr, Cr в одном составе медной матрицы, способно вызвать образованию твердых растворов обладающих достаточной пластичностью и высокой прочностью. Это объясняется образованием каркасной структуры из легирующих компонентов и их карбидов в медной матрице. Наличие такой каркасной структуры приводит к перераспределению механических напряжений возникающих на поверхности и в теле контакт-детали. Считается, что такие материалы

испытывают эффект самоупрочнения при деформации, что приводит к поглощению энергии поступающей из зоны контактного взаимодействия [3]. В результате контакт-детали изготовленные из такого материала могут быть меньшего размера, а соответственно и меньшей массы при достаточно высокой прочности.

Твердые смазки, вводимые в состав порошкового материала, служат для снижения трения возникающего в зоне контактного взаимодействия, что дает возможность локализовать сдвиг поверхностных слоев на границе раздела твердая смазка и поверхность трения. В качестве твердой смазки в состав порошкового материала рекомендуется добавлять порошок графита и дисульфида молибдена [4].

**Выводы.** В результате анализа влияния легирующих компонентов на свойства контакт-деталей, изготовленных из порошкового материала, требования по количественному составу шихты порошкового материала могут быть представлены следующей табл. 1.

Более конкретно рекомендации по количественному составу шихты (матрица – медь, легирующие компоненты – Ti, Cr, Zr, C (графит) и MoS<sub>2</sub>) можно получить в результате лабораторных испытаний в условиях близких к эксплуатационным.

**Список литературы:** 1. Розенберг В.М., Николаев А.К. Особенности медных малолегируемых тепло- и электропроводных сплавов // Цветные металлы. – 1972. – №8. – С. 65-70. 2. Порошковая металлургия / Под. ред. Андриевского Р.А. – М.: Металлургия, 1983. – 519 с. 3. Портной К.И., Бабич Б.Н. Дисперсионно-упрочненные сплавы. – М.: Металлургия, 1974. – 195 с. 4. Либенсон Г.А. Производство порошковых изделий. – М.: Металлургия, 1990 – 238 с.

**Bibliography (transliterated):** 1. Rozenberg V.M., Nikolaev A.K. "Osobennosti mednykh malolegirovannykh teplo- i jelektroprovodnykh spлавov". *Cvetnyemetally*. 8 (1972): 65-70. Print. 2. Andrievskogo R.A. *Poroshkovaja metallurgija*. Moscow: Metallurgija, 1983. Print. 3. Portnoj K.I., Babich B.N. *Dispersionno-uprochnennyesplavy*. Moscow: Metallurgija, 1974. Print. 4. Libenson G.A. *Proizvodstvo poroshkovykh izdelij*. Moscow: Metallurgija, 1990. Print.

*Поступила (received) 23.10.2014*



**Волкова Ольга Григорьевна**, кандидат технических наук, доцент кафедры "Теоретической и общей электротехники" Запорожского национального технического университета. Защитила диплом инженера, диссертацию кандидата технических наук, последнюю в Харьковском политехническом институте по специальности электрические машины и аппараты в 2005, 2013 гг. соответственно. Научные интересы связаны с повышением надежности электрических разрывных контактов.