

- 3 Белый А.В., Кукареко В.А., Лободаева О.В. и др. Ионно-лучевая обработка металлов, сплавов и керамических материалов. Мн.: ФТИ, 1998. – 220 с.
- 4 Белый А.В., Кукареко В.А., Патеюк А. Инженерия поверхностей конструкционных материалов концентрированными потоками ионов азота. Мн.: Белорусская наука, 2007. – 244 с.
- 5 Wei R. // Surface and Coatings Technology. – Т. 83. – 1996. Р. 218-227.
- 6 А.В. Белый, В.А. Кукареко, А.Г. Кононов, В.И. Копылов, Ю.П. Шаркеев. // Трение и износ. – 2008. – Т. –29. – № 6. –С. 571-577.
- 7 A.V. Byeli, V.A. Kukareko, A.G. Kononov, V.L. Kopylov, Yu.P. Sharkeev, E.V. Legostaeva and A.Yu. Eroshenko // Proceedings of 9th International conference on modification of materials with particle beams and plasma plows, 21-26 September 2008. - Tomsk: Publishing house of the IAO SB RAS, 2008. - P.465-468.
- 8 Белый А.В., Кукареко В.А., Кононов А.Г., Копылов В.И., Шаркеев Ю.П. // Материалы международной научно-практической конференции «Состояние и перспективы трансплантологии», 8-10 октября 2008 г. - Минск: Белорусская наука, 2008. - С.142-147.
- 9 Белый А.В., Кукареко В.А., Кононов А.Г. Тезисы докладов международной научно-технической конференции «Поликомтриб-2009», 22-25 июня 2009 года, г. Гомель, Беларусь. – С.25
- 10 Шаркеев Ю.П., Поленичкин В.К., Кукареко В.А., Легостаева Е.В., Ерошенко А.Ю. Материалы международной научно-практической конференции «Состояние и перспективы трансплантологии», Минск: Белорусская наука, 2008. - С. 136-141.
- 11 Е.В. Легостаева, Ю.П. Шаркеев, В.А. Кукареко, А.Г. Кононов, Т.В. Толкачева // Материалы первой международной конференции «Наноструктурные материалы-2008», 22-25 апреля 2008г. - Минск: Белорусская наука, 2008. - С.92.

СОПРОТИВЛЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОРОШКОВ В СТРУКТУРАХ SiC-Co, SiC-Cu.

Лалетин В.М., Сарасеко М.Н.

ГНУ «Институт технической акустики НАН Беларуси», Витебск, Беларусь.

E-mail: saraseko@rambler.ru

Введение

Сопротивление порошка зависит от многих факторов. Это – размер частиц, их форма и структура, состояние поверхности, плотность порошка, природа материала [1]. Вследствие этого любые изменения в технологии получения порошка будут влиять на его удельное сопротивление. В настоящее время достаточно много внимания уделено исследованию проводимости металлических порошковых систем [2]. Однако, практически не исследовались порошки структуры диэлектрик-металл. Хотя в настоящее время они применяются в газодинамике для получения проводящих и защитных покрытий. Целью данной работы являлось исследование влияния плотности композиционных порошковых систем SiC-Co и SiC-Cu, полученных при различных технологических режимах, на их удельное сопротивление.

Эксперимент. Композиционные электропроводящие порошки были получены, используя технологию плакирования в растворах, описанных в работе [3]. Продолжительность реакции плакирования составляла для кобальтирования (SiC-Co) 30, 60, 90 и 120 минут, для меднения (SiC-Cu) 20, 40, и 60 минут.

Исходными материалами для формирования композитов являлась карбидная керамика SiC с размерами частиц от 20 до 40 мкм. Поверхность порошков подвергалась

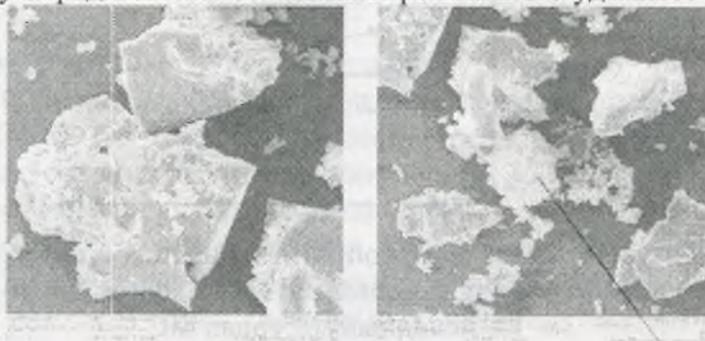
предварительной обработке, включающей обезжиривание в растворе гидроксида натрия, подтравливание в растворе азотной и серной кислот, сенсибилизацию в растворе хлористого олова и активирование в растворе хлористого палладия. Обработанные таким образом порошки помещались в раствор для химического осаждения, содержащего растворимые соли (кобальт хлористый или сульфат меди), стабилизатор, поверхностно-активное вещество, восстановитель и при постоянном перемешивании суспензии проводилось плакирование порошка карбида кремния металлами меди и кобальта. Время, температуру реакции плакирования и кислотность раствора подбирали экспериментальным путем для каждого состава композита. Оптимальные режимы плакирования приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Режимы плакирования медью и кобальтом карбида кремния.

Характеристики	Cu	Co
Температура реакции, °С	20-25	70-80
рН	12-13	7-8
Время, плакирования, мин.	20, 40, 60.	30, 60, 90, 120.

Сплошность осаждаемого металлического слоя на порошок диэлектрика контролировали с помощью оптической и электронной микроскопии. На рис. 1 показано образование медного покрытия на частицах карбида кремния при длительности реакции осаждения 20 минут.

Измерение электрического сопротивления порошков осуществлялось тераомметром Е6-13А при напряжении 10 Вольт. Засыпанный в ячейку порошок сжимался пуансоном, при этом в процессе сжатия фиксировалось электрическое сопротивление и перемещение пуансона, по которому определялась плотность порошка и его удельное сопротивление.



Частица SiC полностью покрытая Cu

Рисунок 1- Морфология поверхности порошка карбида кремния, плакированного медью в течение 20 минут при разном увеличении

Результаты и их обсуждение. Результаты исследований влияния плотности порошка, технологических факторов его получения на удельное сопротивление в материалах SiC-Co и SiC-Cu представлены на рисунках 2, 3. Во всех случаях с увеличением плотности и времени плакирования удельное сопротивление порошка падает. Для материалов SiC-Co (рис. 2) в исследованной области удельное сопротивление с увеличением плотности уменьшается по экспоненциальному закону. Причем с увеличением времени плакирования и соответственно с увеличением содержания металлической фазы уменьшается не только сопротивление порошка, но также изменяется экспоненциальный закон. Чем больше длительность плакирования, тем быстрее падает сопротивление с ростом плотности порошка. Для времен плакирования 30, 60, 90, 120 минут уравнения, описывающие зависимость удельного сопротивления от плотности, имеют следующий вид:

$$\rho = 2,55 \cdot 10^{15} \cdot \exp(-6,48 \cdot g),$$

$$\rho = 3,38 \cdot 10^{15} \cdot \exp(-7,12 \cdot g),$$

$$\rho = 6,6 \cdot 10^{15} \cdot \exp(-8,53 \cdot g),$$

$$\rho = 3,07 \cdot 10^{15} \cdot \exp(-8,61 \cdot g),$$

$$\rho = 2,68 \cdot 10^{15} \cdot \exp(-8,88 \cdot g).$$

Удельное сопротивление имеет размерность Ом·м.

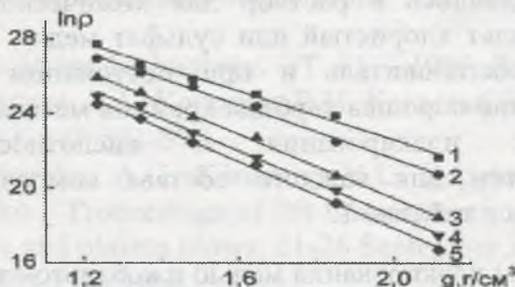


Рисунок 2- Зависимость удельного сопротивления порошка SiC-Co от его плотности при разной длительности реакции плакирования: 2 – 30 минут, 3 – 60 минут, 4 – 90 минут, 5 – 120 минут. 1 – исходный материал SiC

В случае композиционных структур с медью (рис. 3) зависимость для времени плакирования 15 минут качественно повторяет зависимости для порошков с кобальтом. Однако, для времен плакирования 30 и 45 минут зависимости для порошков с медью имеют качественно другой вид. В этом случае с увеличением плотности порошка от 1,65 г/см³ до 1,85 г/см³ наблюдается резкое уменьшение удельного сопротивления примерно на 3 порядка. Удельное сопротивление порошков при времени плакирования 45 минут и плотности 1,85 г/см³ составляет 1,8 Ом·м.

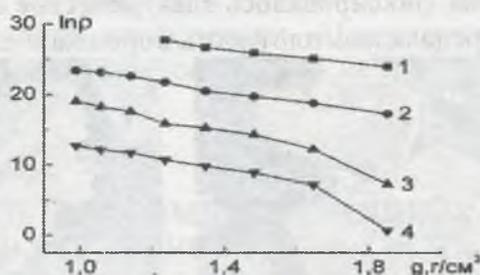


Рисунок 3- Зависимость удельного сопротивления порошка SiC-Cu от его плотности при разной длительности реакции плакирования: 1 – 15 минут. 2 – 30 минут. 3 – 45 минут. 1 – исходный материал SiC

Из результатов экспериментальных исследований, в особенности из анализа зависимости удельного сопротивления порошка SiC-Cu от его плотности при разной длительности реакции плакирования (рис. 4), следует, что в таких системах происходит перколяционный переход. Особенностью результатов является создание перколяционного кластера методом давления, которое, уплотняя образец, создает бесконечный перколяционный кластер.

Образование оксидных пленок на поверхности частиц кобальта приводит к наличию более высокого порога деформации. Иными словами необходимо более высокое уплотнение, чтобы образовался перколяционный кластер. Из-за этого не образуется бесконечный перколяционный кластер и проводимость такой системы имеет типичный вид проводимости композита.

Заключение. Методом плакирования порошка карбида кремния металлами кобальт, медь сформированы электропроводящие композиционные структуры SiC-Co, SiC-Cu. Исследовано влияние технологических факторов, плотности порошков на их удельное сопротивление. Для всех структур увеличение времени плакирования приводит к уменьшению удельного сопротивления порошка. Для порошков на основе SiC-Co удельное сопротивление с увеличением плотности уменьшается по экспоненциальному закону. Для материала на основе SiC-Cu удельное сопротивление с увеличением

плотности также уменьшается. Однако характер зависимости кривых зависит от времени плакирования. При времени плакирования 15 минут кривая зависимости изменяется по экспоненциальному закону. При временах плакирования 30 и 45 минут наблюдается скачкообразное уменьшение удельного сопротивления, обусловленное перколяционным переходом. Удельное сопротивление уменьшается на три порядка с изменением плотности от $1,65 \text{ г/см}^3$ до $1,85 \text{ г/см}^3$.

Список литературы

1. Бальшин М.Ю. Научные основы порошковой металлургии и металлургии волокна. М.: Металлургия, 1972. С.93-97.
2. Пористые проницаемые материалы. Справочник / Под ред. С.В. Белова. М.: Металлургия, 1987. -С.77, 173.
3. Хоперия Т.Н. Химическое никелирование неметаллических материалов.- М.: Металлургия, 1982. -144 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОЛЬЦЕВЫХ ПУЧКОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ МАТЕРИАЛОВ С ЭПФ

Артемьев И. В.¹, Вьюненко Ю. Н.², Тихомиров А. А.³

¹ ООО «Оптимикст Лтд», Санкт-Петербург, Россия,

² Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия,

vjunenko@smel.math.spbu.ru

³ ОАО Концерн НПО «Аврора»

Применение материалов с ЭПФ в медицине приобрело широкую практику в настоящее время. В технологических производственных процессах использование эффекта памяти формы до сих пор событие весьма редкое. Поэтому опыт разработки и применения кольцевых силовых пучковых элементов (КСПЭ) в производстве слоистых материалов для изготовления антивибрационных средств защиты представляет определенный интерес. В результате анализа этой работы, возможно, будут найдены способы применения ЭПФ в решении новых технологических задач.

Первоначально для получения специальных слоистых материалов использовали нагрев необходимых композиций с одновременным сжимающим силовым воздействием, которое обеспечивалось тяжестью массивных стальных дисков. Для использования ЭПФ в этом технологическом процессе было разработано устройство ШЕР (рис. 1).

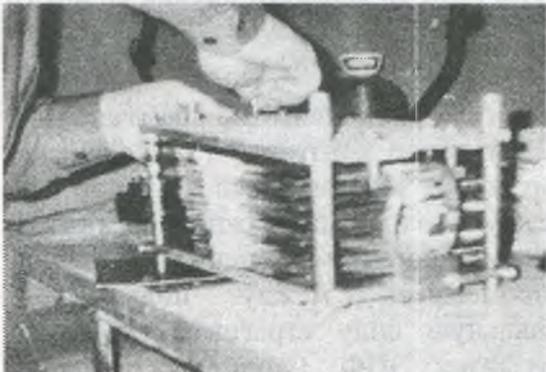


Рисунок 1 – Устройство ШЕР.

Пакет композиций размещался между неподвижным основанием и подвижной пластиной соединенных двумя продеформированными в процессе установки КСПЭ. Во время нагрева в силовых элементах развивается эффект памяти формы, в результате которого пакет подготовленных заготовок сжимается. В зависимости от начальной температуры печи процесс сжатия идёт по-разному.

На рис. 2 показано, как изменяется расстояние между точками закрепления силовых элементов при помещении ШЕРов в печь в момент начала нагрева. Кривая 1 показывает, как смещается положение подвижной пластины в результате действие пары КСПЭ, изготовленных из проволоки с температурой $A_k \sim 30 \text{ }^\circ\text{C}$. Деформационный процесс начинается на 20–25 минуте. Скорость его почти