

СОПРОТИВЛЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОРОШКОВ В СТРУКТУРАХ Ni-Al₂O₃, Co-Al₂O₃, Cu-Al₂O₃

Лалетин В.М., Сарасеко М.Н.

ГНУ Институт технической акустики НАН Беларуси, Витебск, Беларусь.
laletin57@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 порошков систем Al₂O₃-Ni, Al₂O₃-Co и Al₂O₃-Cu, полученных при различных технологических режимов, на их удельное сопротивление.

Эксперимент. Композиционные электропроводящие порошки были получены с использованием технологии плакирования в растворах, описанных в работе [3]. Продолжительность реакции плакирования составляла для никелирования (Al₂O₃-Ni) 30, 60, 90 и 120 минут, для кобальтирования (Al₂O₃-Co) 30, 60, 90 и 120 минут, для меднения (Al₂O₃-Cu) 15, 30, 45 и 60 минут.

Измерение электрического сопротивления порошков проводилось по двухэлектродной схеме с помощью ячейки, схематическое изображение которой представлено на рисунке 1. Ячейка включает в себя матрицу, два электрода, подвижный пуансон и индикаторное устройство, измеряющее перемещение пуансона. Матрица и подвижный пуансон изготовлены из изоляционного материала. Измерение сопротивления осуществлялось термометром Е6-13А при напряжении 10 Вольт.

Засыпанный в матрицу порошок сжимался пуансоном, при этом в процессе сжатия фиксировалось электрическое сопротивление и перемещение пуансона, по которому определялась плотность порошка и его удельное сопротивление.

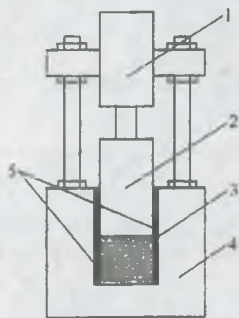


Рис. 1. Схематическое изображение измерительной ячейки удельного сопротивления. 1 – микрометр, 2 – пуансон, 3 – исследуемый порошок, 4 – матрица, 5 – электроды.

Результаты. Результаты исследований влияния плотности порошка, технологических факторов его получения на удельное сопротивление в материалах Al₂O₃-Ni, Al₂O₃-Co и Al₂O₃-Cu представлены на рисунках 2-4. Во всех случаях с увеличением плотности и времени плакирования удельное сопротивление порошка падает. Для материалов Al₂O₃-Ni (рисунок 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:

$$\rho = 1,35 \cdot 10^{10} \cdot \exp(-2,24 \cdot g),$$

$$\rho = 1,9 \cdot 10^{10} \cdot \exp(-2,56 \cdot g),$$

$$\rho = 2,2 \cdot 10^{10} \cdot \exp(-2,78 \cdot g),$$

$$\rho = 4,66 \cdot 10^{10} \cdot \exp(-3,47 \cdot g).$$

Удельное сопротивление имеет размерность Ом·м.

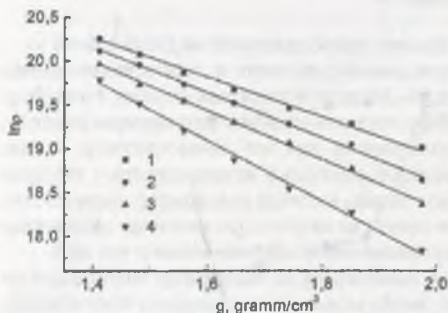


Рис. 2. Зависимость удельного сопротивления порошка $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Ni}$ от его плотности при разной длительности реакции плакирования: 1 – 30 минут, 2 – 60 минут, 3 – 90 минут, 4 – 120 минут.

Результаты, полученные для материалов $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Co}$ (рисунок 3), имеют аналогичные зависимости. Однако, в этом случае сопротивление порошков примерно на два порядка меньше по сравнению с порошками, содержащими никель. Уравнения, описывающие зависимость удельного сопротивления от плотности для времен плакирования 30, 60, 90, 120 минут имеют следующий вид:

$$\rho = 4,5 \cdot 10^8 \cdot \exp(-2,63 \cdot g),$$

$$\rho = 3,36 \cdot 10^8 \cdot \exp(-2,7 \cdot g),$$

$$\rho = 4,64 \cdot 10^8 \cdot \exp(-3,15 \cdot g),$$

$$\rho = 4,63 \cdot 10^8 \cdot \exp(-3,4 \cdot g).$$

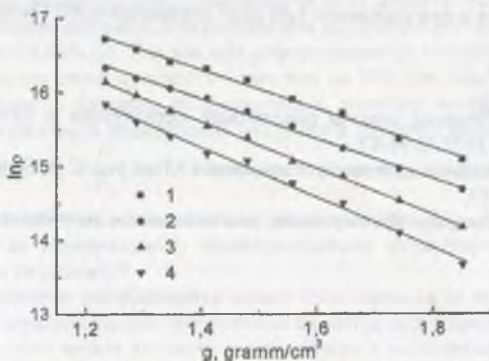


Рис. 3. Зависимость удельного сопротивления порошка $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Co}$ от его плотности при разной длительности реакции плакирования: 1 – 30 минут, 2 – 60 минут, 3 – 90 минут, 4 – 120 минут.

В случае порошков с медью (рисунок 4) зависимость для времени плакирования 15 минут качественно повторяет зависимости для порошков с никелем и кобальтом. Однако, для времен плакирования 30, 45 и 60 минут зависимости для порошков с медью имеют качественно другой вид. В этом случае с увеличением плотности порошка от $1,24 \text{ г/см}^3$ до $1,3 \text{ г/см}^3$ наблюдается резкое уменьшение удельного сопротивления примерно на 5-6 порядков. Удельное сопротивление порошков при плотности $1,3 \text{ г/см}^3$ составляет $0,6 \text{ Ом}\cdot\text{м}$. При дальнейшем увеличении плотности сопротивление падает и составляет $0,002 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ для плотности $1,48 \text{ г/см}^3$ при времени плакирования 60 минут.

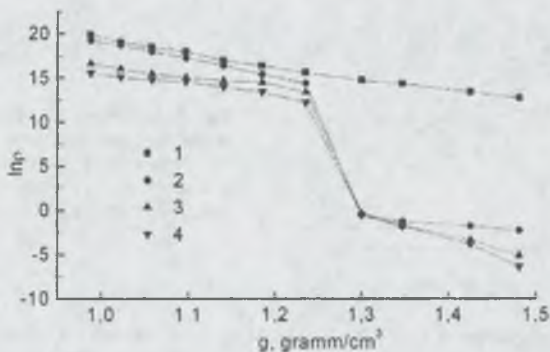


Рис. 4. Зависимость удельного сопротивления порошка $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Cu}$ от его плотности при разной длительности реакции плакирования: 1 – 15 минут. 2 – 30 минут. 3 – 45 минут. 4 – 60 минут.

Заключение. Методом плакирования порошка оксида алюминия металлами сформированы электропроводящие композиционные структуры $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Ni}$, $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Co}$, $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Cu}$. Исследовано влияние технологических факторов, плотности порошков на их удельное сопротивление. Для порошков на основе $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Ni}$, $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Co}$ удельное сопротивление с увеличением плотности уменьшается по экспоненциальному закону. Для материала на основе $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Cu}$ наблюдается скачкообразное уменьшение удельного сопротивления. С увеличением плотности порошка от $1,24 \text{ г/см}^3$ до $1,3 \text{ г/см}^3$ удельное сопротивление падает примерно на 5-6 порядков и при плотности $1,48 \text{ г/см}^3$ составляет $0,002 \text{ Ом}\cdot\text{м}$.

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. Хоperia Т.Н. Химическое никелирование неметаллических материалов.- М.: Металлургия, 1982. -144 с.