

УДК 539.2

к.т.н. Клапченко В.И., к.ф-м.н. Краснянский Г.Е.,
доцент Азнаурян И.А., Григораш Ю.И.,
Киевский национальный университет строительства и архитектуры

ТЕНЗОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ МЕТАЛЛОСИЛИКАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Получены данные о тензочувствительности электропроводности металлосиликатных материалов. Предложенные теоретические соотношения позволяют назначать технологические параметры изготовления материалов с заданными электрическими свойствами.

Облицовочные плитки на основе прессованных смесей металл - диэлектрик [1] могут использоваться в частности в качестве эффективных экранов электромагнитного излучения [2]. В связи с этим представляет интерес обнаруженная на опыте зависимость электропроводности смесей гидросиликат кальция – гранулярная медь от давления прессования. При данной исходной объемной доли металлического компонента Θ_0 , электропроводность $\bar{\sigma}$ возрастает с увеличением давления p , проходя при некотором $p = p_c$ пороговое значение. При этом, чем ближе Θ_0 к порогу протекания Θ_c , тем выше чувствительность $\bar{\sigma}$ к изменению давления.

Характерный вид соответствующих кривых позволяет предположить, что аналитическое представление зависимости $\bar{\sigma}(p)$ при фиксированных Θ_0 может быть получено на основании теории протекания. Если допустить, что при приложении внешнего давления изменение объема образца V происходит за счет сжатия изолирующей среды (в нашем случае – гидросиликата кальция и порового пространства), а объем, занимаемый металлической фазой V_1 , остается неизменным (что в большинстве случаев действительно выполняется), и ввести соответствующий коэффициент сжимаемости $\beta = -\frac{1}{V} \frac{dV}{dp}$, то для зави-

симости $\Theta(p) = \frac{V_1}{V(p)}$ можно получить:

$$\Theta(p) = \Theta_1 \exp[i(p)], \quad (1)$$

$$i(p) = \int_{p_0}^p \beta(p) dp, \quad (2)$$

где p_0 – исходное давление.

При $i(p) - i(p_c) \ll 1$ (в нашем случае это величина порядка $10^{-1} - 10^{-2}$) подстановка (1) и (2) в формулу для электропроводности [2] приводит к следующему приближенному выражению:

$$\bar{\sigma}(p) = A\Theta_c^t [i(p) - i(p_c)]^t. \quad (3)$$

Как показывают наши измерения, экспериментальная кривая $\beta(p)$ удовлетворительно аппроксимируется экспоненциальной функцией:

$$\beta(p) = a \exp(-bp). \quad (4)$$

Тогда для $\bar{\sigma}(p)$ окончательно получаем:

$$\bar{\sigma}(p) = B [\exp(-bp_c) - \exp(-bp)]^t, \quad (5)$$

где $B = A \left(\frac{\Theta_c a}{b} \right)^t$, причем, как следует из (2), (3) и (5), величина критического давления p_c , при котором для данной исходной объемной доли металла Θ_0 достигается порог протекания, может быть вычислена по формуле:

$$p_c = \frac{1}{b} \ln \left[\frac{b}{a} \ln \frac{\Theta_0}{\Theta_c} + \exp(-bp_0) \right]^{-1}. \quad (6)$$

Сравнение результатов расчетов по формулам (5), (6) с экспериментальными кривыми $\bar{\sigma}(p)$ для ряда значений Θ_0 показывает, что полученные зависимости дают достаточно полное описание поведения электропроводности плотно спрессованных смесей металл - диэлектрик при изменении внешнего давления и, в частности, эффекта высокой тензочувствительности указанных систем вблизи порога протекания.

Подставляя в (5) значение p_c из (6), находим соотношение, связывающее объемную долю металла в исходной смеси и давление прессования, необходимое для получения материала с заданным значением электропроводности:

$$\Theta_0 = \Theta_c \exp \left\{ \frac{1}{\Theta_c} \left(\frac{\bar{\sigma}}{A} \right)^{1/t} + \frac{a}{b} [\exp(-bp) - \exp(-bp_0)] \right\}. \quad (7)$$

В случае, когда в рабочем диапазоне давлений β не зависит от p , зависимость $\Theta_0(\bar{\sigma}, p)$ упрощается. При помощи (1) и (2) находим:

$$\Theta_0 = \left[\Theta_c + \left(\frac{\bar{\sigma}}{A} \right)^{1/t} \right] \exp[-\beta(p_0 - p)]. \quad (8)$$

Предварительные расчеты по предлагаемой методике позволяют добиться экономии металла, необходимого для получения материала с заданными элек-

трическими свойствами, за счет точного назначения количества проводящей добавки в зависимости от давления, которое обеспечивает имеющееся оборудование.

Литература

1. Глуховский В.Д., Рунова Р.Ф., Максунев С.Е. Вяжущие и композиционные материалы контактного твердения. – Киев: Вища школа, 1991. – 242с.
2. Клапченко В. И., Краснянский Г.Е., Азнаурян И.А. Электрофизические исследования строительных материалов. – Киев: ВИПОЛ, 2002. – 84 с.

Анотація

Отримані дані про тензочутливість електропровідності металосилікатних матеріалів. Запропоновані теоретичні співвідношення дозволяють призначати технологічні параметри виготовлення електромагнітних екранів с заданими електричними властивостями.

Summery

Metal-silicate materials electroconductivity strain-sensitivity data were obtained. Proposed theoretical relations allows to fix the manufacture processing characteristics of the materials with specified electrical properties.