

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  $\Theta_0$ , электропроводность  $\bar{\sigma}$  возрастает с увеличением давления  $p$ , проходя при некотором  $p = p_c$  пороговое значение. При этом, чем ближе  $\Theta_0$  к порогу протекания  $\Theta_c$ , тем выше чувствительность  $\bar{\sigma}$  к изменению давления.

Характерный вид соответствующих кривых позволяет предположить, что аналитическое представление зависимости  $\bar{\sigma}(p)$  при фиксированных  $\Theta_0$  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  $\Theta_o$  достигается порог протекания, может быть вычислена по формуле:

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

Сравнение результатов расчетов по формулам (5), (6) с экспериментальными кривыми  $\bar{\sigma}(p)$  для ряда значений  $\Theta_o$  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:

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

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

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

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.