

М. В. Дегтярев (Самара, СГАУ). «Капельная модель» материала МР.

Для исследования зависимости свойств материала МР от технологии его изготовления необходимо иметь адекватную математическую модель технологического процесса. Для ее построения воспользуемся методом аналогии. Дело в том, что с физической точки зрения пора в материале МР представляет собой аналог жидкой капли с точностью до «наоборот». Полная внутренняя энергия E_{drop} жидкой капли складывается из объемной и поверхностной энергий [1]:

$$E_{drop} = \varepsilon V - \sigma S,$$

где V — объем капли, S — площадь ее поверхности, ε — объемная плотность внутренней энергии, σ — коэффициент поверхностного натяжения. У поры внутри материала МР внутри находится «пустота», а на поверхности поры вместо поверхностного натяжения, сжимающего жидкую каплю, мы имеем дело с сопротивлением жесткого каркаса, препятствующего сжатию упругого материала. В соответствии с этим постулируем, что внутренняя энергия отдельной поры имеет вид:

$$u(x) = \varkappa \pi x^2 - u_0 \frac{\pi}{6} x^3,$$

где «отрицательный коэффициент поверхностного натяжения» \varkappa пропорционален жесткости проволоочного каркаса, а u_0 имеет смысл «удельной эффективной недостачи» упругой энергии внутри пор, поскольку в них отсутствует металл, деформация которого и вызывает упругую реакцию на внешнее воздействие.

С учетом вышесказанного внутренняя энергия материала МР может быть представлена в виде

$$U = N \langle u(x) \rangle,$$

где средняя внутренняя энергия одной поры $\langle u(x) \rangle$ равна

$$\int_0^\infty \left(\varkappa \pi x^2 - u_0 \frac{\pi}{6} x^3 \right) \rho(x, \bar{x}, \sigma_d) dx,$$

причем $\rho(x, \bar{x}, \sigma_d)$ — функция распределения пор по размерам,

$$\langle u(x) \rangle = \varkappa \bar{S}_p - u_0 \bar{V}_p,$$

где

$$\bar{S}_p \approx \pi \int_0^\infty \frac{(x + \bar{x})^2}{\sqrt{2\pi}\sigma_d} \exp \left\{ -\frac{x^2}{2\sigma_d^2} \right\} dx = \pi(\bar{x}^2 + \sigma_d^2).$$

Таким образом, внутренняя энергия образца МР выражается через микроскопические параметры \bar{x} и σ_d , и пропорциональна числу содержащихся в нем пор:

$$U = \frac{\pi N}{6} [6\varkappa(\bar{x}^2 + \sigma_d^2) - u_0(\bar{x}^3 + 3\bar{x}\sigma_d^2)],$$

причем это соотношение справедливо лишь в том случае, когда поверхностная энергия по абсолютной величине существенно больше объемной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Изжеуров Е. А., Вахитов А. З. Некоторые аспекты изготовления изделий газового тракта энергетических установок из упругого пористого материала МР с заданными параметрами структуры. — В сб.: Эргатические системы. Организация. Управление. Автоматизация. Ч. II. Самара: ИПО СГАУ, 1996, с. 7–14.