

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

УДК 621.899

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ И ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВЫСОКОПОРИСТЫХ ФИЛЬТРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ИХ ДЕФОРМИРОВАНИИ

В.В. САМКЕВИЧ

Научный руководитель - профессор, д.т.н. В.М. КАПЦЕВИЧ

Выполнение одного из требований, предъявляемых к фильтрующим материалам (ФМ), а именно их высокая проницаемость при заданной тонкости фильтрования, может быть достигнуто за счет увеличения их пористости. К материалам, обладающим высокой пористостью, относятся эластичные и пластичные высокопористые ячеистые материалы (ВПЯМ), которые обладают трехмерной структурой с множеством взаимосвязанных ячеек (пористые фторопласты, пенополиуретаны, пеноникель и др.) Они обладают, как правило, следующими структурными и гидродинамическими свойствами: пористостью 94–98%, размером пор 0,2–5 мм, коэффициентом проницаемости 10^{-6} – 10^{-10} м². Причем эти свойства одинаковы во всех направлениях, как в перпендикулярном направлении течения фильтруемой среды, так и в параллельном.

Однако, специфические свойства некоторых ВПЯМ (эластичность и пластичность) можно использовать в качестве эффективного инструмента для целенаправленного воздействия на структурные и гидродинамические свойства. При деформировании ВПЯМ (упругом либо пластичном) происходит не только изменения формы и размеров, но и изменение структуры порового пространства. Деформирование позволяет создавать структуры, которые по сравнению с исходными обладают более широким спектром свойств, что расширяет возможности конструирования из них ФМ.

Для оценки изменения свойств ВПЯМ рассматривались три возможные схемы деформирования: одноосное равномерное сжатие; одноосное неравномерное сжатие; одноосное равномерное растяжение.

В качестве параметров модели выбран размер ячейки, который характеризуется шириной l_{01} , высотой l_{02} и шириной ребра δ [1]. Приня-

то, что в исходном состоянии $l_{02}=l_{01}$, а при деформировании (сжатии) длина ячейки l_{01} остается неизменной, ее высота l_{02} уменьшается пропорционально степени деформации ε :

$$l_{02} = (1 - \varepsilon)l_{01}. \quad (1)$$

Были определены зависимости для определения структурных и гидродинамических свойств. Так размер пор d_{Π} в направлении, перпендикулярном усилию сжатия определяется по формуле

$$d_{\Pi} = l_{01}(1 - \varepsilon - \beta_0). \quad (2)$$

Также были получены формулы для определения пористости и вязкостного и инерционного коэффициентов проницаемости:

$$\Pi = 1 - \frac{\beta_0^2(3 - 2\beta_0)}{1 - \varepsilon}, \quad (3)$$

$$\frac{1}{k_{\mu}} = \frac{128\beta_0(1 - \varepsilon)}{l_{01}^2} \left[\frac{(2 - \varepsilon - 2\beta_0)^2}{4(1 - \beta_0)^3(1 - \varepsilon - \beta_0)^3} + \frac{4\beta_0(1 - \beta_0)}{(1 - \varepsilon - \beta_0^2)^3} \right]. \quad (4)$$

В выражениях (2-4) величина β_0 является структурной характеристикой деформируемого ЭППУ, которая, как показали экспериментальные исследования, для ЭППУ пористостью 98% равна 0,084 [2].

Используя полученные зависимости структурных и гидродинамических свойств, были определены закономерности изменения этих свойств от степени деформации ε .

На рисунке 1 представлена зависимость изменения пористости Π от степени деформации ε .

На рисунке 2 представлена рассчитанная зависимость изменения размеров пор d_{Π} от степени деформации ε , которые могут быть представлены в виде.

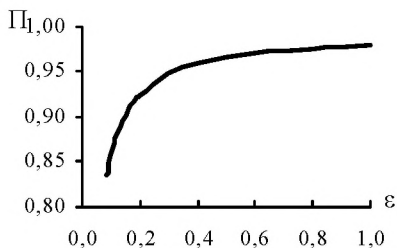


Рисунок 1 - Зависимость пористости Π от степени деформации ε

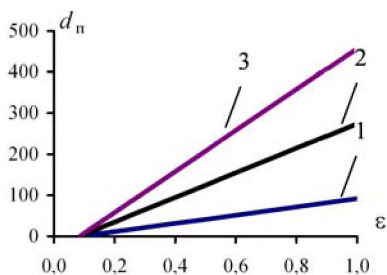


Рисунок 2 - Зависимость изменение размеров пор d_p от степени деформации ε :
1 – 100 мкм; 2 – 300 мкм; 3 – 500 мкм

На рисунке 3 представлена зависимость вязкостного коэффициента проницаемости k_{μ} от степени деформации ε .

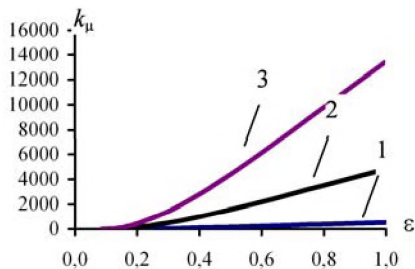


Рисунок 3 - Зависимость вязкостного коэффициента k_{μ} проницаемости от степени деформации ε : 1 – 100 мкм; 2 – 300 мкм; 3 – 500 мкм

На рисунке 4 представлена зависимость коэффициента эффективности $E = \frac{\sqrt{K/\Pi}}{d_n} E$ от степени деформации ε .

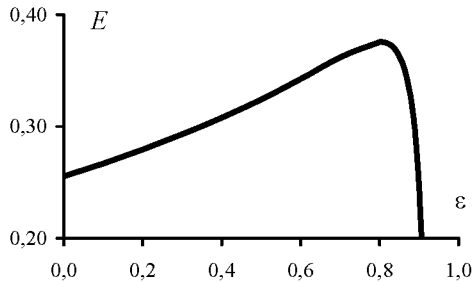


Рисунок 4 - Зависимость коэффициента эффективности E от степени деформации ε

Из зависимости на рисунке 4 следует, что максимальная эффективность достигается при степени деформации $\varepsilon=0,8$. При дальнейшем сжатии эффективность фильтрации через материал падает и его использование становится нецелесообразным.

Выводы. В работе теоретически показано, что оценка деформации значительно расширяет диапазон изменения структурных свойств (размер пор, пористость, удельная поверхность) ЭППУ, а также гидродинамических параметров (коэффициент проницаемости). Показано, что такие материалы обладают высокой степенью анизотропии, что создает принципиально новые возможности при разработке конструкций фильтров для решения прикладных задач по очистке жидкостей и газов.

1. Капщевич В.М. [и др.] Моделирование структуры и свойств анизотропного ячеистого фильтрующего материала // Журнал «Инженерный Вестник». – №1. – 2007 г. – С. 22-26.

2. Леонов, А.Н. Пористые проницаемые материалы: теория проектирования изделий и технологий / А.Н. Леонов, М.М. Дечко, В.К. Шелег. – Минск: Тонпик, 2003. – 220 с.