

СТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОВОЛОЧНЫХ Тел НАМОТКИ

*Белорусский национальный технический университет,
Минск, Беларусь*

Широкое применение в современной технике среди пористых проницаемых изделий (ППИ) получают изделия с организованной поровой структурой. К ним в первую очередь относятся ППИ на основе сеток, однако технология их изготовления весьма трудоемка и дорога. В этой связи перспективным представляется создание пористых изделий с использованием в качестве исходного материала непосредственно проволоки, получаемых намоткой проволоки на оправку, радиальным прессованием тела намотки и последующим, при необходимости, спеканием прессовки.

Создание пористых проволочных изделий предполагает изучение их структурных характеристик, управление которыми в наибольшей мере осуществляется на стадии намотки проволоки. Намотка проволоки диаметром d (рис. 1) на оправку диаметром D_0 и длиной l , осуществляется под углом b к плоскости, перпендикулярной оси оправки, в n слоев таким образом, что для намотки одного слоя необходимо произвести требуемое количество проходов в обоих направлениях, обеспечивая зазор a между двумя соседними однонаправленными витками слоя. Причем для формирования ячейки необходимо наматывать четное число слоев, т.е. $n=2, 4, 6$ и т.д.

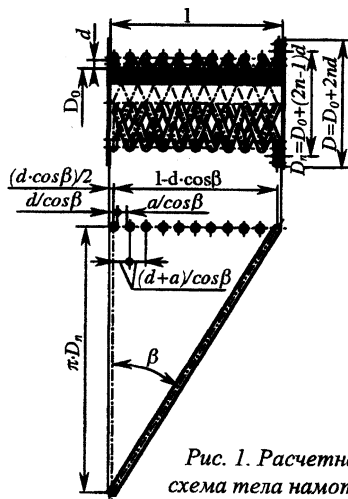


Рис. 1. Расчетная схема тела намотки.

Структурные характеристики (пористость, скважность, коэффициент извилистости пор, удельная поверхность пор, размеры пор) относятся к классу геометрических и могут быть определены аналитически.

Пористость Π определяется отношением [1]:

$$\Pi = \frac{V_{\Pi}}{V} = 1 - \frac{V_{\text{ПП}}}{V}, \quad (1)$$

где V_{Π} — объем пустот в пористом теле; $V = \pi \cdot (D^2 - D_0^2) \cdot l / 4$ — полный объем тела намотки; $D = D_0 + 2 \cdot n \cdot d$ — наружный диаметр тела намотки; $V_{\text{ПП}} = \pi \cdot d^2 \cdot l_{\text{ПП}} / 4$ — объем пористого тела, занимаемый проволокой длиной $l_{\text{ПП}}$.

Тогда выражение пористости примет вид:

$$\Pi = 1 - \frac{d}{4 \cdot n \cdot (D_0 + n \cdot d)} \cdot \frac{l_{\text{ПП}}}{l}. \quad (2)$$

Для определения длины проволоки $l_{\text{ПП}}$, необходимой для намотки пористого тела, следует суммировать длины проволоки l_n всех n слоев намотки. В свою очередь, длина проволоки l_n , необходимая для намотки одного (n -ого) слоя, определяется произведением длины проволоки на одном проходе n -го слоя на число проходов на этом слое. Длина проволоки на одном проходе равна: $\pi \cdot D_n / \cos \beta$, где $D_n = D_0 + (2 \cdot n - 1) \cdot d$ — текущий диаметр намотки. Число проходов для намотки слоя равно $(l - d \cdot \cos \beta) \cdot \cos \beta / (d + a)$, здесь $l \gg d \cdot \cos \beta$, поэтому слагаемым $d \cdot \cos \beta$ можно пренебречь. Таким образом, для намотки одного (n -ого) слоя, необходимо иметь проволоку длиной:

$$l_n = \frac{l}{d + a} \cdot \pi \cdot D_n. \quad (3)$$

Тогда требуемая для формирования тела намотки длина проволоки будет равна:

$$l_{\text{ПП}} = \sum_1^n l_n = \pi \cdot \frac{l}{d + a} \cdot n \cdot (D_0 + n \cdot d) \quad (4)$$

Таким образом, выражение (2) с учетом равенства (4) принимает вид:

$$\Pi = 1 - \frac{\pi}{4} \cdot \left(1 + \frac{a}{d}\right)^{-1}. \quad (5)$$

Скважность Φ определяется соотношением [2]:

$$\Phi = \frac{F_{\Pi}}{F} = 1 - \frac{F_{\text{ПП}}}{F}, \quad (6)$$

где: F_{Π} – суммарная площадь проекций сечений поровых каналов на поверхности тела намотки; $F_{\text{ПР}} = d \cdot \pi \cdot D \cdot l / (d + a)$ – площадь проекции слоя проволоки; $F = \pi \cdot D \cdot l$ – площадь поверхности пористого тела.

С учетом этого выражение скважности будет иметь вид:

$$\Phi = \left(1 + \frac{d}{a}\right)^{-1}. \quad (7)$$

Коэффициент извилистости пор ξ определяется отношением длины поры к толщине пористого тела. Известно также выражение [2]: $\xi = \Pi / \Phi$. Тогда, с учетом выражений (5) и (7) имеем:

$$\xi = 1 + 0,2 \cdot \frac{d}{a}. \quad (8)$$

Удельная поверхность пор S_V – это площадь внутренних поверхностей пор в единице объема пористого тела. Для пористых тел намотки на основе проволоки удельная поверхность пор выражается следующим образом [1]: $S_V = 4 \cdot (1 - \Pi) / d$. С учетом выражения (6) получим:

$$S_V = \frac{\pi}{(d + a)}. \quad (9)$$

Максимальный размер пор d_{Π}^{max} условно определяется максимальным размером шарообразной частицы (диаметр d_c на рис. 2), проходящей сквозь пору, и равен зазору a . Величина зазора между витками определяется режимами намотки проволоки. Однако, чтобы получить тело намотки с равномерной поровой структурой, необходимо учитывать следующее условие: $a \geq a_{\text{min}}$, где a_{min} – минимально возможная величина зазора между витками, определяемая смещением однонаправленных вит-

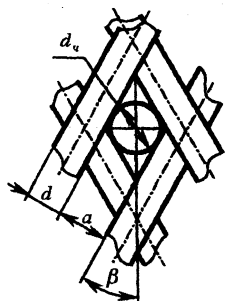


Рис. 2. Схема образующей ячейки

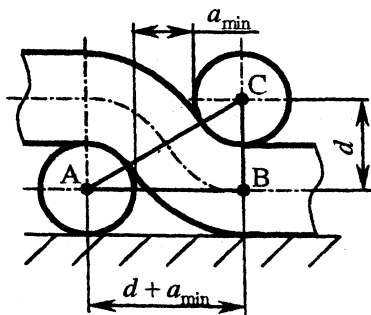


Рис. 3. Схема укладки проволоки.

или одного слоя в местах пересечения разнонаправленных витков. Из рис. 3 находим $AN = \sqrt{AC^2 - BC^2}$, где $AC = 2 \cdot d$, а $BC = d$. С учетом этого получим $AN = d + a_{\min} = d \cdot \sqrt{3}$. Отсюда: $a_{\min} = d \cdot (\sqrt{3} - 1)$. Таким образом, имеем:

$$d_{II}^{\max} \geq a_{\min} = d \cdot (\sqrt{3} - 1). \quad (10)$$

Для пористых материалов из проволоки *средний размер поры* d_{II}^{cp} определяется по формуле [1]:

$$d_{II}^{cp} = d \cdot \frac{\Pi}{1 - \Pi}. \quad (11)$$

С учетом (5) равенство (11) принимает вид:

$$d_{II}^{cp} = \frac{(4 - \pi) \cdot d + 4 \cdot a}{\pi}. \quad (12)$$

Выражения, описывающие структурные характеристики пористых тел *намотки*, позволяют в значительной степени прогнозировать свойства проволочных изделий, получаемых деформационной обработкой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пористые проницаемые материалы: Справочник / Под. ред. С.В. Белова – М.: Металлургия, 1987. – 335 с.
2. Пористые сетчатые материалы / Ю.И. Сяньельников, А.Ф. Третьяков, Н.И. Матурин и др. – М.: Металлургия, 1983. – 64 с.