

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕЛ НАМОТКИ НА СИЛОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ИХ РАДИАЛЬНОГО ПРЕССОВАНИЯ

*Институт повышения квалификации и переподготовки кадров
по новым направлениям развития техники, технологии и экономики
Министерства образования РБ
Минск, Беларусь*

Силовые показатели процессов прессования уплотняемых материалов на основе порошков и дискретных волокон определяются, преимущественно, механической схемой деформации и физико-механическими свойствами материала структурообразующих элементов (СОЭ). При уплотнении материалов на основе непрерывных металлических волокон большое значение имеет, кроме того, исходная структура заготовки, определяемая взаимной ориентацией СОЭ. В частности, при формировании проволочных тел намотки (ТН) для последующего радиального прессования в замкнутом объеме, основа структуры ТН закладывается режимами намотки проволоки: величинами межвиткового зазора s и угла намотки β .

При радиальном прессовании проволочных ТН на оправку давление прикладывают к наружной поверхности заготовки. В этом случае перемещение внутреннего слоя витков, находящихся в контакте с жесткой оправкой, ограничено. Уплотнение ТН происходит за счет контактных деформаций СОЭ (сближения δ_x) и их прогиба с растяжением δ_p в межконтактных зонах (пролетах) при отсутствии осевых деформаций. В результате осуществляется перемещение Δ наружного слоя ТН в радиальном направлении, определяемое, с учетом количества n слоев намотки, выражением [1]: $\Delta = n \cdot \delta_p + (2 \cdot n - 1) \cdot \delta_x$.

Достаточная регулярность взаимного расположения СОЭ в ТН позволяет определять силовые параметры процесса их прессования в виде суммы сил контактного деформирования P_k и деформирования изгиба P_p , сопровождающегося растяжением проволоки. На элементарных участках взаимодействия СОЭ (в контактах и пролетах) с учетом упрочнения материала проволоки выражения для этих сил установлены в виде [2]:

$$P_k = 1,6 \cdot \delta_x \cdot \frac{d_{np}}{n_\delta \cdot n_p} \cdot \sigma_T, P_p = 2 \cdot \pi \cdot E \cdot d_{np}^2 \cdot \delta_p^3 \cdot \left(\frac{\sin 2\beta}{d_{np} + s} \right)^3, \quad (1)$$

где n_s и n_p — коэффициенты соответственно сближения и контактного давления, зависящие от угла намотки проволоки [2]; σ_T — предел текучести материала проволоки; E — модуль Юнга материала проволоки; δ_k и δ_p — соответственно контактное сближение соприкасающихся проволок и пластический прогиб проволоки с растяжением в пролете.

Переходя к относительной деформации $\epsilon = \epsilon_k + \epsilon_p$ ТН из условия равенства текущих значений P_k и P_p в процессе прессования, принимая площадь приложения деформирующего давления p равной текущей площади наружной поверхности прессовки, и с учетом изменяющегося количества элементарных участков взаимодействия СОЭ, получено выражение:

$$p = \frac{\pi \cdot \sin 2\beta}{(1+n_s)^2 \cdot (1-\epsilon)^3} \times \left[\frac{(0,15)^2 \cdot \sigma_T \cdot \epsilon}{2 \cdot n_s \cdot n_p} + \frac{(1,85 - 2 \cdot \epsilon)^4 \cdot \epsilon^3 \cdot E \cdot \sin^3 2\beta}{(1-\epsilon) \cdot (1+n_s)^3} \right]. \quad (2)$$

где $n_s = s/d_{np}$ — отношение межвиткового зазора к диаметру проволоки.

Из геометрического рассмотрения проволочного ТН установлено, что максимальная его деформация (когда $L \rightarrow 0$) должна удовлетворять условию $\epsilon_{\max} < 1 - \pi/4 \cdot (1+n_s)$. Принимая ограничение $d_{np} < s \leq 3 \cdot d_{np}$ [2], имеем $\epsilon_{\max} < 0,8$.

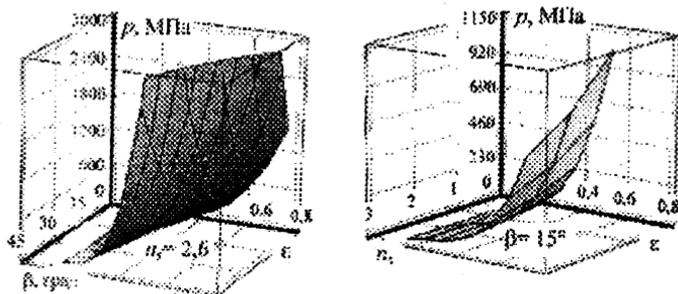


Рис. 1. Характер влияния геометрических показателей ТН на уровень давления прессования. Материал проволоки — Х20Н80

Анализ характерных графических зависимостей $p=f(\beta, \epsilon)$ и $p=f(n_s, \epsilon)$ показывает (рис. 1), что требуемое давление прессования p ТН до заданной величины деформации ϵ быстро возрастает с увеличением угла намотки проволоки β . Величина n_s в меньшей степени оказывает влияние на уровень требуемого давления прессования, хотя увеличение значения n_s способствует снижению давления прессования.

В практике обработки давлением дискретных сред часто требуется определять требуемое давление прессования p для заданной относительной

плотности ν прессовки, определяющей как структурные, так и каркасные свойства готового изделия. После преобразований уравнение (2) имеет вид:

$$p = 10 \cdot \left(\frac{\nu}{\nu_{ТН}} \right)^2 \cdot \left(\frac{\nu}{\nu_{ТН}} - 1 \right)^2 \cdot \frac{\sin^4 2\beta}{(1+n_s)^2} \cdot \sigma_T, \quad (3)$$

где $\nu_{ТН}$ — относительная плотность ТН до деформации.

Величина угла намотки является определяющей с точки зрения роста силовых затрат процесса (рис. 2). Экспериментальные исследования подтвердили адекватность уравнения (3) в широком интервале значений плотности (рис. 3). Погрешность находится в пределах 10–15%, что приемлемо для практических расчетов, так как изменение давления прессования дискретных материалов на 5% приводит к изменению плотности в пределах 1% [3].

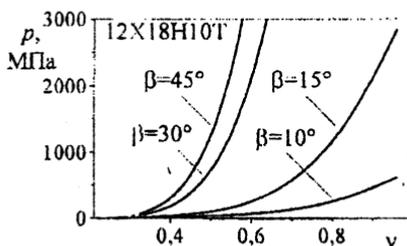


Рис. 2. Давление прессования ТН при различных углах намотки

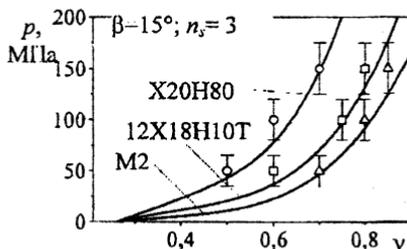


Рис. 3. Давление прессования ТН: точки — эксперимент

Таким образом, минимизация силовых затрат процесса прессования может и должна быть обеспечена на стадии формирования проволочной заготовки рациональным сочетанием угла намотки проволоки β и отношения межвиткового зазора к диаметру проволоки n_s с учетом прогнозных структурных характеристик деформированных тел намотки [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. Петюшик Е.Е., Якубовский А.Ч., Божко Д.И. Структурные характеристики деформированных тел намотки // Наука — образованию, производству, экономике / Материалы междунар. научно-технической конф. В 2-х т. — Т. 1./ Под общ. ред. Хрусталева Б.М., Соломаха В.Л. — Мн.: УП «Технопринт», 2003. — С. 56–60.
2. Петюшик Е.Е., Реут О.П., Якубовский А.Ч. Основы деформирования проволочных тел намотки. — Мн.: УП «Технопринт», 2003. — 218 с.
3. Реут О.П., Богин-

ский Л.С., Петюшик Е.Е. Сухое изостатическое прессование уплотняемых материалов. — Мн.: Дзбор, 1998.—258 с.

УДК 621.762

Е.Е. Петюшик

ОЦЕНКА ПРОНИЦАЕМОСТИ ДЕФОРМИРОВАННЫХ ПРОВОЛОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Институт повышения квалификации и переподготовки кадров
по новым направлениям развития техники, технологии и экономики
Министерства образования РБ
Минск, Беларусь*

Эффективность работы проницаемых материалов (ПМ) на основе металлов и керамики в целом определяется комплексом эксплуатационных свойств, которые зависят от структурных и каркасных характеристик. Важнейшими свойствами ПМ являются проницаемость и ее распределение по площади фильтрации.

Наибольшей проницаемостью и минимальным гидравлическим сопротивлением обладают пористые материалы на основе гладких структурообразующих элементов (СОЭ) — волокон, проволоки и сферических частиц порошка. При этом, по сравнению с порошковыми материалами, гидравлическое сопротивление пористых материалов с волокнистой структурой меньше, а проницаемость выше [1, 2]. Так, при равной пористости коэффициент проницаемости и средний размер пор порошковых материалов из сферических порошков в 2,5–3 раза выше по сравнению с материалами из порошков неправильной формы [3]. Авторы [3] объясняют это более упорядоченной структурой материала в первом случае. При равном среднем размере пор волокнистые ПМ имеют пористость на 10–15% больше по сравнению с порошковыми ПМ, а их коэффициент проницаемости в 1,6–2 раза выше.

Технологическое управление распределением проницаемости по объему материала для СОЭ неправильной формы затруднено. Повышению регулярности поровой структуры и, соответственно, проницаемости, способствуют упрощение формы и уменьшение размеров СОЭ или увеличение толщины ПМ. Высокая регулярность структуры обеспечивается при изготовлении ПМ из непрерывных металлических волокон: сеток [2], деформированных тел намотки [4].