

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕМОТКИ НА ФОРМИРОВАНИЕ ПОРИСТОЙ СТРУКТУРЫ МОТАЛЬНОЙ ПАКОВКИ ЗАМКНУТОЙ НАМОТКИ ДЛЯ ФИЛЬТРОВ

Е.С.ЕРШОВА, С.С.ЮХИН

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н.Косыгина)

Процесс формирования текстильных паковок складывается из последовательности элементарных операций над нитью. При этом основные законы формирования в целом известны, хотя отдельные аспекты требуют дополнительного изучения в рамках теории формирования паковок.

При формировании паковки бобинной структуры нить навивается на поверхность паковки по некоторой винтовой линии. Достигая торца намотки, винтовая линия изменяет направление на противоположное, образуя на поверхности тела намотки ячейки ромбовидной формы. Основными параметрами структуры таких паковок являются два связанных функциональной зависимостью параметра винтовой линии.

Применительно к паковке цилиндрической формы это – зависимость между углом подъема витков или шагом винтовой линии и радиусом тела намотки.

Угол подъема витков связан с шагом винтовой линии через уравнение радиуса тела намотки паковки [1]:

$$R \operatorname{tg} \beta = \frac{h}{2\pi}, \quad (1)$$

где h – шаг винтовой линии; β – угол подъема витков на поверхности тела намотки; R – радиус тела намотки паковки.

Выразим отсюда угол подъема витков:

$$\beta = \operatorname{arctg} \frac{h}{2\pi R}. \quad (2)$$

Варьируя параметрами шага намотки и числа замыканий, можно задавать размеры ячеек ромбической формы, а следовательно, задавать такие габариты сечения порового канала, адгезия (задержание) частиц в

котором будет наиболее эффективной. Иначе говоря, зная диапазон размеров частиц, содержащихся в фильтруемой жидкости, задержание 95% которых нас будет интересовать, и задавая путем варьирования шага и числа замыканий намотки, можно будет определить тот геометрический размер ячейки-поры, при которых тонкость (полнота) фильтрации (отсева) будет номинальной.

Отдельные источники, основываясь на экспериментальных результатах, утверждают, что зона эффективного задержания частиц в пористой перегородке ограничена значением:

$$\frac{x}{d_p} \geq 0,15, \quad (3)$$

где x – размер частиц; d_p – диаметр пор.

Однако для того, чтобы принять к использованию приведенную выше зависимость эффективности фильтрации от размера частиц и диаметра пор, она должна быть проверена на конкретном фильтре замкнутой намотки.

Приведенные в работе Бродского Г.С. [2] результаты соотношения размеров частиц загрязнений и пор фильтроматериалов указывают на тот факт, что значительная часть частиц загрязнений по размеру меньше отверстий поровых каналов и может проникать в глубину фильтроматериала – и это с учетом специфики сопоставления максимального размера частицы с минимальным размером поры. Так как загрязнения имеют неправильную форму, причем чем больше размер частицы, тем дальше эта форма от сферической. Косвенные данные наблюдений [2] показали, что самая длинная ось частицы ориентиро-

вана по направлению потока жидкости и это еще более способствует проникновению загрязнений в глубину пористой перегородки. Сравнение размеров частиц и пор с учетом этого обстоятельства подтверждает, что проникновение частиц в глубину фильтроматериала должно превалировать.

Таким образом, можно утверждать, что геометрические размеры порового канала (его поперечное сечение и длина) являются условием для реализации как фильтрации с образованием осадка, так и фильтрации с постепенным закупориванием пор, причем влияние последнего вида на изменение гидравлического сопротивления фильтрующей перегородки должно быть определяющим.

Фильтрация с образованием осадка будет наблюдаться в тех намотках, где при прочих равных условиях формирования паковки отношение большей диагонали ячейки-ромба к меньшей ее диагонали будет превалировать. Это утверждение обусловлено капиллярным подъемом в пористой структуре, где большая и маленькая диагонали ячейки-ромба рассчитываются по формулам, приведенным в работе Панина И.Н. [3]:

$$b = \frac{\pi D}{p}, \quad (4)$$

$$f = \frac{2H}{n_1 p}, \quad (5)$$

где b – большая диагональ ячейки-ромба; f – маленькая диагональ ячейки-ромба; D – текущий диаметр намотки; H – длина намотки; p – число замыканий; n_1 – целая часть числа передаточного отношения от нитеводителя к веретену.

Анализ структуры порового канала при продольном разрезе показывает, что большое влияние оказывают такие параметры намотки, как натяжение нитей при перематывании и толщина намотки паковки. С ростом натяжения нити при перематывании увеличивается давление верхних слоев намотки на нижние, в результате чего происходит смятие нитей нижних слоев.

Плотность намотки на паковке возрастает, а вместе с тем снижается пористость и проницаемость фильтра. В результате этого частицы загрязнений будут оседать на внешней стороне фильтра, а гидравлическое сопротивление фильтрующей перегородки возрастет.

Коэффициент проницаемости, характеризующий физико-геометрические свойства поровых каналов, в общем виде описан уравнением Козени-Кармана:

$$K = K_o S_o^2 \frac{(1 - \varepsilon_f)^2}{\varepsilon_f^3}, \quad (6)$$

где K_o – коэффициент Козени;

$$K_o = k_o \left(\frac{\delta_e}{\delta} \right)^2, \quad (7)$$

где k_o – параметр, зависящий от формы и размеров сечения поровых каналов (для круглых капилляров $k_o=2$, для многоугольных и эллиптических $2 \leq k_o \leq 2,5$ [2]); δ_e/δ – фактор извилистости, для большинства пористых структур находится в интервале $\{2 \dots 4\}$; S_o – удельная поверхность пор; ε_f – пористость, то есть отношение объема пор к объему фильтрующего материала.

Анализ волокнистого материала, используемого для фильтрации, показал, что с уменьшением диаметра нитей (волокон) пропускная способность пористой перегородки возрастает при тех же пористости и толщине.

Толщина намотки, как характеристика поровой структуры паковки, является параметром, регулирующим эффективность отфильтровывания мелких частиц и препятствующая их "проталкиванию" через поровую структуру паковки. Толщину намотки, образованную n -м количеством слоев нитей, уложенных на перфорированный патрон в определенной последовательности, определим экспериментально. В результате по экспериментальным данным попытаемся вывести эмпирическую зависимость толщины намотки от размеров частиц в фильтруемой жидкости и размеров пор.

Поскольку основное требование к паковкам для фильтрации – это равномерное распределение плотности намотки как в осевом, так и в радиальном направлениях, остановимся на оценке технологического процесса напряженности и его изменения во времени.

С точки зрения изучения движения звеньев механизмов наибольший интерес представляет изменение скоростей и ускорений ведомых звеньев и их точек в зависимости от параметра времени или перемещения ведущего звена. В качестве параметра перемещения ведущего звена необходимо выбрать угол поворота (мотально-го барабанчика главного вала станка и т.д.). Этот параметр связан определенной зависимостью с параметром времени:

$$t = \frac{\alpha}{6n}, \text{ с}, \quad (8)$$

где t – время, с; α – угол поворота, град; n – частота вращения, мин.

В результате выполненных исследований был построен график перемещения нити относительно угла поворота за цикл раскладки нити на паковке $S = S(\alpha)$. Под циклом раскладки нити на паковку понимался период, после которого нить приходит в исходную точку наматывания. Далее, используя метод графического дифференцирования, были построены график скорости переносного движения нити при перематывании $V = V(\alpha)$ и график ускорения $a = a(\alpha)$.

Для определения абсолютных величин скорости и ускорения использовались масштабные коэффициенты, которые были определены по формулам:

– масштабный коэффициент пути:

$$K_S = 0,001M = 0,001 \cdot \frac{1}{4} = 0,00025, \text{ (м/мм)}, \quad (9)$$

где M – выбранный масштаб построения графика пути:

– масштабный коэффициент скорости:

$$K_V = \frac{K_S}{K_t H} = \frac{0,00025}{0,0016 \cdot 10} = 0,0156, \text{ [(м/с)/мм]}, \quad (10)$$

где K_t – масштабный коэффициент времени.

$$K_t = \frac{\alpha}{6n\ell_t} = \frac{2160^\circ}{6 \cdot 570 \cdot 2 \cdot 200} = 0,0016, \text{ [(с)/мм]}, \quad (11)$$

где ℓ_t – длина отрезка, соответствующая циклу движения механизма при построении графика пути, мм; H – расстояние

до полюса при построении графика $V = V(t)$, мм.

– масштабный коэффициент ускорения:

$$K_a = \frac{K_S}{K_t H_1} = \frac{0,0156}{0,0016 \cdot 10} = 0,9766, \text{ [(м/с}^2\text{)/мм]}, \quad (12)$$

где H_1 – расстояние до полюса при построении графика $a = a(t)$, мм.

$$V_i = L_{V_i} K_V, \text{ (м/с)}, \quad (13)$$

Затем, зная величины скорости и ускорения в миллиметрах, были определены их абсолютные значения:

$$a_i = L_{a_i} K_a, \text{ (м/с}^2\text{)}. \quad (14)$$

В результате эксперимента было установлено, что изменение скорости переносного движения нити (а следовательно, и угла подъема винтовой линии) приводит к изменению плотности наматывания нити на паковку (перфорированный патрон), что в свою очередь оказывает влияние на строение паковки. В частности, величина плотности намотки у торцов в 1,5...2 раза превышает плотность намотки в межторцевой части паковки. Это объясняется тем, что при подходе к точкам изменения направления раскладки в торцах паковки скорость переносного движения нити уменьшается до нуля, при этом уменьшается также угол подъема винтовой линии. В результате вместо крестовой намотки в торцевых участках паковки возникает намотка, близкая к рядовой.

Таким образом, в ходе выполненного исследования установлена зависимость угла подъема винтовой линии на паковке от скорости переносного движения нити. С увеличением скорости переносного движения нитей происходит увеличение угла β , с уменьшением линейной скорости – уменьшение.

В Ы В О Д Ы

Пористость паковки является одним из основных параметров, характеризующих структуру намотки и влияющих на ее проницаемость. Определены параметры, оказывающие влияние на показатель пористости, значение которого можно достичь путем варьирования описанными параметрами.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Старун Н.В.* Изучение послойной структуры паковки крестовой намотки методом имитационного моделирования: Дис... канд. техн. наук. – Херсон, 2001.
2. *Бродский Г.С.* Фильтры и системы фильтраций для мобильных машин // Горная промышленность. – М.: Издатель НПК "Гемос Лтд.", 2004.
3. *Панин И.Н.* Разработка и исследование структуры текстильных паковок специального назначения: Дис... докт. техн. наук. – М., 1996.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 01.02.08.