

УДК 677.024

РАСЧЕТ СВОЙСТВ ФИЛЬТРОВАЛЬНОЙ ТКАНИ НА ОСНОВЕ ЛИНЕЙНОЙ ТЕОРИИ ФИЛЬТРАЦИИ

С.Д. НИКОЛАЕВ, И.В. РЫБАУЛИНА

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

Для получения конечного продукта во многих отраслях промышленности применяются фильтровальные установки, где в качестве фильтровального элемента используется ткань.

Ряд российских текстильных предприятий специализируются на выпуске технического и специального текстиля, в том числе и на выпуске фильтровальных тканей из натурального и синтетического сырья. Однако в условиях современного раз-

вития промышленности необходимо постоянное обновление ассортимента фильтровальных тканей с учетом конкретных требований заказчика и нередко стандартные артикулы фильтровальных тканей не отвечают предъявляемым требованиям. Следует отметить, что предприятия, выпускающие ткани данного назначения, в основном полагаются на свой опыт в выборе тех или иных параметров изготовления тканей или проводят эксперименталь-

ную эксплуатацию имеющегося ассортимента выпускаемых тканей на предприятии-заказчике. Это приводит к существенным материальным затратам, что в условиях сложившегося экономического кризиса недопустимо.

В соответствии с областью применения фильтровального материала к нему предъявляется надлежащая фильтрующая способность: количество, форма и размер пор, проницаемость, химическая и тепловая стойкость ткани к обрабатываемой среде, гидравлическое сопротивление, то есть ткань должна обладать свойствами, необходимыми в условиях ее эксплуатации. Кроме того, фильтровальная ткань должна обладать высокими прочностными характеристиками в соответствии с конструкцией фильтровальных установок.

Для оценки проницаемости фильтровальной перегородки, как одного из основных свойств, обычно используется линейный закон Дарси, но критерием применимости этого закона является критическое значение числа Рейнольдса, которое для ткани определить достаточно сложно.

Помимо вышеуказанного закона зависимость проницаемости от размера пор идеальной пористой среды определяется из уравнения Пуазейля. Закон Пуазейля – это закон течения жидкости через тонкую трубку, который применяется только при ламинарном потоке жидкости, то есть фильтрующая перегородка должна иметь структуру, состоящую из прямых трубок одинакового сечения, длиной, равной длине пористой среды.

Уравнение Пуазейля имеет следующий вид:

$$V = \frac{\pi \Delta P r^4}{8 \mu H},$$

где r – радиус порового канала.

Скорость фильтрования показывает расход фильтрующейся жидкости, проходящей через толщину фильтровальной ткани в единицу времени. Она зависит от разности давлений, удельного сопротивления осадка и фильтровальной ткани, а сле-

довательно, от состава фильтрата и от параметров строения и свойств ткани.

Основными параметрами, влияющими на фильтровальные свойства ткани, являются ее толщина и пористость.

Параметр H , обозначающий в теории фильтрования длину капилляров, через которую проходит жидкость, в теории строения ткани принято называть толщиной ткани $T_{\text{тк}}$.

Толщина ткани зависит от порядка фазы строения. В зависимости от того, какая система нитей формирует опорную поверхность ткани, толщину определяют по-разному. В общем случае толщину ткани определяют как сумму высоты волны той системы нитей, которая формирует опорную поверхность ткани, и вертикального диаметра поперечного сечения нити этой системы. При первых фазах строения (с I по V) на поверхности ткани с обеих сторон выступает уточная нить, толщина ткани определяется по формуле (поперечное сечение нити в ткани в виде эллипса):

$$\dot{O}_{\text{оф}} = h_y + d_{y,\text{а}},$$

где h_y – высота волны изгиба уточной нити, [мм]; $d_{y,\text{в}}$ – диаметр уточной нити по вертикали, [мм].

Так как фильтровальные ткани в основном имеют порядок фазы строения больше V, для расчета толщины ткани необходимо использовать следующую формулу:

$$\dot{O}_{\text{оф}} = h_o + d_{o,\text{а}},$$

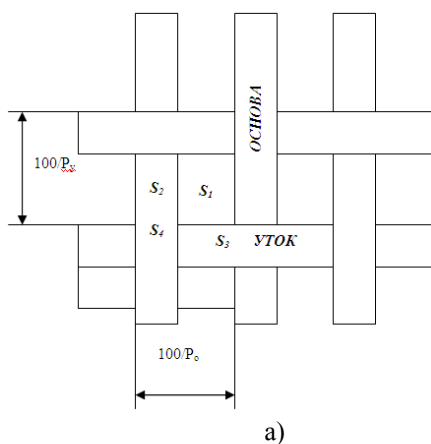
где h_o – высота волны изгиба основной нити, [мм]; $d_{o,\text{в}}$ – диаметр основной нити по вертикали, [мм].

Известно, толщина ткани неравномерна. Схема переплетения нитей основы и утка в ткани, встречающаяся во всех видах главных переплетений и их производных, используемых при изготовлении фильтровальных и других технических тканях, представлена на рис. 1 (элемент полотняного переплетения нитей в ткани).

Из приведенного на рис. 1 элемента переплетения нитей в ткани видно, что в

раппорте переплетения существует четыре характерных участка.

Участок 1 представляет собой пустой промежуток, не заполненный нитями.



Площадь данного участка определяется по формуле:

$$S_1 = L_o L_y = \left(\frac{100}{P_y} - d_{o.\bar{a}} \right) \left(\frac{100}{P_o} - d_{i.\bar{a}} \right).$$

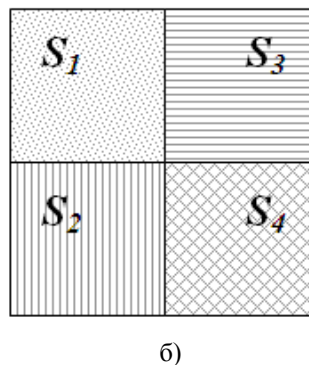


Рис. 1

Участок 2 – элемент основной нити, расположенной в переплетении ткани относительно горизонтальной линии под углом β_1 . Площадь участка 2:

$$S_2 = d_{o.\bar{a}} L_o = d_{o.\bar{a}} \left(\frac{100}{P_y} - d_{o.\bar{a}} \right).$$

Участок 3 представляет собой элемент уточной нити, расположенной в переплетении относительно горизонтальной линии под углом β_2 . Площадь данного участка равна:

$$S_3 = d_{i.\bar{a}} L_i = d_{i.\bar{a}} \left(\frac{100}{P_i} - d_{i.\bar{a}} \right).$$

Участок 4 представляет собой наложение элементов основной и уточной нитей. Площадь участка 4:

$$S_4 = d_{o.\bar{a}} d_{i.\bar{a}}.$$

Общая площадь раппорта определяется как сумма всех характерных участков переплетения:

$$S = S_1 + S_2 + S_3 + S_4.$$

Как видно из рис. 1, в каждой из 4-х характерных зон ткань имеет разную толщину.

Толщина ткани на участке 1:

$$\delta_{\bar{a}1} = 0.$$

Толщина ткани на элементе основной нити:

$$\delta_{\bar{a}2} = \frac{d_{o.\bar{a}}}{\cos \beta_1}.$$

Толщина ткани на элементе уточной нити:

$$\delta_{\bar{a}3} = \frac{d_{i.\bar{a}}}{\cos \beta_2}.$$

Толщина ткани в месте пересечения основной и уточной нитей:

$$\delta_{\bar{a}4} = d_{i.\bar{a}} + d_{o.\bar{a}}.$$

Углы наклона к горизонтали основной и уточной нитей β_1 и β_2 определяются по формулам:

$$\beta_1 = \arctg \left(\frac{h_o}{(100/P_y) - d_{o,\bar{a}}} \right),$$

$$\beta_2 = \arctg \left(\frac{h_o}{(100/P_i) - d_{i,\bar{a}}} \right),$$

где h_o, h_y – высоты волн изгиба основных и уточных нитей в ткани соответственно; P_o, P_y – плотность ткани по основе и по утку; $d_{o,\bar{a}}, d_{y,\bar{a}}$ – вертикальные диаметры основных и уточных нитей; $d_{o,\bar{r}}, d_{y,\bar{r}}$ – горизонтальные диаметры уточных и основных нитей;

Таким образом, в формуле, определяющей проницаемость фильтровальных тканей, необходимо учитывать толщину ткани и общую площадь раппорта переплетения.

Определение проницаемости фильтровальных тканей:

$$V = \frac{\pi R^4 \Delta P t S_y}{8 \mu \dot{Q}_{\bar{e}} S} f,$$

где R – радиус рабочей поверхности образца фильтровальной ткани, [мм]; ΔP – разность давления ($\Delta P = \text{const}$), [кг·с/мм²]; t – время прохождения жидкости через ткань, [с]; S_y – условная площадь раппорта, [мм²]; μ – вязкость фильтруемой жидкости, [кг·с/мм²]; $T_{\text{тк}}$ – толщина ткани, [мм]; S – общая площадь раппорта, [мм²].

$$S_y = S_1 e^{-k \dot{Q}_{\bar{e}1}} + S_2 e^{-k \dot{Q}_{\bar{e}2}} + S_3 e^{-k \dot{Q}_{\bar{e}3}} + S_4 e^{-k \dot{Q}_{\bar{e}4}},$$

где k – эмпирический коэффициент, характеризующий параметры строения ткани.

С помощью полученных на основе линейной теории фильтрации уравнений были проведены расчеты проницаемости фильтровальных тканей. Результаты расчетов подтверждены результатами экспериментальных исследований, данные которых представлены в табл. 1. Для проведения эксперимента были выработаны фильтровальные ткани, предназначенные для жидкой фильтрации, с различной плотностью по утку.

Т а б л и ц а 1

№ п/п	T _o , (текс)	T _y , (текс)	P _o , (н/дм)	P _y , (н/дм)	V, (дм ³)	
					фактический	расчетный
Полотняное переплетение: основа – НПП, уток – НПП						
1	93,5	93,5	150	106	299,54	299,39
2	93,5	93,5	150	102	299,48	291,77
3	93,5	93,5	150	98	299,42	288,03
4	93,5	93,5	150	94	299,41	238,71
Полотняное переплетение: основа – НПП, уток – ППП						
5	93,5	74	150	106	299,05	298,37
6	93,5	74	150	102	298,99	298,86
7	93,5	74	150	98	299,02	287,10
8	93,5	74	150	94	299,00	280,15

Таким образом, на основе линейной теории фильтрации были получены формулы для расчета пропускной способности фильтровальной ткани с учетом параметров ее строения и изготовления, что позволяет определить эффективную площадь раппорта ткани, через которую проходит

жидкость, с учетом толщины ткани и эмпирического коэффициента, учитывающего параметры строения ткани.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 21.04.09.