

УДК 677.024

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРИСТОСТИ НАМОТОК В ТРУБЧАТЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ ФИЛЬТРАХ

Д.И. НАЗАРОВ, В.А. КОЗЛОВ, Б.Н. ВИНОГРАДОВ, И.Н. ПАНИН

(Димитровградский институт технологии, управления и дизайна)

Вследствие того, что проникновение жидкостей и газов сквозь твердое тело (фильтрующую перегородку) может происходить по трещинам и порам, проницаемость зависит от пористости фильтрующей перегородки, которая определяется объемом пор в единице объема тела и выражается формулой

$$П = \frac{V_{\text{пор}}}{V}, \quad (1)$$

где $V_{\text{пор}}$ – объем фильтрующей перегородки и объем, занимаемый порами в ее общем объеме.

Поскольку нас интересуют трубчатые текстильные фильтры, где в качестве фильтрующих перегородок используются различные виды намоток нитей на перфорированные патроны, целесообразнее всего пористость фильтрующей перегородки выразить через удельную плотность намотки. Удельная плотность намотки пористой перегородки

$$\gamma = k_3 \gamma_H, \quad (2)$$

где k_3 – коэффициент заполнения объема пористой перегородки волокнистым (нитевидным) материалом; γ_H – плотность нити, г/см³.

Масса пористой перегородки фильтра

$$G = \gamma V = \gamma_H V_H, \quad (3)$$

где V_H – объем, занимаемый нитями в общем объеме пористой перегородки.

Очевидно:

$$V = V_{\text{пор}} + V_H \quad (4)$$

и

$$V_H = V k_3 = V \frac{\gamma}{\gamma_H}. \quad (5)$$

Тогда

$$V_{\text{пор}} = V - V_H = V - V k_3 V (1 - k_3). \quad (6)$$

Пористость фильтрующей перегородки

$$\Pi = \frac{V_{\text{пор}}}{V} = 1 - k_3 = 1 - \frac{\gamma}{\gamma_H}. \quad (7)$$

Следовательно, для увеличения пористости (а, значит, и проницаемости трубчатых текстильных фильтров с фильтрующей перегородкой, представляющей собой намотку нити на перфорированный патрон) необходимо уменьшать плотность указанной намотки.

На практике иногда пользуются понятием коэффициента пористости, который определяется по формуле

$$k_{\Pi} = \frac{V}{V_H} = \frac{\gamma_H}{\gamma}. \quad (8)$$

В этом случае

$$\Pi = 1 - \frac{1}{k_{\Pi}}. \quad (9)$$

Если в качестве пористой перегородки используется сомкнутая намотка, то

$$\gamma = \frac{1}{c^2},$$

а

$$\gamma_H = \frac{4}{\pi c^2}, \quad (10)$$

где c – коэффициент, характеризующий «рыхлость» нити.

Тогда пористость сомкнутой намотки

$$\Pi = 1 - \frac{\gamma}{\gamma_H} = 1 - \frac{\pi}{4} = 0,215. \quad (11)$$

Замкнутые намотки характеризуются сотовой (ячеистой) структурой. Их плотность зависит от степени замыкания намотки p и может быть определена по формуле

$$\begin{aligned} \gamma &= \frac{4\pi r \cos \beta / 2}{\pi D \delta 10^{-5} \sin \beta} = \\ &= \frac{4\Gamma r \cos \beta / 2 \operatorname{tg} \beta / 2}{h \delta 10^{-5} 2 \sin \beta / 2 \cos \beta / 2} = \\ &= \frac{4\Gamma r}{h \delta 10^{-5} \cos \beta / 2}, \end{aligned} \quad (12)$$

где Γ – линейная плотность нити, текс; D – диаметр намотки паковки, см; δ – толщина объемного слоя, см; β – угол скрещивания витков; $h = \frac{\pi D}{\operatorname{tg} \beta / 2} = \frac{h_k}{i_0}$ – шаг витков намотки, см; $h_k = \frac{2H}{k}$ – шаг канавки кулачка нитеводителя; i_0 – общее передаточное

отношение от веретена к кулачку нитеводителя.

При формировании замкнутых намоток [1]:

$$i_0 = \frac{1}{k} \left(\frac{z}{p} + n_1 \right), \quad (13)$$

где k – число оборотов кулачка нитеводителя за цикл движения нитеводителя; z – кратность замыкания намотки, $z=1$; n_1 – целая часть числа ki_0 .

Изменяя i_0 , а следовательно, и степень замыкания намотки p , можно варьировать удельную плотность намотки γ в довольно широких пределах, обеспечивая тем самым требуемую пористость перегородки трубчатого текстильного фильтра.

При $p = \left[\frac{h \cos \beta / 2}{d} \right]$ получаем

p -сомкнутую намотку. Следовательно, всегда должно соблюдаться условие

$$1 \leq p \leq \left[\frac{h \cos \beta / 2}{d} \right], \quad (14)$$

где

$$\cos \beta / 2 = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \beta / 2}}. \quad (15)$$

Так как

$$\operatorname{tg} \beta / 2 = \frac{\vartheta_H}{\vartheta_0} = \frac{h_k n_k}{\pi D n_B} = \frac{h_k}{\pi D i_0}, \quad (16)$$

то

$$\cos \beta / 2 = \frac{1}{\sqrt{1 + h_k^2 / \pi^2 D^2 i_0^2}}. \quad (17)$$

Приняв в (12) величину δ равной двум диаметрам нити ($\delta=2d$), получим

$$\gamma = \frac{T_p}{hd \cdot 10^5 \cos \beta / 2}. \quad (18)$$

С учетом (17) имеем

$$\gamma = \frac{\sqrt{1 + h_k^2 / \pi^2 D^2 i_0^2}}{hd \cdot 10^5}, \text{ г/см}^3. \quad (19)$$

В табл. 1 приведены результаты расчетов удельной плотности бобин замкнутой структуры по формуле (19) для некоторых конкретных параметров при перематывании хлопчатобумажной пряжи линейной плотности 25 текс ($d=0,0198$ см; $k=8$; $n_1=4$; $H=15$ см).

Таблица 1

Удельная плотность намотки γ , г/см ³										
Диаметр бобины D, см	степень замыкания намотки p									
	1	3	12	16	23	35	101	201	301	356
6	0,002	0,005	0,022	0,029	0,042	0,063	0,184	0,365	0,546	0,645
9	0,002	0,005	0,021	0,028	0,040	0,061	0,177	0,351	0,525	0,62
12	0,002	0,005	0,021	0,027	0,039	0,060	0,174	0,345	0,517	0,611
15	0,002	0,005	0,020	0,027	0,039	0,06	0,173	0,343	0,513	0,607
18	0,002	0,005	0,020	0,027	0,039	0,059	0,172	0,342	0,512	0,605
21	0,002	0,005	0,020	0,027	0,039	0,059	0,171	0,341	0,51	0,604

– кулачок нитеводителя был удален конoidalный вариатор, а вместо него установлена зубчатая передача (рис.2 – кинематическая схема модернизированной мотальной головки машины Бандомат).

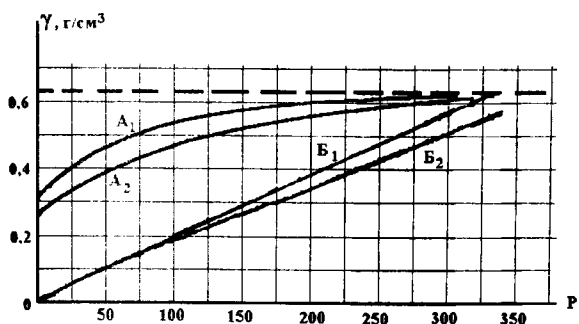


Рис. 1

На рис.1 представлены теоретические зависимости (кривые B_1 при $D=6$ см и B_2 при $D=21$ см) удельной плотности замкнутых намоток от их степени замыкания p . При различных диаметрах намотки удельные плотности замкнутых намоток возрастают с увеличением степени их замыкания p , стремясь к своему предельному значению, равному $1/c^2$, и мало зависят от диаметра намотки бобины.

Экспериментальное исследование зависимости удельной плотности бобин от степени их замыкания p проводили на машине Бандомат фирмы Georg SAHM (Германия) при перематывании хлопчатобумажной пряжи линейной плотности 25 текс, для чего из кинематической цепи веретено

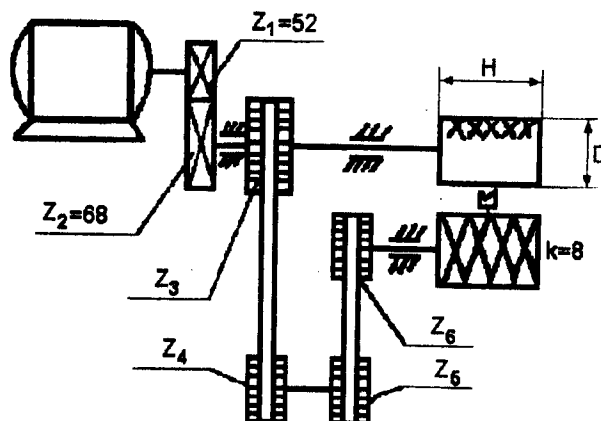


Рис. 2

В процессе исследований наматывали цилиндрические бобины замкнутой структуры при $p=1; 3; 23; 106; 201; 305$ и определяли их плотность для различных диаметров намотки. Результаты исследований сведены в табл. 2 ($d=0,0198$ см; $k=8$; $n_1=4$; $H = 15$ см).

Таблица 2

Диаметр бобины D, см	Удельная плотность намотки γ , г/см ³					
	степень замыкания намотки p					
	1	3	23	106	201	305
7	0,26	0,27	0,345	0,538	0,618	0,63
9	0,26	0,261	0,338	0,527	0,607	0,628
12	0,26	0,259	0,331	0,524	0,602	0,626
15	0,26	0,259	0,329	0,52	0,594	0,624
18	0,26	0,259	0,321	0,518	0,592	0,622
21	0,26	0,259	0,315	0,51	0,585	0,62

На рис. 1 (кривые A_1 при $D=6\text{см}$ и A_2 при $D=21\text{см}$) показан характер изменения фактической плотности намотки бобин замкнутой структуры по мере увеличения степени замыкания намотки.

Характер изменения фактической плотности намотки бобин замкнутой структуры значительно отличается от характера изменения теоретической плотности их намотки (рис.1). Это различие обусловлено принятым при выводе формул (12) и (19) предположением о том, что при формировании бобин замкнутой структуры витки $(p+m)$ пары слоев намотки идут по виткам m пары слоев. Однако такое расположение витков характеризуется крайней неустойчивостью и они располагаются по поверхности бобины жгутами. Последнее обстоятельство неизбежно ведет к более медленному росту диаметра намотки (в зависимости от общего числа витков, намотанных на бобину) и, как следствие, к увеличению удельной плотности намотки бобин (особенно при малых степенях замыкания намотки p). Однако в обоих случаях удельная плотность намотки (теоретическая и фактическая) возрастает по мере увеличения степени замыкания намотки, стремясь к своему предельному значению, равному $1/c^2$.

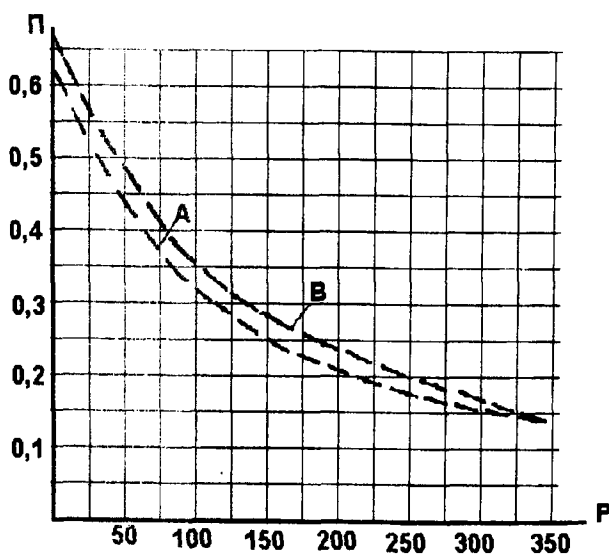


Рис. 3

На рис. 3 с помощью кривых А при $D=7\text{см}$ и В при $D=21\text{см}$ показан характер зависимости пористости цилиндрических бобин замкнутой структуры от степени замыкания намотки p . При построении данных кривых расчеты пористости проводили по формуле (7) с использованием результатов табл. 2.

ВЫВОДЫ

В процессе исследований установлено, что пористость замкнутых намоток гиперболически уменьшается по мере увеличения степени их замыкания, стремясь к своему минимальному значению, равному $(1-\pi/4)$ при сомкнутой намотке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Панин И.Н. //Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1993, № 6. С.41...43.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 19.06.00.