

УДК 677.026.424

**ВЗАИМОСВЯЗЬ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ НЕТКАНЫХ ПОЛОТЕН
ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО СПОСОБА ПРОИЗВОДСТВА
С НЕКОТОРЫМИ ПАРАМЕТРАМИ ПРОЦЕССА**

Б. В. ЗАМЕТТА, В. М. ГОРЧАКОВА, И. А. ТОНКИХ

(Московская государственная текстильная академия им. А. Н. Косыгина,
АО «Научно-исследовательский институт нетканых материалов»)

Гидродинамический способ основан на воздействии тонких струй воды на холст, размещенный на опорной перфорированной поверхности. Прочность получаемых нетканых полотен определяется степенью изогнутости и перепутанности между собой волокон за счет приобретения ими необратимых деформаций в результате воздействия струй.

Сила удара струи

$$F \cdot l_c = -\rho V v, \quad (1)$$

где F — сила удара, Н;

ρ — плотность воды, кг/м³;

v — скорость струи, м/мин;

V — объемный расход воды, м³/с.

Давление струи с учетом ее расширения [1]:

$$P = 4F/\pi [ad_c/2b(1+3,4l_x)], \quad (2)$$

где d_c — диаметр сопла, мм;

a и b — коэффициенты:

$a = 0,67$; $b = 0,066 \div 0,08$.

l_x — расстояние начального сечения струи до холста, мм.

Применительно к установке гидродинамического скрепления, техническая характеристика которой приведена в [2], скорость истечения струи из сопла диаметром 0,25 мм при 5 МПа составляет 73,04 м/с с секундным расходом $0,516264 \cdot 10^{-5}$ м³/с. Давление струи 10,86 г/мм².

Опорной поверхностью является сетка полотняного переплетения из полимерных нитей диаметром 1 мм с квадратными ячейками размером 1 мм; особенностью геометрии сетки является изогнутость продольных нитей по синусоиде с периодом 4 мм.

Силовую схему взаимодействия струи с волокнами холста на поверхности сетки можно представить схемой на рис. 1. Активную силу давления струй F_1 и F_2 можно разложить на касательные F_{τ_1} и F_{τ_2} и нормальные F_{N_1} и F_{N_2} составляющие (участки I и II на схеме). Сила F_1 стремится сместить волокна с вершины синусоиды, сила F_2 прижимает волокна к сетке, касательное усилие F_{τ_2} стремится вытянуть волокно, а F_{τ_1} создает изгибающий момент на конце волокна. Таким образом, свободные концы волокна можно рассматривать как консоли, испытывающие изгибающий момент.

Примем, что центры тяжести волокон в основном располагаются на участке II, на площадке S_2 , и часть центров попадает на площадку

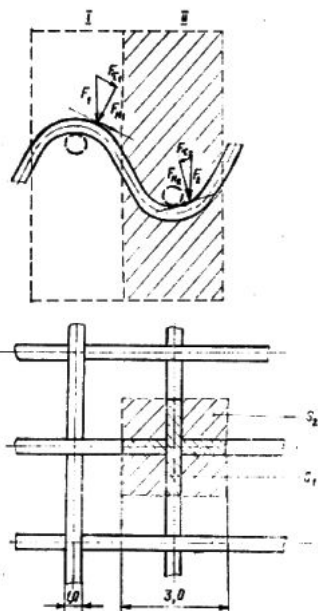


Рис. 1.

S_1 , ограниченную перекрытием нитей, являющихся опорным элементом для консолей. Тогда геометрическая вероятность попадания части волокон на площадку S_2 составит 0,562 и за среднюю длину консоли можно принять 0,5 длины волокна.

Момент упругопластической деформации изгиба волокон, при которой возможно достижение его необратимой деформации, составит:

$$M_{упл} = \sigma_T (W_x + W_{п}), \quad (3)$$

где M — момент, сН·мм;
 σ_T — предел текучести, сН/мм²;
 W_x — момент сопротивления в упругой области, мм⁴;
 $W_{п} = 1,7W_x$ — момент сопротивления в пластической области, мм⁴.

В данном случае определялась величина «начала» текучести, соответствующая величине напряжения при переходе от упругой к пластической деформации по диаграммам напряжение — удлинение при разрыве волокна [3].

Прочность нетканых материалов, изготовленных при использовании полиэфирных волокон различной линейной плотности (табл. 1) определяется их деформационными свойствами и незначительно зависит от величины коэффициента тангенциального сопротивления при трении.

Таблица 1

Линейная плотность волокна/длина резки, текс/мм	Разрывная нагрузка P_p , мН	Удлинение при разрыве ϵ , %	$E_n \cdot 10^6$, Па	$B_{нар} \cdot 10^{-10}$, Н·см ²	μ	η	$\sigma_T \cdot 10^6$, Па	$M_{упл} \cdot 10^3$, сН·мм	$P_{нар} \cdot 10^{-3}$, сН	$P_{ул}$, Н·м/г	
										по длине	по ширине
0,13/66	66,2	18,8	49,6	3,5	0,25	1,53	99,2	2,6	0,158	24,0	3,7
0,17/38	84,6	43,0	47,0	5,7	0,23	1,31	58,7	2,1	0,127	24,6	4,1
0,33/65	127,5	45,1	33,5	15,3	0,21	1,45	133,9	14,0	0,848	16,3	2,2
0,6/65*	178,1	64,0	18,7	28,8	0,16	2,21	37,4	9,6	0,581	4,6	1,5
2,0/65	582,6	49,4	19,3	324,0	0,20	2,5	154,4	240,0	14,5	1,4	0,6

* — силиконизированное полиэфирное волокно.

Величину упругопластического момента $M_{упл}$, который нужно приложить к волокнам для увеличения их линейной плотности в 15 раз (волокна 0,13 и 2,0 текс), следует увеличить на два порядка. При использовании тонких волокон, например 0,13 текс, создаваемые струей усилия могут приводить не только к их изгибу, но и к фибрилляции и разрушению.

С этой точки зрения представляет интерес оценка экспериментальной степени изгиба волокон 0,13 текс непосредственно в нетканом полотне и величины деформации изгиба, получаемой волокнами. Требу-

емые данные получены с помощью микроскопии поперечных срезов нетканого полотна и их статистической обработки.

Радиус кривизны волокон 0,13 текс составил 0,0417 мм, а деформация изгиба [4]:

$$\varepsilon = d_b/2\rho, \quad (4)$$

где ε — деформация изгиба; d_b — диаметр волокна, мм; ρ — радиус кривизны, мм, соответствующий 11,8% и приближающийся по величине к разрывному удлинению волокна.

С учетом величины ρ степень изогнутости волокон в нетканом полотне можно оценить по суммарному углу взаимного охвата волокон в местах контакта [5]:

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i = \frac{1}{\mu} \ln \frac{P_{\tau 2} + \frac{B}{2\rho^2}}{P_{\tau 1} + \frac{B_{изг}}{2\rho^2}}, \text{ рад}, \quad (5)$$

где μ — коэффициент тангенциального сопротивления;

$P_{\tau 2}$ — среднестатистическая величина усилия сдвига волокон при их выдергивании из нетканого полотна, сН;

$P_{\tau 1}$ — средняя величина минимального усилия сдвига, сН;

$B_{изг}$ — жесткость волокна при изгибе, сН·мм².

В соответствии с (5) для полиэфирного волокна линейной плотностью 0,13 текс $\sum_{i=1}^n \alpha_i = 5,099$. Величина усилия сдвига волокон из нетка-

ного материала при их выдергивании представляет наиболее прямую оценку степени их связанности в структуре нетканого полотна и в основном определяет прочность нетканых полотен гидродинамического способа производства.

Разрывное усилие полотна в зависимости от усилия сдвига волокон имеет вид [6]:

$$P_M = \frac{\cos \alpha l_b}{2l_3} n_b \frac{P_{\tau}^2}{P_B}, \text{ сН}, \quad (6)$$

где $\cos \alpha$ — среднестатистический угол ориентации волокон в нетканом полотне;

l_b, l_3 — длина волокна и его зажимная длина, мм;

n_b — число волокон в образце;

P_{τ}, P_B — усилие сдвига и разрывное усилие волокна, сН.

Экспериментальная проверка этой зависимости показала удовлетворительную сходимость.

На основе корреляционного анализа (табл. 2) наиболее значимыми взаимосвязанными факторами прочности $P_{уд}$ нетканых полотен гидродинамического способа произ-

Таблица 2

Коэффициенты корреляции K_{xy}					
xy	E_n	$B_{изг}$	μ	N_b	η
$P_{уд}$	0,98	0,71	0,68	0,90	0,94

водства являются также жесткость $B_{\text{изг}}$ волокон при изгибе, начальный модуль $E_{\text{н}}$ упругости волокна, число $N_{\text{в}}$ волокон в полотне, распрямленность η волокна и в меньшей степени коэффициент μ тангенциального сопротивления при трении.

ВЫВОДЫ

1. Приведена силовая схема взаимодействия струи с волокнами холста на поверхности подложки.

2. На прочность нетканых материалов гидродинамического способа производства из полиэфирных волокон разной линейной плотности существенно влияют их деформационные свойства (жесткость при изгибе, начальный модуль упругости) и незначительно — фрикционные свойства (коэффициент тангенциального сопротивления).

ЛИТЕРАТУРА

1. Штеранлихт Д. В. Гидравлика. — М.: Энергетика, 1984.
2. Заметта Б. В., Горчакова В. М., Тонких И. А. // Текстильная промышленность. — 1995, № 4-5. С. 21..22.
3. Мортон В. Е., Херл Д. В. С. Механические свойства текстильных волокон. — М.: Легкая индустрия, 1971.
4. Рындия Н. М. Краткий курс теории пластичности и упругости. — Л.: ЛГУ, 1974.
5. Малинин Н. Н. и др. Сборник задач по прикладной теории пластичности и ползучести. — М.: Высшая школа, 1984.
6. Международный симпозиум. Фильтровальные нетканые материалы. // Сб. докл. — Серпухов, АО «НИИНМ», 1993.

Рекомендована кафедрой нетканых материалов. Поступила 31.01.97.