

УДК 677.026.442:66.067.3

О ВЗАИМОСВЯЗИ СТРУКТУРЫ НЕТКАНЫХ ИГЛОПРОБИВНЫХ ФИЛЬТРОВ И ИХ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК В УСЛОВИЯХ ТЕРМОУПЛОТНЕНИЯ

Е. Ф. КОТЛЯРОВА, М. А. ГОРБАТОВСКАЯ, С. А. ОВЧИННИКОВА, В. М. ГОРЧАКОВА

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

Известно [1], что в настоящее время наиболее эффективными фильтрами-сепараторами являются нетканые иглопробивные полотна с требуемой плотностью структуры из гидрофобных термопластичных волокон.

Цель данной работы заключалась в анализе взаимосвязи структуры нетканых иглопробивных фильтров с различной степенью уплотнения с особенностями де-

формации при растяжении. Параллельно термомеханическим методом исследовали изменение структуры волокон во взаимосвязи с их деформационно-прочностными свойствами.

Фильтровальный коагулирующий слой получали по комбинированной технологии: послойное 4-разовое иглопрокальвание 5 волокнистых холстов поверхностной плотности 150 г/м^2 из полипропиленовых

волокон линейной плотности 0,33 текс, штапельной длиной 65 мм; усадка полотна в свободном состоянии в течение 4,5 мин при 160°C с достижением поверхностной плотности материала 920...980 г/м²; дополнительное термоуплотнение на прессе при различных параметрах.

С помощью трехфакторной математической модели на основе Д-оптимального плана Бокса исследовали влияние давления (от 10 до 20 Па), температуры (от 120 до 140°C) и времени термообработки иглопробивной основы (от 10 до 20 с) на сопротивление материала деформации растяжения, характеризуемой его равновес-

ным модулем E_p , Н/мм² упругости, общей деформацией и ее составляющими: ϵ_1 упругой, ϵ_2 высокоэластической и ϵ_3 пластической, %.

Испытание образцов проводили в несколько этапов [2]: растяжение на 25% от зажимной длины, снятие изменения нагрузки в течение 10 мин, определение толщины и удлинения образцов сразу после снятия нагрузки и по истечении суток, расчет составляющих деформации растяжения и возникающих в материале напряжений σ_i , кН/мм².

Таблица 1

№ п/п	Напряжения, возникающие в материале в зависимости от времени, σ_i ($\cdot 10^{-2}$), кН/мм ²						σ_p ($\cdot 10^{-2}$), кН/мм ²	E_p ($\cdot 10^{-2}$) кН/мм ²	ϵ_1 , %	ϵ_2 , %	ϵ_3 , %
	30с	30с	1мин	3мин	5мин	10мин					
1	0,415	0,35	0,335	0,30	0,295	0,285	0,30	8,775	18,5	3,5	3,5
2	0,21	0,16	0,135	0,12	0,11	0,10	0,118	0,73	9,0	3,5	12,5
3	0,205	0,175	0,158	0,145	0,145	0,13	0,145	1,57	9,0	6,75	9,75
4	0,14	0,11	0,106	0,09	0,09	0,085	0,085	0,765	10,5	3,5	11,0
5	0,23	0,193	0,180	0,165	0,155	0,145	0,16	2,065	13,5	3,75	7,75
6	0,15	0,125	0,115	0,10	0,095	0,088	0,095	0,95	15,0	3,0	10,0
7	0,082	0,055	0,050	0,045	0,042	0,035	0,035	0,315	11,5	2,5	11,0
8	0,138	0,11	0,092	0,086	0,079	0,073	0,083	1,015	14,0	2,75	8,25
9	0,215	0,165	0,115	0,14	0,130	0,12	0,125	1,135	10,5	3,75	11,3
10	0,168	0,125	0,115	0,105	0,054	0,095	0,095	0,865	11,0	3,5	11,0
11	0,148	0,11	0,10	0,09	0,088	0,08	0,085	1,065	11,5	5,5	8,0
12	0,158	0,118	0,113	0,10	0,095	0,089	0,09	1,06	12,5	4,0	8,5
13	0,235	0,185	0,183	0,166	0,16	0,15	0,155	1,72	10,5	4,0	10,5
14	0,145	0,12	0,11	0,10	0,093	0,088	0,09	0,09	11,0	4,0	10,0
15	0,095	0,065	0,064	0,055	0,054	0,048	0,048	0,38	12,5	3,5	9,0
16	0,088	0,07	0,063	0,059	0,055	0,053	0,055	0,355	9,0	2,5	13,5

Далее строили кинетические зависимости падения напряжения, по которым гра-

фически определялись значения равновесных напряжений σ_p , кН/мм² и рассчитыва-

лись условно равновесные модули упругости, представленные в табл.1. В табл.1 представлены результаты анализа деформационных свойств исходного иглопробивного материала (№ 15) и материала, подверженного дополнительной термоусадке в свободном состоянии (№ 16).

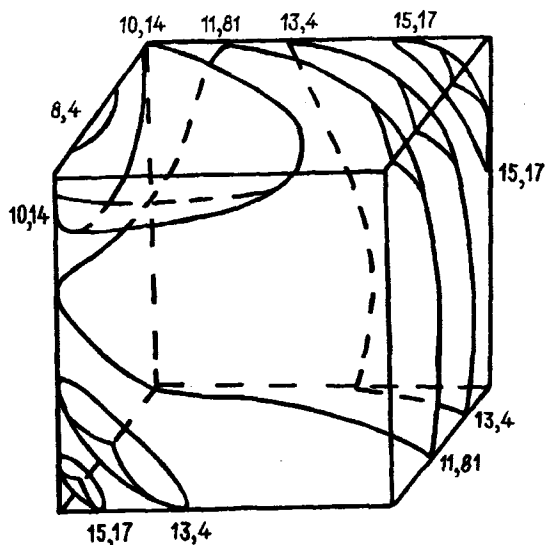


Рис. 1

На рис.1 и 2 представлены соответственно изменения упругой составляющей деформации растяжения и равновесного модуля упругости нетканого материала в зависимости от температуры, давления и времени прессования. Из анализа экспериментальных данных следует, что термоуплотнение материала эффективно повышает жесткость и упругость материала, при этом его необратимая деформация снижается более чем в 2 раза.

Сформированная в процессе иглопробивания первоначальная структура нетканого материала, характеризуемая некоторой концентрацией межволоконных связей в единице объема материала и по длине волокна, в процессе его термоуплотнения в свободном состоянии претерпевает значительные изменения как за счет термоусадки волокон, так и за счет образования нового типа связей-склеек. В совокупности это ведет к росту концентрации

Кроме того, по данным табл.1 с помощью алгоритма и ЭВМ рассчитаны уравнения регрессии и графические образы, описывающие изменение деформационных свойств материала в условиях термоуплотнения.

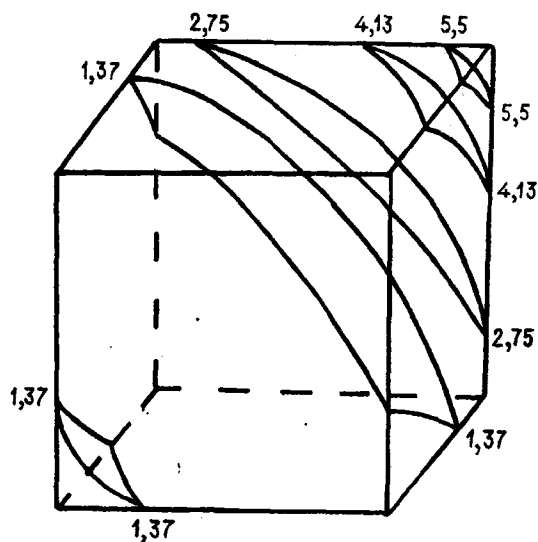


Рис. 2

межволоконных связей и уменьшению расстояния между связями по длине волокна.

Анализ дальнейшего термоуплотнения материала с использованием давления показал возможность эффективного управления его структурой и деформационными свойствами. При этом можно найти условия, при которых будет наблюдаться рост объемной плотности полотна (от 0,15 до 0,31 г/см³) без заметного изменения поверхностной плотности, сопровождающийся повышением жесткости и стабильности его структуры. Это связано, по-видимому, с преимущественным ростом объемной концентрации межволоконных связей в структуре материала без значительного увеличения числа связей по длине волокна.

Влияние условий термообработки полипропиленового волокна на физико-механические свойства приведено в табл.2.

Условия обработки волокна	Разрывная нагрузка Р, Н	Диаметр волокна d, мм	Толщина ΔL , мм	Площадь волокна $S_{ср}$, мм ²	Напряжения, возникающие в волокне $\sigma_{ср}$, Н/мм ²	Модуль упругости волокна, $E_{ср}$ ($\cdot 10^6$), Н/мм ²	Температура размягчения T_p , °С	
Исходное	0,043	0,020	10,0	0,00031	174,19	158,35	88,0	
	0,059	0,020	15,0					
	0,060	0,020	8,0					
Свободная термоусадка	0,025	0,0275	12,0	0,00051	60,46	64,32	83,0	
	0,031	0,0263	7,0					
	0,040	0,0250	13,0					
	0,023	0,0250	7,0					
Давление, Па	0	0,034	0,0500	7,0	0,00073	49,32	63,23	83,0
		0,048	0,0225	8,0				
		0,024	0,0250	5,0				
		0,047	0,0275	9,0				
	5	0,025	0,0250	9,0	0,00052	53,85	69,84	84,0
		0,030	0,0250	5,0				
		0,033	0,0250	8,0				
		0,030	0,0275	7,0				
	10	0,024	0,0263	9,0	0,00052	38,08	44,28	71,0
		0,0200	0,0275	10,0				
		0,0200	0,0288	9,0				
		0,0210	0,0250	8,0				
	15	0,0210	0,0225	8,0	0,00050	42,0	42,86	66,0
		0,0290	0,0250	12,0				
		0,0160	0,0263	6,0				
		0,0180	0,0250	8,0				
	20	0,0250	0,0250	8,0	0,00059	27,64	40,38	50,0
		0,0180	0,0275	7,0				
		0,0150	0,0275	9,0				
		0,0190	0,0275	6,0				
		0,0120	0,0275	7,0				

Совместный анализ изменения упругих свойств полипропиленового волокна и нетканых термоскрепленных иглопробивных материалов на его основе показал, что в технологических условиях термовоздействия на материал (табл.2) происходит значительное изменение в надмолекулярной структуре волокна, сопровождающееся дезориентационными процессами. Резко снижается температура размягчения, прочность и модуль упругости волокна. Однако даже при значительном снижении модуля упругости волокна можно добиться достаточной жесткости материала за счет управления его структурой.

Основываясь на данных из [3], можно

сделать вывод, что и в нашем случае наибольший вклад в упруговязкие свойства рассматриваемых материалов вносит концентрация связей между волокнами в единице объема материала, а также расстояние между связями по длине волокна. Поэтому даже при значительном снижении жесткости волокон можно добиться требуемой жесткости материала за счет управления его макроструктурой в технологии изготовления.

ВЫВОДЫ

1. Исследовано влияние условий термоуплотнения: давления, температуры,

времени на упруговязкие свойства иглопробивных фильтровальных материалов из полипропиленовых волокон, а также влияние условий термовоздействия на деформационно-прочностные свойства полипропиленового волокна. Показано, что в условиях термоуплотнения иглопробивного полотна деформационно-прочностные свойства полипропиленовых волокон снижаются.

2. Выявлено, что наибольший вклад в упруговязкие свойства иглопробивных термоуплотненных фильтрополотен вносит увеличение концентраций связей между волокнами в единице объема материала,

а также расстояние между связями по длине волокна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Котлярова Е.Ф., Конохова С.В., Горчакова В.М. Нетканые фильтровальные полотна для очистки топлива. – М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1999, №3842-ЛП.

2. Кукин Г.Н., Соловьев А.Н. Лабораторный практикум по текстильному материаловедению. – М.: Легкая индустрия, 1974.

3. Флоров М.В. Структурная механика бумаги. – М.: Лесная промышленность, 1982.

Рекомендована кафедрой технологии нетканых материалов. Поступила 01.06.00.