

УДК 677.026.444-977:[662.6-736:543.842]

**ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТЕРМООБРАБОТКИ
НА КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТУЮ СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА
НЕТКАНЫХ ФИЛЬТРОВАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

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

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

Среди многочисленных промышленных методов сверхтонкой очистки топлива от воды, являющейся одной из труднейших задач, перспективным следует считать метод сепарации через пористые перегородки под давлением. При этом наиболее ответственный элемент фильтровальной системы – коагулирующий слой, в котором происходит постепенное укрупнение микрокапель воды с ее одновременным перемещением по капиллярной волокнистой системе в виде непрерывных водяных каналов [1].

Степень очистки топлива от воды в условиях сепарации определяется как природой материала элементов фильтра, так и параметрами его капиллярно-пористой структуры.

В настоящее время наиболее эффективными фильтровальными материалами считаются нетканые иглопробивные полотна с развитой капиллярно-пористой структурой, с определенной поверхностной и объемной плотностями. Параметры капиллярной структуры материала можно менять путем формирования волокнистого холста из волокон различной линейной плотности, либо путем получения различной степени уплотнения материала.

Цель работы – анализ изменения капиллярно-пористой структуры коагулирующего слоя фильтропакета для очистки керосина от эмульсионной воды и ее взаимосвязи с некоторыми свойствами материала: поверхностной и объемной плотностями, воздухопроницаемостью в условиях термоуплотнения иглопробивного холста.

Материал получали по комбинированной технологии: послойное иглопрокалывание волокнистых холстов из полипропиленовых волокон линейной плотности 0.33 текс штапельной длиной 65мм, термоусадка полотна в свободном состоянии и его дополнительное термоуплотнение.

Выбор гидрофобных термопластичных полипропиленовых волокон (температура плавления 170...176 °С) был обусловлен как технологией изготовления материала, так и их способностью в условиях сепарации водотопливной эмульсии накапливать воду в межволоконном пространстве.

Предварительно проводили оптимизацию технологии термоусадки в свободном состоянии и некоторых свойств (поверхностной и объемной плотности, воздухопроницаемости) иглопробивного полотна, в результате чего была достигнута приемлемая поверхностная плотность полотна от 920 до 980 г/м². Такой материал получили

при 4-х разовом иглопрокалывании 5 слоев волокнистого холста поверхностной плотности 150 г/м^2 путем его термоусадки в течение 4,5 мин при $160 \text{ }^\circ\text{C}$. Однако объемная плотность и воздухопроницаемость не удовлетворяли требованиям.

Далее работу проводили с помощью трехфакторной математической модели на основе Д-оптимального плана Бокса. Исследовали влияние давления прессования (от 10 до 20 Па), температуры (от 120 до $140 \text{ }^\circ\text{C}$) и времени прессования

(от 10 до 20 с) на структуру материала, его поверхностную, объемную плотность и воздухопроницаемость.

Для определения некоторых капиллярных характеристик материала (минимального и максимального радиусов капилляров) снимали кинетику впитывания материалом воды и керосина. По кинетическим кривым впитывания жидкостей с помощью специальной программы для ЭВМ рассчитывали $r_{\min} \cdot 10^{-6} \text{ м}$ и $r_{\max} \cdot 10^{-5} \text{ м}$ капилляров.

Т а б л и ц а 1

№ п/п	Давление прессования Р, Па	Температура прессования Т, $^\circ\text{C}$	Время прессования τ , мин	Поверхностная плотность В, г/м^2	Объемная плотность δ , г/м^3	Воздухопроницаемость материала Q, $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$	Минимальный радиус капилляров, $r_{\min} (\times 10^{-6})$, м		Максимальный радиус капилляров, $r_{\max} (\times 10^{-5})$, м	
							по керосину	по воде	по керосину	по воде
1	20	140	20	1004	0,287	25,1	6,01	11,64	3,06	6,82
2	10	140	20	1161	0,277	21,8	6,65	13,83	4,99	11,18
3	20	120	20	928	0,206	35,4	6,68	13,15	9,46	11,92
4	10	120	20	962	0,214	36,9	5,70	11,67	4,39	8,3
5	20	140	10	1294	0,392	11,8	6,65	10,82	4,69	5,16
6	10	140	10	954	0,217	28,0	6,62	12,27	7,60	8,85
7	20	120	10	914	0,176	38,3	6,68	12,2	6,70	10,42
8	10	120	10	1017	0,221	29,5	6,77	13,18	8,96	13,36
9	20	130	15	944	0,210	28,0	6,35	12,69	6,26	9,13
10	10	130	15	1083	0,230	26,5	7,61	12,68	8,90	8,73
11	15	140	15	990	0,236	26,5	7,92	13,75	5,19	10,69
12	15	120	15	926	0,196	41,3	6,94	11,17	7,20	7,43
13	15	130	20	1085	0,241	23,6	6,10	14,55	4,71	13,16
14	15	130	10	925	0,210	35,4	5,70	13,39	3,80	12,70

В табл.1 представлены экспериментальные и расчетные данные по изменению исследуемых критериев оптимизации в условиях эксперимента (влияние давления, температуры и времени прессования

на свойства нетканого материала и его структурные параметры).

Используя алгоритм для Д-оптимального плана Бокса и ЭВМ, получили уравнения регрессии и графические образы, описывающие изменения исследуемых

двумя критериями оптимизации в условиях эксперимента. Некоторые из них представлены на рис.1: а) – изменение минимального радиуса капилляров ($r_{\min} \cdot 10^{-6}$ м) и б) – изменение максимального радиуса капилляров ($r_{\max} \cdot 10^{-5}$ м) в зависимости от давления X_1 , температуры X_2 и времени X_3 термообработки материала.

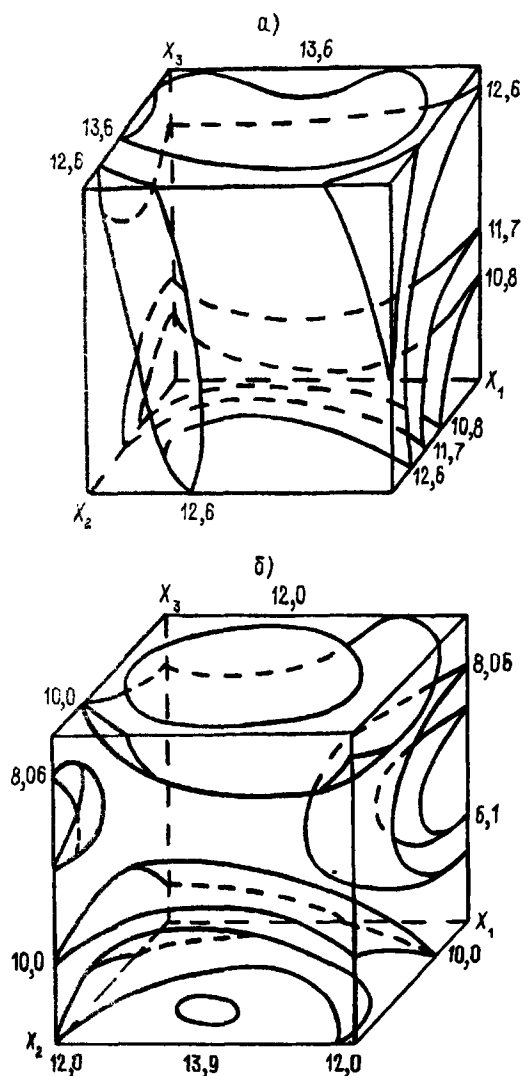


Рис. 1

Совместный анализ изменения свойств материала и его структурных параметров как капиллярно-пористого тела в условиях эксперимента показал, что уменьшение радиуса капилляров в процессе термоуплотнения иглопробивного холста хорошо коррелирует с уменьшением его воздухопроницаемости и увеличением объемной плотности. Оптимальные показатели по

указанным параметрам материала в этом случае достигаются при минимальных значениях радиусов капилляров. Значительно меньшее изменение поверхностной плотности материала в условиях эксперимента свидетельствует о формировании структуры за счет дальнейшего уплотнения структурных элементов без заметной термоусадки волокон.

Анализируя капиллярные характеристики нетканых материалов, заключаем, что в процессе их термоуплотнения происходит значительное изменение капиллярно-пористой структуры, сформированной при получении материала на иглопробивной машине и термоусадке в свободном состоянии. При этом воздействие давления совместно с температурой во времени направлено на уменьшение пор больших размеров; поры меньших размеров практически не меняются, таким образом, термоуплотнение способствует образованию более равномерной по размерам капиллярной структуры нетканого полотна. Увеличение же его объемной плотности с 0,23 до 0,28...0,31 г/см³ и снижение воздухопроницаемости с 41 до 22...27 дм³/м²·с (при практическом сохранении поверхностной плотности 950...1000 г/м²) свидетельствуют об увеличении общей поверхности капиллярно-пористого слоя фильтра-сепаратора.

Необходимо отметить, что наблюдался различный характер впитывания материалом керосина и воды. Максимальный радиус капилляров по воде менялся в пределах от 6 до 14·10⁻⁵ м, по керосину – от 3 до 9·10⁻⁵ м, что хорошо подтверждается характером движения разделяющихся жидкостей через фильтровальный материал при сепарации водотопливных эмульсий: движение керосина в процессе фильтрации идет по более мелким капиллярам, чем движение воды. По-видимому, это связано с такими показателями, как поверхностное натяжение, вязкость и плотность исследуемых жидкостей, значения которых приведены в табл.2.

Жидкость	Плотность, г/см ³	Вязкость, Па/с	Поверхностное натяжение, Дж/м ²
Вода	1.0	0.001	0.083
Керосина	0.8	0.003	0.025

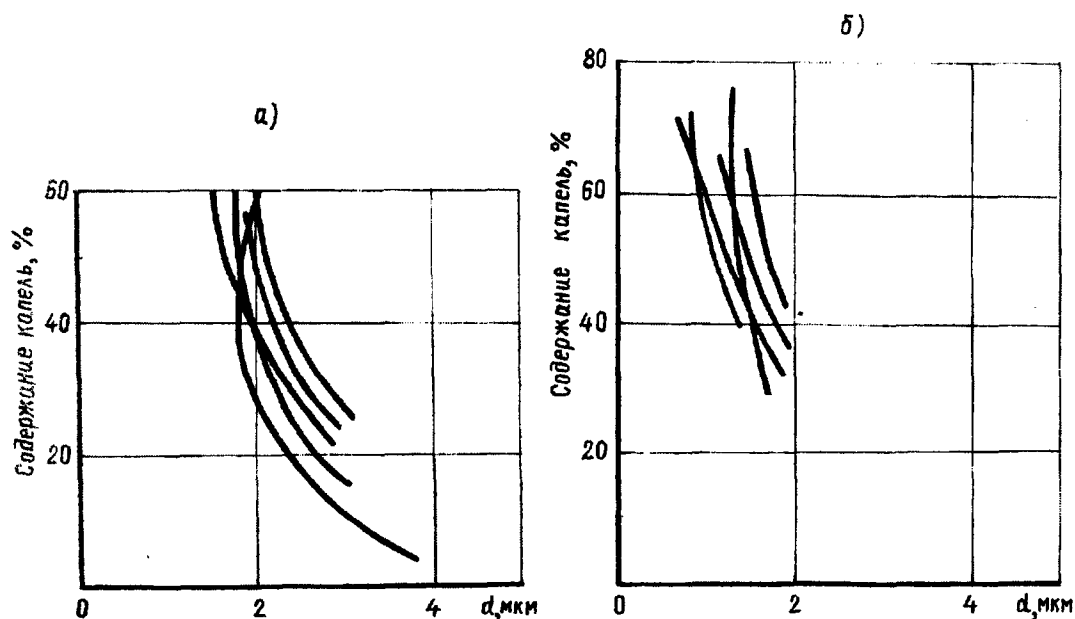


Рис. 2

На рис.2-а и б изображены кривые распределения капель эмульсионной воды в керосине в зависимости от концентрации воды (а – до сепарации (содержание воды в керосине 0,1% по массе); б – после сепарации (содержание воды в керосине 0,0014% по массе)).

Сравнительный анализ с помощью микроскопа МИН-8 структуры разбавленной водотопливной эмульсии, содержащей 0,1% воды (эмульсия до очистки – семейство кривых а), и после очистки через оптимальный коагулирующий материал (содержание воды 0,0014%, степень очистки

98,64% – семейство кривых б) по диаметрам капель воды и их распределению по размерам показал, что с уменьшением содержания воды в керосине наблюдается изменение структуры эмульсии керосин – вода. Количество крупных капель воды при этом уменьшается одновременно с увеличением содержания мелких капель и эмульсия становится более дисперсионно равномерной и менее концентрированной.

Таким образом, в процессе сепарации разбавленной водотопливной эмульсии через капиллярно-пористую перегородку под давлением происходит коалесценция

более крупных капель диаметром 2...4 мкм в капиллярах диаметром более 10,0 мкм. Вероятно, одновременно происходит и диспергация части капель до размеров 1 мкм и менее, которые после фильтрации содержатся в топливе в микродозах.

ВЫВОДЫ

1. Исследовано изменение капиллярно-пористой структуры материала в процессе термоуплотнения иглопробивного полотна. Выявлено, что давление в сочетании с повышенной температурой способствует эффективному уплотнению без заметной термоусадки волокон и развитию более равномерной капиллярно-пористой структуры.

2. Установлено, что оптимальные показатели объемной плотности и воздухопроницаемости термоуплотненного иглопробивного фильтра достигаются при минимальных радиусах капилляров.

3. Показано, что движение в структуре материала керосина и воды имеет различный характер, то есть движение керосина происходит по более мелким по размеру капиллярам, а воды – по более крупным.

4. Экспериментально исследована структура низкоконцентрированной водотопливной эмульсии до очистки и после нее через нетканый фильтроматериал. Получены кривые распределения капель эмульсионной воды в топливе по размерам в зависимости от концентрации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коваленко В.П., Турчанинов Е.П. Очистка нефтепродуктов от загрязнений. – М.: Энергия, 1990.

Рекомендована кафедрой технологии нетканых материалов. Поступила 04.04.00.