

УДК 677.027.18

**КИНЕТИКА УДАЛЕНИЯ ВОЗДУХА ИЗ ЖГУТА ТКАНИ  
В СРЕДЕ ВОДЯНОГО ПАРА**

*М.Н.ГЕРАСИМОВ, В.Г.ЛАПШИН*

**(Ивановская государственная текстильная академия)**

В текстильном производстве процессу щелочной отварки в жгуте подвергают значительные объемы суровых хлопчатобумажных тканей. Этот процесс осуществляется поточным способом на линии типа ЛЖО-2 и характеризуется значительной продолжительностью (более 2-х часов), которая обусловлена трудностью пропитки жгута суровой плохосмачиваемой ткани водным варочным раствором.

Процесс пропитки жгута при такой технологии отварки осуществляется в пропиточной машине с многократным чередованием операций окунка – отжим (8...10 циклов) при температуре варочного раствора 50...60°C. Но даже такая энергозатратная технология не обеспечивает полной пропитки всех пор материала ткани, что вынуждает значительно увеличивать время последующей операции запаривания пропитанного варочным раствором жгута ткани.

В исследовании [1] дано теоретическое обоснование и примеры практического применения кратковременной обработки суровых хлопчатобумажных тканей в среде насыщенного водяного пара атмосферного давления перед их введением в водные технологические растворы для интенсификации процесса их пропитки.

При запаривании волокнистого материала одновременно протекают два процесса: диффузия воздуха из пор материала в окружающую паровую среду и встречная диффузия пара в поры материала. Если запаренную перед пропиткой ткань поместить через гидрозатвор без контакта с воздухом в пропиточную жидкость, то пар, заполнивший поры ткани, практически мгновенно сконденсируется и в порах образуется вакуум. Возникающий при этом

перепад давления над поверхностью пропитываемой жидкости и в порах погруженной в нее ткани обуславливает практически мгновенное заполнение жидкостью всех пор материала.

Для расчета кинетики процесса удаления воздуха из структуры ткани при ее запаривании расправленным полотном в среде водяного насыщенного пара атмосферного давления предложена аналитическая зависимость [1]:

$$\tau_{\text{зап}} = - \mu_{1\theta} \ln \theta_{\text{в}}, \quad (1)$$

где  $\tau_{\text{зап}}$  – время пребывания полотна ткани в паровой среде, с;  $\theta_{\text{в}}$  – относительная концентрация воздуха в порах полотна ткани (до запаривания ткани  $\theta_{\text{в}} = 1$ );  $\mu_{1\theta}$  – момент кинетической кривой общего содержания пара в порах полотна ткани.

Момент кинетической кривой общего содержания пара в порах ткани рассчитывается по зависимости [1]:

$$\mu_{1\theta} = \frac{R_{\text{тк}}^2}{a_{\text{м}}} \left[ 1/3 + 1/3 \text{Lu}(\text{Pn} + \text{Fe}) + \frac{1}{\text{Bi}_{\text{м}}} \right], \quad (2)$$

где  $R_{\text{тк}}$  – половина толщины полотна ткани  $h_{\text{тк}}$ , м;  $a_{\text{м}}$  – коэффициент массопроводности ткани, м<sup>2</sup>/с; Lu, Pn, Fe,  $\text{Bi}_{\text{м}}$  – критерии подобия Лыкова, Поснова, Федорова, Био.

В формулы для расчета указанных критериев [1] входят коэффициенты тепло- и массопереноса волокнистого материала, а также параметры, характеризующие его структурные и геометрические особенности (пористость материала  $\epsilon$ , толщина  $h_{\text{тк}}$  полотна ткани, его воздухопроницаемость  $V_{\text{тк}}$ ).

В настоящей статье приводятся результаты экспериментальных исследований

кинетики удаления воздуха из структуры жгута ткани при его запаривании в среде

насыщенного водяного пара атмосферного давления.

Таблица 1

№ п/п	Тип ткани	Масса $V_{\text{тк}}, \text{кг/м}^2$	Ширина $V_{\text{тк}}, \text{см}$	Толщина $h_{\text{тк}}, \text{мм}$	Воздухопроницаемость $V_{\text{тк}}, \text{м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{с})$	Пористость, $\epsilon$
1	Башмачная	0,440	90	1,04	0,0087	0,740
2	Диагональ	0,300	90	0,82	0,0315	0,775
3	Саржа	0,278	163	0,69	0,0353	0,745
4	Репс	0,150	90	0,40	0,2310	0,750
5	Бязь	0,138	140	0,42	0,2990	0,799

Характеристика использованных суровых хлопчатобумажных тканей приведена в табл. 1.

Относительная концентрация воздуха  $(\theta_v)_{\text{экс}}$  в структуре жгута ткани в процессе его запаривания определялась по методике, приведенной в [2]. Суть ее заключается в экспериментальном определении двух величин: влагосодержания  $U_{\text{max}}$  исследуемого материала после его вакуумной пропитки и последующего центрифугирования и влагосодержания  $U_{\text{св}}$  того же материала после его предварительного запаривания в течение определенного времени  $\tau_{\text{зап}}$ , и последующих операций пропитки и центрифугирования.

Относительная концентрация воздуха  $(\theta_v)_{\text{экс}}$  в структуре текстильного материала

после его запаривания рассчитывалась по соотношению:

$$(\theta_v)_{\text{экс}} = (U_{\text{max}} - U_{\text{св}}) / (U_{\text{max}} - U_{\text{равн}}), \quad (3)$$

где  $U_{\text{равн}}$  – равновесное влагосодержание материала на воздухе, кг влаги / кг сух.мат.

С помощью пакета прикладных программ Statistica 5.0 for Windows 95 нами определен доверительный интервал среднеарифметических значений  $U_{\text{св}}$  во всех выборках, который при доверительной вероятности 0,95 не превышал  $\Delta U_{\text{св}} \leq \pm 0,0035$ . Это обеспечило получение достоверных данных по сравнительной оценке влияния времени запаривания на кинетику процесса удаления воздуха из структуры жгута ткани.

Таблица 2

Тип ткани (номер в табл. 1)	Текущее время запаривания ткани в эксперименте $\tau_{\text{зап}}, \text{с}$	Относительная концентрация воздуха в структуре ткани:		Время запаривания ткани до $(\theta_v)_{\text{экс}}$ , расчетное по формуле (4)
		текущая $(\theta_v)_{\text{экс}}$ в эксперименте	расчетная $(\theta_v)_{\text{расч}}$ по формулам (1) и (2)	
1	2	3	4	5
1	4,0	0,685	0,662	3,95
	6,0	0,560	0,505	6,04
	8,0	0,465	0,410	7,98
	10,0	0,380	0,320	10,09
	20,0	0,250	0,110	19,77
2	2,0	0,550	0,515	2,03
	4,0	0,305	0,270	4,03
	6,0	0,175	0,150	5,92
	8,0	0,095	0,080	7,99
3	2,0	0,530	0,482	2,02
	4,0	0,285	0,236	3,99
	6,0	0,155	0,115	6,02
	8,0	0,080	0,059	8,02
4	1,0	0,195	0,183	1,05
	2,0	0,045	0,040	1,99
	3,0	0,010	0,00	2,96
5	1,0	0,14	0,11	1,01
	2,0	0,02	0,01	2,01

Данные эксперимента приведены в табл.2 (столбцы 2 и 3).

Обработка этих результатов дала следующую зависимость времени запаривания жгута суровой хлопчатобумажной ткани, учитывающую ее геометрические и структурные параметры и достигаемую за время запаривания относительную концентрацию  $\theta_v$  воздуха в его структуре:

$$\tau_{\text{зап}} = 0,125 [\varepsilon / (v_{\text{тк}} h_{\text{тк}}^{0,5})] (-\ln \theta_v). \quad (4)$$

В уравнении (4) размерность величин:  $v_{\text{тк}}$  - м<sup>3</sup>/ (м<sup>2</sup>·с);  $h_{\text{тк}}$  - мм;  $\tau_{\text{зап}}$  - с;  $\varepsilon$  и  $\theta_v$  - безразмерные.

Сравнение экспериментального времени запаривания (табл.2, столб.2) и расчетного по формуле (4) (табл.2, столб.5) показывает, что расхождение между ними не превышает  $\pm 1,5$  %. Данные столбцов 3 и 4 (табл.2) свидетельствуют, что процесс удаления воздуха из жгута ткани идет медленнее, чем из той же ткани при ее запаривании развернутым полотном.

## ВЫВОДЫ

1. Предложена формула, устанавливающая связь между временем запаривания жгута суровой хлопчатобумажной ткани в среде водяного насыщенного пара атмосферного давления, с параметрами ткани (пористость, толщина, воздухопроницаемость) и достигаемой при этом относительной концентрации воздуха в структуре текстильного материала.

2. Полученные результаты будут в дальнейшем использованы при разработке интенсифицированных режимов пропитки суровых хлопчатобумажных тканей в процессах их щелочной отварки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Герасимов М.Н., Телегин Ф.Ю., Мельников Б.Н. Применение паровой обработки для интенсификации процессов текстильного производства. - М.: Легпромбытиздат. 1993.

2. Герасимов М.Н. Пропитка тканей: теория процесса, технология, оборудование. - Иваново: ИГТА. 2002.

Рекомендована кафедрой теплотехники. Поступила 29.12.06.