

УДК 677.027:12:677.21.074

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ КАПИЛЛЯРНОСТЬ
ХЛОПЧАТОБУМАЖНЫХ ТКАНЕЙ НА КИНЕТИКУ ИХ ПРОПИТКИ**

М.Н.ГЕРАСИМОВ, О.Н.МАХОВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

В [1] на основе результатов экспериментального исследования пропитки водой суровых тканей из природных целлюлозных волокон дана интерпретация механизма этого процесса и предложены формулы для расчета его кинетики, учитывающие физические характеристики пропитываемой жидкости, тип волокнистого состава ткани, ее геометрические и структурные характеристики.

Примененные в этой работе методика исследования и ее аппаратное оформление использованы нами для оценки влияния на кинетику пропитки водой хлопчатобумажных тканей, подвергнутых предварительной щелочной подготовке. Качество такой подготовки оценивалось показателем капиллярности χ , определяемым по ГОСТу 3816-81. Эксперименты проводили на хлопчатобумажных тканях: бязь арт.157 (при трех значениях χ : 50; 64 и 120 мм/ч); диагональ арт. 212 ($\chi = 140$ мм/ч); миткаль арт. 6 ($\chi = 155$ мм/ч). Температуру пропитываемой воды варьировали в диапазоне 20...60°С. Физико-механические характеристики этих тканей приведены в [1].

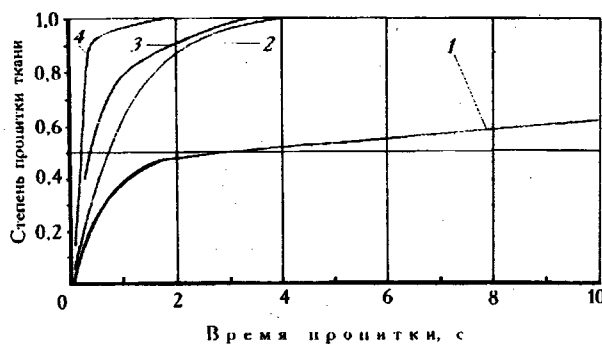


Рис. 1

На рис.1 представлены полученные экспериментально кинетические кривые пропитки водой ($t_{ж} = 40^{\circ}\text{C}$) бязи арт.157: кривая 1 – суровая, $\chi = 0$; 2 – $\chi = 50$ мм/ч; 3 – $\chi = 64$ мм/ч; 4 – $\chi = 120$ мм/ч. Аналогичные по характеру кинетические кривые получены для диагонали арт. 212 ($\chi = 140$ мм/ч) и миткаля арт.6 ($\chi = 155$ мм/ч). Анализ полученных кинетических кривых пропитки

показал, что изменение степени $\delta_{\text{пр}}$ заполнения порового объема текстильного полотна жидкостью в зависимости от времени τ пребывания в ней ткани можно описать степенной функцией, по характеру, аналогичной для описания кинетики пропитки водой суровых тканей из природных целлюлозных волокон, предложенной в [1]:

$$\delta_{\text{пр}} = \left(\frac{\tau \sigma}{k h_{\text{тк}}^2 \mu \epsilon} \right)^{0.2}, \quad (1)$$

где σ и μ – соответственно поверхностное натяжение (Н/м) и динамическая вязкость (Па·с) пропитываемой воды при соответствующей ее температуре; k – коэффициент, получивший название коэффициента сопротивления пропитке, определяемый опытным путем по кинетическим кривым пропитки, м^{-1} ; $h_{\text{тк}}$ – толщина полотна ткани, м; ϵ – пористость ткани (отношение объема пор ткани к общему ее объему).

Отличие в использовании формулы (1) для описания кинетики пропитки текстильных полотен, получивших предварительную щелочную подготовку, заключается в определении коэффициента k , величина которого существенно зависит от показателя капиллярности χ пропитываемого текстильного полотна. Обработка экспериментальных данных позволила получить эмпирическую зависимость для расчета этого коэффициента для хлопчатобумажных тканей, имеющих показатель χ в диапазоне от 50 до 155 мм/ч:

$$k = (1,9 - \chi^{0,12}) \cdot 10^{10}, \text{ м}^{-1}. \quad (2)$$

Формула (2) определяет не только количественные различия в значениях k для подготовленных тканей по сравнению с аналогичным коэффициентом для суровых тканей [1], но и отражает качественные отличия в механизме пропитки суровых и подготовленных текстильных полотен.

Продолжительность пропитки суровых тканей в основном определяется продолжительностью заполнения тупиковых и квазитупиковых капилляров, содержащих защемленный воздух. Доля таких пор в структуре неподготовленных (суровых) тканей от всего порового объема текстильного полотна составляет от 60% и выше. С увеличением показателя капиллярности тканей, количество квазитупиковых пор в их структуре снижается, что сокращает время пропитки.

При показателе капиллярности тканей $\chi \geq 120$ мм/ч процесс заполнения их структуры жидкостью можно условно разбить на два периода. До степени пропитки полотна $\delta_{\text{пр}} = 0,90 \dots 0,93$ заполнение протекает за десятые доли секунды. Механизм заполнения в этом периоде в основном определяется закономерностями капиллярных явлений, протекающих в капиллярах со смачиваемой поверхностью. Во втором периоде, когда окончательное заполнение порового объема ткани завершается (от $\delta_{\text{пр}} = 0,90 \dots 0,93$ до $\delta_{\text{пр}} = 1,0$), происходит заполнение тупиковых капилляров волокон, в которых остался защемленный воздух. Продолжительность этого периода составляет уже секунды и зависит в основном от температуры жидкости, геометрических и структурных характеристик ткани и показателя ее капиллярности.

Таблица 1

Капиллярность χ ткани, мм/ч и температура $t_{ж}$ воды, °С соответственно	Тип данных	Время пребывания ткани в воде, с				Расчетное время (с) полной пропитки ткани $\delta_{пр}=1$
		1,0	2,0	3,0	4,0	
		Степень пропитки ткани $\delta_{пр}$				
Бязь хлопчатобумажная, арт.157						
50 20	1		0,775	0,850	0,930	5,94
	2		0,797	0,872	0,924	
	$\Delta, \%$		-2,8	-2,5	+0,7	
50 40	1		0,858	0,948	0,987	4,18
	2		0,863	0,939	0,991	
	$\Delta, \%$		-0,6	+1,0	-0,4	
50 60	1		0,950	1,00		3,13
	2		0,914	0,998		
	$\Delta, \%$		+3,9	+2,0		
64 20	1	0,744	0,900	0,953	0,991	5,01
	2	0,724	0,832	0,902	0,956	
	$\Delta, \%$	+2,7	+8,2	+5,7	+3,6	
64 60	1	0,903	0,990			2,64
	2	0,824	0,946			
	$\Delta, \%$	+9,2	+5,4			
120 20	1	0,912	0,941			2,46
	2	0,835	0,960			
	$\Delta, \%$	+9,2	-2,0			
120 40	1	0,935	0,980			1,73
	2	0,896	1,00			
	$\Delta, \%$	+4,3	-2,0			
120 60	1	0,964	0,992			1,29
	2	0,950	1,00			
	$\Delta, \%$	+0,6	-9,0			
Диагональ хлопчатобумажная, арт.212						
140 20	1		0,964	0,990		3,07
	2		0,918	0,995		
	$\Delta, \%$		+5,0	-0,5		
140 60	1	0,963	0,983			1,62
	2	0,908	1,04			
	$\Delta, \%$	+5,0	-6,0			
Митраль, арт.6						
155 20	1	0,897	1,00			1,30
	2	0,953				
	$\Delta, \%$	-5,9				
155 40	1	0,939				0,90
	2	1,02				
	$\Delta, \%$	-8,1				

Примечание: 1 – экспериментальное; 2 – расчетные значения.

В табл.1 представлены полученные нами экспериментальные значения показателей степени $\delta_{\text{пр}}$ пропитки тканей в сравнении с расчетными значениями этого показателя, определенного с использованием выражений (1) и (2). Во всех случаях отклонение Δ экспериментальных значений показателя степени $\delta_{\text{пр}}$ пропитки от его расчетных значений не превышает $\pm 9,5\%$, что подтверждает высокую эффективность использования предложенных формул для расчета кинетики пропитки в воде хлопчатобумажных тканей, имеющих различный показатель их капиллярности.

Анализ расчетных значений времени полной пропитки ($\delta_{\text{пр}}=1$), представленных в правой крайней колонке табл.1, показывает, что при температуре обрабатываемых технологических растворов 20... 25°C даже для тканей, имеющих показатель капиллярности выше 120 мм/ч, это время превышает время пребывания в растворе текстильных полотен, обрабатываемых в реальных промышленных условиях.

При использовании применяемых конструкций ванн плюсовых максимальная длина заправки полотна в жидкости (от входа ткани в ванну с раствором до ее поступления в жало отжимных валов) не превышает 1,5 м. При скоростях обработки 60...80 м/мин время пребывания ткани в растворе не будет выше 1,5...1,0 с. Еще большее расхождение реального времени пребывания ткани в обрабатываемом растворе и времени, требующегося для полной ее пропитки, будет иметь место при обработке тканей с пониженным показателем капиллярности.

Нами с помощью эксперимента оценено влияние на степень пропитки смоченной в воде ткани (бязь арт.157, с показателем капиллярности 120 мм/ч) прожима ее в жале отжимных валов. Процесс пропитки ткани проводили по трем режимам с последующей оценкой достигнутой в каждом режиме степени пропитки ткани. Температура пропитываемой воды и время пребывания в ней ткани во всех режимах были одинаковыми: $t_{\text{ж}} = 20^\circ\text{C}$ и $\tau = 1,5$ с.

В режиме 1 ткань после пребывания в жидкости не подвергалась прожиму в жале валов. В режиме 2 ткань после пропитки пропускалась через жало валов, усилие сжатия которых обеспечивало остаточную влажность полотна 80%. В режиме 3 ткань после пропитки также подвергалась отжиму, но с большим усилием, обеспечивающим остаточную влажность полотна 75%. Полученные в результате эксперимента данные представлены в табл. 2.

Таблица 2

Режим пропитки	1	2	3
Степень пропитки ткани $\delta_{\text{пр}}$	0,936	0,941	0,942

Как видно из табл. 2, отжим полотна в жале валов плюсовки не улучшает степень пропитки ткани. Это связано с тем, что на момент поступления ткани в жало валов в структуре ее волокон имеются тупиковые капилляры, не заполненные жидкостью. В этих тупиковых капиллярах остался заземленный воздух, который не может быть удален за счет избыточного давления, создаваемого в полотне при его прохождении в жале валов.

Следовательно, доведение степени пропитки подготовленных хлопчатобумажных тканей до полного заполнения всей поровой структуры (в том числе пор отдельных волокон) обуславливает необходимость или увеличения времени пребывания ткани в жидкости, что связано с увеличением длины заправки полотна в ванне, или применения методов и устройств, интенсифицирующих процесс пропитки.

Использование результатов настоящего исследования и предложенных расчетных формул позволит учитывать особенности кинетики пропитки тканей из целлюлозных волокон при разработке эффективных

технологических режимов в процессах их подготовки, крашения, заключительной химической отделки и промывки.

ВЫВОДЫ

1. Предложено процесс пропитки хлопчатобумажных тканей, прошедших предварительную щелочную подготовку, условно разбить на два периода, отличающихся интенсивностью заполнения жидкостью их структуры: в первом (начальном), протекающем за десятые доли секунды и заканчивающимся при заполнении 90...93% порового объема текстильного полотна, процесс идет интенсивно, что обусловлено преобладанием в этом периоде механизма капиллярного впитывания; во втором (завершающем) происходит заполнение жидкостью тупиковых капилляров, расположенных в структуре единичных волокон и содержащих заземленный воздух, что значительно снижает интенсивность процесса пропитки в этом периоде.

2. Представлена эмпирическая формула для расчета величины коэффициента сопротивления пропитке, учитывающая показатель капиллярности хлопчатобумажных тканей, которая позволяет использовать найденную в [1] аналитическую зависимость для расчета кинетики пропитки водой суровых тканей из целлюлозных волокон для расчета кинетики пропитки хлопчатобумажных тканей, имеющих различную степень предварительной щелочной подготовки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Герасимов М.Н., Махов О.Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2001. №4. С. 77...83.

Рекомендована кафедрой теплотехники. Поступила 17.05.01.