

УДК (678.743.22.537.226) 001.24

**МЕХАНИЗМ АКТИВИРУЮЩЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ КОЛЕБАНИЙ НА СИСТЕМУ
ВОЛОКНООБРАЗУЮЩИЙ ПОЛИМЕР – ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КОМПОЗИЦИЯ**

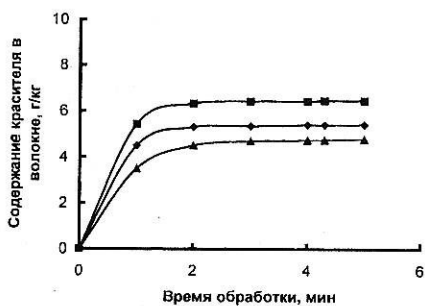
А.Л.НИКИФОРОВ, Б.Н.МЕЛЬНИКОВ, О.Г.ЦИРКИНА

(Ивановский государственный химико-технологический университет,
Ивановская государственная текстильная академия)

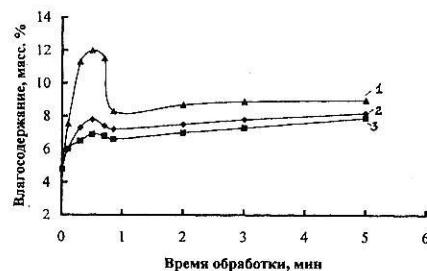
Экспериментальные данные, полученные нами и подробно описанные в [1...4], показывают, что механизм активирующего влияния токов ВЧ/СВЧ не сводится лишь к тепловому воздействию последних на полимер. Наличие внешнего электромагнитного поля приводит к колебательной активации молекул в системе волокнообразующий полимер–технологическая композиция. Наши исследования были направлены на изучение процессов адсорбции и диффузии красителей и ТВВ в волокнах и

полимерных пленках под действием электромагнитных колебаний.

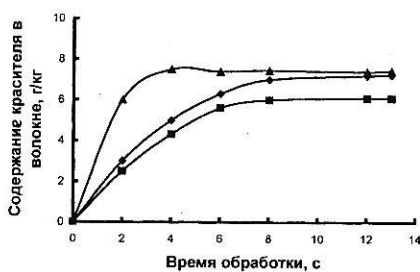
Эффективность протекания химико-текстильных процессов при обработке целлюлозосодержащих тканей определяется уровнем пластификации целлюлозного волокна под действием различных тепло-влажностных обработок. Для оценки пластифицирующего действия среды на текстильные материалы мы использовали значение температуры стеклования целлюлозы, которое определяли расчетным путем.



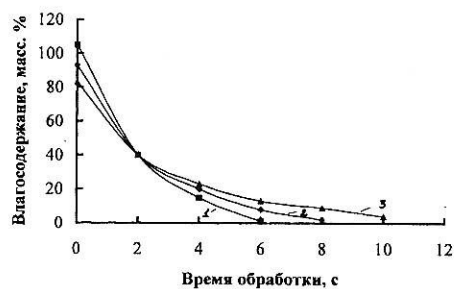
а)



а)



б)



б)

Рис. 1

Рис. 2

Основой для расчетов служили экспериментальные данные, отражающие кинетику фиксации красителей на хлопчатобумажных тканях при обработке в насыщенном водяном паре (рис.1-а) и в поле ТВЧ (рис.1-б), а также изменение влагосодержания целлюлозных волокон в ходе фиксирующей обработки в насыщенном водяном паре при температуре 100°C (рис.2-а) и в поле ТВЧ (рис.2-б), где 1 – миткаль, 2 – саржа, 3 – авизент [5].

На основании экспериментальных сорбционных кривых и с использованием надежной методики термодинамических измерений зависимости температуры стеклования целлюлозы от ее влагосодержания [2] нами были рассчитаны кинетические кривые изменения интегральной температуры стеклования целлюлозы, косвенно характеризующей пластификацию целлюлозного волокна на молекулярном и надмолекулярном уровнях.

На наш взгляд, для термопластификационных обработок, имеющих различную продолжительность, необходимо определение некоторой средней величины температуры стеклования. Ее дискретное значение должно характеризовать уровень сегментальной подвижности, достигнутый в течение определенного температурного интервала. Для запарного способа (при обработке хлопчатобумажных тканей) эта величина лежит в пределах 120...140°C [2].

Поскольку при запаривании температура обрабатываемого материала не превышает 100°C, можно сделать вывод о том, что при данном варианте обработки не достигается расстекловывания целлюлозы,

а происходит лишь вскрытие субмикроскопических пор волокна.

Сегментальная подвижность молекул целлюлозы определяется влагосодержанием и температурой волокнообразующего полимера. На рис.2 приведены характерные кривые изменения влагосодержания хлопчатобумажных тканей при обработке в насыщенном водяном паре ($T=100^\circ\text{C}$) (рис.2-а) и в поле ТВЧ (рис.2-б). Было установлено, что при ТВЧ-обработке нагрев хлопчатобумажной ткани, имеющей начальную влажность $90\pm 10\%$, до температуры 100°C происходит в среднем за 2 с. Следует отметить, что в данном случае влагосодержание ткани остается выше значения, характерного для предельно пластифицированного состояния [6], [7]. Это позволяет нам сделать вывод о том, что наибольший уровень сегментальной подвижности в целлюлозных волокнах достигается при 2-секундной обработке в ВЧ-поле.

Релаксационные процессы в целлюлозе при проведении тепловлажностных обработок способствуют переходу полимера в равновесное и более упорядоченное состояние, усиливают межмолекулярное взаимодействие макромолекул в аморфных областях, следствием чего, наряду с изменением сорбционных свойств, имеет место увеличение прочностных свойств волокнистых материалов, что нашло подтверждение при определении деформационных характеристик текстильных материалов (разрывная нагрузка и относительное удлинение полоски ткани), прошедших различные варианты тепловлажностных обработок (табл.1).

Таблица 1

Ткань	Разрывная нагрузка, кгс		Удлинение, мм	
	запаривание	ВЧ- обработка	запаривание	ВЧ- обработка
Миткаль:				
- основа	28 ± 2	30 ± 2	10 ± 1	8 ± 1
- уток	20 ± 2	22 ± 2	14 ± 1	10 ± 1
Саржа:				
- основа	120 ± 2	129 ± 2	5 ± 1	4 ± 1
- уток	110 ± 2	118 ± 2	8 ± 1	6 ± 1
Авизент:				
- основа	98 ± 2	110 ± 2	7 ± 1	6 ± 1
- уток	90 ± 2	100 ± 2	9 ± 1	10 ± 1

Процессы упорядочения структуры полимера более эффективно протекают в ходе диэлектрического нагрева влажных материалов, нежели в процессе запаривания. Увеличение разрывной нагрузки на 7...10% и более низкие значения удлинения для тканей, обработанных в ВЧ-поле, обусловлены, вероятно, повышением уровня сегментальной подвижности макромолекул целлюлозы.

Уровень сегментальной подвижности оказывает влияние и на изменение диффузионной проницаемости полимерного материала по отношению к красителям и отделочным препаратам. Для доказательства высказанных предположений нами впервые было проведено изучение процесса диффузии и определение коэффициентов диффузии активных красителей в целлюлозу под действием поля ТВЧ.

Для изучения собственно процесса диффузии мы использовали метод многослойной мембраны. Рис.3 иллюстрирует распределение активного красителя по

слоям целлофановой мембраны для различных способов тепловой обработки: кривая 1 – ВЧ-обработка; 2 – термообработка; 3 – запаривание.

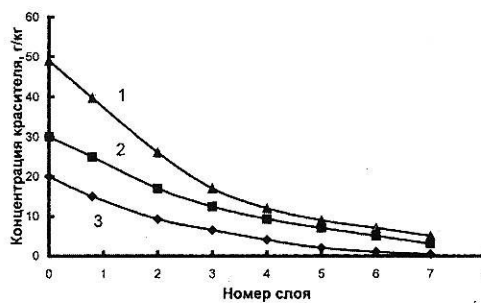


Рис. 3

На основании полученных данных были рассчитаны коэффициенты диффузии. В табл.2 приведены численные значения коэффициентов диффузии (см²/с) активных красителей при воздействии ВЧ-поля, а также при запарном и термофиксационном способах тепловой обработки текстильных материалов.

Таблица 2

№ слоя п/п	Активный красно-фиолетовый 2 КТ		Активный оранжевый 5 К	
	ВЧ-способ, D·10 ⁷	термический / запарной D·10 ⁹	ВЧ-способ, D·10 ⁷	термический / запарной D·10 ⁹
1	7,97	6,64/5,20	5,85	4,48/2,60
2	5,21	5,43/4,36	4,65	3,59/1,99
3	4,80	4,54/3,35	3,78	2,85/1,14
4	4,25	4,29/3,05	3,58	2,75/1,14
5	3,56	4,31/2,84	3,54	2,73/1,09
6	3,39	4,90/2,15	4,08	2,75/1,01
7	3,31	- /2,21	4,37	2,69/1,00

Выявлено, что при ВЧ-фиксации коэффициенты диффузии на два порядка выше, нежели в традиционных способах. Столь резкое увеличение скорости внутренней диффузии красителя в волокне связано с повышением сегментальной подвижности макромолекул целлюлозы и с возрастанием кинетической энергии движущихся частиц красителя под влиянием энергии ВЧ-поля.

По полученным кинетическим кривым рис.2 были рассчитаны константы скоростей реакции k активного красителя с целлюлозным волокном. Величины значений k (k_з = 0,027 с⁻¹ – для запарного способа и

k_{вч} = 0,602 с⁻¹ – для ВЧ-способа обработки) свидетельствуют о значительном увеличении скорости химической реакции красителя с активными центрами целлюлозы в случае высокочастотного нагрева.

Высокие скорости доставки красителей в полностью расстеклованную целлюлозу и реакции их с гидроксильными группами волокнообразующего полимера обеспечивают минимальную продолжительность фиксации активных красителей тканями материалами в условиях ТВЧ-нагрева.

Аналогичная задача была решена и для процессов колорирования тканей методом прямой печати. Результаты исследования

диффузионных процессов для данного случая соответствуют результатам, полученным ранее для процесса крашения.

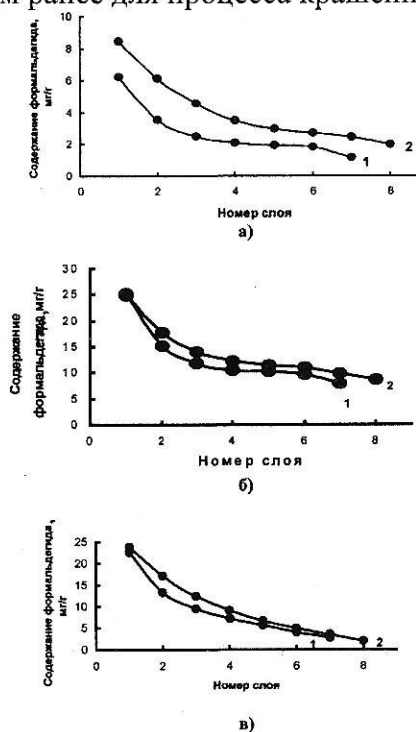


Рис. 4

При малосминаемой отделке изучение процессов диффузии в целлюлозный полимер низкоформальдегидных: карбамол ГЛ (рис.4-в), флир (рис.4-а) и формальдегидсодержащих: карбамол ЦЭМ (рис.4-б) отделочных препаратов, входящих в состав готового аппрета, показывает, что наиболее высокие скорости проникновения предконденсата терморезактивной смолы в материал имеют место при использовании ВЧ-поля (кривая 2) в сравнении с термофиксацией (кривая 1).

Также не выходят за рамки сделанных выводов и другие процессы обработки тканей при их подготовке и заключительной отделке. Все это нашло подтверждение при разработке вполне конкретных технологических процессов.

Нами были разработаны процессы мерсеризации, беления, колорирования и малосминаемой отделки целлюлозосодержащих тканей, основанные на использовании энергии электромагнитных колебаний высокой и сверхвысокой частот. Общей чертой всех разработанных процессов является исключение стадии промежуточной сушки материала после пропитки или нанесения загу-

щенных технологических составов, а также сокращение общей продолжительности процесса до 6...8 с [3], [4].

ВЫВОДЫ

1. Скорости диффузионных процессов и реакции взаимодействия красителя с волокном при наличии внешнего высокочастотного поля возрастают более чем в 60 раз по сравнению с традиционными видами нагрева.

2. Показана взаимосвязь скорости и полноты протекания технологических процессов в целлюлозе при диэлектрическом нагреве с уровнем сегментальной подвижности макромолекул полимера. Установлено, что при обработке в поле ТВЧ влажных целлюлозных материалов в них протекают релаксационные процессы, приводящие структуру целлюлозы к равновесному состоянию: продолжительность структурных перестроек сокращается на два десятичных порядка в сравнении с традиционными способами нагрева.

ЛИТЕРАТУРА

1. Никифоров А.Л. Использование энергии электромагнитных колебаний для интенсификации химико-текстильных процессов и создания на их основе энерго- и ресурсосберегающих технологий: Дис.... докт.техн.наук. – Иваново, 2004.
2. Циркина О.Г. Фиксация активных красителей на хлопчатобумажных тканях в поле токов высокой частоты: Дис.... канд.техн.наук. – Иваново, 1994.
3. Новоселова Е.П. Высокочастотная активация процессов фиксации активных красителей и пигментов при печатании целлюлозосодержащих тканей: Дис....канд.техн.наук. – Иваново, 2000.
4. Шубина Е.В. Использование энергии электромагнитных колебаний высокой частоты при придании текстильным материалам эффекта малосминаемости: Дис....канд. техн. наук. – Иваново, 2003.
5. Кленкова Н.И. Структура и реакционная способность целлюлозы. – М.: Наука, 1976.
6. Романов В.А., Ерохина О.А. и др. // Химия древесины. – 1990, №4. С.32...37.
7. Кайминь И.Ф., Иоелович М.П. // Высокомолекулярные соединения. – Т.156, № 10, 1973. С.764...767.

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов. Поступила 04.04.05.