

**РАЦИОНАЛЬНЫЕ СПОСОБЫ СУШКИ И ТЕРМООБРАБОТКИ ТЕХНИЧЕСКИХ
ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**
**RATIONAL METHODS OF DRYING AND HEAT TREATMENT OF TECHNICAL
TEXTILE MATERIALS**

Ясинская Наталья Николаевна, Скобова Наталья Викторовна
Natalia N. Yasinskaya, Natalia V. Skobova

Витебский государственный технологический университет, Беларусь, Витебск
Vitebsk State Technological University, Belarus, Vitebsk
(email: YasinskayNN@rambler.ru, skobova-nv@mail.ru)

Аннотация: Проведен сравнительный анализ конвективной и СВЧ сушки технических тканей из полиамидных и вискозных нитей, пропитанных дисперсией стирол-акрилата (300-500 г/л).

Abstract: A comparative analysis of convective and microwave drying of technical fabrics made of polyamide and viscose yarns impregnated with styrene-acrylate dispersion (300-500 g / l) has been carried out.

Ключевые слова: технические ткани, пропитка, аппрет, дисперсия стирол-акрилата, конвективная и СВЧ-сушка.

Key words: technical fabrics, impregnation, finishing, styrene-acrylate dispersion, convective and microwave drying.

Одним из способов формирования технических текстильных материалов с заданными функциональными свойствами является пропитка тканых полотен полимерными аппретами с последующей сушкой и термофиксацией [1]. В настоящее время основными способами сушки и термообработки текстильных материалов являются конвективный, радиационный контактный и комбинированный. Наиболее простым и распространенным является конвективный способ, что объясняется простотой и дешевизной используемого оборудования. В результате ранее проведенных исследований [2], установлено, что для завершения процессов сушки и термофиксации технических текстильных материалов при использовании в качестве теплоносителя горячего воздуха (120 – 180⁰С) требуется 10 - 12 мин, в зависимости от сырьевого состава тканого полотна и концентрации полимерного аппрета. Недостатком конвективного способа при сушке технического текстиля поверхностной плотностью выше 400 г/м², пропитанных полимерными дисперсиями аппретов является во-первых, разрушение аппрета, во-вторых, в некоторых случаях подплавление волокон, в третьих, значительная миграция дисперсной фазы к поверхностным слоям материала, что приводит к неравномерности его функциональных свойств.

Рациональным решением устранения указанных недостатков является использование для сушки текстильных материалов большой поверхностной плотности электромагнитных волн сверхвысокочастотного диапазона – СВЧ сушка [1].

В отличие от конвективной при СВЧ сушке температура в центре выше, чем на поверхности материала, термодиффузия направлена от центра к поверхности, но при этом влагосодержание на поверхности выше, чем в центре, т.е. концентрационная диффузия влаги направлена в обратном направлении и оказывает сопротивление перемещению влаги. Испарение влаги в центре материала больше, чем на поверхности, так как температура в центре выше, чем на поверхности. Возникающий градиент давления является движущей силой переноса влаги в виде пара в объеме текстильного материала [3].

Проведены экспериментальные исследования процесса СВЧ сушки технических тканей из полиамидных и вискозных нитей (460 г/м²), пропитанных водной дисперсией стирол-акрилата (300-500 г/л) и сравнение с кинетикой сушки той же ткани в условиях

конвективного нагрева [1,2]. Сушка в условиях СВЧ излучения проводилась при мощности генератора 300, 600 и 850 Вт частоте 2450 МГц. Кинетические кривые СВЧ-сушки представлены на рисунке 1.

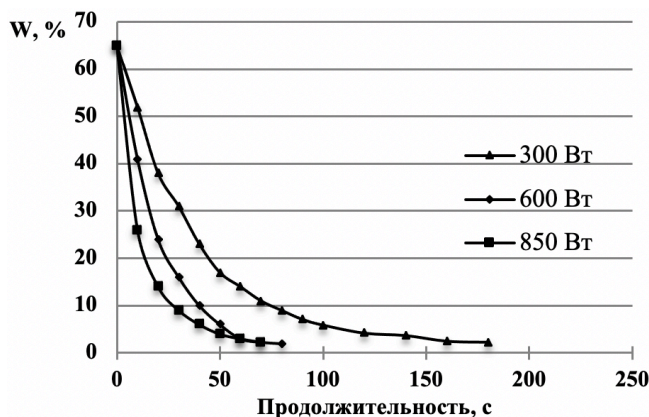


Рисунок 1 – Кинетические кривые СВЧ-сушки технических тканей

В начале процесса СВЧ обработки влажная ткань быстро нагревается, и скорость испарения влаги увеличивается, достигая максимального значения. Испарение влаги происходит при температуре близкой к 100 °С. После достижения максимального значения происходит снижение интенсивности испарения, и температура материала повышается. На кривых сушки практически не наблюдается периода постоянной скорости, сушка протекает в периоде падающей скорости. Эта особенность СВЧ сушки характерна для тонких материалов [3].

Анализируя и сравнивая конвективную и СВЧ сушку технических тканей из полиамидных и вискозных нитей можно сделать следующие выводы:

- при одинаковой мощности СВЧ излучения и начальном влагосодержании W_0 кривые сушки для полиамидных и вискозных материалов совпадают, изменение концентрации полимерного связующего также не изменяет зависимости, что можно объяснить высокой скоростью испарения влаги с объема текстильного материала, толщина которого не превышает $4 \cdot 10^{-3}$ м;
- с увеличением мощности генератора СВЧ излучения интенсивность испарения влаги возрастает, и продолжительность сушки до равновесного влагосодержания сокращается;
- СВЧ сушка обеспечивает достижение равновесного влагосодержания материала за 70 – 90 с при мощности 600 – 850 Вт, в то время как конвективная сушка за 130 – 200 с для полиамидных материалов и 340 – 380 с для вискозных при температуре воздуха 120 – 140 °С [1, 2].

С использованием формулы для расчета продолжительности СВЧ обработки тонких текстильных материалов до заданного влагосодержания [4] рассчитана требуемая продолжительность СВЧ обработки для достижения равновесного влагосодержания технических тканей из вискозных и полиамидных нитей (таблица 1).

Из приведенных данных следует, что по сравнению с конвективной, СВЧ сушка позволяет сократить продолжительность в 2 - 3 раза для полиамидных материалов и 4 - 5 раз для вискозных материалов.

При сушке технических тканей, толщина которых составляет более 1 мм, возникает проблема миграции частиц дисперсной фазы аппрета к поверхности тканого полотна при высушивании. В результате миграции на поверхности образуется пленка, а глубинные слои обедняются связующим. Это приводит к ухудшению физико-механических и эксплуатационных свойств готового материала: уменьшается воздухопроницаемость, возрастает способность к расслаиванию, повышается жесткость. Кроме того, возникают

проблемы при термофиксации, так как образующаяся на поверхности пленка при высоких температурах (170-180⁰С) начинает разрушаться, что также приводит к ухудшению свойств и внешнего вида материала.

Таблица 1 – Расчетные и экспериментальные значения продолжительности СВЧ сушки технических тканей

<i>Технические ткани из вискозных и полиамидных нитей</i>					
$P_{ген} = 300 \text{ Вт}$					
$W_p, \%$	2,3	5	10	20	30
$\tau_{эксп}, \text{С}$	190	108	77	43	31
$\tau_{расч}, \text{С}$	193	110	75	45	29
$P_{ген} = 600 \text{ Вт}$					
$\tau_{эксп}, \text{С}$	92	54	35	21	16
$\tau_{расч}, \text{С}$	95	55	37,5	23	15
$P_{ген} = 850 \text{ Вт}$					
$\tau_{эксп}, \text{С}$	72	41	26	14	11
$\tau_{расч}, \text{С}$	68	39	26	16	10

Для исследования равномерности распределения дисперсии по объему тканого материала использован метод послойного анализа [5]. Предварительно были подготовлены образцы. Тканое полотно из вискозных нитей, пропитывалось водной дисперсией стирол-акрилата – 300 и 500 г/л, продолжительность пропитки – 10 минут температура пропитки – 20 °С. Затем одна часть образцов подвергалась конвективной сушке при температуре 120⁰С в течении 340 - 400 с, другая часть СВЧ сушке при мощности 600 Вт в течении 90 с.

Количество отложившейся дисперсной фазы определялось на уточных нитях длиной 10 см, взятых из различных слоев пропитанного полотна, путем их взвешивания и вычитания из найденного значения веса таких же нитей, взятых из непропитанного тканого полотна. Взвешивание нитей осуществлялось на лабораторных аналитических весах с точность 0,0001г.

Результаты проведенных экспериментов представлены на рисунках 2, 3.

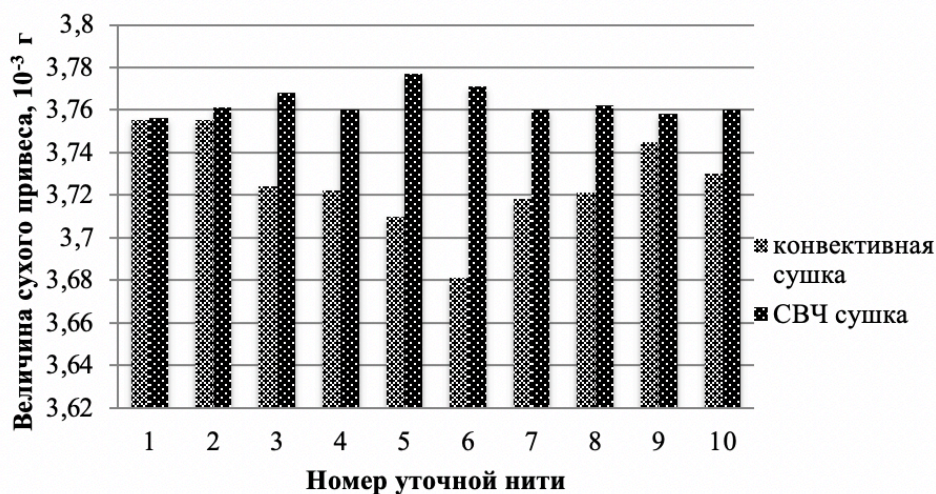


Рисунок 2 – Величина сухого привеса нитей утка ткани при концентрации дисперсии стирол-акрилата 300 г/л

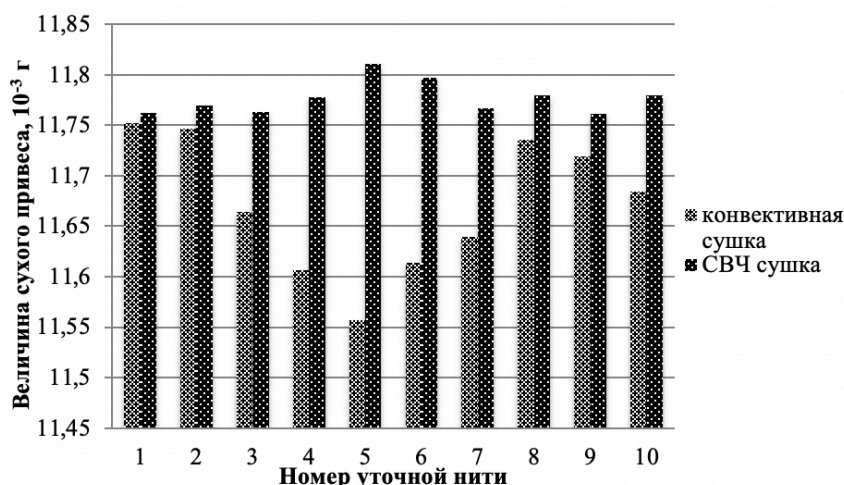


Рисунок 3 – Величина сухого привеса нитей утка ткани при концентрации стирол-акрилата 500 г/л

Как видно, в случае конвективной сушки количество отложившейся дисперсной фазы в глубинных слоях меньше, чем в поверхностных, что подтверждает миграцию частиц аппрета к поверхностным слоям вместе с удаляемой при конвективной сушке влагой. При СВЧ сушке влага удаляется в виде пара, не увлекая дисперсную фазу к поверхности материала. Так как сушка осуществляется изнутри наружу, поверхность материала остается «холодной» и влажной до тех пор, пока изнутри больше не добавится пара и поверхность не начнет сохнуть. Это предотвращает, во-первых, преждевременное образование полимерной пленки, препятствующей сушке глубинных слоев, во-вторых, длительное действие высоких температур на волокнообразующий полимер и частицы аппрета, которое вызывает деструкцию волокна и связующего в результате чего происходит ухудшение свойств готового материала. Результаты, характеризующие эффективность СВЧ обработки представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнительный анализ конвективной и СВЧ сушки технических тканей из вискозных нитей

Наименование показателя	Концентрация дисперсии 300 г/л		Концентрация дисперсии 500 г/л	
	конвективная сушка	СВЧ сушка (600 Вт)	конвективная сушка	СВЧ сушка (600 Вт)
Продолжительность сушки, с	340	90	400	90
Содержание дисперсной фазы в количестве дисперсии, соответствующей привесу нитей, %	16,2		35,5	
Количество адсорбированной дисперсии на нитях при традиционной пропитке, %	9,5	9,6	29,8	30,0
Количество адсорбированной дисперсии на нитях при СВЧ пропитке, %	-	14,3	-	32,8
Относительный прирост количества адсорбированной дисперсии, %	-	48,9	-	9,3
Коэффициент вариации величины сухого привеса уточных нитей по слоям, %	0,65	0,17	0,54	0,12

Анализируя результаты исследований можно сделать следующие выводы:

- продолжительность сушки в условиях СВЧ нагрева не зависит от концентрации аппрета и сокращается в 4 раза;
- при пропитке ткани в условиях СВЧ обработки повышается степень полезного использования водной дисперсии аппрета, так как количество дисперсной фазы отложившейся на волокне немного ниже ее содержания в количестве дисперсии, соответствующей привесу нитей;
- в условиях СВЧ сушки значительно снижается миграция дисперсной фазы к поверхностным слоям материала, о чем свидетельствует коэффициент вариации величины сухого привеса уточных нитей по слоям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ясинская Н.Н., Ольшанский В.И., Коган А.Г. Композиционные текстильные материалы: монография. Витебск: ВГТУ, 2016. 299 с.
2. Ясинская Н. Н., Скобова, Н.В., Разумеев К.Э. Анализ кинетики сушки и термообработки при формировании текстильных композиционных материалов из химических нитей // Химические волокна. 2020. № 1. С. 32 - 34.
3. Лыков, В.А. Теория сушки. М.: Госэнергоиздат, 1950. 420 с.
4. Ольшанский, А. И. Исследование влагообмена при сушке натуральных тканей в электромагнитном поле сверхвысокой частоты / А. И. Ольшанский, В. И. Ольшанский, С. В. Жерносек // Инженерно-физический журнал. – 2014. – Т. 86, №. 5. – С. 1041–1048.
5. Воюцкий С. С. Курс коллоидной хими: 2-е изд. перераб. и доп. М.: Химия, 1976. 512 с.