

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВЛАЖНО-ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ КОМБИНИРОВАННЫХ ВЫСОКОУСАДОЧНЫХ НИТЕЙ

Асс. Ясинская Н.Н. (ВГТУ)

Термообработка комбинированных высокоусадочных нитей может быть осуществлена в условиях сухого или влажного подогрева или в среде водяного пара под давлением. Влажно-тепловая обработка сопровождается сложными физико-химическими процессами, изменяющими надмолекулярную структуру волокон. Процесс термообработки можно условно разделить на три этапа:

1. **Прогрев волокон и ослабление их межмолекулярной структуры.** Ослабление межмолекулярных связей зависит от скорости прогревания волокон и диффузии воды. Чем выше температура или концентрация водяного пара, тем больше ослабляются межмолекулярные связи.
2. **Образование новой межмолекулярной структуры волокна.** После ослабления межмолекулярных связей макромолекулы и структурные элементы волокна приобретают подвижность. Благодаря тепловым колебаниям они могут близко подходить один к другому. При этом происходит процесс возникновения новых межмолекулярных связей, который протекает во времени и резко ускоряется с повышением температуры. Новые межмолекулярные связи, очевидно, достаточно свободно могут образовываться только в аморфных областях полиэфирного волокна, так как в кристаллических областях все макромолекулы прочно связаны между собой. Вследствие этого образование новых межмолекулярных связей при термообработке волокон в них должно резко замедляться во времени по мере "насыщения" аморфных областей новыми связями.
3. **Закрепление новой межмолекулярной структуры.** Скорость этого этапа термообработки определяется только скоростью охлаждения и сушки волокна.

Цель настоящей работы - по заданным параметрам усадки нитей определить необходимые параметры влажно-тепловой обработки (температуру и продолжительность) полиэфирных нитей.

Нами выполнены исследования зависимости усадки комбинированных высокоусадочных нитей (полученных разными способами прядения) от температуры и продолжительности влажно-тепловой обработки. Результаты представлены в табл. 1. При проведении эксперимента были выбраны следующие режимы: температура воздуха 120..180 °С; продолжительности обработки 2..20 мин; условия обработки: воздушная среда, водяной пар (при атмосферном давлении), кипящая вода.

Были исследованы следующие варианты комбинированных высокоусадочных нитей:

- вариант 1 - комбинированная высокоусадочная нить, состоящая из высокоусадочной полиэфирной нити и хлопковой мычки, полученная на машине ПК-100;
- вариант 2 - комбинированная высокоусадочная нить, состоящая из высокоусадочной полиэфирной нити и хлопковой мычки, полученная на машине П-66-5МВ;
- вариант 3 - комбинированная высокоусадочная нить, состоящая из высокоусадочной полиэфирной нити и низкоусадочной полиэфирной нити, полученная на машине ПБК-225- ШГ;

- вариант 4 - высокоусадочная полиэфирная нить.

Пользуясь построенными графическими зависимостями, характеризующими усадочные свойства комбинированных высокоусадочных нитей при термообработке в различных средах, можно по заданной величине усадки определить температуру и время термообработки. С этой целью были рассчитаны константы скорости реакции процессов термообработки. Для расчета констант условно было использовано упрощенное кинетическое уравнение первого порядка, в основу которого, как известно, положен принцип свободного движения молекул и закон случайных их столкновений. Число этих столкновений постепенно уменьшается по мере возникновения новых связей и уменьшения количества реакционно способных молекул.

Для условий термообработки волокна это уравнение принимает вид:

$$K = \frac{2.3}{t} \lg \frac{a}{x_t} \quad (1)$$

где

$K$  - константа скорости реакции;

$a$  - конечная величина усадки нити после термообработки;

$x_t$  - величина усадки нити после термообработки в течение какого-то времени;

$t$  - время термообработки, мин.

Результаты расчетов представлены в табл. 2.

Обращает внимание снижение константы скорости реакции в зависимости от продолжительности обработки. Это объясняется высказанным выше предположением о затухании процессов образования новых межмолекулярных связей, которые происходят только в аморфных областях полиэфирного волокна.

Используя константы, приведенные в табл. 2 было рассчитано необходимое время влажно-тепловой обработки комбинированных высокоусадочных нитей, чтобы получить необходимую усадку (из уравнения (1)). Следует учесть, что даны средние величины констант и, следовательно, занижены по сравнению с фактическими, характеризующими начальный период термообработки. Поэтому, для обычных производственных условий термообработки нитей полученная по аналитическим данным термообработки оказывается завышенным.

Как видно из экспериментальных данных, усадка одной и той же высокоусадочной полиэфирной нити в разных средах различна. Нить, усадка которой происходила в горячей воде, мягче и приятней на ощупь. В наибольшей степени усадка проявляется в кипящей воде, хотя температура горячего воздуха значительно выше. Так для высокоусадочных полиэфирных нитей наиболее подходящей является мгновенная усадка в кипящей воде.

Неоднозначное поведение этих нитей при термообработке в разных средах объясняется различной степенью их набухания, а это существенно влияет на усадку и объемность нитей. Количество тепла, необходимое для получения желаемого эффекта для набухших нитей, значительно меньше. Это объясняется тем, что молекула воды при кипячении проникают в полярные группы полимера и гидролизуют его. Кроме того, располагаясь в межмолекулярном пространстве, они увеличивают расстояние между отдельными молекулами по оси нити, вследствие чего она набухает. С увеличением расстояния между активными группами соседних молекул энергия межмолекулярных связей уменьшается, и эти связи могут частично разрушаться, что облегчает усадку нити.

Из экспериментальных данных видно, что усадка комбинированных высокоусадочных нитей значительно меньше усадки комплексной высокоусадочной полиэфирной нити. Это объясняется неблагоприятным влиянием многих факторов, определяющих сопротивление усадке (присутствие низкоусадочного компонента, трение между волокнами, структура нити, в частности ее крутка).

Проведенные исследования позволили высказать предположение о механизме термообработки комбинированных высокоусадочных нитей и роли воды в этом процессе, предложить метод графического и аналитического расчета необходимого времени термообработки по заданной усадке. Приведенные данные могут быть использованы в практической работе по регулированию процесса влажно-тепловой обработки комбинированных высокоусадочных нитей.

Таблица 1.

Температура, °С	Усадка, %				
	2 мин	5 мин	10 мин	15 мин	20 мин
<b>Вариант 1</b>	<b>В воздушной среде</b>				
120	14.2	15.0	16.5	17.8	18.0
180	26.2	28.1	29.8	30.1	30.1
	<b>В водяном паре</b>				
100	27.9	30.1	32.0	33.0	33.0
	<b>В кипящей воде</b>				
100	41.2	45.8	47.8	48.0	48.0
<b>Вариант 2</b>	<b>В воздушной среде</b>				
120	20.0	22.7	24.7	25.8	25.8
180	25.0	28.5	31.0	31.9	31.9
	<b>В водяном паре</b>				
100	27.8	29.8	31.2	33.3	33.3
	<b>В кипящей воде</b>				
100	39.0	45.1	49.0	50.0	50.0
<b>Вариант 3</b>	<b>В воздушной среде</b>				
120	9.5	11.9	15.0	15.8	15.8
180	18.3	23.0	24.1	24.3	24.3
	<b>В водяном паре</b>				
100	21.0	25.9	27.9	28.0	28.0
	<b>В кипящей воде</b>				
100	27.7	31.9	32.1	32.1	32.1
<b>Вариант 4</b>	<b>В воздушной среде</b>				
120	32.3	34.0	34.8	36.3	36.8
180	37.0	38.2	43.3	46.0	46.0
	<b>В водяном паре</b>				
100	42.0	44.8	47.3	48.0	48.0
	<b>В кипящей воде</b>				
100	45.8	48.0	50.0	50.0	50.0

Таблица 2.

Температура, °С	Значение $K_v$ (константы скорости усадки)					К <sub>сред</sub>	
	2 мин	5 мин	10 мин	15 мин	20 мин		
<b>Вариант 1</b>	<b>В воздушной среде</b>						
	120	0.1351	0.0575	0.0321	0.0234	0.0178	0.0532
	180	0.2866	0.1262	0.0686	0.0464	0.0348	0.1125
	<b>В водяном паре</b>						
	100	0.3124	0.1391	0.0761	0.0532	0.0399	0.1241
	<b>В кипящей воде</b>						
100	0.5796	0.2879	0.1591	0.1072	0.0804	0.2430	
<b>Вариант 2</b>	<b>В воздушной среде</b>						
	120	0.2025	0.0949	0.0525	0.0374	0.0281	0.0832
	180	0.2692	0.1287	0.0726	0.0505	0.0379	0.1117
	<b>В водяном паре</b>						
	100	0.3124	0.1371	0.0733	0.0539	0.0404	0.1234
	<b>В кипящей воде</b>						
100	0.5243	0.2783	0.1695	0.1193	0.0537	0.3260	
<b>Вариант 3</b>	<b>В воздушной среде</b>						
	120	0.0861	0.0442	0.0287	0.0204	0.0153	0.0389
	180	0.1817	0.0966	0.0513	0.0346	0.0259	0.0781
	<b>В водяном паре</b>						
	100	0.2151	0.1129	0.0625	0.0419	0.0314	0.0923
	<b>В кипящей воде</b>						
100	0.3093	0.1515	0.0765	0.0509	0.0382	0.1253	
<b>Вариант 3</b>	<b>В воздушной среде</b>						
	120	0.3860	0.1671	0.0867	0.0619	0.0475	0.1498
	180	0.4788	0.2023	0.1277	0.0969	0.0727	0.1957
	<b>В водяном паре</b>						
	100	0.6013	0.2743	0.1551	0.1072	0.0804	0.2437
	<b>В кипящей воде</b>						
100	0.7128	0.3215	0.1769	0.1193	0.0895	0.2844	