

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕРМООБРАБОТКИ ВЫСОКООБЪЕМНОЙ ПОЛИАКРИЛОНИТРИЛЬНОЙ ПРЯЖИ

*С. А. Ольшевский, С. С. Медвецкий*

Высокообъемная пряжа вырабатывается и пользуется большим спросом как в Республике Беларусь, так и во всем мире. Данный вид пряжи по большинству своих характеристик подобен шерстяной пряже и поэтому используется для производства различного ассортимента изделий верхнего трикотажа, искусственного меха, костюмных и пальтовых тканей, одеял, теплого белья и других изделий.

В Республике Беларусь одним из крупнейших производителей высокообъемной пряжи является ОАО «Полесье» г. Пинск. В связи с перевооружением данного предприятия в 2008 – 2010 гг. и установкой новейшего технологического оборудования для выработки высокообъемной пряжи был проведен ряд теоретико-экспериментальных исследований по повышению качества высокообъемной полиакрилонитрильной (ПАН) пряжи. Наиболее важным показателем, характеризующим высокообъемную пряжу, является ее объемность ( $\text{см}^3/\text{г}$ ). По применяемой технологии пряже придают объемность при обработке ее горячим воздухом либо паром. Целью проводимых исследований является определение рациональных параметров работы терморелаксационного оборудования, обеспечивающих повышение объемности ПАН пряжи. Научная новизна экспериментальных исследований заключается в том, что впервые определяются оптимальные параметры термообработки высокообъемной полиакрилонитрильной пряжи при помощи горячего воздуха.

Необходимость проведения данных исследований обусловлена тем, что в существующих источниках [1, 2] не говорится о необходимой температуре обработки высокообъемной пряжи горячим воздухом, а лишь о термообработке пряжи горячей водой либо паром при температурах 80 – 100 °С. В источнике [3] указывается, что процессы термообработки проводятся при температуре выше температуры стеклования (для ПАН волокна – 75 °С ÷ 100 °С), что обеспечивает достаточную подвижность макромолекул. Обычно эта температура заключается в интервале между температурой максимума скорости кристаллизации и температурой несколько более низкой, чем температура плавления волокна при заданном механическом напряжении.

Протекание процессов усадки высокообъемной пряжи при термической обработке определяется как способом ее получения, так и выбором условий (температуры, времени, среды), необходимых для достижения оптимальных свойств и равновесности пряжи.

Процесс термообработки можно условно разделить на три этапа [4].

Первая стадия характеризуется прогревом пряжи. Высокообъемная пряжа состоит из высоко- и низкоусадочных волокон. Тепло должно проходить через все сечения пряжи и достигать поверхности высокоусадочных волокон, находящихся даже в её центре, прогревая их до температуры, при которой протекают релаксационные процессы (до температуры стеклования полимера  $T_{cm}$ ). Продолжительность этой стадии определяется условиями теплоотдачи и физико-химическими свойствами волокон.

При достижении на поверхности высокоусадочного волокна температуры, равной температуре стеклования, происходит ослабление межмолекулярного взаимодействия и "расслабление" первоначальной структуры, возникшей в высокоусадочном волокне в процессе его формирования. В зависимости от его начальной величины энергии межмолекулярного взаимодействия, период расфиксации может быть более или менее продолжительным. Чем больше начальная величина энергии межмолекулярного взаимодействия, тем больше время, необходимое для снижения уровня этой энергии до значений, при которых усиление колебательных движений звеньев макромолекул может

привести к образованию новых межмолекулярных связей. Благодаря ослаблению межмолекулярных взаимодействий и тепловых колебаний звеньев макромолекулы приобретают способность самопроизвольно изменять свою ориентацию в волокне и принимать более вероятностную изогнутую форму. Чем выше гибкость полимера, тем легче происходит переориентация макромолекул в волокне. На этой стадии происходит резкое изменение линейных размеров высокообъемной пряжи.

Вторая стадия характеризуется образованием новых межмолекулярных связей. Происходит самопроизвольный рост энергии, который объясняется тем, что в результате расфиксации и теплового колебательного движения отдельные звенья и сегменты макромолекул периодически сближаются и вновь удаляются друг от друга.

Третья стадия процесса термообработки высокообъемной пряжи – закрепление образовавшейся структуры охлаждением нити.

Энергия межмолекулярных связей возрастает. В результате фиксации общий уровень межмолекулярных сцеплений значительно увеличивается. Продолжительность этой стадии фиксации зависит только от скорости теплоотвода и обычно невелика.

О степени фиксации пряжи можно судить по её способности противостоять последующим термообработкам, рассчитав остаточную усадку.

На ОАО «Полесье» используются два различных терморелаксационных аппарата «Superba - Murata» и «Espero – Volufil», где термообработка пряжи осуществляется соответственно горячим паром и горячим воздухом. Оба типа оборудования позволяют осуществлять термообработку пряжи в термокамере в процессе её перемотки с одной бобины на другую. Так как обработка высокообъемной пряжи горячим паром осуществляется при температуре около 100 °С, что было уже исследовано [5], то были проведены экспериментальные исследования, направленные на нахождение оптимальных параметров термообработки пряжи горячим воздухом.

Для сужения диапазона температуры термообработки при проведении экспериментальных исследований на машине «Espero – Volufil» в лаборатории УО «ВГТУ» был проведен предварительный эксперимент. Для данного эксперимента использовалась стационарная терморелаксационная камера, где проводилась термообработка ПАН пряжи в диапазоне температур горячего воздуха от 90 °С до 190 °С (рисунок 1). В связи с тем, что на ОАО «Полесье» время продолжительности термообработки пряжи на машине «Espero – Volufil» составляет 90 секунд, то при проведении данного эксперимента время обработки выбрано таким же.

Анализируя полученные результаты было отмечено, что температура в диапазоне 90 ÷ 110 °С является недостаточной для того, чтобы высокоусадочный компонент начал проявлять свою способность к усадке. При повышении температуры более 110 °С пряжа начинала усаживаться. Таким образом, запаривание пряжи при температуре 110 °С и ниже нецелесообразно.

Максимальная температура термообработки ПАН пряжи составляет 160 – 165 °С, так как при данной температуре происходит чрезмерное ослабление межмолекулярных связей, что может привести к плавлению ПАН волокна. Кроме того, чрезмерное повышение подвижности макромолекул влечет за собой резкое изменение надмолекулярной структуры волокон. Это изменение приводит к ухудшению физико-механических показателей: снижается разрывная нагрузка, разрывное удлинение, происходит пожелтение волокна.

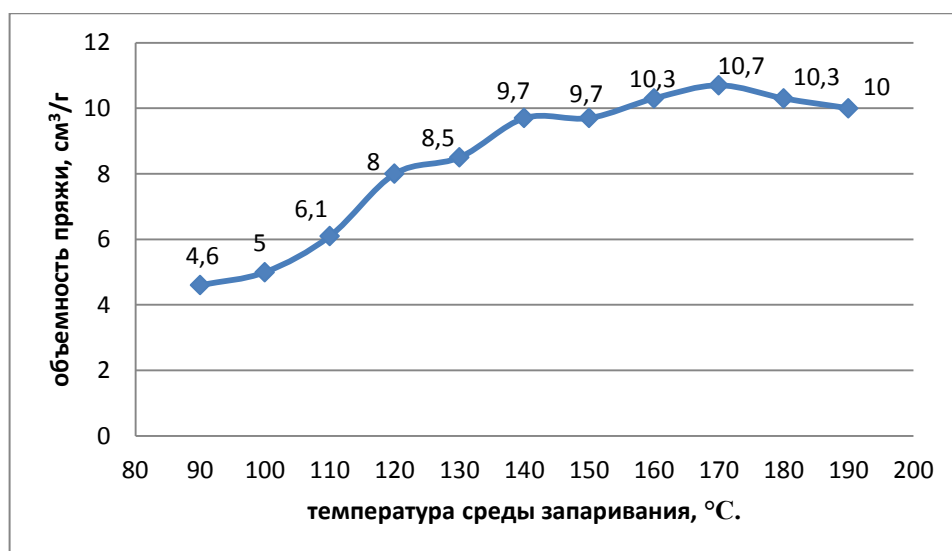


Рисунок 1 – График зависимости объемности пряжи от температуры

Таким образом, при проведении двухфакторного эксперимента на ОАО «Полесье» на машине «Espero-Volufil» температура среды ( $x_1$ ) в термокамере устанавливалась в диапазоне от 125 °С до 165 °С с интервалом в 20 °С. Время нахождения пряжи в термокамере ( $x_2$ ) изменялось от 60 до 120 сек. с интервалом в 30 сек. Данные показатели устанавливались при помощи сенсорного монитора, установленного на машине.

Далее наработанные образцы пряжи были исследованы на физико-механические характеристики, объемность и остаточную усадку. Полученные результаты эксперимента обрабатывались на ЭВМ с помощью программы «Statistica for Windows», с помощью которой были получены модели зависимости объемности ( $Y_1$ ), остаточной усадки ( $Y_2$ ) и линейной плотности ( $Y_3$ ) высокообъемной пряжи от исследуемых входных факторов:

$$Y_1 = 8,16 - 0,5x_1 - 0,33x_1^2 + 0,4x_1x_2 + 0,6x_2^2x_1 + 0,12x_2^2; \quad (1)$$

$$Y_2 = 2,4 - x_1 + 1,1x_1x_2 + 1,1x_2^2x_1 + 0,13x_2 + 0,33x_2^2; \quad (2)$$

$$Y_3 = 61,4 + 0,275x_1 + 0,691x_1^2 - 0,46x_1x_2 + 0,813x_1^2x_2. \quad (3)$$

Для определения оптимальных значений входных факторов использовалась разработанная математическая программа в системе компьютерной алгебры «Maple 9,5», реализующая метод полного перебора всех точек.

При нахождении оптимальных факторов с использованием данной программы использовались следующие ограничения:

- объемность пряжи должна стремиться к максимуму;
- остаточная усадка – не более 2,5 %;
- линейная плотность пряжи – не менее 60 текс.

В результате расчета получена точка, соответствующая оптимальному сочетанию факторов:

- температура термообработки пряжи 145 °С;
- время нахождения пряжи в термокамере 90 секунд.

При данных параметрах высокообъемная ПАН пряжа обладает характеристиками, представленными в таблице 1. Из таблицы видно, что при установленных параметрах термообработки высокообъемной пряжи горячим воздухом пряжа достигает объемности 8,2 см³/г, остаточной усадки 2,4 % и имеет значение линейной плотности, равное 61,7 текс, что находится в допустимых пределах.

Таблица 1 – Физико-механические характеристики высокообъемной пряжи

№	Наименование показателя	Значение показателя
---	-------------------------	---------------------

		нормируемое по ТУ	по заправке предприятия	экспериментальные данные
1	Фактическая линейная плотность, текс.	32×2	60,1	61,7
2	Объемность пряжи, см <sup>3</sup> /г.		7,6	8,2
3	Остаточная усадка, %.	не более 3	2,6	2,4
4	Относительная разрывная нагрузка, сН/текс	не менее 8,0	11,4	11,9
5	Удлинение при разрыве, %	не менее 17,0	22,8	23,2

При сравнении образцов высокообъемной пряжи, полученных при обработке в стационарной терморелаксационной камере и на терморелаксационной машине «Espero-Volufil», установлено, что при одинаковой температуре термообработки 145 °С значения объемности имеют расхождения. Это вызвано значительными различиями в свойствах исходного ПАН жгута производства ОАО «Нафтан». Физико-механические свойства жгута разных партий значительно отличаются по показателям разрывной нагрузки элементарного волокна, разрывного удлинения и усадки. Вследствие этого, по данным лаборатории ОАО «Полесье», при одинаковых технологических режимах получения высокообъемной пряжи значения объемности могут различаться до 30 %.

Тем не менее, по данным производственных испытаний при наработке высокообъемной пряжи было установлено, что наибольшая объемность пряжи достигается при найденных параметрах термообработки для различных партий ПАН жгута.

#### ВЫВОД

В ходе экспериментальных исследований было установлено, что оптимальными параметрами термообработки высокообъемной полиакрилонитрильной пряжи является использование температуры в усадочной камере 145 °С и времени нахождения пряжи в термокамере 90 секунд. При использовании данных параметров обработки объемность пряжи для ассортимента высокообъемной пряжи достигает показателя 8,2 см<sup>3</sup>/г.

#### Список использованных источников

1. Гусев, В. Е. Химические волокна в текстильной промышленности / В. Е. Гусев. – Москва : Легкая индустрия, 1971. – 608 с.
2. Пакшвер, А. Б. Физико-химические основы технологии химических волокон / А. Б. Пакшвер. – Москва : Химия, 1972. – 431 с.
3. Перепелкин, К. Е. Физико-химические основы процессов формирования химических волокон / К. Е. Перепелкин. – Москва : Химия, 1978. – 320 с.
4. Ясинская, Н. Н. Разработка и исследование технологического процесса получения комбинированных высокоусадочных нитей : дис. ... канд. тех. наук : 05.19.02 : защищена 24.10.2000 : утв. 15.03.2001 / Н. Н. Ясинская. – Витебск, 2000. – 181 с.
5. Медвецкий, С. С. Исследование процесса терморелаксации высокообъемной полиакрилонитрильной пряжи / С. С. Медвецкий, С. А. Ольшевский // Новое в технике и технологии текстильной и легкой промышленности : материалы междунар. науч. конф. Ч. 1. – 2011. – С. 87 – 89

*Статья поступила в редакцию 30.01.2012.*

## **Выходные данные**

---

Ольшевский, С. А. Исследование процесса термообработки высокообъемной полиакрилонитрильной пряжи/ С. А. Ольшевский, С. С. Медвецкий // Вестник Витебского государственного технологического университета . — 2013. — № 24. — С. 66.