

Рисунок 2 – Зависимость разрывной нагрузки пряжи от процентного вложения котонизированного льна

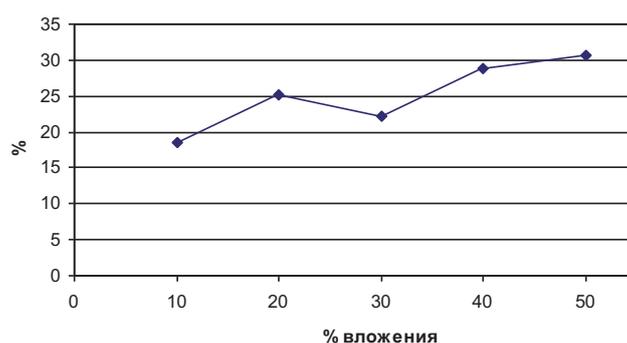


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента вариации по линейной плотности от процентного вложения котонизированного льна

УДК 541.64

### ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМИРУЕМОСТИ ПОЛИАКРИЛОНИТРИЛЬНЫХ ВОЛОКОН В ПРОЦЕССЕ ИХ ТЕРМООКСИЛИТЕЛЬНОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ

*Муравьева Ю.В., маг., Щербина Л.А., доц., Будкуте И.А., доц.,  
Рыбаков А.А., асп., Свинцицкая Н.Н., асп.,  
Могилевский государственный университет продовольствия,  
г. Могилев, Республика Беларусь*

Сегодня все большее внимание уделяется разработке новых и совершенствованию существующих технологий получения углеродных материалов на основе различных, в том числе полиакрилонитрильных (ПАН), прекурсоров. Общей технологической особенностью таких процессов является высокотемпературная обработка волокнистого сырья. В целом, процесс получения углеродных волокон (УВ) из ПАН прекурсора состоит из трех стадий: термоокисления, карбонизации и графитизации. Материалы, полученные на каждой из стадий технологического процесса, обладают ценными потребительскими свойствами и находят свои потребительские ниши.

Наибольшая сложность при реализации подобных производств заключается в оптимизации технологических режимов на стадии термоокисления, так как, во-первых, этот процесс является автотермическим, во-вторых, соблюдение температурно-временных и температурно-деформационных режимов его проведения оказывает важнейшее влияние на будущий комплекс эксплуатационных свойств УВ.

Важным технологическим фактором при реализации стадии термоокисления, влияющим на качество конечного продукта, является величина натяжения ПАН волокна, которая, с одной стороны, должна быть достаточна, чтобы сохранить ориентацию структурных элементов полимерного субстрата прекурсора, с другой стороны, не должна превышать определенного уровня для предотвращения роста дефектности структуры волокна и снижения прочности получаемых УВ.

С целью оптимизации процесса термоокислительной стабилизации ПАН прекурсора был проведен анализ влияния температурно-временных режимов этой стадии технологического процесса на деформируемость волокна под влиянием различных нагрузок при его термической обработке. При этом объектом исследования явился прекурсор, сформованный на стендовом оборудовании кафедры химической технологии высокомолекулярных соединений Могилевского государственного университета продовольствия из прядильных растворов волокнообразующего поли[акрилонитрил (АН) – со – метилакрилат (МА) – со – 2-акриламид-2-метилпропансульфонокислоты (АМПС)]. Линейная плотность ПАН волокна составляла 0,16 текс, прочность – 62 сН/текс, удлинение при разрыве – 10,8 %. Процесс термоокисления проводили в воздушной среде с использованием конвекционной печи, оборудованной программатором температурно-скоростного режима ее нагрева (точность регулирования и поддержания температуры в печи составляла  $\pm 0,5$  °С). Величина прилагаемой к исследуемому волокну нагрузки варьировалась от 0,6 до 25,5 мН/текс. Измерение длины образцов проводили в конце каждого цикла термоокисления.

Представленные результаты демонстрируют важную особенность процесса термоокисления, заключающуюся во взаимосвязи релаксационных явлений, протекающих при нагреве волокна, и химических превращений в полимерном субстрате ПАН. Известно, что в температурном диапазоне 140–350°С, в результате активирования реакций полициклизации по нитрильным группам формируются сравнительно протяженные полинафтиридиновые структуры. Этот процесс является составной частью целого комплекса параллельно и последовательно протекающих реакций, включая также дегидрирование, окисление, дезазотирование, термоокислительную деструкцию. Указанные химические превращения различным образом влияют на скорость релаксации структурных элементов в ПАН прекурсор и, значит, на характер деформируемости волокнистых материалов. Деструкционные процессы, как правило, облегчают подвижность макромолекул, в то время как структурирование (сшивки), образование жесткоцепных полинафтиридиновых структур снижают подвижность.

При температуре выше 70 °С наблюдается усадка волокна (даже при нагрузке, составляющей 25,5 мН/текс). Это свидетельствует о начале процессов расстекловывания, связанных с увеличением сегментальной подвижности макромолекул, находящихся после ориентационного вытягивания прекурсора в напряженном состоянии, и принятием ими термодинамически выгодной, равновесной конформации. Происходящая при этом релаксация внутренних напряжений проявляется в усадке образцов тем большей, чем меньше нагрузка. Эта же тенденция сохраняется при нагреве выше 100°С. Данная температура идентифицируется как температура стеклования мезофазы полимерного субстрата ПАН волокна [1]. Обращает на себя внимание некоторая стабилизация величины усадки образцов в температурном интервале 150 – 210 (250) °С, что обусловлено, вероятно, завершением релаксационных процессов в мезофазе. Дальнейший нагрев ПАН волокна свыше 170 – 210 °С снова приводит к относительно резкому росту усадки, вероятно, в связи с увеличением подвижности более крупных элементов надмолекулярной структуры полимерного субстрата. При температуре 290 – 300 °С отмечается тенденция к стабилизации деформации образцов, связанной, во-первых, с завершением всех основных релаксационных процессов, во-вторых, с ростом жесткости макромолекул за счет значительного увеличения доли полиафтиридиновых участков в макромолекулах ПАН. Для такого термостабилизированного ПАН прекурсора уже не характерна пластическая деформация и его можно подвергать дальнейшим термообработкам, связанным с его превращением в УВ.

Следует также отметить, что при нагревании ПАН волокна выше 150 – 170 °С в случае приложения нагрузки свыше 12,8 мН/текс наблюдается удлинение образцов. Это обусловлено тем, что в результате полного расстекловывания полимерного субстрата в этом температурном диапазоне, обуславливающего высокую подвижность его структурных элементов увеличивается вероятность их смещения друг относительно друга под влиянием существенных внешних растягивающих сил.

Таким образом, деформирующие силы противодействуют силам, способствующим принятию структурными элементами полимера термодинамически более выгодного взаимного расположения. В результате при температуре 210 °С под влиянием нагрузки, равной 25,5 мН/текс наблюдается обрыв волокна, связанный с высокой пластической деформацией полимерного субстрата.

Таким образом, анализ деформационного «поведения» ПАН прекурсора при различных температурно-временных режимах необходим для выбора уровня натяжения волокна на разных этапах термоокислительной стабилизации и позволяет учесть протекающие в полимерном субстрате релаксационные процессы и химические превращения.

#### Список использованных источников

1. Bashir, Z. Polyacrylonitrile, unusual linear homopolymer / Bashir Z. // Indian J. Fibre and Text. Res. – 1999. – Vol. 24. – P. 1-9.

УДК 677.02:677.074.166.7

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА СОЕДИНЕНИЯ ТКАНОГО ПОЛОТНА С НЕТКАНОЙ ОСНОВОЙ

*Мурычева В.В., асп., Ясинская Н.Н., доц., Коган А.Г., проф.,  
УО «Витебский государственный технологический университет»,  
г. Витебск, Республика Беларусь*

При эксплуатации текстильных многослойных материалов особое внимание уделяется их надежности и долговечности, следовательно, важнейшими показателями их свойств являются прочностные характеристики. Изучение механизма склеивания и разрушения адгезионного соединения – главное направление дальнейших исследований склеивания тканого полотна и полотна основы. При склеивании слоев текстильных многослойных материалов используется одно из фундаментальных свойств материи – адгезия.

В технологии производства текстильных многослойных материалов адгезия – это получение неразъемного соединения текстильного полотна и нетканой основы посредством установления между ними взаимодействия с помощью клея при нагревании, пластическом деформировании и последующем охлаждении всех компонентов.

В настоящее время при изучении особенностей проявления адгезии используются разные теории, которые находятся в большой зависимости от области их применения [1].

Основными методами склеивания при получении текстильных многослойных материалов являются прилагаемое внешнее давление и нагревание, которые связаны с изменением физического состояния склеиваемых материалов и клея. При этом большое значение имеют способы нанесения клея, соединения склеиваемых слоев и подвода тепла в процессе сушки.

При исследовании прочности адгезионного соединения за показатель прочностных характеристик принята измеряемая величина усилия при раздирании. Исследования механизма разрушения адгезионных соединений позволяют определить: причины ослабления соединения и оценить влияние каждого его компонента в ослаблении или укреплении разрушаемого соединения; возможности устранения факторов, ослабляющих прочность соединения. Для определения причин, ослабляющих адгезионные соединения, были изучены результаты экспериментов и визуального обследования внешнего вида каждого компонента соединения после разрушения.