

Р. Ф. Шарфеев, И. Ш. Абдуллин, М. Ф. Шаехов

МОДИФИКАЦИЯ АРАМИДНЫХ НИТЕЙ ВЫСОКОЧАСТОТНЫМ РАЗРЯДОМ ПОНИЖЕННОГО ДАВЛЕНИЯ

Ключевые слова: арамидная нить, модификация, крашение, ВЧ разряд пониженного давления.

Исследовано влияние ВЧ плазменной обработки на физико-механические свойства арамидных нитей, используемых в текстильной промышленности. Установлено положительное влияние плазменного воздействия, в результате которого увеличиваются прочностные свойства нити, а также появляется дополнительная возможность проводить операцию крашения.

Keywords: aramid thread, modification, dyeing, low-pressure RF discharge

Influence on physicomachanical properties of aramid thread by low-pressure RF plasma treatment was studied. It was found that plasma treatment has positive results as tensile strength increasing and aramid thread gains ability to dyeing. The...

Введение

Арамидные нити обладают хорошей эластичностью, малой растяжимостью, устойчивостью к действию химических реагентов, природной огнезащищенностью, биостойкостью и не проводят электрический ток, что позволяет применять их для сшивания особопрочных материалов, эксплуатирующихся при повышенных температурах и подверженных кратковременному воздействию открытого пламени, а также создавать на их основе специальные технические ткани для производства защитной одежды, средств спасения и изделий гражданского назначения.

Благодаря высоким физико-механическим характеристикам арамидная нить нашла широкое применение в изготовлении боевой одежды пожарных и работников МЧС. Однако в ходе эксплуатации выявляются новые задачи, связанные с повышением качества производимых нитей и придания им новых функциональных свойств. В конечном итоге именно это обеспечивает уровень безопасности и сохранность жизни людей.

Среди характерных особенностей арамидных нитей выделим их природный желтоватый цвет и в тоже время плохую окрашиваемость. Это не имеет значения в техническом применении, однако ограничивает функциональность защитных тканей. Придание защитной одежде определенных цветов в качестве сигнальных и распознавательных особенно важно в экстремальных условиях.

Для решения задачи окрашивания арамидных нитей наряду с традиционными видами модификации волокон и волокнистых материалов, применяемых в текстильном производстве, развиваются и перспективные плазменные технологии [1].

Использование плазмохимических процессов в легкой промышленности позволяет заменять технологические операции, требующие больших расходов воды, на процессы сухой обработки. При этом уменьшается расход материалов, и сокращаются энергетические затраты. Кроме того, во многих случаях плазменная обработка позволяет исключить из технологии экологически опасные вещества и процессы.

Эффективным инструментом обработки материалов различной природы является высокочастотная (ВЧ) плазма при пониженном давлении ($p = 13,3 - 133$ Па). Она позволяет обрабатывать органические и неорганические материалы различного состава и структуры, а также поверхности изделий сложной конфигурации [2].

Предшествующий опыт модификации натуральных, искусственных и синтетических капиллярно-пористых и волокнистых материалов показывает положительное влияние ВЧ плазмы на их функциональные свойства [1, 3, 4].

1. Материалы и методика экспериментальных исследований

Объектом исследования выбрана вдвое скрученная нить на основе арамидных моноволокон.

Модификация нити проводилась на ВЧ плазменной установке емкостного разряда с плоскопараллельными электродами при частоте 13,56 МГц [2]. В качестве плазмообразующего газа использовались технический аргон, азот и воздух. Расход плазмообразующего газа G составил $0,04$ г·с⁻¹, давление в разрядной камере $p = 26,6$ Па. В качестве варьируемых параметров выбраны: время плазменного воздействия T от 3 до 8 мин, сила тока J_a от 0,3 до 0,8 А и напряжение на аноде U_a генераторной лампы от 3 до 7 кВ.

Эффекты плазменного воздействия интегрально оценивались сравнением характеристик обработанных образцов с контрольными (необработанными). Для проведения всех необходимых исследований нить нарезали на отрезки.

Исследовалась капиллярность по воде, прочность при растяжении и устойчивость окраски.

Капиллярность оценивалась в соответствии с методикой по ГОСТ 29104.11-91 «Ткани технические. Метод определения капиллярности».

Испытания на прочность при растяжении производилось на разрывной машине РМ-50 по ГОСТ 10213.2-2002 «Волокно штапельное и жгут химические. Методы определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве».

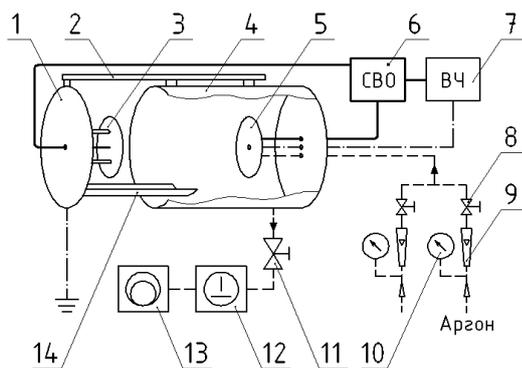


Рис. 1 - Экспериментальная ВЧ плазменная установка емкостного разряда: 1 – подвижная крышка; 2 – рельса; 3 – заземленный электрод; 4 – обечайка разрядной камеры; 5 – ВЧ электрод; 6 – система водяного охлаждения; 7 – ВЧ генератор; 8 – нагреватель; 9 – ротаметр; 10 – манометр; 11 – вакуумный вентиль; 12 – двухступенчатый вакуумный насос; 13 – пластинчато-роторный вакуумный насос; 14 – площадка

Устойчивость окраски определялась по ГОСТ 9733.27-83 «Материалы текстильные. Метод испытания устойчивости окраски к трению», а также исследовалась светостойкость к УФ-облучению [5]. Оценка результатов по проведению испытания на устойчивость окраски арамидных нитей к сухому трению проводилась по шестибальной шкале.

В связи с тем, что не имеется стандартов методики крашения арамидных нитей, проводили подбор методов крашения. Использовались кислотный метод крашения волосяного покрова и крашение хлопчатобумажных трикотажных полотен методом крашения отварки и отбелики.

2. Результаты экспериментальных исследований

После обработки ВЧ плазмой пониженного давления капиллярность h образцов по воде увеличилась в 3-4 раза по сравнению с контрольными, что характерно для всех режимов плазменного воздействия (рис. 2). Очевидно, эффект связан с удалением исходной пленки сложного текстильно-вспомогательного состава с поверхности нити, наносимого в фабричных условиях для облегчения промежуточных операций, таких как вытягивание, намотка на бобину и т.п. [5]. Отметим, что увеличение капиллярности наблюдается уже при трех минутах обработки. Дальнейшее увеличение времени плазменного воздействия не приводит к существенным изменениям капиллярности.

Возросшая капиллярность указывает на улучшение смачиваемости поверхности нити. При этом создаются благоприятные условия для начала физико-химического взаимодействия между поверхностью нити и красителем.

Арамидные нити, окрашенные по технологии крашения и отварки хлопчатобумажных трикотажных полотен, показали следующие результаты. Окраска контрольных нитей, оказалась не устойчива к сухому трению и ярким цветом оседала на белой ткани,

поэтому ее устойчивость равнялась шести баллам. Тоже характерно и для образцов, обработанных в азоте. Нити, обработанные в аргоне, меньше всего окрашивают белую ткань и являются самыми устойчивыми к сухому трению. Близкий результат показали образцы, обработанные в воздухе.

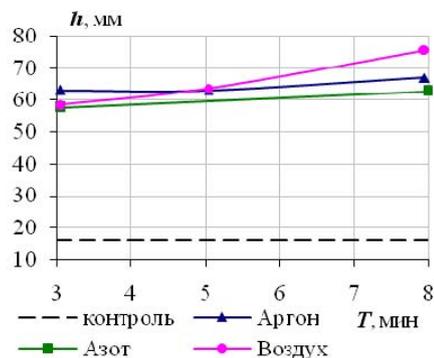


Рис. 2 - Зависимость капиллярности по воде арамидных нитей от состава плазмообразующего газа: $J_a = 0,5A$, $U_a = 5кВ$, $G = 0,04$ г/с, $p = 26,6Па$

Для образцов, окрашенных по технологии кислотного крашения, также наилучший результат получен после обработки в среде аргона. Образцы, обработанные воздухом, напротив, сильно окрашивают белую ткань, поэтому имеют плохую устойчивость к сухому трению.

При сравнении устойчивости к УФ излучению лучший результат показали нити, окрашенные по технологии крашения хлопчатобумажных трикотажных полотен методом крашения отварки и отбелики. Они начали обесцвечиваться через 5-6 часов УФ облучения.

Образцы, окрашенные по технологии кислотного крашения начали обесцвечиваться менее чем через час.

На следующем этапе оценивались физико-механические свойства арамидных нитей. Они, как и большинство текстильных капиллярно-пористых материалов, имеют развитую внутреннюю поверхность. Учитывая эту особенность строения, можно предположить изменение физико-механических свойств нитей после процесса плазменной модификации, т.к. влияние поверхности с измененными свойствами соизмеримо со свойствами основного материала. При этом важно не ухудшить уже имеющиеся физико-механические характеристики.

Испытания показали, что обработка ВЧ плазмой пониженного давления увеличивает до 35% разрывную нагрузку H арамидных нитей (рис.3).

При этом наблюдаются различные характеры изменения свойств. Так в режимах $J_a = 0,3A$, $U_a = 7кВ$ для всех трех газов увеличение времени плазменного воздействия (рис.3а) не приводит к дальнейшему увеличению прочности арамидной нити. А для режимов $J_a = 0,5A$, $U_a = 5кВ$ прочность арамидной нити растет с увеличением времени плазменного воздействия (рис.3б).

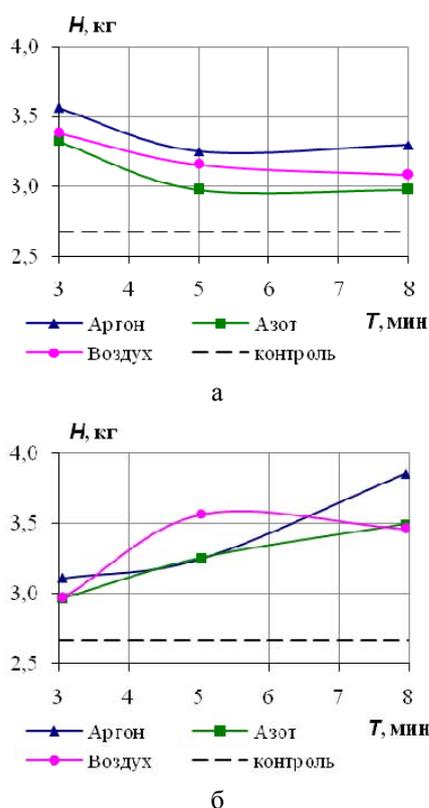


Рис. 3 - Зависимость разрывной нагрузки арамидной нити от состава плазмообразующего газа и продолжительности плазменного воздействия: $G = 0,04$ г/с, $p = 26,6$ Па; а) $J_a = 0,3$ А, $U_a = 7$ кВ; б) $J_a = 0,5$ А, $U_a = 5$ кВ

Объяснить обнаруженный эффект можно с помощью механизма взаимодействия низкотемпературной плазмы с материалами капиллярно-пористой структуры, предложенного в работе [6].

Основным фактором модификации является поток низкоэнергетических (10-60 эВ) ионов, поступающего на поверхность тела, помещенного в ВЧ поле плазмы при пониженном давлении. Их энергии достаточно для активации поверхности полимера.

В результате проведенных опытов установлено, что воздействие ВЧ плазмы пониженного давления, позволяет повысить до 35% прочность арамидной нити, а также ее способность к операции крашения. При этом технология крашения и отварки хлопчатобумажных трикотажных полотен более предпочтительна по сравнению с технологией кислотного крашения.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы» по госконтракту 14.740.11.0080.

Литература

1. М.Ф. Шаехов, Е.Д. Хальфина, *Вестник Казан. технол. ун-та*, 11, 609-610 (2010).
2. И.Ш. Абдуллин, В.С. Желтухин, И.Р. Сагбиев, М.Ф.Шаехов, *Модификация нанослоев в высокочастотной плазме пониженного давления*. Казан. технол. ун-та, Казань, 2007. 356 с.
3. И.Ш. Абдуллин, С.В. Илюшина, *Вестник Казан. технол. ун-та*, 11, 567-568 (2010).
4. И.А. Гришанова, Е.А. Сергеева, С.В. Илюшина, М.Ф. Шаехов, *Вестник Казан. технол. ун-та*, 10, 231-236 (2010).
5. И.Ш.Абдуллин, И.А.Гришанова, Р.А. Каюмов, Р.Ф. Шарафеев, Д.Е. Страхов, *Вестник Казан. технол. ун-та*, 20, 166-169 (2011).
6. И.Ш. Абдуллин, М.Ф. Шаехов, *Вестник Казан. технол. ун-та*, 1, 75-78 (2002).