

А. Р. Ибатуллина

СРАВНЕНИЕ СПЕКТРОВ АРАМИДНЫХ ВОЛОКОН ДО И ПОСЛЕ МОДИФИКАЦИИ ИХ В ПЛАЗМЕ ВЧЕ-РАЗРЯДА ПОНИЖЕННОГО ДАВЛЕНИЯ

Ключевые слова: арамидное волокно, ИК-спектроскопия, плазменная модификация.

Проведен анализ данных, полученных методом ИК-спектроскопии образцов арамидных волокон в исходном состоянии и после их плазменной модификации.

Keywords: aramid fiber, IR spectroscopy, plasma modification.

Data obtained by IR spectroscopy samples of aramid fibers in the initial state and after the plasma modification were analyzed.

Композиционные материалы (КМ) стали неотъемлемой частью многих капиталоемких отраслей современной промышленности (авиа- и автомобилестроительной, военной и др.). В условиях возрастающих требований к таким изделиям, как детали самолетов, средства баллистической защиты, актуальным является улучшение свойств материалов, применяемых при их изготовлении. В работе [1] рассмотрены основные методы регулирования свойств КМ, армированных высокопрочными высококомодульными волокнами. Плазменная модификация в зависимости от потребностей потребителя конечного продукта позволяет придавать волокну требуемые свойства [2], расширяя тем самым ассортимент выпускаемой продукции.

Для исследования свойств полимерных материалов широко применяется ИК спектроскопия [3]. Метод основан на оценке оптической плотности по ИК-спектру поглощения или отражения в инфракрасном диапазоне излучения путем измерения ее максимума в полосе поглощения или интегральной интенсивности в характеристических для фазы участках спектра. Принцип работы ИК-фурье спектрометров описан в работе [4]. Важным достоинством этого метода является простота проведения анализа и отсутствие процедуры пробоподготовки. Необходимо лишь обеспечение контакта объекта исследования с кристаллом приставки.

Принцип проведения анализа основан на связи состава образца с инфракрасным спектром поглощения. Расположение полос поглощения в спектре говорит о химическом составе исследуемого объекта, за интенсивность полос отвечают концентрации соответствующего элемента. Чтобы количественно проанализировать образец объекта исследования, требуется знание зависимостей между интенсивностью полос поглощения и концентрацией элементов. Время проведения анализа составляет 2-3 минуты. Итоги анализа отображаются соответствующим программным обеспечением на мониторе компьютера.

В качестве объектов исследования были выбраны арамидные волокна марок Русар-С, Русар-НТ, Кевлар. Для получения ИК-спектров применяли ИК-фурье спектрометр ФСМ-1202, режим съемки: диапазон волновых чисел 400-4000 см^{-1} , разрешение 0,5 см^{-1} , скорость сканирования 10 КГц. Отступление линии абсолютного пропускания от номиналь-

ного значения (среднее по интервалу $\pm 100 \text{ см}^{-1}$) - 0,1 %. Предел допустимого значения абсолютной погрешности измерения волнового числа составляет 1,0 см^{-1} (среднее по интервалу $\pm 100 \text{ см}^{-1}$). Полученные спектры интерпретировали по информационным справочным данным.

ИК спектр исходного образца арамидного волокна Русар-С (рисунок 1) имеет характерные полосы поглощения в области 3420 см^{-1} (связанные водородной связью валентные NH-колебания), 2850 и 2900 см^{-1} (колебания C=N), 1710 см^{-1} (колебания C=O), 1620 см^{-1} (колебания группы C-N), 1046 см^{-1} и 625 см^{-1} (деформационные колебания C-H ароматического кольца).

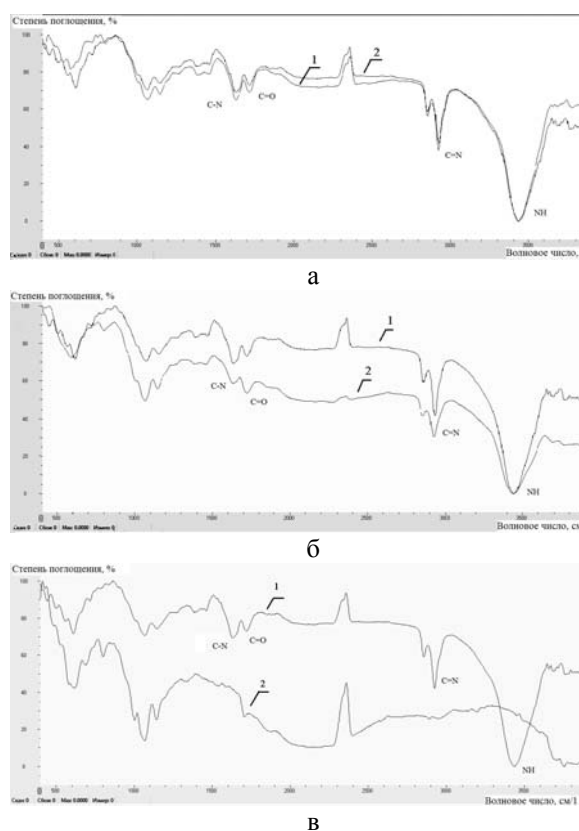


Рис. 1 – ИК спектры образцов арамидного волокна Русар-С: 1 - без плазменного воздействия; 2 - после обработки плазмой: а) в среде аргона; б) в смеси газов аргон – пропан-бутан; в) в смеси газов аргон – воздух

По данным ИК спектроскопии при обработке арамидного волокна в плазме ВЧЕ разряда пониженного давления в среде аргона химических изменений не наблюдается (рис. 1а). Вероятно, ИК-спектрометр не улавливает изменений, происходящих в поверхностном нанослое волокна.

По результатам ИК-спектроскопии арамидного волокна Русар-С, обработанного в среде аргон – пропан-бутан, можно говорить о более существенных изменениях в составе и структуре, по сравнению с волокном, обработанным в среде чистого аргона (рис. 1б). Наблюдается уменьшение интенсивности полос поглощения, характеризующих колебания групп N-H, C=N, C=O, C-N, что может говорить о прививке ионов пропана или бутана к образовавшимся в результате ионной бомбардировки в поверхностном слое волокна свободным радикалам, с формированием поверхностной сетки на волокнообразующем полимере. Такое упрочнение поверхностного слоя волокна сшитыми и сетчатыми структурами при обработке в плазмообразующем газе аргон–пропан-бутан приводит к более существенному росту прочности волокон, по сравнению с обработкой в аргоне, что установлено экспериментально [2].

После обработки волокна Русар-С в смеси газов аргон-воздух (рис. 1в) на ИК-спектрах наблюдается практически полное исчезновение полос поглощения, характеризующих колебания групп C=N, C=O и NH и свидетельствует о сильном ослаблении водородных связей в результате плазменного травления, что вызывает увеличение показателей гидрофильности и резкое падение прочности волокна.

На рисунке 2 представлены совмещенные ИК-спектры арамидного волокна Русар-НТ до и после его плазменной модификации.

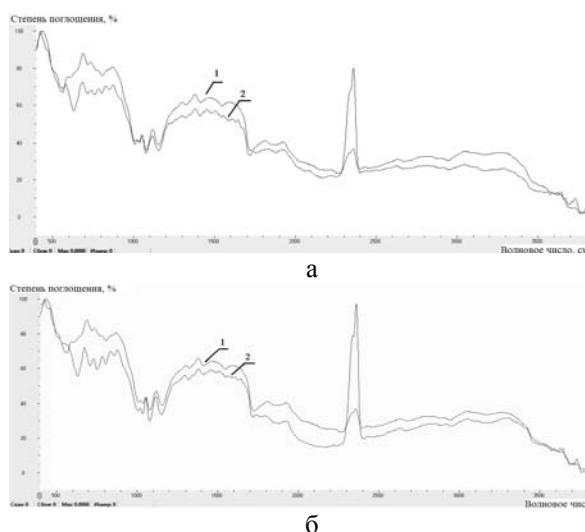


Рис. 2 – ИК спектры образцов арамидного волокна Русар-НТ: 1 – без плазменного воздействия; 2 – после обработки плазмой: а) в среде аргона; б) в смеси газов аргон – пропан-бутан.

Волокно марки Русар-НТ отличается от волокна марки Русар-С большей капиллярности, что связано с различием количественного соотношения

исходных диаминов в волокнообразующих полимерах и, вероятно, с меньшим количеством замасливателя и гидрофобизатора на волокне марки Русар-НТ.

ИК спектр исходного образца арамидного волокна Русар-НТ имеет полосы поглощения в области 1710 см⁻¹ (колебания C=O), 1420 см⁻¹ (колебания группы C-N), 1150 см⁻¹, 1075 см⁻¹, 820 см⁻¹, 575 см⁻¹ (деформационные колебания C-H ароматического кольца).

После обработки волокна Русар-НТ в среде аргона происходит увеличение интенсивности полос поглощения, характеризующих внеплоскостные деформационные колебания групп C-H бензольного кольца с одновременным смещением их в более высокочастотную область, что может говорить о слабых процессах плазменного травления, вызывающего небольшое снижение прочности волокна. Согласно данным ИК-спектроскопии после обработки волокна Русар-НТ в смеси газов аргон – пропан-бутан происходит увеличение интенсивности полос поглощения, характеризующих плоскостные деформационные колебания групп C-H бензольного кольца. У волокна Русар-НТ ввиду меньшего количества замасливателя и гидрофобизатора обработка происходит интенсивнее, происходит больше разрывов связей с образованием свободных радикалов, к которым прививается большее количество ионов пропана или бутана, образующих поверхностную сетку.

ИК спектр исходного образца арамидного волокна Кевлар (рис.к 3) имеет полосы поглощения в области 1950 см⁻¹ (деформационные колебания NH), 1850 см⁻¹ (колебания C=O), 1590 см⁻¹ (колебания группы C-N), 1050 см⁻¹ (валентные колебания ароматического кольца), в области частот ниже 950 см⁻¹ (деформационные колебания C-H ароматического кольца).

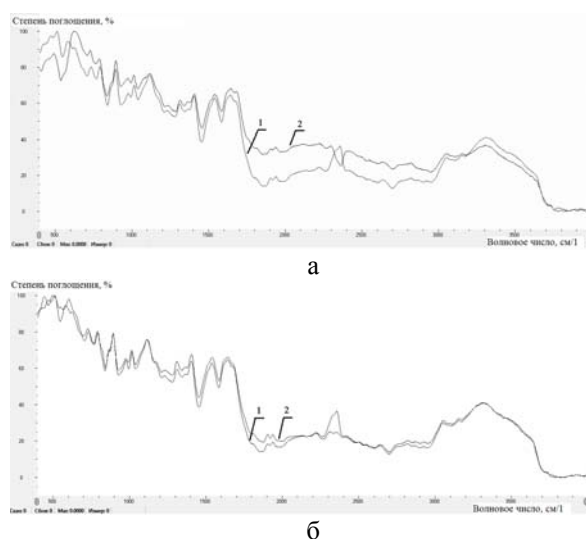


Рис. 3 – ИК спектры образцов арамидного волокна Кевлар: 1 – без плазменного воздействия; 2 – после обработки плазмой: а) в среде аргона; б) в смеси газов аргон – пропан-бутан

Согласно данным ИК-спектроскопии при обработке волокна Кевлар в среде чистого аргона происходит увеличение интенсивности полос поглощения,

характеризующих деформационные колебания групп С-Н, что может говорить о слабых процессах плазменного травления с разрыхлением молекулярной структуры, вызывающего небольшое снижение прочности волокна и увеличение степени его гидрофильных и адгезионных свойств. После обработки волокна Кевлар в смеси газов аргон–пропан–бутан существенных химических изменений не происходит.

Литература

- 1 А.Р. Ибатуллина, Е.А. Сергеева. *Вестник Казанского технологического университета*. 9, 123-126 (2013).
- 2 Е.А. Сергеева, А.Р. Ибатуллина/ *Вестник Казанского технологического университета*, 4, 63-66 (2012).
- 3 С.В. Тихомиров, Т.Б. Кимстач. *Пластические массы*, 7, 30-34 (2007).
- 4 Т.Б. Кимстач, С.В. Тихомиров. *Пластические массы*, 3, 34-38 (2007)

© **А. Р. Ибатуллина** - к.т.н., асс. каф. технологии химических и натуральных волокон и изделий КНИТУ, gaynutdinovaa@bk.ru.

© **A. R. Ibatullina** - Candidate of Technical Sciences, Assistant of the Department "Technology of chemical and natural fibers and products" KNRTU, gaynutdinovaa@bk.ru.