

## ВЛИЯНИЕ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ НА ДЕФОРМАЦИЮ ШЕЛКОВОЙ НИТИ ПОСЛЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ

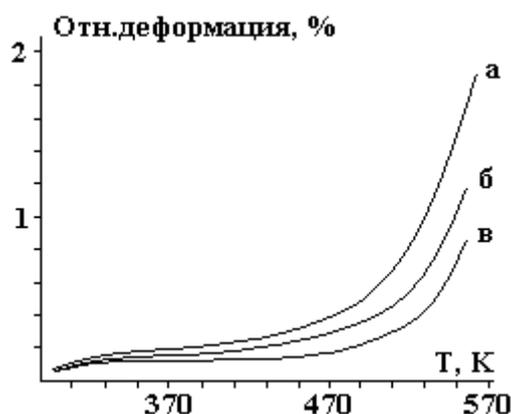
*Институт радиационных проблем НАН Азербайджана,  
пр. Г. Джавида, 31а, Az1143, г. Баку, Республика Азербайджан*

**Введение.** Физические состояния и границы их существования изучаются многими структурными методами. Однако чаще всего эти состояния выявляют и исследуют по изменениям механических свойств полимеров, которые очень чувствительны к структурным изменениям и к релаксационным переходам. Среди разных механических свойств полимеров деформируемость является их важнейшей инженерной характеристикой. Значение деформируемости определяют методом термомеханических кривых для статических деформаций. Этот метод получил весьма широкое распространение.

**Экспериментальная часть.** Нами изучалось влияние  $\gamma$ -облучения на термомеханические характеристики шелковых нитей, полученных из коконов, предварительно обработанных различными способами: погружением в жидкий азот на 2 мин, термообработкой горячим воздухом при 358 К в течение 60–90 мин, обработкой в СВЧ поле (915 МГц) до 6 минут. Образцы нитей диаметром 70 мкм и длиной 20 мм подвергались действию  $\gamma$ -излучения  $Co^{60}$  в воздухе при температуре 290 К до доз облучения 20 Мрад.

Исследование прочностных свойств шелковых нитей [1] показало, что в зависимости от способа первичной обработки коконов в шелковой нити образуются различные дефекты (микротрещины и субмикротрещины), количество которых зависит от применяемых факторов при первичной обработке. Установлено, что физические факторы применяемых при первичной обработке коконов не изменяют химического строения фиброина натурального шелка. Причиной изменения прочности коконной нити при различных первичных обработках коконов является изменение структурно-чувствительного параметра шелковой нити, что позволяет предполагать, что первичная обработка приводит к частичному изменению фиброина.

**Результаты и их обсуждение.** Характерные термомеханические кривые для шелковой нити, полученной из коконов, предварительно обработанных различными способами, снятые при постоянной нагрузке, равной 117 МПа, приведены на рис. 1.



*Рис. 1. Термомеханические кривые шелковой нити при скорости нагрева 0,08 град/с и приложенном механическом напряжении 79 МПа после обработки: а – жидким азотом; б – нагретым воздухом; в – СВЧ полем*

На термомеханической кривой шелковой нити можно выделить три участка, что характерно для аморфных полимеров с высокой молекулярной массой (рис. 1). Первый участок соответствует

переходной области от стеклообразного к высокоэластичному состоянию (до 350 К), второй – к высокоэластичному состоянию с относительно большими обратимыми деформациями (до 470 К), а третий – к вязкотекучему состоянию (> 470 К), отличающемуся большими и необратимыми деформациями.

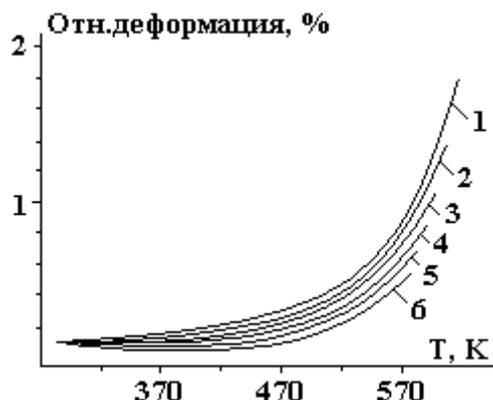


Рис. 2. Термомеханические кривые шелковой нити для образцов, обработанных жидким азотом, в зависимости от дозы облучения, Мрад: 1 – без облучения; 2 – 1,0; 3 – 2,5; 4 – 5,0; 5 – 10,0; 6 – 20,0

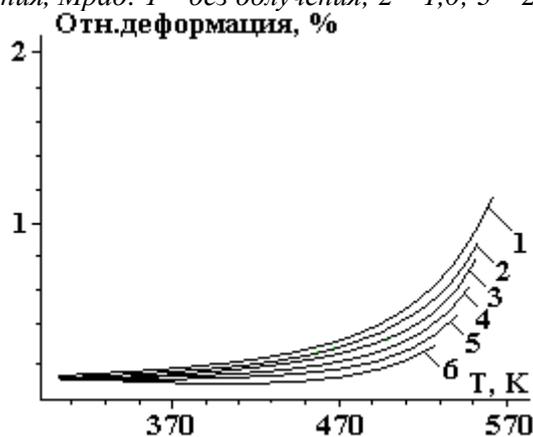


Рис. 3. Термомеханические кривые шелковой нити для образцов, обработанных нагретым воздухом, в зависимости от дозы облучения, Мрад: 1 – без облучения; 2 – 1,0; 3 – 2,5; 4 – 5,0; 5 – 10,0; 6 – 20,0

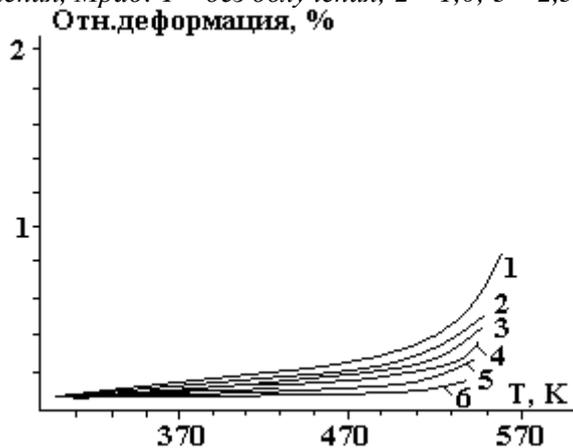


Рис. 4. Термомеханические кривые шелковой нити для образцов, обработанных СВЧ полем, в зависимости от дозы облучения, Мрад: 1 – без облучения; 2 – 1,0; 3 – 2,5; 4 – 5,0; 5 – 10,0; 6 – 20,0

Для определения истинной температуры вязкого течения – температуры текучести  $T_t$  фибрина натурального шелка термомеханические кривые регистрировали при малых механических напряжениях. Температуру текучести определяли как среднюю температуру области перехода из высокоэластичного состояния в вязкотекучее. Угол наклона термомеханической кривой и относительное удлинение  $\varepsilon$  у образцов, полученных из коконов, подвергавшихся обработке жидким азотом, начиная от начала деформации до момента разрыва, значительно выше, чем у образцов, полученных из коконов, обработанных нагретым воздухом и СВЧ полем. Эти результаты легко объяснить, если принять, что механические напряжения распределены неравномерно вдоль цепей макромолекул [2].

При одном и том же напряжении относительное удлинение  $\epsilon$  у образцов, полученных из коконов, подвергавшихся обработке нагретым воздухом и СВЧ полем, меньше, чем у образцов, полученных из коконов, подвергавшихся обработке жидким азотом. Это позволяет утверждать, что обработка коконов жидким азотом приводит к меньшим разрушениям аморфных участков фиброина натурального шелка. Этот факт хорошо согласуется с ранними исследованиями ЭПР и электрических свойств шелка [3–4]. При обработке жидким азотом в коконной нити образуется меньшее количество свободных радикалов, чем при обработке нагретым воздухом и СВЧ полем. Это приводит к увеличению относительного разрывного удлинения и повышению разрушающего напряжения в образцах из обработанных жидким азотом коконов.

Устойчивость коконной нити к внешним воздействиям (температуре, электрическому полю, излучению и др.) во многом зависит от исходного состояния фиброина натурального шелка, которое существенно изменяется при первичной обработке. Исследование действия ионизирующих излучений на полимеры представляет интерес как для познания их строения, так и для использования этих веществ, которые в результате облучения приобретают новые свойства. В работе изучалось действие  $\gamma$ -излучения на термомеханические показатели шелковой нити, полученной из коконов, обработанных различными способами. Известно, что термомеханические свойства полимеров тесно связаны с гибкостью макромолекул, характером их молекулярной структуры и довольно хорошо описываются термомеханическими кривыми.

Облучение с высокой энергией может либо способствовать разрыву боковых цепей и образованию свободных радикалов, которые, сталкиваясь с отдельными звеньями соседних молекул, могут образовывать пространственные сетки, либо вызвать разрыв главных цепей и снизить средний молекулярный вес материала [5, 6].

На рис. 2–4 показано изменение характера термомеханических кривых шелковой нити после облучения. Видно, что угол наклона термомеханических кривых и температура текучести для всех образцов имеют неодинаковый характер. С увеличением дозы облучения уменьшается относительное удлинение и снижается температура текучести во всех образцах. Кроме того, во всех образцах температура перехода из высокоэластичного состояния в вязкотекучее уменьшается с увеличением дозы облучения.

**Заключение.** Анализ полученных результатов (рис. 2–4) показывает, что деструкция обработанных жидким азотом шелковых нитей под действием  $\gamma$ -излучения значительно меньше, чем других образцов, и, следовательно, они более устойчивы к внешним воздействиям. Вместе с тем, по данным термомеханических кривых, у образцов, обработанных жидким азотом, сохраняется соотношение концентраций субмикротрещин в аморфных и кристаллических частях фиброина, которые обуславливают прочностные свойства и радиационную стойкость шелковых нитей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бакиров М.Я., Гезалов Х.Б., Исмайлова Р.С., Шукюров Ю.Г. Влияние способов первичной обработки коконов на временную и температурную зависимости прочности шелка. Деп.ВИНИТИ, 8 июля 1982, № 3612-82 деп.
2. Бартенев Ю.В., Зеленев Ю.В. Физика и механика полимеров. М.: Высшая школа, 1983. 391 с.
3. Бакиров М.Я., Гезалов Х.Б., Исмайлова Р.С., Тихова Е.И. Образование и накопление свободных радикалов в натуральном шелке под действием частичных разрядов // ДАН АзССР, 1989, Т. 40. № 8. С. 14–19.
4. Ismayilova R.S. The influence of cocoon treatment on the electric properties on the natural silk // J."Fizika", 2001. № 4. P. 22–23.
5. Яманов С.А., Яманова Л.Б. Радиационная стойкость электроизоляционных материалов. М.: Энергоиздат, 1990. 130 с.
6. Клиштонт Э.Р., Милинчук В.К. Полимерные материалы в условиях комбинированного воздействия ионизирующих излучений и других физических факторов // Ж. ВХО им. Д.Менделеева. 1990. Т. 35. № 5. С. 618–624.

Поступила 27.12.05

## Summary

The radiation stability of the natural silk filaments preliminary threatened by different methods has been studied. It is shown, that the natural silk filaments preliminary threatened by nitrogen are more stable under the external actions.