

(рис. 3) показывает, что учет полного квазиклассического РЭ приводит к хорошему согласию с экспериментом.

Литература

1. Niklasson G.A., Granqvist C.G. // J. Appl. Phys. 1984. **55**, No. 9. P. 3382.
2. Khan H.R., Granovsky A., Brouers F. et al. // J. Magn. Magn. Mater. 1997. **183**. P. 127.
3. Ganshina E., Granovsky A., Gushin V. et al. // Physica A. 1997. **241**. P. 45.

4. Ganshina E., Kumaritova R., Bogoroditsky A. et al. // J. Magn. Soc. Japan. 1999. **23**. P. 379.
5. Granovsky A., Kuzmichov M., Clerc J.P. // J. Magn. Soc. Japan. 1999. **23**. P. 382.
6. Ведяев А.В., Грановский А.Б., Котельникова О.А. Кинетические явления в неупорядоченных сплавах. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1992.
7. Brouers F., Granovsky A., Sarychev A., Kalitsov A. // Physica A. 1997. **241**. P. 284.

Поступила в редакцию
29.03.00

УДК 677.463.5

ВЛИЯНИЕ ТЕРМООБРАБОТКИ НА КОЭФФИЦИЕНТЫ ПУАССОНА В ОДНООСНЫХ ОРИЕНТИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ

И. В. Пламенова, О. В. Сидоров*)

(кафедра общей физики для естественных факультетов)

Измерены коэффициенты Пуассона анизотропных волокон с малым поперечным сечением. Определено влияние термообработки на структуру этих волокон и на значения коэффициентов Пуассона.

Одноосные системы, такие, как высокопрочные, высокомодульные и высокоориентированные волокна (ВВ) на основе полимеров с различной жесткостью цепи [1], обладают, как правило, цилиндрической анизотропией и являются в общем случае ортотропными.

Определение значений коэффициентов Пуассона (КП) важно с точки зрения как прикладных, так и фундаментальных исследований, поскольку КП структурно-чувствительны [2]. Так, например, с повышением пористости КП уменьшается, а с увеличением температуры растет, если при этом не происходит фазового перехода [3]. Модули упругости и КП определяют экспериментально [4–7] или путем моделирования на основе методов молекулярной динамики [8]. Моделирование позволяет получить либо предельные значения механических характеристик для данного вещества, либо значения для идеальной структуры кристалла или паракристалла.

Экспериментальным путем модули Юнга и КП для ВВ непосредственно измерить не удается, так как диаметр волокон составляет 10–20 мкм. Уверенно измеряется лишь продольный модуль растяжения, а продольный и поперечные модули сжатия и растяжения измеряются уже с трудом. КП при поперечном сжатии можно определить путем гидростатического сжатия [9, 10].

Для измерения КП был использован следующий метод. В общем случае ВВ — неоднородные ортотропные тела с цилиндрической анизотропией, но в первом приближении их можно считать однородными. В случае гидростатического сжатия с учетом высокой степени анизотропии ВВ для относительной

деформации ε_i можно записать [9]

$$\begin{aligned} \varepsilon_r &= \frac{\sigma_r}{E_r} - \frac{\nu_{\theta r} \sigma_\theta}{E_r} = \frac{p(1 - \nu_{\theta r})}{E_r}, \\ \varepsilon_\theta &= -\frac{\nu_{r\theta} \sigma_r}{E_r} + \frac{\sigma_\theta}{E_\theta} = \frac{p(1 - \nu_{r\theta})}{E_r}, \\ \varepsilon_z &= -\frac{\nu_{rz} \sigma_r}{E_r} - \frac{\nu_{\theta z} \sigma_\theta}{E_\theta} = -\frac{p(\nu_{rz} + \nu_{\theta z})}{E_r}, \end{aligned} \quad (1)$$

где E_i — модуль Юнга, ν_{ij} — КП, p — давление в жидкости, σ_i — механическое напряжение, $i, j = (r, \theta, z)$. (Используется цилиндрическая система координат.)

Из системы (1) находим изменение объема волокна $\Delta V/V$ в этом случае:

$$\frac{\Delta V}{V} = -\frac{1}{E_r} p(2 - \nu_{r\theta} - \nu_{\theta r} - \nu_{rz} - \nu_{zr}), \quad (2)$$

а так как для трансверсально-изотропного волокна $\nu_{ij} = \nu_{ji}$, то формула (2) приобретает вид

$$\frac{\Delta V}{V} = -\frac{2}{E_r} p(1 - \nu_{r\theta} - \nu_{rz}),$$

где ν_{rz} — КП при продольном растяжении, $\nu_{r\theta}$ — КП при поперечном сжатии.

КП ν_{rz} обычно находят из рентгенографических измерений [10]. Тогда, зная кривую сжимаемости волокна [11], можно найти $\nu_{r\theta}$ по известному поперечному модулю Юнга E_r и наоборот.

В качестве образцов были взяты свежесформованные и термообработанные по методике работы [1] блок-сополимерные ВВ на основе поли-*n*-фенилентерфаламида и полиамидбензимидазола. Специфика

*) МГТУ им. А. Н. Косыгина.

этих волокон состоит в том, что при термообработке у них модуль упругости увеличивается от $30 \div 40$ до 140 ГПа, а прочность от ~ 1 до ~ 4 ГПа. При этом происходит самоудлинение волокон на $\sim 1\%$. Кроме того, эти волокна не имеют ярко выраженной кристаллической структуры.

Для измерения $\Delta V/V$ и оценки $\nu_{r\theta}$ по этим данным мы использовали методику, описанную в работе [11]. Объемы волокна и жидкости в этом случае были почти равны и вместе составляли $0,7 \text{ см}^3$. Перед измерением проводили шесть циклов нагружения до 4500 атм для возможной усадки волокна и снятия внутренних напряжений. После этого проводили основное нагружение до 4500 атм. Температура смеси поддерживалась постоянной и равной 18°C . Чтобы избежать нежелательных динамических и адиабатических явлений, скорость нагружения поддерживалась равной 5 атм/с. Все вычисления были проведены для давления 1000 атм.

Из таблицы, где представлены результаты вычислений, видно, что значения продольного модуля Юнга (E_z) после термообработки повысились, а поперечного (E_r) — понизились. Известно [12], что при термообработке этих волокон происходит дополнительное вытягивание макромолекулярных цепей и повышается их ориентация вдоль оси волокна: средний угол разориентации макромолекул после термообработки составляет $2 \div 3^\circ$. Этим и объясняется повышение продольного модуля Юнга: растяжение волокон происходит за счет растяжения основного скелета молекулы, а не за счет их распрямления и ориентации [13]. Кроме того, при термообработке плоскости гетероциклов и фениленовых колец разных макромолекул располагаются в параллельных плоскостях и сближаются. Это приводит к уменьшению свободного объема и как следствие к уменьшению КП, а также к повышению плотности (см. таблицу).

Тип волокна	Параметры волокна				
	E_r (ГПа)	ν_{rz}	$\nu_{r\theta}$	E_z (ГПа)	ρ (кг/м ³)
Свеже-сформованное	4,0–5,0	0,35	0,27	110	1400
Термо-обработанное	3,2–4,3	0,29	0,24	150	1440

Таким образом, изменения значений КП обусловлены конформационно-структурными перестройками макромолекул и надмолекулярных образований при термообработке.

Литература

1. Армирующие химические волокна для композиционных материалов / Под ред. Г.И. Кудрявцева. М.: Химия, 1992.
2. Микитишин С.И. // Физ.-хим. механика материалов. 1982. **18**, № 3. С. 84.
3. Кузьменко В.А. Новые схемы деформирования твердых тел. Киев: Наукова думка, 1973.
4. Nakamae K., Nishino T., Shimizu Y., Matsumoto T. // Polym. J. 1987. **19**. P. 451.
5. Gaymans R. J., Tjissen J., Harkema S., Bantjes A. // Polymer. 1976. **17**. P. 517.
6. Northolt M.G. // Polymer. 1980. **21**. P. 1199.
7. Allen S.R. // Polymer. 1988. **29**. P. 1091.
8. Rutledge G.C., Suter U.W. // Macromolecules. 1991. **24**. P. 1921.
9. Сидоров С.В., Шаблыгин М.В., Щетинин А.М. // Хим. волокна. 1999. № 3. С. 38.
10. Nakamae K., Nishino T., Airu X. // Polymer. 1992. **33**. P. 4898.
11. Сидоров О.В., Шаблыгин М.В., Щетинин А.М. // Хим. волокна. 1998. № 6. С. 33.
12. Милькова Л.П., Пожалкин Н.С., Бандурян С.М., Глазнов В.Б. // Хим. волокна. 1997. № 3. С. 24.
13. Слуцкер А.И., Исмонкулов К. // Высокомолекулярное соединение. 1988. **30** А. С. 424.

Поступила в редакцию
07.02.00

ГЕОФИЗИКА

УДК 551.515.2

О ВЛИЯНИИ ПОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОЗДУШНОГО ИНТЕНСИВНОГО КОНВЕКТИВНОГО ВИХРЯ

Е. П. Анисимова, А. А. Сперанская О. Н. Чернав

(кафедра физики моря и вод суши)

Приводятся результаты модельных экспериментов по исследованию структуры воздушных интенсивных конвективных вихрей. Рассмотрено влияние температуры подстилающей поверхности на поле температуры и влажности и на величину максимального значения горизонтальной составляющей скорости в вихре.

Эксперименты с модельными интенсивными конвективными вихрями (ИКВ) [1–3] показали, что основным критерием подобия, определяющим структуру влажных ИКВ, является тепловое число Фруда,

отражающее отношение двух основных сил, действующих в таких вихрях в радиальном направлении — центробежной и силы, вызываемой радиальным градиентом давления: