

УДК 544.344.015.4-17

**ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ В ЭЛАСТОМЕРАХ НА ОСНОВЕ
ПОЛИДИМЕТИЛСИЛОКСАНА В ОБЛАСТИ ПОНИЖЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР**

Антонов Е.В. (ИТМО), Лобанова Е.Ю. (ИТМО)

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, доцент Дорогин Л.М. (ИТМО)

Введение. Широкий спектр композиционных материалов на основе полидиметилсилоксана (ПДМС) традиционно используется в медицине, бытовой технике и строительстве; они являются перспективными для новых приложений, например, в гибкой электронике [1] и экологической безопасности [2]. Механические и поверхностные свойства эластомеров очень чувствительны к изменениям температуры, что может быть важно в некоторых экстремальных условиях [3]. Ранее в экспериментах по динамическому механическому анализу (ДМА) наблюдался гистерезис вязкоупругости по мере увеличения или уменьшения температуры вблизи предполагаемой температуры кристаллизации [4], однако причина его появления осталась неясной. В этой связи в настоящей работе проводились исследования фазовых переходов с использованием рентгеноструктурного фазового анализа.

Основная часть. Были проведены эксперименты по исследованию структуры и фаз материала на основе ПДМС. Были изготовлены образцы, имевшие соотношение базового реагента к сшивающему 10:1, 20:1, 30:1 и 1:0 (нет отвердителя) толщиной ~1 мм. Эксперименты проводились на станции «Белок» синхротрона «КИСИ-Курчатов». Для рентгеноструктурного фазового анализа использовался метод порошковой рентгеновской дифракции. Для сопоставления данных с результатами работы [4] использовались два температурных режима измерения каждого материала: медленное охлаждение материала до -150 °С и быстрое охлаждение материала до -150 °С с последующим медленным нагревом. Измерение картин дифракции проводилось с шагом в 4 °. Исследуемый образец крепился на иглу держателя в случае материалов, содержащих отвердитель, и в капилляр в случае отсутствия сшивающего агента. Полученные дифрактограммы были азимутально проинтегрированы для дальнейшего анализа.

Выводы. Анализ дифракционных картин позволил выявить две фазы, возникающие в диапазонах температур -95..-30 и -130..-45 °С при медленном нагреве, сдвинутых в область более низких температур на ~40 °С при медленном охлаждении. Сопоставление наших данных с данными работы [4] показало, что температурный диапазон гистерезиса вязкоупругости совпадает с появлением низкотемпературной фазы для образца с соотношением базового реагента к отвердителю 1:30. Таким образом, при быстром охлаждении фазовый переход не протекал полностью по сравнению со случаем медленного охлаждения, что выражается в том числе в различных механических свойствах материала одного состава, но разной скорости охлаждения (предыстории) – в гистерезисе. С увеличением концентрации отвердителя интенсивность дифракционных максимумов, соответствующих обеим фазам, уменьшалась, что можно объяснить пропорциональным увеличением плотности сшивания – количества молекулярных (химических) связей между отдельными полимерами, образующими единую пространственную структуру. Звенья полимеров, обладающие данными химическими связями, при условиях для фазового перехода не участвуют в кристаллизации материала и снижают полноту фазового перехода, что проявляется в снижении интенсивности дифракционных максимумов.

Список использованных источников:

1. Jeong S.H., Zhang S., Hjort K., Hilborn J., Wu Z. PDMS-Based Elastomer Tuned Soft,

Stretchable, and Sticky for Epidermal Electronics // *Advanced Materials*. – 2016. – V. 28. – № 28. – P. 5830-5836.

2. Sosnin I.M., Vlassov S., Dorogin L.M. Application of polydimethylsiloxane in photocatalyst composite materials: A review // *Reactive and Functional Polymers*. – 2021. – V. 158. – P. 104781.

3. Persson B.N.J., Brener E. A. Crack propagation in viscoelastic solids // *Physical Review E*. – 2005. – V. 71. – № 3. – P. 036123.

4. Tiwari A., Dorogin L., Bennett A.I., Schulze K.D., Sawyer W.G., Tahir M., Heinrich G., Persson B.N.J. The effect of surface roughness and viscoelasticity on rubber adhesion // *Soft Matter*. – 2017. – V. 13. – № 19. – P. 3602-3621.