

КРЕЙЗИНГ ПОЛИМЕРНЫХ ВОЛОКОН: МЕХАНИЗМ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОПОРИСТЫХ И НАНОКОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

О.В. Аржакова, А.А. Долгова, А.Л. Волынский

Химический факультет, МГУ имени М.В.Ломоносова, кафедра ВМС, Москва, Ленинские горы

E-mail: arzhakova8888@gmail.com

В настоящее время проблема разработки новых типов нанопористых и нанокomпозиционных материалов представляет собой актуальное направление современной науки о материалах, при этом особое научное и прикладное значение имеет создание полимерных материалов волоконного типа. Универсальным и эффективным подходом к созданию такого рода инновационных материалов является крейзинг полимеров, который представляет собой фундаментальный вид пластической деформации полимеров и включает в себя самопроизвольное протекание сопряженных индуцированных напряжением процессов кавитации и фибриллизации в пределах множественных зон локализованной деформации, крейзов.

В данной работе впервые современными физико-химическими методами проведено систематическое исследование механизма крейзинга и структурной эволюции волокон на основе аморфного стеклообразного полиэтилентерефталата (ПЭТФ) при деформировании в физически активных жидких средах (ФАЖС) в широком диапазоне степеней вытяжки (до 400%). Впервые в режиме прямых он-лайн наблюдений исследованы последовательные стадии процесса крейзинга от зарождения, роста и уширения крейзов с формированием в полимере значительной макроскопической пористости. Изучен механизм стадии коллапса фибриллярно-пористой структуры крейзов, который приводит к значительному снижению пористости вплоть до полной монолитизации фибриллярно-пористой структуры крейзов и их вырождению в монолитные микрошейки. Исследованы особенности формирования в волокне уникального поперечного рельефа, который характеризуется наличием чередующихся областей различного диаметра. Показана возможность последовательного введения в волокно нескольких функциональных добавок с их отдельной локализацией в пределах крейзов, что открывает широкие возможности создания нового типа уникальных нанокomпозиционных материалов с ценными функциональными свойствами.

Впервые исследован механизм крейзинга для полимерных волокон с высокой плотностью крейзов при проведении процедуры предварительного зарождения крейзов (1200-1400 штук на единицу длины). Установлено, что деформирование волокон с

высокой плотностью крейзов в ФАЖС по механизму крейзинга протекает за счет непрерывного увеличения пористости в широком диапазоне изменения степени вытяжки при полном предотвращении стадии коллапса фибриллярно-пористой структуры крейзов. Описаны новые явления при крейзинге волокон ПЭТФ с высокой плотностью крейзов такие, как щепление стенок крейзов, зарождение новых крейзов в широком диапазоне степеней вытяжки, разрушение стенок крейзов до осколков и их последующее включение в виде армирующих элементов в фибриллярно-пористую структуру крейзов. Разработаны рекомендации по проведению процесса крейзинга для формирования стабильных нанопористых полимерных волокон с высокой пористостью (до 70%), высокой удельной поверхностью и размерами пор до 10 нм с точки зрения их возможного использования в качестве мембранных волоконных материалов, нанопористых матриц, субстратов, гидроизоляционных материалов, а также материалов с пониженной плотностью. Продемонстрирована универсальность данного подхода для получения нанопористых волокон для таких полимеров, как полисульфон и полиэтилен высокой плотности как типичного полукристаллического полимера. Показаны преимущества данного подхода для получения широкого круга функциональных нанокomпозиционных материалов на основе крупнотоннажных полимерных волокон при введении в нанопористую структуру крейзов различного рода функциональных добавок (красителей, металлов, сенсорных добавок, антибактериальных добавок и пр.).

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №17-13-01017)