

РАВНОКАНАЛЬНАЯ МНОГУГОЛОВАЯ ТВЕРДОФАЗНАЯ ЭКСТРУЗИЯ ПЭВП-НАНОКОМПОЗИТОВ

Данная работа посвящена изучению равноканальной многоугольной твердофазной экструзии (РКМУТФЭ) ПЭВП-нанокomпозитов.

Целью исследования было изучение влияния модифицирующей добавки углеродного наноматериала (УНМ) на параметры технологического процесса равноканальной многоугольной твердофазной экструзии композитов на основе ПЭВП. Интерес вызывает изменение прочности и температурного расширения образцов, полученных двумя способами: смешением в условиях гидродинамической кавитации и последующей РКМУТФЭ и традиционным жидкофазным способом с последующей обработкой в режиме РКМУТФЭ.

Объектами данного исследования являлись нанокomпозиты на основе полиэтилена высокой плотности (ПЭВП). В качестве модифицирующей добавки использовали углеродные наноматериалы "Таунит" в виде наномасштабных нитевидных образований поликристаллического графита с поперечным размером частиц 40 ... 100 нм, производство ООО "Нанотехцентр" (г. Тамбов).

Композиты ПЭВП + УНМ были получены в лаборатории реологии полимеров Института нефтехимического синтеза РАН методом смешения в расплаве, в роторном смесителе Naake Polydrive. ПЭВП без добавок УНМ также подвергался обработке в смесителе в том же режиме.

Приготовление образцов для РКМУТФЭ нанокomпозитов на основе ПЭВП проводили в лабораторном экструдере в температурном диапазоне 160 ... 180°C.

Последующая обработка образцов проводилась на экспериментальной ячейке высокого давления для реализации РКМУТФЭ полимеров, представленной на рис. 1. При этом цилиндрическая заготовка продавливается через деформирующий блок ячейки, состоящий из нескольких пар каналов одного диаметра, пересекающихся под заданными углами. РКМУТФЭ не приводит к изменению геометрической формы исходной полимерной заготовки [1].

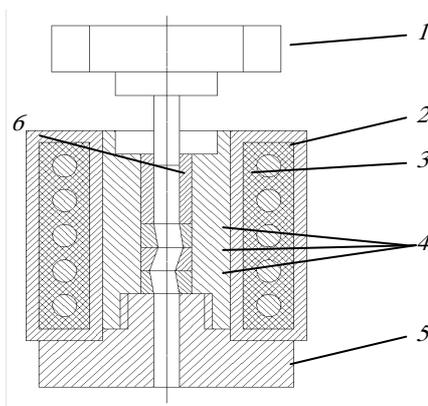


Рис. 1. Схема экспериментальной ячейки высокого давления для реализации равноканальной многоугольной твердофазной экструзии:

1 – пуансон; 2 – нагревательная камера; 3 – обойма;
4 – рабочие элементы матрицы; 5 – основание; 6 – направляющая втулка

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ТГТУ Г.С. Баронина.

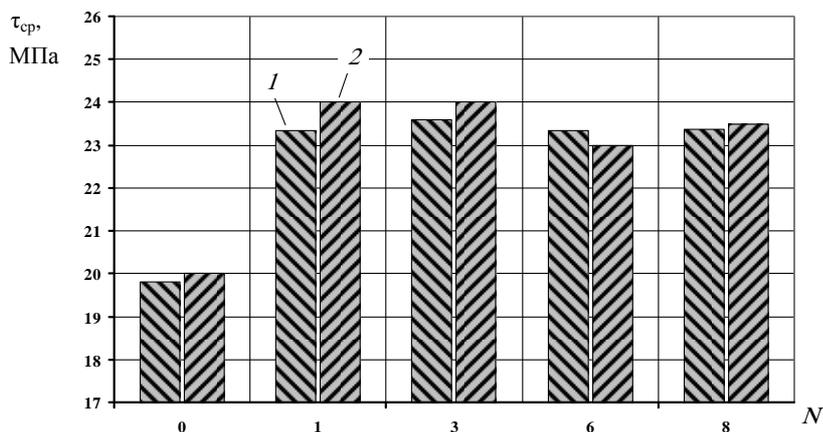


Рис. 2. Диаграмма изменения прочности в условиях срезающих напряжений $\tau_{ср}$ в зависимости от числа циклов деформирования N в ячейке РКМУТФЭ: ПЭВП + 1 мас. ч. УНМ; $T_{экс} = 295$ К; 1 – образцы получены традиционным способом с последующей обработкой в режиме РКМУТФЭ; 2 – образцы получены в смесителе Haake Polydrive с последующей обработкой в режиме РКМУТФЭ

Экспериментальные данные, представленные на рис. 2, свидетельствуют об увеличении прочности в условиях срезающих напряжений ПЭВП-нанокompозитов, полученных РКМУТФЭ, по сравнению с материалами, не прошедшими данную экструзию. Повышение прочности составило 15 ... 20%.

При исследовании свойств ПЭВП и нанокompозитов на его основе, обработанных в режиме РКМУТФЭ, было отмечено понижение давления экструзии образцов, полученных в смесителе Haake Polydrive, по сравнению с образцами, полученными традиционным способом.

В ходе эксперимента были проведены замеры усадки образцов, подвергнутых одному циклу деформирования в режиме РКМУТФЭ. Исследования проводились на оптическом дилатометре с микроскопическим замером усадки образца [2]. На рисунке 3 представлены дилатометрические кривые образцов композита ПЭВП + 1 мас. ч. УНМ, полученных двумя способами, подвергшихся одному циклу деформирования в режиме РКМУТФЭ. Приведенные экспериментальные результаты говорят о том, что образцы, полученные в смесителе Haake Polydrive, менее подвержены температурной усадке, чем образцы, полученные традиционным способом.

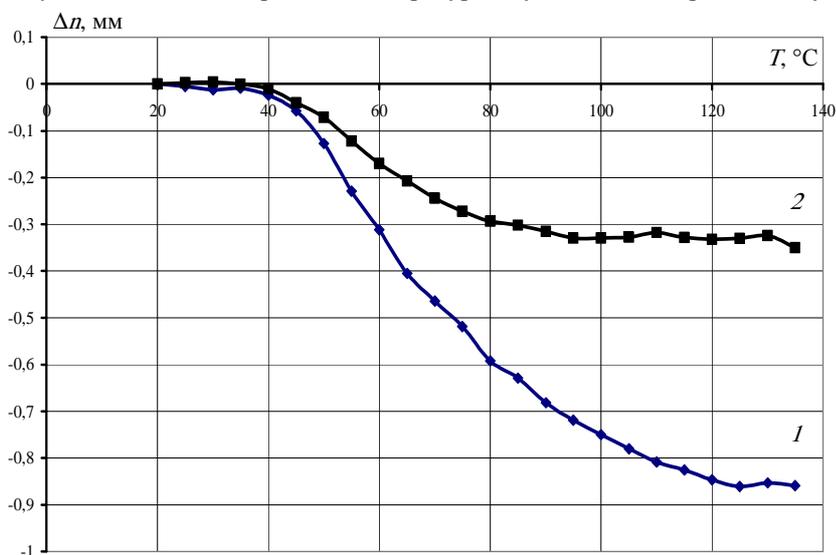


Рис. 3. Дилатометрические кривые усадки образцов полимерного композита ПЭВП + 1 мас. ч. УНМ, обработанного в ячейке РКМУТФЭ. Образцы получены: 1 – традиционным способом; 2 – в смесителе Haake Polydrive

Выводы:

1) Равноканальная многоугольная твердофазная экструзия позволяет повысить прочностные свойства ПЭВП и нанокompозитов на его основе.

2) Введение модифицирующей добавки УНМ в полимерную матрицу ПЭВП снижает давление формования в режиме РКМУТФЭ и при определенных режимах обработки повышает прочностные свойства полимерного композита.

3) Метод смешения в роторном смесителе Naake Polydrive позволяет получать нанокompозиты на основе ПЭВП, обладающие свойствами, отличными от свойств нанокompозитов, полученных традиционным методом, что свидетельствует об изменении характера распределения модифицирующей нанодобавки в полимере и возможном измельчении их агрегатов при смешении в условиях гидродинамической кавитации.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках аналитической ведомственной Программы "Развитие научного потенциала высшей школы", код РНП.2.2.1.1.5207, Федерального агентства по образованию по проекту "Исследование композиционных материалов с целью создания теоретических и технологических основ наукоемких твердофазных технологий. Фундаментальное исследование" на 2008 – 2010 гг. и Американского фонда гражданских исследований и развития (CRDF) в соответствии с Российско-американской Программой "Фундаментальные исследования и высшее образование" (BRNE), проект "НОЦ-019 "Твердофазные технологии".

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Равноканальная многоугольная экструзия / В.Н. Варюхин, В.З. Спусканюк, Н.И. Матросов и др. // Физика и техн. высоких давлений. – 2002. – 12, № 4. – С. 31 – 39.
2. Переработка полимеров и композитов в твердой фазе : учебное пособие / Г.С. Баронин [и др.]. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – 140 с.