

*А.К. Разинин, С.А. Иванов**

**СРАВНЕНИЕ ДВУХ МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ
НАНОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ
ПОЛИМЕРОВ ДЛЯ ТВЕРДОФАЗНОЙ ЭКСТРУЗИИ**

Работа посвящена изучению твердофазной плунжерной экструзии (ТФЭ) нанокompозитов на основе кристаллических полимеров. Твердофазная экструзия является одним из технологических процессов ориентационного пластического деформирования полимеров в твердом состоянии в условиях высокого гидростатического давления.

Целью данного исследования было изучение влияния модифицирующей добавки углеродного наноматериала (УНМ) на параметры технологического процесса твердофазной экструзии АБС и ПЭВП, прочность и теплостойкость образцов, полученных двумя способами: смешением в условиях гидродинамической кавитации и последующей ТФЭ и традиционным жидкофазным способом с последующей обработкой давлением в режиме ТФЭ.

Объектами данного исследования являлись кристаллические полимеры: сополимер акрилонитрила, бутадиена и стирола (АБС) и полиэтилен высокой плотности (ПЭВП).

Исследуемые полимеры были модифицированы углеродным наноматериалом (УНМ) "Таунит" производства ООО "Нанотехцентр" (г. Тамбов). УНМ "Таунит" представляет собой наномасштабные нитевидные образования поликристаллического графита с поперечным размером частиц 40 ... 100 нм.

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

Наноккомпозиты на основе АБС и ПЭВП были получены в лаборатории реологии полимеров Института нефтехимического синтеза РАН методом смешения в расплаве. Смешение проводилось в роторном смесителе Naake Polydrive, который обеспечивает смешение в условиях гидродинамической кавитации (1-й способ). Данные композиты сравнивались с композитами, полученными в лабораторном экструдере с диаметром шнека 32 мм в температурном диапазоне 160 ... 180°C, после смешения в шаровой мельнице в течение 1 часа (2-й способ).

Последующая твердофазная плунжерная экструзия проводилась в ячейке высокого давления типа капиллярного вискозиметра [1], разработанной в Тамбовском государственном техническом университете, с загрузочной камерой диаметром 5 мм и набором сменных фильер с различными геометрическими параметрами капилляра при температурах ниже $T_{пл}$.

Опыты по твердофазной экструзии наноккомпозитов на основе АБС и ПЭВП, приготовленных в смесителе Polydrive, показали, что введение УНМ в полимерную матрицу снижает необходимое давление формования. Наибольшее снижение давления отмечено при $T_{экс} = 359$ К. При этом давление ТФЭ снижается на 12% для композита АБС + 0,5 мас. ч. УНМ и на 18% для композита ПЭВП + 0,2 мас. ч. УНМ. Экструзия проводилась при степени деформации $\lambda_{экс} = 2,07$. Прочность в условиях срезающих напряжений образцов, прошедших твердофазную экструзию при данных условиях, увеличилась в 1,5–2,5 раза по сравнению с материалами, полученными жидкофазной экструзией. Наибольшая прочность была отмечена у образцов АБС + 0,5 мас. ч. УНМ.

При сравнении свойств наноккомпозитов, приготовленных в смесителе PolyDrive и наноккомпозитов, приготовленных традиционным методом в лабораторном экструдере, были получены следующие результаты:

- Давление твердофазной экструзии у композитов на основе ПЭВП, полученных в условиях гидродинамической кавитации, выше, чем у композитов, полученных традиционным способом. Повышение давления составило около 8% для чистого ПЭВП и около 18% для композита ПЭВП + 1 мас. ч. УНМ. Противоположный результат получен для АБС-композитов: необходимое давление твердофазной экструзии у композитов на основе АБС, полученных в условиях гидродинамической кавитации, ниже, чем у композитов, полученных традиционным способом. Снижение давления составило около 15% для чистого АБС и около 10% для композита АБС + 1 мас. ч. (рис. 1).

- Прочность в условиях срезающих напряжений образцов ПЭВП и ПЭВП + 1 мас. ч. УНМ, приготовленных в смесителе Polydrive с последующей обработкой в режиме ТФЭ, выше на 13%, чем у образцов, полученных традиционным способом. Прочность образцов АБС и АБС + 1 мас. ч., приготовленных в смесителе Polydrive с последующей обработкой в режиме ТФЭ, ниже, чем у композитов, полученных традиционным способом на 20 ... 25% (рис. 2).

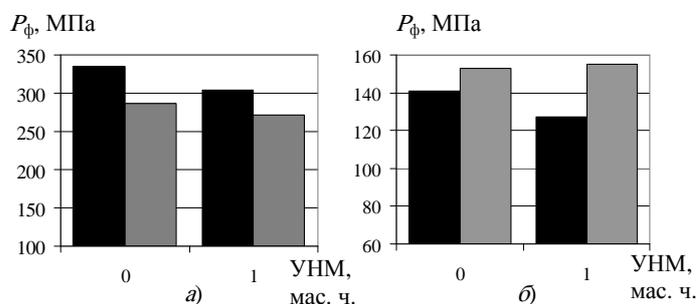


Рис. 1. Диаграмма изменения давления ТФЭ наноккомпозитов на основе:

a – АБС; *б* – ПЭВП в зависимости от состава композита. Композиты получены: ■ – традиционным способом, ■ – в смесителе Polydrive. Твердофазная экструзия проводилась при степени деформации $\lambda_{экс} = 2,07$, $T_{экс} = 295$ К

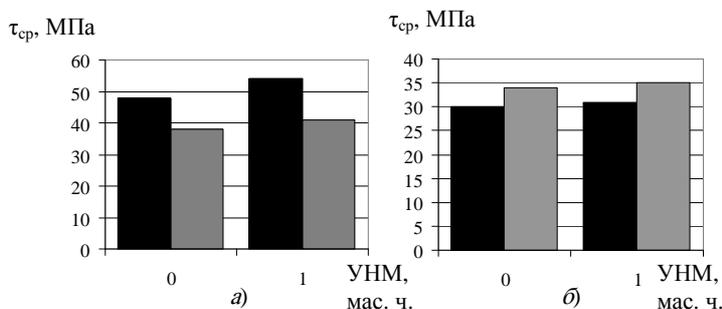


Рис. 2. Диаграмма изменения прочности в условиях среза наноккомпозитов на основе:

a – АБС; b – ПЭВП в зависимости от состава композита. Композиты получены: ■ – традиционным способом, ■ – в смесителе Polydrive. Твердофазная экструзия проводилась при степени деформации $\lambda_{экс} = 2,07$, $T_{экс} = 295$ К

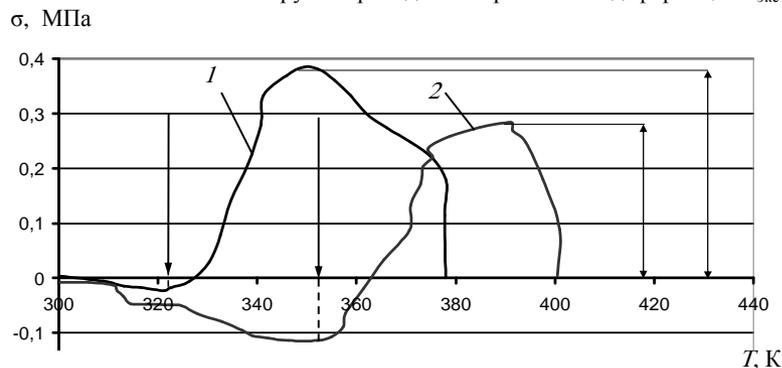


Рис. 3. Диаграмма изометрического нагрева образцов ПЭВП, полученных:
 1 – традиционным методом; 2 – в смесителе Haake PolyDrive,
 с последующей обработкой давлением в режиме ТФЭ

– В ходе исследований усадочных процессов в режиме изометрического нагрева было отмечено повышение деформационной теплостойкости (на 10%) и снижение уровня остаточных напряжений (на 25%) у образцов ПЭВП, полученных в условиях гидродинамической кавитации, по сравнению с образцами, полученными традиционным способом (рис. 3). Испытания образцов ПЭВП + 1 мас. ч. УНМ дали аналогичные результаты.

Выводы.

1) Твердофазная экструзия позволяет повысить прочностные свойства композитов на основе кристаллических полимеров.

2) Введение модифицирующей добавки УНМ в полимерные матрицы ПЭВП и АБС снижает давление ТФЭ и при определенных режимах повышает прочностные свойства полимерного композита.

3) Метод смешения в роторном смесителе Haake Polydrive позволяет получать композиты, обладающие свойствами, отличными от свойств композитов, полученных традиционным методом, что свидетельствует об изменении характера распределения модифицирующих нанодобавок в полимере.

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" (BRHE), проект "НОЦ-019 "Твердофазные технологии".

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.