

## ТВЕРДОФАЗНАЯ ЭКСТРУЗИЯ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИСУЛЬФОНА\*

Все возрастающий объем производства пластических масс требует дальнейшего совершенствования существующих и разработки новых высокопроизводительных технологических процессов переработки полимеров.

Технологические методы обработки полимеров давлением в твердом агрегатном состоянии известны сравнительно недавно. Твердофазные технологии основаны на развитии пластической деформации материала в условиях высокого гидростатического давления. Существуют ряд технологических процессов ориентационного пластического деформирования полимеров в твердом состоянии: холодная вытяжка, твердофазная экструзия (ТФЭ), прокатка [1].

Настоящая работа посвящена исследованию процесса твердофазной экструзии композитов на основе полисульфона (ПСФ)

(ТУ 6-05-1969–84). Полисульфон – прозрачный стеклообразный полимер, основными эксплуатационными свойствами которого являются высокая химическая и термостойкость.

В качестве модифицирующих ПСФ добавок использовали карбид титана TiC (с размером частиц около 20 мкм) – продукт самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС-технология) Института структурной макрокинетики и проблем материаловедения РАН (ИСМАН, г. Черноголовка) и углеродные наноматериалы (УНМ) «Таунит» в виде сыпучего порошка поликристаллического графита. Производитель УНМ «Таунит» – ООО «НаноТехЦентр» (г. Тамбов).

Опыты по твердофазной плунжерной экструзии полимерных образцов при температуре ниже температуры стеклования ( $T_c$ ) проводили на экспериментальной установке типа капиллярного вискозиметра с загрузочной камерой диаметром 5 мм и набором сменных фильер. Измерялось давление, необходимое для твердофазной экструзии исследуемых композитов на основе ПСФ в зависимости от состава, температуры и степени деформирования (экструзионного отношения  $\lambda_{\text{экс}}$ ).

Зависимость необходимого давления твердофазного формования ( $P_{\text{ф}}$ ) от температуры и содержания модифицирующих добавок для композиций на основе ПСФ представлена на рис. 1. Экспериментально установлено, что введение малых добавок модификаторов (до 1 м.ч.) снижает необходимое давление ТФЭ.

При оценке физико-механических показателей в условиях напряжений среза полимерных композитов, прошедших ТФЭ по сравнению с ЖФЭ-полимером, наблюдается резкое повышение прочностных характеристик материала в направлении, перпендикулярном ориентации.

Наибольшее повышение прочности в условиях среза наблюдается после обработки ПСФ-композитов при температуре вблизи  $T_c$  и введении в полимерную матрицу модифицирующих добавок TiC в количестве 1...1,5 м.ч. и УНМ в количестве 1 м.ч. (рис. 2).

Для определения внутренних ориентационных напряжений в экструдатах и величины термостойкости  $T_{\text{тп}}$ , полученных ТФЭ полимерных композиций, использовали метод построения диаграмм изометрического нагрева. Исследования проводили на специально разработанной экспериментальной установке с АЦП и ПК [2].

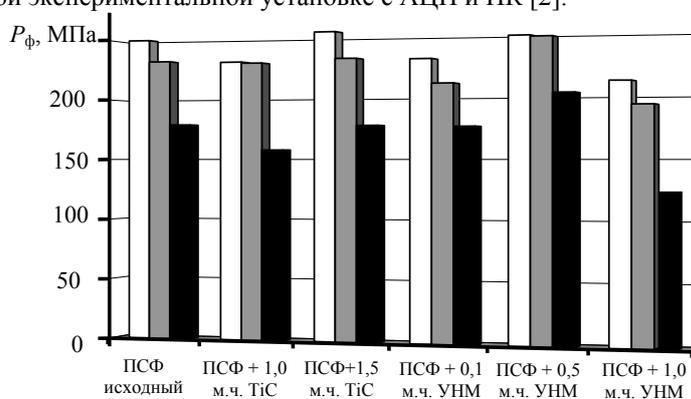
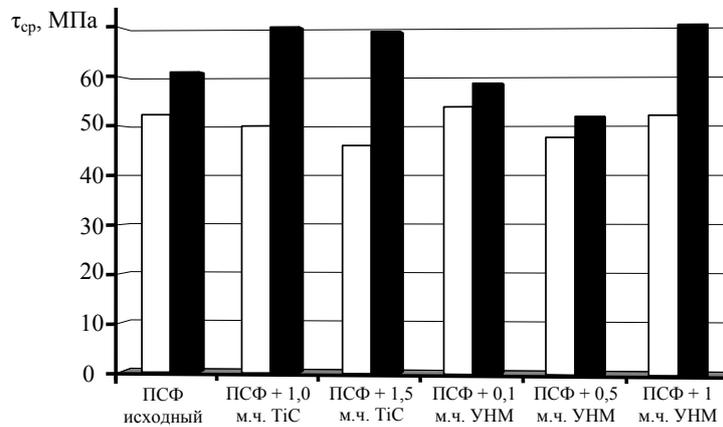


Рис. 1. Диаграмма изменения давления ТФЭ для ПСФ-композиций:

$\lambda_{\text{экс}} = 1,52$ ;  $T_{\text{экс}} = 295 \text{ K}$  (□);  $T_{\text{экс}} = 338 \text{ K}$  (■);  $T_{\text{экс}} = 461 \text{ K}$  (■)

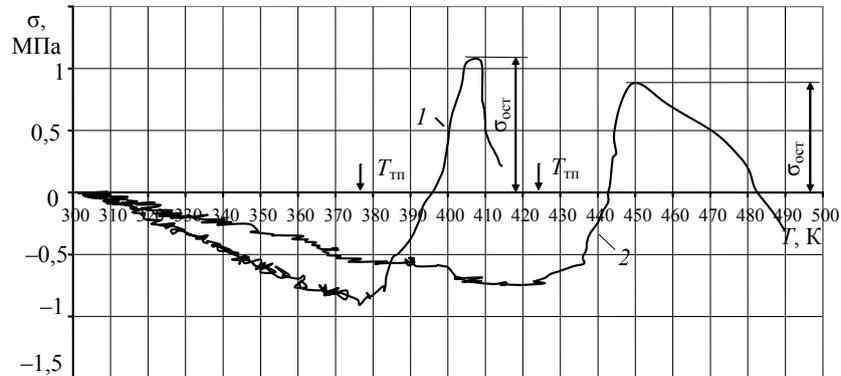
\* Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках аналитической ведомственной Программы «Развитие научного потенциала высшей школы», код РНП.2.2.1.1.5355 и Американского фонда гражданских исследований и развития (CRDF) в рамках российско-американской Программы «Фундаментальные исследования и высшее образование» (BRNE) на 2007 – 2010 гг. (НОЦ-019 «Твердофазные технологии»).



**Рис. 2. Диаграмма изменения прочности в условиях среза  $\tau_{ср}$  ПСФ-композиций, полученных ЖФЭ (□) и ТФЭ при  $\lambda_{экс} = 2,07$ ,  $T_{экс} = 461$  К(■)**

Установлено, что введение малых добавок TiC и УНМ в полимерную матрицу приводит к формированию структуры с повышенной теплостойкостью и низким уровнем внутренних напряжений в материале (рис. 3).

Отмеченные закономерности должны учитываться при выборе технологических режимов ТФЭ и в других процессах обработки ПСФ-композитов давлением в твердой фазе.



**Рис. 3. Диаграммы изометрического нагрева образцов ПСФ (1) и ПСФ + 1 м.ч. TiC (2), экструдированных при  $\lambda_{экс} = 2,52$  и температуре 461 К. Скорость поднятия температуры 1,7 град/мин**

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Переработка полимеров в твердой фазе. Физико-химические основы / Г.С. Баронин, М.Л. Кербер, Е.В. Минкин, Ю.М. Радько. – М. : Машиностроение-1, 2002. – 320 с.
2. Крутов, А.Ю. Экспериментальная установка для определения теплостойкости и внутренних напряжений в полимерах с использованием компьютерных технологий / А.Ю. Крутов, С.А. Иванов // Сборник статей магистрантов. – 2006. – Вып. 5. – С. 86 – 89.