

Машины и аппараты химических производств

Руководитель программы д.т.н., проф. Промтов М. А.

Иванов С. А., Крутов А. Ю., Кобзев Д. Е.

Работа выполнена под руководством д. т. н. проф. Баронина Г. С.

*ТГТУ, Кафедра «Теория машин, механизмов
и детали машин»*

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ ДО И ПОСЛЕ ТВЕРДОФАЗНОЙ ЭКСТРУЗИИ *

Все технологические процессы получения изделий из полимеров в твердой фазе сопровождаются значительным повышением прочности материала и нагрузочной способности готовых изделий, которые определяются структурой и свойствами исходного полимерного материала, а также технологическими параметрами переработки в твердой фазе. В настоящей работе рассматриваются важные вопросы установления взаимосвязи между показателями материала, прошедшего обработку давлением в режиме твердофазной экструзии (ТФЭ), физико-химическими показателями исходного полимера и параметрами ТФЭ – процесса.

Объектами исследования являются сополимер акрилонитрила, стирола и бутадиена (АБС - сополимер), ГОСТ-12851-87 и полиэтилен высокой плотности (ПЭВП), ГОСТ-16338-85. В качестве модифицирующих добавок применяли следующие материалы:

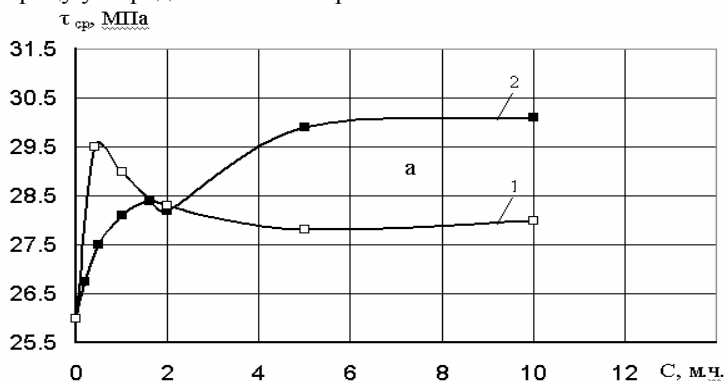
1. Углеродные наноматериалы «Таунит» - наномасштабные нитевидные образования поликристаллического графита в виде сыпучего порошка. Производитель УНМ «Таунит» - ООО «НаноТехЦентр» (Тамбов).

2. Карбид титана (TiC) с размером частиц около 20 мкм. и борид титана (TiB₂) с размером 60 мкм. TiC и TiB₂ – продукты самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС – технология) Института структурной макрокинетики и проблем материаловедения РАН (ИС-МАН РАН, г. Черноголовка).

Результаты экспериментальных исследований прочностных свойств в условиях среза и ударной вязкости исходных композитов на основе АБС и ПЭВП представлены на рис.1-2. Обсуждение полученных экспериментальных данных проводится на основе структурных исследований с использованием термомеханической спектроскопии [1], на основе представлений о локальной (β -релаксационный процесс), сегментальной (α -релаксационный процесс) молекулярной подвижности и диссипативных свойств, а также с позиций физической мезомеханики полимерного композита [2].

При обсуждении концентрационных зависимостей ударной вязкости композитов АБС + TiB_2 и АБС + TiC следует подчеркнуть, что, во-первых, данный показатель является более структурно – чувствительным, чем характеристика прочности в условиях среза. На это указывают сложные экспериментальные зависимости ударной вязкости композита от содержания модификатора. Во-вторых, ударная вязкость исходного ударопрочного сополимера (АБС) определяется состоянием и объёмом неупорядоченных зон, заполненных эластичным материалом (полибутадиеновыми блоками) и проходными цепями САН, и малейшее заполнение этих зон хрупким модификатором TiB_2 или TiC резко снижает ударную вязкость исходного материала.

Качественно иные закономерности установлены при оценке прочностных свойств и ударной вязкости исходных полимерных композиций ПЭВП + УНМ-2 в области малых добавок модификатора. Из рис.2. следует симбатный характер повышения $\tau_{ср}$ и a при введении в полимерную матрицу углеродного наноматериала УНМ-2.



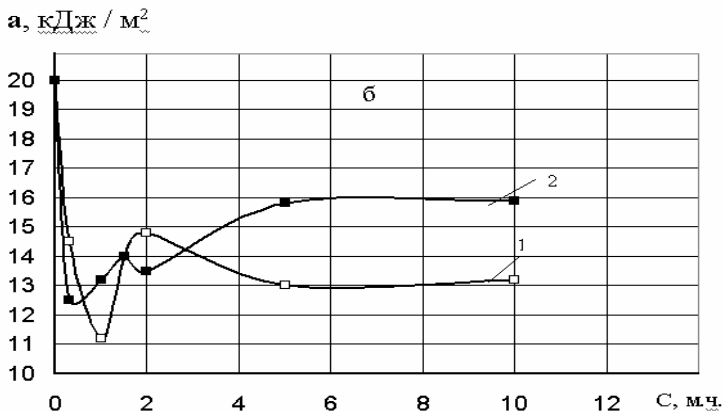


Рис.1. Концентрационные зависимости разрушающего напряжения среза $\tau_{ср}$ (а) и ударной вязкости а (б) для композиций АБС+TiB₂ (1) и АБС+TiC(2). Модификаторы: 1(□) – борид титана; 2(■) – карбид титана, полученные СВС-технологией

При оценке физико-механических показателей в условиях напряжений среза полимерных композитов, прошедших ТФЭ по сравнению с исходным полимером (рис.3) показано резкое повышение прочностных характеристик материала в направлении, перпендикулярном ориентации в режиме ТФЭ, которое связано с трансформацией структуры исходного АБС в результате твердофазной обработки полимера методом пластического деформирования. Из рис.3. следует, что наибольшее повышение прочности в условиях среза наблюдается после обработки АБС и ПЭВП при повышенной температуре вблизи $T_{пл}$, по сравнению с ТФЭ при комнатной температуре. Последний факт свидетельствует о том, что процессы трансформации структуры и ориентационной кристаллизации полимера при ТФЭ протекают наиболее эффективно и на большую глубину при повышенных температурах (вблизи $T_{пл}$).

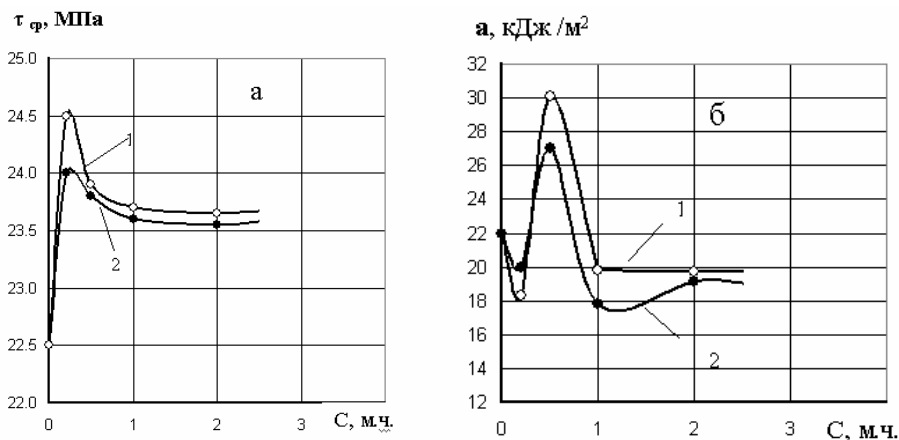


Рис.2. Концентрационные зависимости разрушающего напряжения среза τ_{cp} (а) и ударной вязкости а (б) для полимерных систем ПЭВП + УНМ – 1 (1) и ПЭВП + УНМ – 2 (2).

Модификаторы: 1 (○) – углеродный наноматериал (УНМ) до отмытки от катализатора; 2 (●) – УНМ после отмытки от катализатора

Отмеченные закономерности должны учитываться при выборе технологических режимов ТФЭ и в других процессах обработки полимерных композитов давлением в твёрдой фазе.

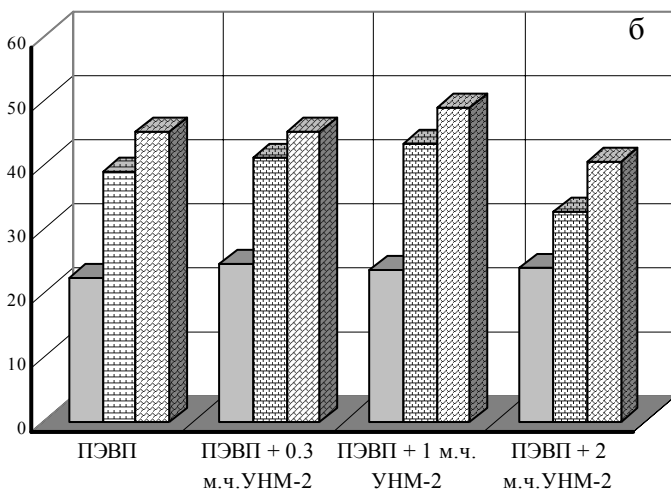
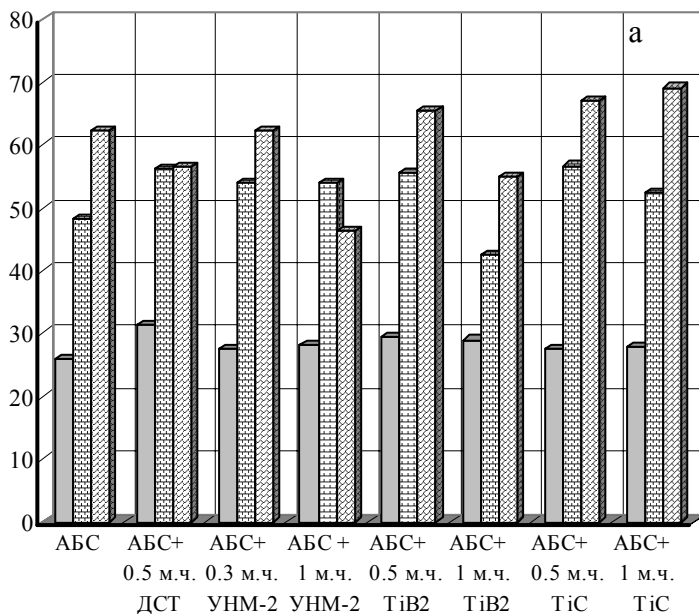


Рис. 3. Диаграммы изменения разрушающего напряжения при срезе исходных (■) и экструдированных при 22°C (▨) и при 86°C (▩) материалов на основе АБС (а) и ПЭВП (б). Температура испытания – 298 К

Список литературы

1. Ольхов Ю.А. Аллаяров С.Р. Термомеханическая спектроскопия – новая комплексная диагностика молекулярно – топологического строения политетрафторэтилена. Черноголовка, 2002. Изд. ИПХФ РАН. 51 с.
2. Баронин, Г.С. 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.
3. Смирнов Ю.Н. Структурно – кинетические особенности формирования высокопрочных эпоксидных связующих и композиционных материалов на их основе. Дисс. в виде научного доклада на соиск. уч. степ. д.х.н. Черноголовка. 2005. Изд. ИПХФ РАН. 58с.

* Работа выполнена при финансовой поддержке Федерального агентства по образованию РФ в рамках целевой отраслевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы» в 2006 – 2007 г.г.
Код проекта: 2.2.1.1.5355.