

П.В. Комбарова, Ю.О. Козлукова, А.С. Лосева

ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА КОЭФФИЦИЕНТ ЛИНЕЙНОГО РАСШИРЕНИЯ И ОСТАТОЧНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ В СВМПЭ-КОМПОЗИТАХ*

Модификация полимерных материалов введением в них модифицирующих веществ открывает большие перспективы для создания композиций с принципиально новыми заданными технологическими и эксплуатационными свойствами. Однако переработка наполненных материалов на основе СВМПЭ чрезвычайно затруднена из-за высокой вязкости расплава полимера.

Указанный недостаток жидкофазной технологии устраняется использованием ряда технологических процессов ориентационного пластического деформирования полимера в твердом состоянии, а именно: холодная вытяжка, твердофазная и гидростатическая экструзии, объемная штамповка и прокатка.

Остаточные напряжения в полимерных композитах в основном двоякого происхождения – термического и ориентационного. Термические напряжения возникают из-за различия в коэффициентах теплового расширения компонентов; они распространены наиболее широко в традиционных жидкофазных технологических процессах переработки полимеров. Поскольку температуры эксплуатации композитов всегда отличаются от температур переработки, различное тепловое расширение или сжатие модификатора и матрицы приводит к возникновению термических напряжений при охлаждении от температур переработки [1].

Коэффициенты теплового расширения полимеров значительно больше, чем у большинства жестких модификаторов. Это различие в коэффициентах теплового расширения компонентов, образующих композиционные материалы, обуславливает проявление нескольких важных эффектов. Так, при охлаждении композиции от температуры переработки или отверждения до температуры эксплуатации полимерная фаза обжимает частицы наполнителя. Это препятствует проявлению подвижности фаз по границе раздела даже при слабой адгезионной связи, особенно при небольших напряжениях. Полимер вблизи поверхности частиц наполнителя может подвергаться большим окружным растягивающим термическим напряжениям [2].

Необходимо исследовать эти напряжения в связи с их возможным влиянием как на свойства матрицы в композите, так и на истинное напряженное состояние, вызванное приложенной механической нагрузкой в условиях эксплуатации [3].

Объектом исследования настоящей работы является сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ) (ТУ 6-05-1896-80), который отличается высокой ударной вязкостью, высокой стойкостью к истиранию, высокой долговечностью и размерной стабильностью.

В связи с этим он может широко использоваться для изготовления деталей машин, аппаратов и технологического оборудования. Биологическая инертность, термо- и химическая стойкость позволяют применять материал в пищевой и медицинской промышленности.

В качестве модифицирующих добавок для СВМПЭ применяли: карбид титана (TiC) с размером частиц около 20 мкм, диборид титана (TiB_2) с размером частиц около 60 мкм, продукты самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС – технология) Института структурной макрокинетики и проблем материаловедения РАН (ИСМАН, г. Черноголовка) и углеродный наноматериал «Таунит» – наномасштабные образования поликристаллического графита в виде сыпучего порошка. Производитель УНМ «Таунит» – ООО «НаноТехЦентр» (Тамбов).

Дилатометрия основана на изменении размеров и объемов тел при изменении температуры. В процессе исследования физико-химических свойств полимерных композитов, полученных методом твердофазной технологии, приходится обращаться к дилатометрическим исследованиям. Такие исследования предназначены для изучения температурной зависимости линейного и объемного

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. Г.С. Баронина, при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках аналитической ведомственной программы «Развитие научного потенциала высшей школы», код РНП. 2.2.1.1.5355; Американского фонда гражданских исследований и развития (CRDF) в рамках российско-американской Программы «Фундаментальные исследования и высшее образование» (BRHE) на 2007 – 2010 гг.

расширения полимеров, аномалий при плавлении, кристаллизации и стекловании, температурных переходов в твердых полимерах.

При анализе изменения дилатометрических кривых композитов СВМПЭ в зависимости от содержания добавок TiC, TiB₂, УНМ в количестве 1,5 м.ч. установлены следующие закономерности:

1) введение модифицирующей добавки TiC не оказывает значительного влияния на величину коэффициента линейного расширения СВМПЭ (рис. 1);

2) введение TiB₂ вызывает значительное снижение величины линейного расширения как в области температур переработки композита (90...110 °С), так и в диапазоне рабочих температур (40...60 °С);

3) при добавлении модифицирующей добавки УНМ наблюдается максимальное снижение величины линейного расширения по отношению к чистому СВМПЭ.

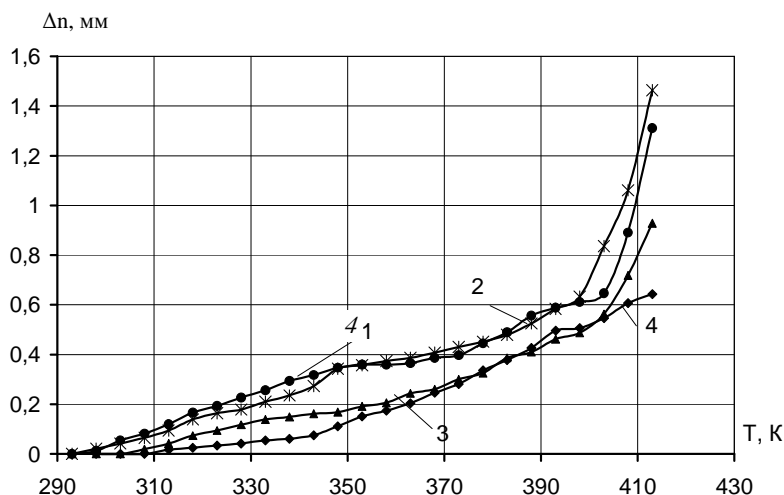


Рис. 1. Дилатометрические кривые композитов СВМПЭ (1), СВМПЭ + 1,5 м.ч. TiC (2), СВМПЭ + 1,5 м.ч. TiB₂ (3), СВМПЭ + 1,5 м.ч. УНМ (4), полученных жидкофазной технологией

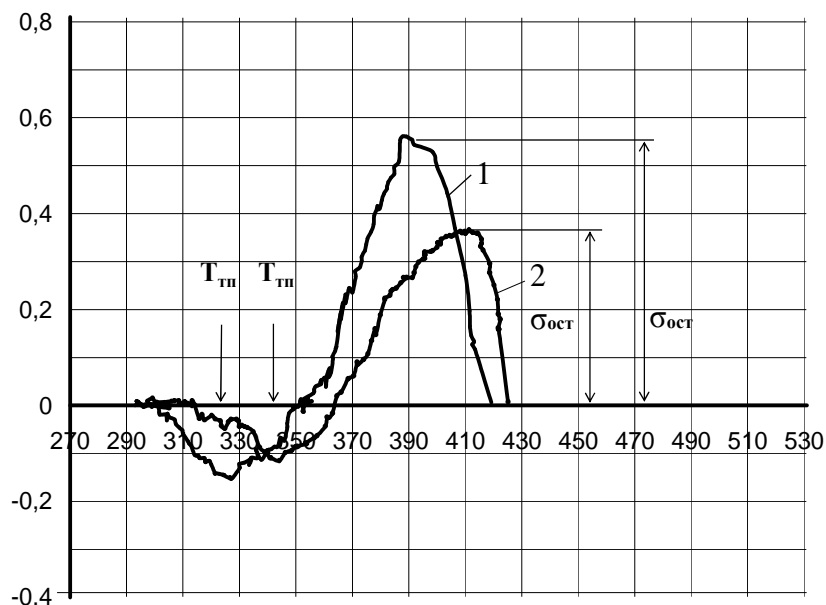


Рис. 2. Диаграмма изотермического нагрева образцов СВМПЭ (1) и СВМПЭ + 1,5 м.ч. УНМ (2), экструдированных при $\lambda_{жс} = 2,52$ и $T_{жс} = 295$ К. Скорость поднятия температуры 1,7 град/мин

Для определения внутренних ориентационных напряжений $\sigma_{ост}$ и величины теплостойкости $T_{гп}$ в экструдатах, полученных твердофазной экструзией, использовался метод построения диаграмм изотермического нагрева (рис. 2).

При анализе диаграммы изометрического нагрева установлен факт снижения уровня внутренних остаточных напряжений в 1,5 раза и повышения величины теплостойкости на 15...20° в полимерном нанокompозите при введении 1,5 м.ч. УНМ в сравнении с исходным СВМПЭ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Браутман, Л.Н. Поверхности раздела в полимерных композитах / Л.Н. Браутман. – М. : Мир, Academic Press. – 1978. – Т. 6. – 296 с.
2. Нильсен, Л.Н. Механические свойства полимеров и полимерных композиций / Л.Н. Нильсен. – М. : Химия, 1978. – 312 с.
3. Браутман, Л.Н. Разрушение и усталость / Л.Н. Браутман. – М. : Мир, Academic Press. – 1978. – Т. 5. – 488 с.

НОЦ ТамбГТУ-ИСМАН «Твердофазные технологии»