

*А.Г. Попов, Д.О. Завражин, М.С. Толстых,  
Д.Е. Кобзев, Ю.О. Козлукова\**

## **ВЛИЯНИЕ СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Модификация полимерных материалов введением в полимерную матрицу различных наполнителей открывает большие перспективы для создания материалов с принципиально новыми заданными технологическими и эксплуатационными свойствами.

В настоящее время для интенсификации технологических процессов и модификации свойств полимерных материалов широко используются электрофизические методы: упругие колебания звукового и ультразвукового диапазонов частот, виброобработка, токи высокой частоты, лазерное, электронное, ультрафиолетовое излучения.

Необходимость в альтернативных технологиях модификации свойств полимеров связана с многостадийностью технологических процессов, высокими энерго- и трудовыми затратами, экологической напряженностью производства. Исследования по применению электрофизических методов обработки материалов и изделий показали эффективность использования для этой цели энергии СВЧ электромагнитных колебаний [1].

В качестве объекта исследований использовали сополимер акрилонитрила, бутадиена и стирола (АБС-сополимер) (ГОСТ 12851–87).

В качестве модифицирующей добавки применяли технический углерод (сажа) марки К354.

Известно, что при температурах размягчения полимера, определяемых структурно-механическими методами (например, методом линейной дилатометрии или термомеханическим методом), в полимерных материалах резко возрастает структурная подвижность. До этих температур полимерные материалы обладают относительно жесткой матрицей, сегментальная подвижность ограничена, сохраняется характерная объемная структура.

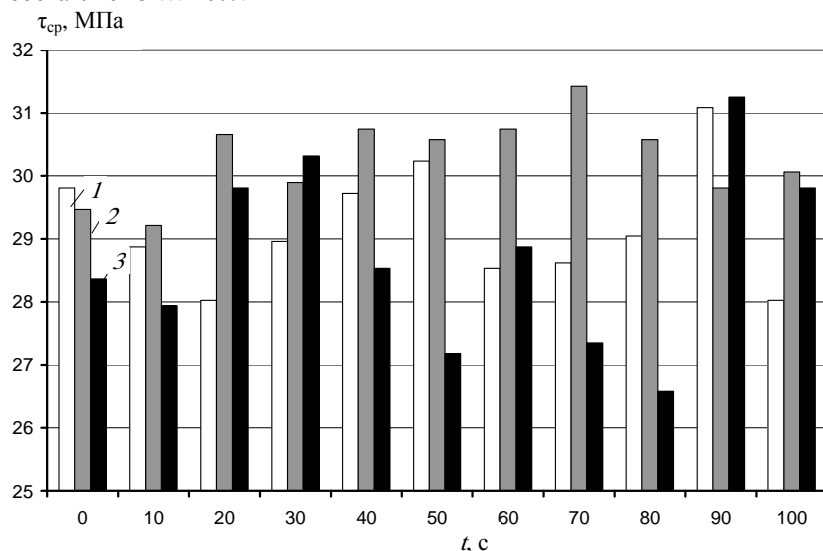
Для повышения структурной подвижности композиционного углеродного материала предлагается использовать СВЧ-нагрев. При таком виде нагрева темп нагрева составляющих частей полимерного композита определяется полярностью полимера и электропроводностью частиц углерода. Поскольку углерод является хорошим проводником и темп его нагрева существенно выше, чем полимерной матрицы, то наблюдается более интенсивный нагрев его частиц. Это приводит к локальному нагреву пограничной поверхности полимерной матрицы и углеродного модификатора вплоть до расплавления полимера. При этом основная часть полимерного композита не успевает прогреться и остается в твердом структурированном состоянии. Следует отметить, что при таком нагреве появляется возможность получения полимерной заготовки с локально расплавленными зонами полимерного композита, расположенными преимущественно у поверхности заготовки, и достаточно холодной внутренней частью.

---

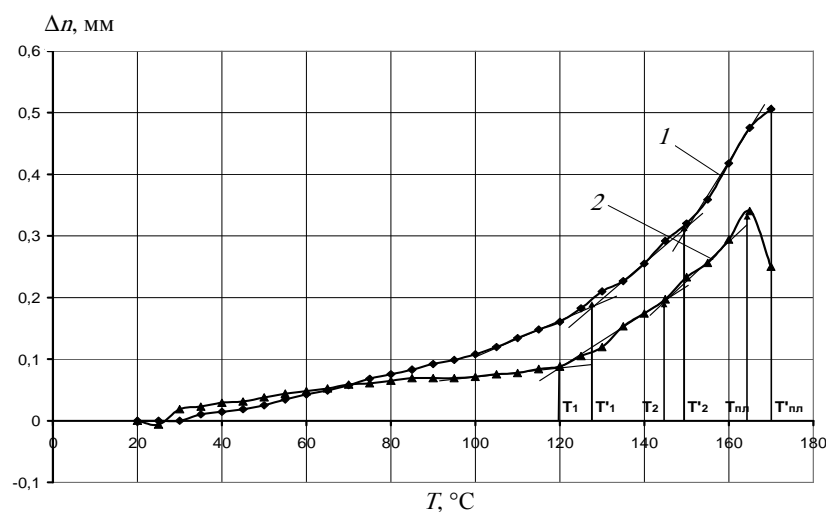
\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ТГТУ Г.С. Баронина, директора НОЦ "Твердофазные технологии", д-ра техн. наук, проф. ТГТУ В.М. Дмитриева.

Использование СВЧ-нагрева позволяет увеличить пограничную поверхность между полимерной матрицей и распределенным модификатором и взаимодействие на этой поверхности, что существенно влияет на прочностные характеристики полученного композита [2] (рис. 1).

Полученные данные свидетельствуют о эффективности СВЧ-обработки как для исходного АБС, так и для композитов на его основе. Повышение прочностных характеристик при оптимальном времени СВЧ-обработки составляет 5 ... 10%.



**Рис. 1. Диаграмма изменения прочности в условиях срезающих напряжений  $\tau_{ср}$  в зависимости от времени СВЧ-термообработки исходного АБС-сополимера (1) и композиций АБС + 0,05 мас. ч. сажи (2), АБС + 0,1 мас. ч. сажи (3)**



**Рис. 2. Дилатометрические кривые исходного АБС (1) и композита АБС + 0,1 мас. ч. сажи (СВЧ-обработка – 90 с) (2)**

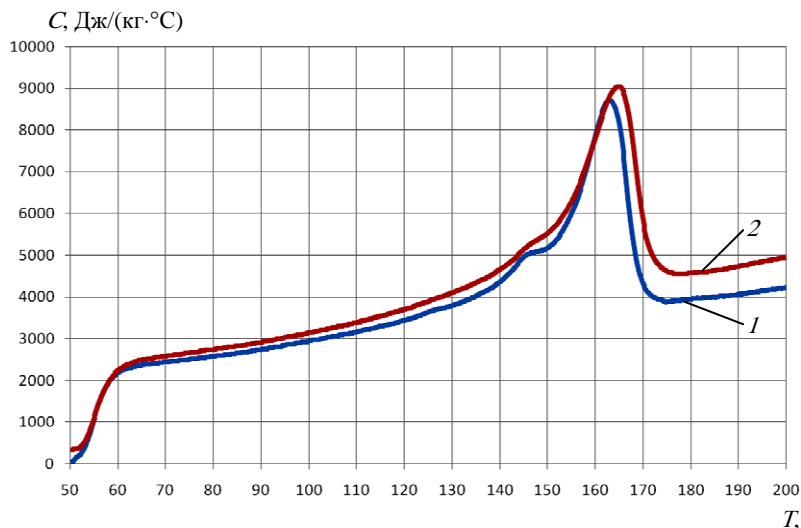
Для оценки релаксационных свойств полимерных композитов в работе использовали метод линейной дилатометрии. Экспериментальные данные и построенные на их основе дилатометрические кривые позволяют определить не только температуры фазовых переходов, но и температуры структурных переходов, в том числе ближайших к  $T_c$  ( $T_{нн}$ ) [3] (рис. 2).

СВЧ-обработка несколько снижает температуры структурных переходов композиционного материала, однако, при СВЧ-нагреве значение коэффициента линейного расширения образца снижается, что способствует сохранению исходной формы готового изделия.

Для исследования структуры и определения теплоемкости, а также регистрации тепловых эффектов, сопровождающих фазовые и структурные превращения при линейном изменении температуры полимерных композиционных материалов, использовался модернизированный дифференциальный сканирующий калориметр DSC-2 фирмы Perkin-Elmer (рис. 3).

Из приведенных графиков видно, что добавление сажи привело к некоторому увеличению удельной теплоемкости полимерного материала, что подтверждает данные метода линейной дилатометрии о термической стойкости материала.

Таким образом, экспериментальная проверка предлагаемого способа модификации полимерных компози- тов выявляет ряд указанных выше преимуществ по сравнению с известными способами.



**Рис. 3. Зависимость удельной теплоемкости образца от температуры для АБС исх. без СВЧ-термообработки (1) и АБС + 0,1 мас. ч. сажи (СВЧ – 90 с) (2)**

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках АВЦП "Развитие научного потенциала высшей школы", РНП 2.2.1.1/5207; Американского фонда гражданских исследований и развития (CRDF) в рамках Российско-американской Программы "Фундаментальные исследования и высшее образование" (BRHE) на 2007 – 2010 гг.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калганова, С.Г. Электротехнология нетепловой модификации полимерных материалов в СВЧ электромагнитном поле : автореф. дис. ... д-ра техн. наук / С.Г. Калганова. – Саратов : СГТУ, 2009.
2. Пат. 2350464 РФ, В 29 С 39/00. Способ формования термопластов / Г.С. Баронин, В.М. Дмитриев, А.Г. Ткачев, С.А. Иванов, А.Ю. Крутов, Д.Е. Кобзев, Д.О. Завражин ; ГОУ ВПО ТГТУ. – 2007123083/12 ; заявл.19.06.2007 ; опубл. 27.03.2009, Бюл. № 9.
3. 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.