

*А. А. Чуприкова, Т. А. Лутовинова, М. А. Фунбаю, Т. В. Фижбах**

**ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СВЧ-ОБРАБОТКИ
НА ИЗМЕНЕНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
НАНОМОДИФИЦИРОВАННОГО ПОЛИМЕР-УГЛЕРОДНОГО
МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ФТОРОПЛАСТА Ф-4**

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

Электрофизическая модификация (например, СВЧ-излучение) воздействует на структурные изменения полимеров, которые, в свою очередь, приводят к изменению всего комплекса макроскопических свойств. Наибольшим изменениям подвержены физико-механические характеристики: прочность, удлинение при разрыве, ползучесть и др. Механические характеристики полимера напрямую связаны со структурными параметрами (кристалличностью, молекулярным весом, спектром молекулярной релаксации и др.), изменяющимися при воздействии излучений.

В данной работе представлены результаты исследования физико-механических свойств наномодифицированного углеродными нанотрубками (УНТ) политетрафторэтилена при разной продолжительности СВЧ-излучения.

Актуальность таких исследований обусловлена широким использованием данного полимера при изготовлении изделий в различных отраслях промышленности, в частности, в машиностроении, электротехнике, медицине, пищевой и химической промышленности.

Для определения изменений электропроводимости полученных наномодифицированных материалов при СВЧ-обработке были проведены измерения температуры образцов в процессе СВЧ-нагрева в диапазоне от 0 до 100 с (табл. 1). Полученные данные позволяют определить границы теплового и нетеплового модифицирования для образцов с различным содержанием УНМ. Так, исходный материал Ф-4 в процессе СВЧ-обработки практически не нагревается: за 100 секунд обработки зарегистрировано незначительное повышение его температуры на 10 градусов. При этом даже незначительное количество внесенного

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента кафедры «Материалы и технология» ФГБОУ ВО «ТГТУ» Д. О. Завражина.

1. Кинетика нагрева образцов Ф-4 и композитов на его основе в СВЧ-электромагнитном поле

Состав композита Ф-4+УНТ, масс. част.	Температура образца композита Ф-4+УНТ (°С) в зависимости от времени СВЧ-обработки, с										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	21	22	23	25	26	27	28	28	29	30	32
0,2	21	25	29	36	43	46	50	53	58	64	68
0,5	21	36	80	98	123	134	145	172	189	196	202
1	21	48	109	162	183	220	250	273	–	–	–
1,5	21	52	113	212	260	305	–	–	–	–	–

углеродного модификатора в объеме 0,2 масс. част. УНМ увеличивает поглощение СВЧ-волн и нагрев материала почти на 50 градусов. Необходимо отметить, что температура плавления фторопласта 4 составляет около 327 °С, а рабочий интервал температур распространяется до 260 °С, что позволяет ограничить режимы нетепловой модификации температурным диапазоном от температуры окружающей среды до 80 °С.

Исходя из данных графика на рис. 1, у фторопласта 4 и композитов на его основе наблюдается увеличение прочности в зависимости от времени СВЧ-обработки (варьировалось от 0 до 40 секунд с шагом 10 секунд). Положительный эффект от СВЧ-обработки материала можно отметить: при кратковременной СВЧ-обработке (реализация механизма нетермической модификации полимерных материалов) в течение 10 – 20 секунд максимальное разрушающее напряжение увеличивается на 45 – 50% при сохранении значений наблюдаемого предела текучести. Аналогичные значения увеличения прочности наблюдаются для композитов с содержанием 0,2 и 1 масс. част. УНТ, а также 1,5 масс. част. при 20 сек СВЧ-обработки.

Следует отметить, что предел текучести (рис. 2) при всех условиях практически не меняется в сторону увеличения. Исключение составляет композит Ф-4+0,5 с масс. част. УНТ, который, однако, не показал значительного увеличения прочности на разрыв (повышение до 25%). Эти факты необходимо учитывать при разработке изделий из композитов на основе Ф-4, поскольку снижение предела текучести в некоторых случаях отрицательно скажется на характеристиках изделия.

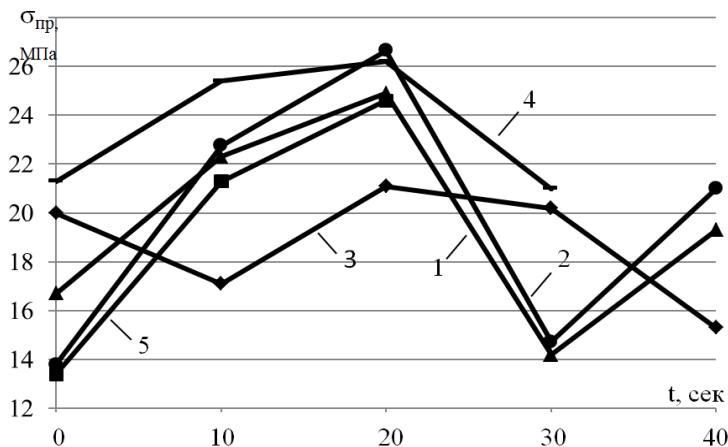


Рис. 1. Предел прочности при растяжении фторопласта 4 и композитов на его основе от времени СВЧ-обработки:

1 – Ф-4(чист.); 2 – Ф-4+0,2 масс. част.; 3 – Ф-4+0,5 масс. част.;
4 – Ф-4+1 масс. част.; 5 – Ф-4+1,5 масс. част.

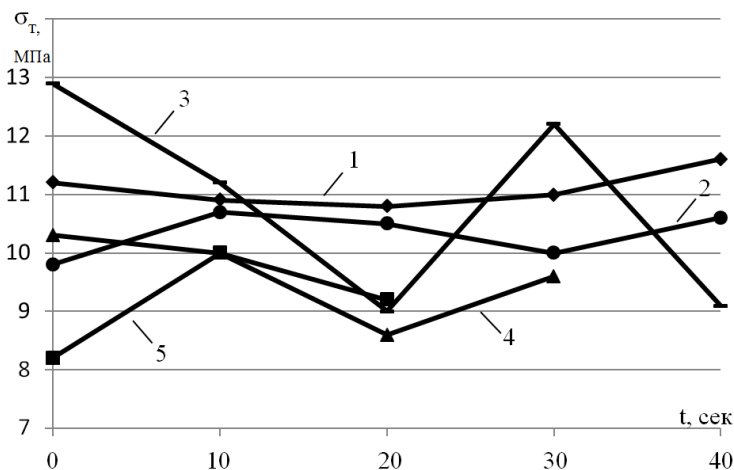


Рис. 2. Предел текучести при растяжении фторопласта 4 и композитов на его основе от времени СВЧ-обработки:

1 – Ф-4(чист.); 2 – Ф-4+0,2 масс. част.; 3 – Ф-4+0,5 масс. част.;
4 – Ф-4+1 масс. част.; 5 – Ф-4+1,5 масс. част.

Твердость материалов на основе Ф-4 определялась методом Шора по шкале D при 20 °С. Полученные значения соответствуют стандартному диапазону 55 – 59 единиц, значительных изменений не наблюдаются.

Полученные результаты свидетельствуют о возможности получения модифицированного полимерного материала с повышенными электропроводящими свойствами. Значительные изменения достигаются даже при внесении сверхмалых добавок высокопроводящих материалов. Данный эффект можно использовать как в машиностроении для разработки новых методов переработки полимерных материалов с целью сокращения технологического цикла, так и в аппарато- и приборостроении для получения поглощающих защитных покрытий и проводящих элементов из полимерных композиционных материалов.

Список литературы

1. Влияние СВЧ-излучения на формирование структурно-механических свойств модифицированных полимер-углеродных материалов при твердофазной экструзии / Г. С. Баронин, Д. О. Завражин, А. Г. Попов, М. С. Толстых // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Математика. Физика. – 2011. – Т. 23, № 11. – С. 123 – 128.

2. Патент на изобретение RU 2361733 С2, 20.07.2009. Способ формования термопластов / Г. С. Баронин, В. М. Дмитриев, и др. // Заявка № 2007128686/12 от 25.07.2007.

3. Завражин, Д. О. Влияние СВЧ-излучения на формирование структуры с улучшенными физико-механическими характеристиками модифицированных полимер-углеродных материалов при твердофазной обработке давлением / Д. О. Завражин, А. Г. Попов // Перспективные материалы. – 2011. – № 11. – С. 389 – 395.

4. Современные технологии получения и переработки полимерных и композиционных материалов [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. Е. Галыгин, Г. С. Баронин, В. П. Таров, Д. О. Завражин // Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – 180 с.

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ №19-43-680001 p_a.

*Кафедра «Материалы и технология»,
НОЦ ТамбГТУ-ИСМАН «Твердофазные технологии»
ФГБОУ ВО «ТГТУ»*