

*А. А. Чуприкова, Ю. С. Поветкина, М. А. Фунбаю**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК ФТОРОПЛАСТА Ф-42
ПОСЛЕ КРАТКОВРЕМЕННОЙ СВЧ-ОБРАБОТКИ**

Одним из основных технологических процессов в различных отраслях является термообработка. Широкое распространение (в том числе и в научных исследованиях) получила термообработка за счет энергии электромагнитных колебаний сверхвысоких частот (СВЧ).

Микроволновое электромагнитное поле как источник энергии для обработки диэлектрических сред, материалов и изделий используется со второй половины XX века. За последние десятилетия были проведены различные исследования теплового воздействия микроволнового электромагнитного поля на диэлектрические материалы.

Микроволновый нагрев является альтернативой кондуктивному механизму теплопередачи. Преимуществом микроволнового нагрева является прямой нагрев объема материала и его скорость, а также возможность избирательного нагрева в объеме композита.

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доц. ФГБОУ ВО «ГГТУ» Д. О. Завражина.

Применение СВЧ-нагрева и перспективы его развития стимулируются рядом причин:

- интенсификацией процесса термообработки за счет объемного нагрева изделия из-за проникновения электромагнитной волны в его глубину;
- высоким качеством нагрева как за счет большой равномерности тепловыделения, отсутствия загрязнения изделия в процессе тепловой обработки;
- высокой точностью управления технологическим процессом благодаря возможности точного дозирования СВЧ-энергии;
- высокой стабильностью энергетического потока вследствие отсутствия инерционности при варьировании его мощности.

Эффективность микроволнового нагрева определяется дипольной поляризацией материала и его проводимостью. Эти факторы также являются недостатками микроволнового нагрева.

Использование микроволн в полимерной технологии позволяет значительно повысить эффективность обработки и улучшить характеристики материалов. В ряде работ показана эффективность СВЧ при полимеризации, при вулканизации резины, СВЧ можно использовать для соединения и сварки пластмассовых деталей.

При взаимодействии СВЧ-излучения с полимерами повышается качество готовых изделий, уменьшается влияние термомеханических эффектов, механическая прочность увеличивается в 2 раза [1 – 4].

Для исследования нетеплового воздействия микроволнового СВЧ-излучения удобно использовать полярные термопластичные и термореактивные диэлектрики, в которых преобладает аморфная структура. Технические и технологические характеристики полимерных материалов определяются их молекулярной структурой. Важны все три вида структур полимерных материалов, так как механизмы воздействия электромагнитного микроволнового излучения СВЧ на полимеры с различной молекулярной структурой, очевидно, будут отличаться.

Целью нашего исследования является разработка технологии нетепловой СВЧ-модификации.

Речь идет о таком воздействии СВЧ электромагнитных колебаний на разрешенных в СВЧ-электротехнологии частотах, при котором обрабатываемый объект, находясь в СВЧ электромагнитном поле короткое время, нагревается незначительно или не нагревается вовсе. При этом у него появляются новые, представляющие практический интерес технологические свойства.

В качестве объекта исследования использовался фторопласт марки Ф-42 (ГОСТ 25428–82). Отличительной особенностью Ф-42 является его полярность, т.е. он предрасположен к СВЧ-нагреву. В работе планируется определить режимы нетепловой модификации образцов Ф-42.

СВЧ-обработка проводилась в камере с частотой излучения магнетрона 2450 МГц. Выходная мощность изменялась от 10 до 100% с максимальным значением 700 Вт. Образец размещался на расстоянии 5 см от волновода и попадал под прямое воздействие потока СВЧ-излучения. В качестве балластной нагрузки использовалась вода объемом 200 мл.

Как видно из табл. 1, выходная мощность СВЧ-генератора значительно влияет на скорость нагрева материала. В ряде источников оптимальное время нетеплового СВЧ-облучения определяется в диапазоне от 30 до 50 секунд. Исходя из полученных данных, можно сделать вывод о том, что при обработке полярных пластмасс необходимо снижать выходную мощность СВЧ-генератора.

1. Кинетика нагрева образцов Ф-42 в СВЧ-электромагнитном поле в течение 10 сек

Мощность СВЧ облучения, Вт	Температура, °С
10% (70 Вт)	32
30% (210 Вт)	60
50% (350 Вт)	81
80% (560 Вт)	89
100% (700 Вт)	96

Исследование деформационных и прочностных свойств при растяжении проводилось на универсальной испытательной машине УТС 101-5 с использованием механических захватов. Скорость перемещения зажимов составляла 20 мм/мин. Исследования проводились при температуре $T = 20$ °С.

Твердость образцов определялась методом Шора по шкале D при 20 °С.

2. Физико-механические характеристики образцов Ф-42 в зависимости от времени СВЧ-облучения

	Предел текучести при растяжении, МПа	Деформация при пределе текучести, %	Предел прочности, МПа	Деформация при пределе прочности, %
исх, 0 сек	19,1	12,6	29,1	159
10% (70 Вт)	18,9	6,3	30,2	120
30% (210 Вт)	16,5	6,1	26,4	115
50% (350 Вт)	12,9	6,1	13,8	231
80% (560 Вт)	16,4	9,4	26	98
100% (700 Вт)	14,9	6,1	25,2	103

На основании полученных данных можно сделать вывод о влиянии СВЧ-облучения на физико-механические свойства материала. Однако полученные данные говорят о негативном влиянии СВЧ-обработки. Так, мы наблюдаем снижение прочности материала и его охрупчивание (снижается относительное удлинение образцов при растяжении) (табл. 2).

При этом, твердость материалов повысилась одинаково, вне зависимости от времени СВЧ-обработки.

3. Твердость образцов Ф-42 по Шору D

	Значение твердости по Шору, D, ед.
10% (70 Вт)	60
30% (210 Вт)	64
50% (350 Вт)	66
80% (560 Вт)	65
100% (700 Вт)	63
10% (70 Вт)	65

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

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. Сер.: Математика. Физика. – 2011. – Т. 23, № 11. – С. 123 – 128.

2. Патент на изобретение RU 2350464 С1 27.03.2009. Способ формования термопластов. Заявка № 2007123083/12 от 19.06.2007 / Г. С. Баронин, В. М. Дмитриев и др.

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.

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