

Влияние ультразвуковых колебаний на изменение свойств модифицированного политетрафторэтилена

Д.А. Негров, В.Ю. Путинцев, Э.И. Хусаенова, Д.Д. Закирова, Ф.С. Жижин

Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия

Аннотация. В статье рассматривается влияние ультразвуковых колебаний на механические и триботехнические свойства политетрафторэтилена модифицированного нитридом бора. Совершенствование технологии получения композиционного материала в направлении приложения ультразвука большой интенсивности непосредственно при прессовании композита позволяет достичь существенного повышения его механических свойств. Показано, что введение ультразвуковых колебаний в прессуемый материал приводит к повышению предела прочности и модуля упругости и снижению коэффициента трения синтезируемого композита.

Ключевые слова: полимерный композиционный материал, политетрафторэтилен, механические свойства, ультразвуковые колебания, нитрид бора, модифицирование.

Введение

Влияние энергии ультразвуковых колебаний на механические и триботехнические свойства полимеров обусловлено изменением структуры обрабатываемого материала [4].

Ультразвуковое воздействие (УЗВ) может быть успешно использовано при твердофазной технологии получения (синтезе) полимерных композиционных материалов (ПКМ). Особенно это актуально для дисперснонаполненных композиционных материалов на основе политетрафторэтилена (ПТФЭ) [5].

Это обусловлено тем, что возможности структурной модификации ПТФЭ за счет введения в полимерную матрицу наполнителей различного типа уже в значительной степени исчерпаны. Совершенствование технологии получения ПТФЭ в направлении приложения ультразвука большой интенсивности непосредственно при прессовании композита позволяет достичь существенного повышения его механических свойств [1–3, 6].

Цель работы – исследование влияния ультразвукового воздействия на механические и триботехнические свойства политетрафторэтилена модифицированного нитридом бора при его синтезе.

Методика эксперимента

Для исследований были выбраны следующие концентрации гексагонального нитрида бора в политетрафторэтилене: 0,5; 1,0; 3,0; 5,0 и 10,0 масс. %. Для изготовления образцов использовалась специальная экспериментальная установка на базе гидравлического пресса [6].

При прессовании с использованием энергии ультразвуковых колебаний усилие прессования составляло 54 МПа, время прессования 60 секунд, ампли-

туда колебаний волновода-пуансона 16 мкм. После ультразвукового прессования образцы подвергались термообработке (спеканию) при температуре 360 °С.

Соблюдая те же режимы прессования, для сравнения, изготавливали образцы по традиционной технологии без воздействия ультразвуковых колебаний.

Для исследования механических свойств применялась разрывная машина Р 0,5 ГОСТ 11262-80 прошедшая аттестацию. Испытания образцов на растяжение проводились со скоростью деформации 20 мм/мин.

Результаты исследований и их обсуждение

Было установлено, что зависимость предела прочности ПКМ от содержания h-NB для образцов, изготовленных по обычной технологии и с наложением ультразвуковых колебаний, имеют одинаковый характер с экстремумом при концентрации h-NB 5 мас. % (рис. 1). При этой концентрации имеют место и наибольшие значения предела прочности, которые при воздействии ультразвуковых колебаний повышаются с 24,3 МПа до 26,8 МПа, что составляет 10,3%.

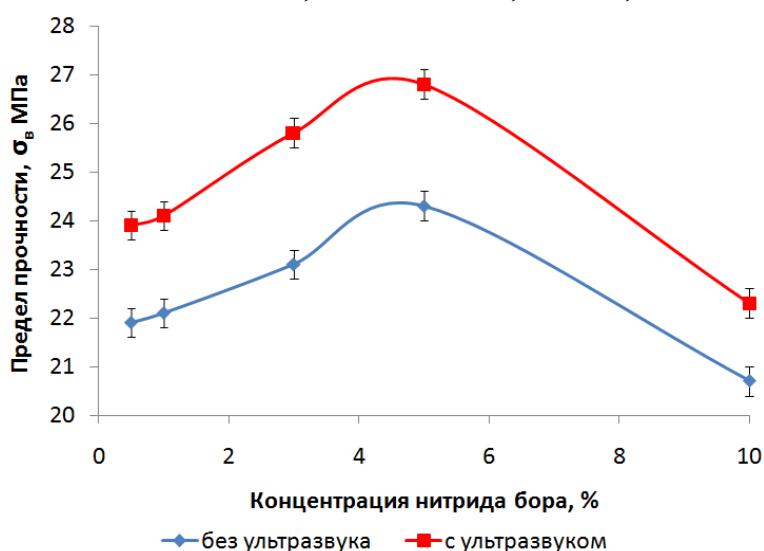


Рисунок 1 – Зависимость предела прочности от концентрации гексагонального нитрида бора (h-NB)

Относительное удлинение при разрыве, характеризующее пластические свойства материала, при наложении ультразвуковых колебаний снижается (рис. 2 а). Характер кривых для образцов изготовленных по традиционной технологии изготовления ПКМ и с наложением ультразвуковых колебаний абсолютно идентичен. Относительное удлинение для обоих способов изготовления ПКМ с увеличением концентрации нитрида бора снижается, для традиционного способа с 315, 8 до 260,4 % и с 282,5 до 231,3 % для технологии с наложением ультразвука. Наибольшее уменьшение относительного удлинения с 305,4 до 259,7 % наблюдается также при 5 мас. % и составляет 17,6 %.

Анализ зависимостей модуля упругости образцов изготовленных по обычной технологии и с наложением ультразвуковых колебаний показал, что значительное повышение модуля упругости достигается при концентрации нитрида бора 5 мас. % (рис. 2 б).

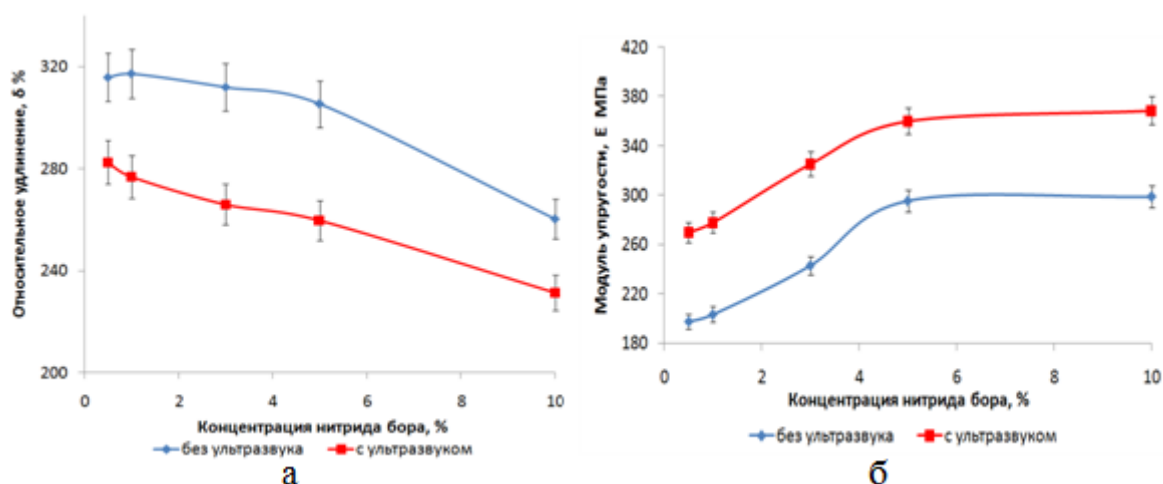


Рисунок 2 – Зависимость относительного удлинения (а) и модуля упругости (б) от концентрации гексагонального нитрида бора (h-NB)

Дальнейшее повышение концентрации h-NB в ПТФЭ не приводит к существенному увеличению модуля упругости. Введение ультразвуковых колебаний, в ПТФЭ с 5 мас. % h-NB, приводит к увеличению модуля упругости на 18,1% (с 295,7 до 360,2 МПа).

Результаты триботехнических испытаний приведены на рисунках 3, 4.

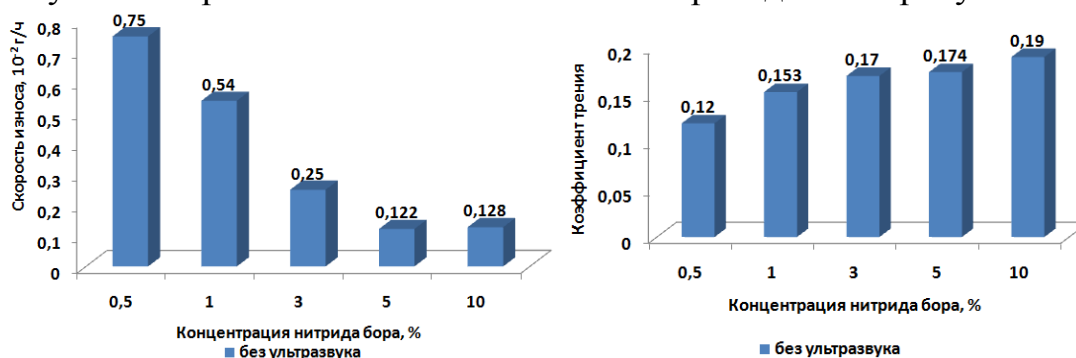


Рисунок 3 – Зависимость скорости износа и коэффициента трения от концентрации гексагонального нитрида бора (без ультразвука)

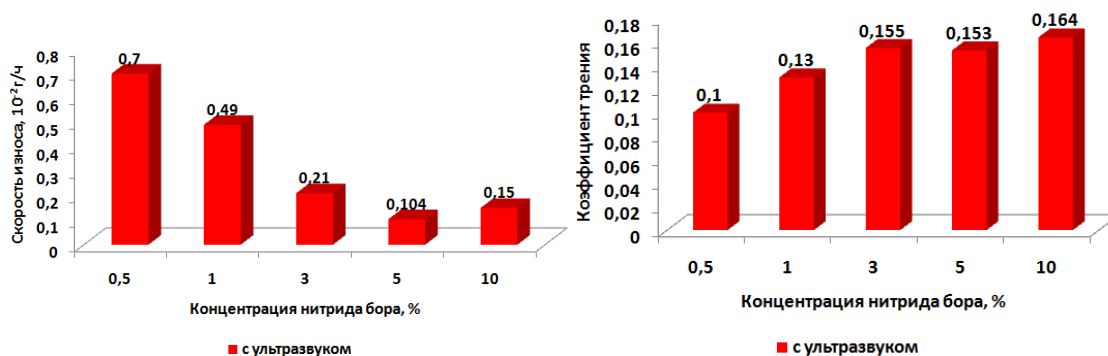


Рисунок 4 – Зависимость скорости износа и коэффициента трения от концентрации гексагонального нитрида бора (с ультразвуком)

Образцы для триботехнических испытаний были изготовлены методом ультразвукового прессования (амплитуда колебаний волновода-пуансона 16

мкм, усилие прессования 54 МПа, время прессования 60 секунд). Испытания образцов проводили на специальном стенде МДС – 2 [5], скорость скольжения составляла $V=0,75$ м/с, при давлении $P=2$ МПа без смазки.

Вывод

В результате проведенных исследований установлено, что модифицирование ПТФЭ гексагональным нитридом бора в количестве 5 мас. % оказывает существенное влияние на прочностные и пластические свойства ПКМ. Воздействие ультразвуковых колебаний на ПТФЭ модифицированный нитридом бора в процессе прессования позволяет повысить предел прочности на 10,3%, модуль упругости на 18,1%, при этом относительное удлинение снижается 17,6%, скорость изнашивания на 17%, а коэффициент трения на 14%.

Библиографический список

1. Negrov, D. A. Development of Polymer Composites Based on Polytetrafluoroethylene and Detonation Nanodiamonds / D. A. Negrov, E. N. Eremin, I. V. Mozgovoi // Chemical and Petroleum Engineering. – 2017. – Vol. 52, № 9-10. – P. 627–629. – DOI: 10.1007/s10556-017-0243-8.
2. Negrov, D. A. The influence of ultrasonic exposure on polytetrafluoroethylene structure modified with boron nitride / D. A. Negrov, E. N. Eremin // Journal of Physics: Conference Series. – 2017. – Vol. 858 : Mechanical Science and Technology Update. – P. 012021. – Doi :10.1088/1742-6596/858/1/012021.
3. Negrov, D. A. The use of ultrasonic exposure for the modification of synthesized composite materials / D. A. Negrov, E. N. Eremin, V. V. Kuznetsov // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2017. – Vol. 168. – P. 012018. – Doi:10.1088/1757-899X/168/1/012018.
4. Негров, Д. А. Влияние ультразвукового воздействия на механические свойства политетрафторэтилена, модифицированного нитридом бора/ Д. А. Негров, Е. Н. Еремин, В. Ю.Путинцев [и др.] // Омский научный вестник. – 2014. – № 1 (127). – С. 110-113.
5. Негров, Д. А. Влияние ультразвукового воздействия на механические свойства политетрафторэтилена, модифицированного нитридом бора/ Д. А. Негров, Е. Н. Еремин, В. Ю.Путинцев [и др.] // Омский научный вестник. – 2014. – № 1 (127). – С. 110-113.
6. Пат. 2218886 Российская Федерация, МПК: 7А 61В 17/56 А, 7А 61N 7/00 В. Способ эндопротезирования крупных суставов [Текст] / Новиков А.А., Шустер Я.Б., Негров Д.А. [и др.]; заявитель и патентообладатель Новиков А.А., Шустер Я.Б., Негров Д.А. [и др.]. – № 2001133132/14; заявл. 06.12.200118; опубл. 20.12.2003, Бюл. №35.