

УДК 620.2-022.532

*Н. В. Воронин, А. В. Фирсова, Д. О. Завражин**

**ТВЕРДОФАЗНАЯ ОБЪЕМНАЯ ШТАМПОВКА ИЗДЕЛИЙ
ИЗ СВМПЭ-НАНОКОМПОЗИТОВ**

В работе представлены результаты исследований физико-механических, теплофизических и триботехнических свойств нанокomпозитов и изделий на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ) и наноразмерных модификаторов (нанографита, нанотитана и глауконита) в зависимости от природы и их концентрации, полученных твердофазной технологией.

Целью работы является получение образцов композиционных материалов и изделий на основе СВМПЭ с различными наномодификаторами, изучение их физико-механических, теплофизических и других эксплуатационных свойств в зависимости от типа модификатора и его концентрации в полимерной системе с последующей обработкой в твердой фазе.

Эксперименты проводились на модифицированном приборе DSC-2, реализующем метод дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК). Приведенные результаты изучения физико-механических свойств были получены на универсальной испытательной машине УТС-101-5.

Результаты исследований теплофизических свойств полимерных систем «СВМПЭ + нанографит», «СВМПЭ + глауконит» и «СВМПЭ + нанотитан» представлены на рис. 1 – 3 [1].

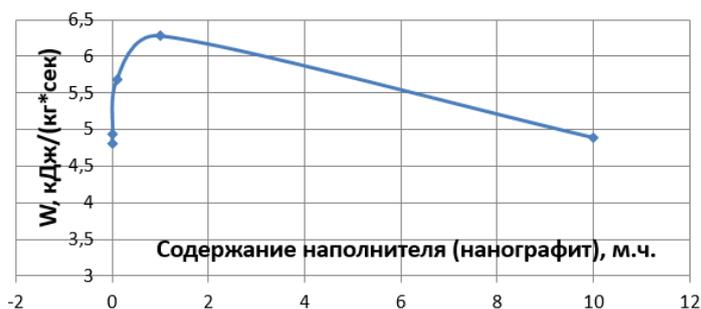


Рис. 1. Концентрационные зависимости удельной скорости поглощения энергии образцов СВМПЭ + нанографит от содержания наполнителя

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2016 г. в рамках Одиннадцатой межвузовской научной студенческой конференции Ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ФГБОУ ВО «ТГТУ» Г. С. Баронина.

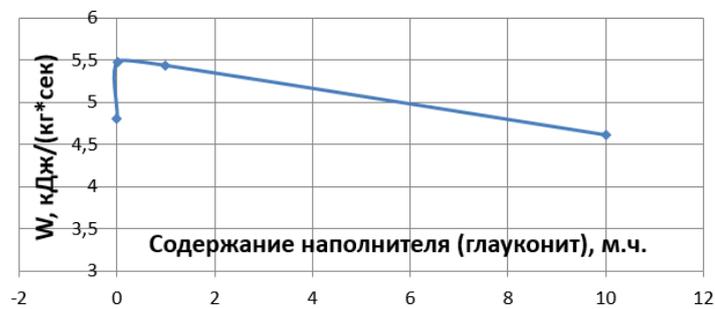


Рис. 2. Концентрационные зависимости удельной скорости поглощения энергии образцов СВМПЭ + глауконит от содержания наполнителя

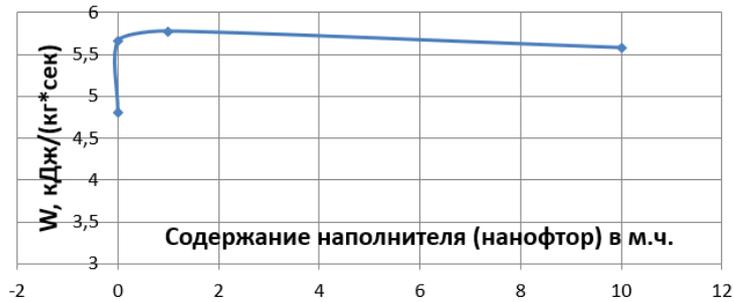


Рис. 3. Концентрационные зависимости удельной скорости поглощения энергии образцов СВМПЭ + нанофтор от содержания наполнителя

Максимальное значение W для полимерных систем СВМПЭ+ наносиликаты при концентрации нанонаполнителя (0,01 – 1 мас. частей на 100 мас. частей полимера) в температурном интервале плавления и сравнение площади под аномалиями в области плавления для нанокompозитов и исходного СВМПЭ свидетельствует о том, что нанокompозит с таким содержанием наполнителя имеет наибольшее межцепное взаимодействие в силу образования большего количества межмолекулярных связей между полимером и нанонаполнителем [2].

Наблюдаемое снижение величины W с увеличением содержания нанонаполнителя происходит из-за агрегирования наночастиц, связанного с уменьшением активности поверхностных слоев наполнителя.

Исследования показали корреляцию теплофизических свойств СВМПЭ-нанокompозитов с проведенными измерениями физико-механических показателей данных полимерных систем. Результаты приведены в табл. 1.

**1. Физико-механические показатели полимерных систем
на основе СВМПЭ**

Полимерная система	Предел текучести σ_t , МПа	Предел прочности σ_b , МПа	Модуль упругости при растяжении E , МПа	Весовой износ I_m , г	Твердость по Шору D , ед.
СВМПЭ исходный	23,038	45	98	0,0592	61
СВМПЭ + 0,01 м.ч. НГ	23,208	52,15	145,95	0,0363	61
СВМПЭ + 0,1 м.ч. НГ	27,255	63,6	269,8	0,0368	60
СВМПЭ + 1 м.ч. НГ	21,845	26,903	254,14	0,0562	59
СВМПЭ + 10 м.ч. НГ	15,205	56,548	170,42	0,043	62
СВМПЭ + 0,01 м.ч. глауконита	28,978	45,158	107,07	0,0363	59
СВМПЭ + 0,1 м.ч. глауконита	25,552	52,11	177,71	0,0368	59
СВМПЭ + 1 м.ч. глауконита	19,417	49,682	321,13	0,0562	60
СВМПЭ + 10 м.ч. глауконита	25,892	41,78	328,39	0,043	57
СВМПЭ + 0,01 м.ч. НФ	9,59	52,525	146,12	–	62
СВМПЭ + 0,1 м.ч. НФ	–	55,62	125,11	–	66
СВМПЭ + 1 м.ч. НФ	17,965	33,69	151,86	–	63
СВМПЭ + 10 м.ч. НФ	12,095	32,647	272,32	–	64

Главным достоинством созданных нанокомпозитов на основе СВМПЭ является тот факт, что наноразмерные силикаты теряют способность к агломерации, в то же время экстремально взаимодействуют с компонентами полимерной матрицы, сохраняя свой основной комплекс физических характеристик, образуют определенные управляемые микро- и макроструктуры, ответственные за изменение эксплуатационных показателей готовых изделий.

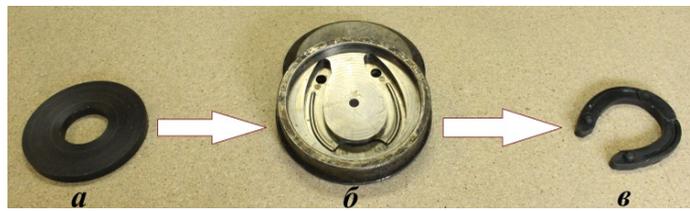


Рис. 4. Схема изготовления подковы из заготовки СВМПЭ твердофазной объемной штамповкой:
а – заготовка для объемной штамповки; *б* – пресс-форма для твердофазной штамповки изделия; *в* – готовое изделие (подкова) из СВМПЭ

Заключение

На основании теплофизических исследований, оценки физико-механических и триботехнических свойств материала показана возможность управления свойствами нанокompозита, как составом, так и параметрами технологического процесса его переработки в твердой фазе в изделия различного функционального назначения (рабочие колеса вакуумного насоса, детали механоактиватора моторного топлива, подковы рысистых лошадей и др.).

Экономическая эффективность объемной штамповки изделий в твердой фазе заключается в коротком цикле формования, в возможности получения готового продукта с повышенными эксплуатационными характеристиками и в получении заготовки для штамповки с малыми затратами.

Список литературы

1. Баронин, Г. С. Твердофазная технология переработки полимерных нанокompозитов / Г. С. Баронин, М. Л. Кербер, К. В. Шапкин // Вестник ТГТУ. – 2005. – Т. 11, № 2А. – С. 432 – 438.
2. *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.

* Работа выполнена при финансовой поддержке со стороны Минобрнауки РФ в рамках базовой части Госзадания №2014/219, код проекта 2079.

НОЦ ТамбГТУ–ИСМАН «Твердофазные технологии»
ФГБОУ ВО «ТГТУ»