

УДК 621.1.016

А. В. Иванникова [A. V. Ivannikova]  
Г. М. Данилова-Волковская [G. M. Danilova-Volkovskaya]

**МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ НАПОЛНИТЕЛЯ  
НА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НА ОСНОВЕ  
ПОЛИЭТИЛЕНА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ/СОПОЛИМЕРА  
ЭТИЛЕНА С БУТЕНОМ, ГЕКСЕНОМ И ПРОПИЛЕНОМ**

**THE EXPLORATORY PROCEDURE OF IMPACT STUFF ON  
PROPERTIES OF HEAT-TRANSFER OF COMPOSITE MATERIALS  
BASED ON LOW-DENSITY POLYETHYLENE/ COPOLYMER  
ETHYLENE WITH BUTENE, HEXENE, AND PROPYLENE**

В данной статье представлены результаты исследования теплофизических параметров методом ДСК композитов на основе полиэтилена высокого давления и сополимера этилена с бутеном, гексеном и пропиленом с наноразмерным наполнителем природного происхождения (Диатомит), с последующим описанием влияния ультрадисперсного наполнителя на теплофизические и структурные показатели композиционных материалов.

This paper presents findings of investigation heat-transfer properties by DSC method. The objects for analysis are low-density polyethylene (LDPE) / copolymer ethylene with butene, hexene, and propylene (CEBHP) with nanodimensional filler (Diatomite). The article describes the effect of nanodimension filler (Diatomite) on properties of heat-transfer and index of composite materials.

**Ключевые слова:** полиэтилен высокого давления (ПЭВД), сополимер этилена с бутеном, гексеном и пропиленом (СЭБГП); наноразмерный наполнитель, Диатомит, дифференциально-сканирующая калориметрия (ДСК).

**Key words:** Low-density polyethylene (LDPE), copolymer ethylene with butene, hexene, and propylene (CEBHP), nanodimensional filler, Diatomite, differential scanning calorimetry (DSC).

Образцы исследовали методом ДСК на приборе DSC 4000 фирмы Perkin Elmer (США) при скорости сканирования 10–20 °С/мин. В течение всего времени сканирования образцы находились в атмосфере воздуха. Температуры плавления/кристаллизации определены по максимальной интенсивности пиков. Энтальпия плавления/кристаллизации прямо пропорциональна площадям пиков на термограммах. Коэффициент пропорциональности рассчитывался с помощью стандартных веществ с известной теплотой плавления (согласно ISO 11357). Энтальпия плавления/кристаллизации в свою очередь прямо пропорциональна степени кристалличности полимера. В приведенных значениях энтальпии учтено влияние массовой доли наполнителя на интенсивность пиков ДСК. Все данные приведены для образцов с одинаковой термической историей.

Метод ДСК позволяет определять теплоемкость исследуемых веществ и сравнивать и ее с расчетными значениями.

Результаты обработки данных ДСК композиционных материалов на основе ПЭВД и СЭБГП и наноразмерного диатомита сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Результаты обработки данных ДСК смесей на основе ПЭВД и СЭБГП

Состав (ПЭВД/ СЭБГП +диатомит)	T макс.пл., °С		ΔH пл., Дж/г		Степень кристал. %, ПЭВД	Степень кристал. %, СЭБГП
	1	2	3	4		
(100:0)	109,84	126,8	61,83	85,81	36,7	42,4
(90:10)	108,54	126,7	64,66	72,49	36,3	42,3
(80:20)	108,06	125,7	50,01	63,32	36,1	42,0
(70:30)	108,70	125,9	48,36	60,69	36,3	42,1

В таблице 1 приведены результаты ДСК-анализа экспериментальных образцов, которые показали, что изменения в температуре плавления для всех образцов минимальные, в пределах погрешности измерения,

отсюда следует, что введение наноразмерного наполнителя не приводит к заметному изменению температур фазовых и физических состояний композитов на основе ПЭВД, а также изменения степени кристалличности рисунок 4. Так как пики соответствующие кристаллической фазе полимера (ПЭВД) матрицы уширяются и их площадь уменьшается, в присутствии наноразмерного наполнителя, следовательно, степень кристалличности полимера матрицы понижается. Этот эффект связан с тем, что частицы наноразмерного наполнителя препятствуют зародышеобразованию в аморфном расплаве полимера, что и приводит к уменьшению количества кристаллитов и понижению степени кристалличности композита в целом [2]. Понижение степени кристалличности положительно сказывается на эластических свойствах пленки, снижению количества остаточных напряжений при эксплуатации. Описанные изменения теплофизических свойств позволяют использовать разработанные композиты для производства пленки применяемой в автоматизированных упаковочных линиях [3].

Термограмма ПЭВД с концентрацией 10, 20, 30 % Диатомита изображена на рис. 1.

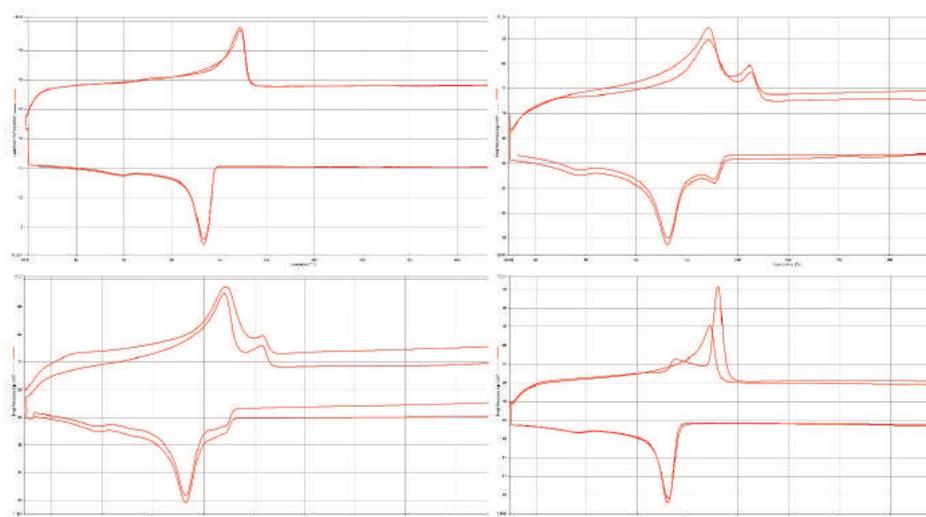


Рис. 1. Термограмма 1) ПЭВД - 100 %; 2) ПЭВД+10 % Диатомита; 3) ПЭВД+20 % Диатомита; 4) ПЭВД+30 % Диатомита

Термограмма СЭБГП с концентрацией 10, 20, 30 % Диатомита изображена на рис. 2.

Анализ значений теплового потока при плавлении композитов ДН показал его систематическое уменьшение при увеличении содержания наполнителей в полимерной матрице.

Полученные данные могут быть объяснены тем, что частицы твердого наполнителя находятся преимущественно в межструктурных областях сополимерного материала, и не являются гетерогенными центрами кристаллизации. Поэтому при введении наноразмерного порошка в полимерную матрицу также не происходит заметного увеличения степени кристалличности сополимера.

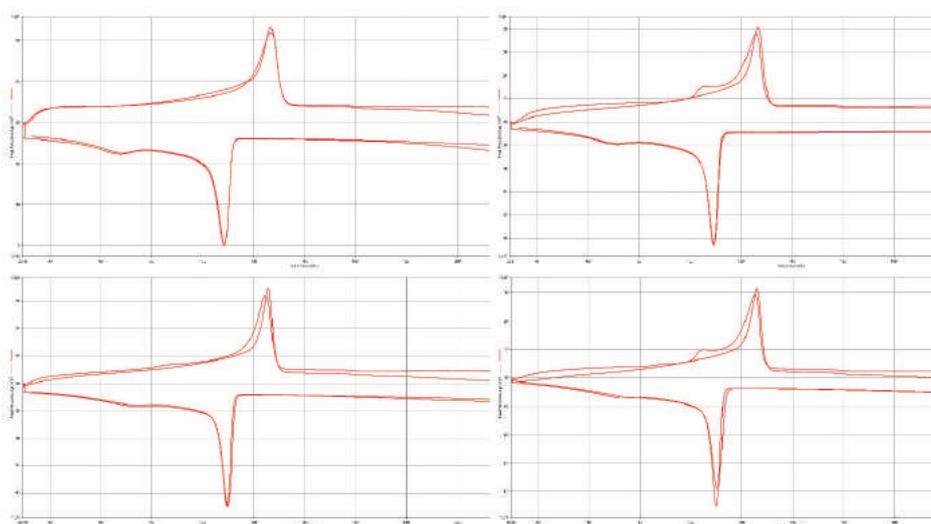


Рис. 2. Термограмма 1) СЭБГП - 100 %; 2) СЭБГП +10 % Диатомита; 3) СЭБГП +20 % Диатомита; 4) СЭБГП +30 % Диатомита

Экспериментальные образцы полимерных композитов характеризуются очень близкими к матричным полимерам степенью кристалличности (для ПЭВД/ СЭБГП) и температурой плавления, что говорит об отсутствии или незначительности протекания процессов деструкции полимера при используемом методе получения композитов. Полученные значения температур плавления полимерных композитов лежат в допустимых пределах.

Проведенные теплофизические исследования показали:

Разработанные рецептуры концентратов наноразмерного наполнителя природного происхождения эффективны для модификации свойств ПЭВД и СЭБГП, предназначенных для производства термоусадочных пленок, применяемых в автоматизированных упаковочных линиях. Введение в ПЭВД и СЭБГП наноразмерного наполнителя природного происхождения – «Диатомита» Инзенского месторождения приведет к улучшению теплофизических и эксплуатационных свойств термоусадочных пленок.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Микитаев А. К., Козлов Г. В., Заиков Г. Е. Полимерные нанокompозиты: многообразие структурных форм и приложений. Ин-т биохим. физики им. Н. М. Эммануэля РАН. М.: Наука 2009. 278 с.
2. Кузьмина А. В., Слонов А. Л., Данилова-Волковская Г. М. Внедрение технологии производства тонких многослойных термоусадочных полиэтиленовых пленок с улучшенными технологическими и эксплуатационными характеристиками // Пластические массы. 2014. № 9-10. С. 38-40.
3. Кузьмина А. В., Слонов А. Л., Данилова-Волковская Г. М. Модификация поверхностных слоев тонких многослойных термоусадочных полиэтиленовых пленок мелонаполненной добавкой Vatpol 210 PE // Пластические массы. 2014. № 11-12. С. 31-34.

#### REFERENCES

1. Mikitaev A. K., Kozlov G. V., Zaikov G. E. Polimernye nanokompозity: mnogoobrazie strukturnykh form i prilozheniy. In-t biokhim. fiziki im. N. M. Emmanuelya RAN. M.: Nauka 2009. 278 s.
2. Kuz'mina A. V., Slonov A. L., Danilova-Volkovskaya G. M. Vnedrenie tekhnologii proizvodstva tonkikh mnogoslonykh termousadochnykh polietilenovykh plenok s uluchshennymi tekhnologicheskimi i ekspluatatsionnymi kharakteristikami // Plasticheskie massy. 2014. № 9-10. S. 38-40.
3. Kuz'mina A. V., Slonov A. L., Danilova-Volkovskaya G. M. Modifikatsiya poverkhnostnykh sloev tonkikh mnogoslonykh termousadochnykh polietilenovykh plenok melonapolnennoy dobavkoy Vatpol 210 PE // Plasticheskie massy. 2014. № 11-12. S. 31-34.

#### ОБ АВТОРАХ

**Иванникова Александра Владимировна**, соискатель ученой степени кандидата технических наук, главный технолог ООО «ТД Юг-Полимер», г. Кисловодск; 357748 Россия, Ставропольский край, г. Кисловодск, ул. Фоменко 135В

**Ivannikova Alexandra Vladimirovna**, the competitor of a scientific degree of candidate of technical sciences, chief technologist of Ltd. "Yug-Polymer Trade" Ltd 135B, Fomenko St., Kislovodsk, Stavropol Territory, 357748, Russia

**Данилова-Волковская Галина Михайловна**, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры строительства Северо-Кавказского федерального университета (СКФУ); 357500, 40 лет Октября, 56

**Danilova-Volkovskaya Galina Mikhaylovna**, PhD, associate professor, professor of construction of the North Caucasus Federal University (NCFU); 357500, 40 let Octobrya, 56

#### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ НАПОЛНИТЕЛЯ НА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НА ОСНОВЕ ПОЛИЭТИЛЕНА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ/СОПОЛИМЕРА ЭТИЛЕНА С БУТЕНОМ, ГЕКСЕНОМ И ПРОПИЛЕНОМ

**А. В. Иванникова, Г. М. Данилова-Волковская**

Проведенные теплофизические исследования показали. Разработанные рецептуры концентратов наноразмерного наполнителя природного происхождения эффективны для модификации свойств ПЭВД и СЭБГП, предназначенных для производства термоусадочных пленок, применяемых в автоматизированных упаковочных линиях. Введение в ПЭВД и СЭБГП наноразмерного наполнителя природного происхождения – «Диатомита» Инзенского месторождения приведет к улучшению теплофизических и эксплуатационных свойств термоусадочных пленок.

**THE EXPLORATORY PROCEDURE OF IMPACT STUFF ON PROPERTIES OF HEAT-TRANSFER  
OF COMPOSITE MATERIALS BASED ON LOW-DENSITY POLYETHYLENE / COPOLYMER ETHYLENE  
WITH BUTENE, HEXENE, AND PROPYLENE**

**A. V. Ivannikova, G. M. Danilova-Volkovskaya**

Conducted thermal studies have shown. Developed recipes concentrates nanoscale filler of natural origin effective to modify the properties of LDPE and SBGP intended for the production of shrink films used in automated packaging lines. Introduction to LDPE and SBGP nanoscale filler of natural origin – «Diatomite» Inzensky field will lead to improved thermal and operational properties of heat shrink films.