

УДК 678.742

Кладовщикова О.И., Тихонов Н.Н., Иншакова К.А., Ущехо И.С.  
РХТУ им. Д.И. Менделеева, г. Москва, Россия

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НАНОМОДИФИКАТОРОВ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ И ФОРМЫ НА СВОЙСТВА СОПОЛИМЕРА НА ОСНОВЕ СВМПЭ**

Расширение возможностей способов переработки сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ) является на данный момент актуальной проблемой. Обладающий чрезвычайно высокой износостойкостью, СВМПЭ представляет интерес для использования в качестве материала для облицовки рабочих элементов погрузочной техники, электронепроницаемость позволяет использовать его в качестве изолирующих оболочек для кабелей, высокая морозостойкость допускает длительное применение при экстремально отрицательных температурах. Рынок производства СВМПЭ динамично развивается. Спрос на композиционные материалы на его основе в изделиях технического назначения ежегодно увеличивается на 14-15%.

Однако, неспособность к течению, приводит к тому, что переработать СВМПЭ высокопроизводительным методом экструзии невозможно.

Создание на основе СВМПЭ сополимеров позволяет в определенной степени решить эту проблему. Так, сополимер СВМПЭ с октенowymi углеводородами – Kompplen SE 2500 (молекулярная масса 2,46 млн г/моль) может быть переработан в изделия всеми технологиями, которые используются сегодня для переработки полимеров [1]. Однако, текучесть данного сополимера также находится на низком уровне. Несмотря на то, что создание сополимера позволяет расширить возможности переработки СВМПЭ, свойства компаунда снижены по сравнению с чистым СВМПЭ.

Для направленного регулирования свойств сополимера Kompplen SE 2500 был выбран метод введения наномодификаторов: органобентонит (ОБ) и многослойные углеродные нанотрубки (МУНТ). Наноматериалы на основе органобентонитов обладают повышенными тепло- и термостойкостью, высокой прочностью при низком содержании модификатора [2]. Вторым типом используемого наномодификатора являются многослойные углеродные нанотрубки, введение которых в СВМПЭ позволяет повысить деформационно-прочностные и реологические свойства, а также уменьшить коэффициент трения и увеличить износостойкость полимера [2].

Одной из важнейших проблем получения композиционных материалов, модифицированных наноразмерными частицами, является достижение эффективного распределения наночастиц в полимерной матрице. Для этих целей была разработана специальная методика. Агрегаты наномодификаторов (органобентонит и многослойные углеродные нанотрубки), в виде предварительно приготовленной суспензии в диоктилфталате, были подвергнуты интенсивному ультразвуковому воздействию в диспергаторе. Обработанная таким образом суспензия была использована для получения суперконцентрата, который дозированно вводили в сополимер Kompplen SE 2500 с последующим смешением в двухшнековом экструдере при температуре 220°C. Для дальнейших исследований методом прямого прессования были сформованы пластины с последующей вырубкой образцов согласно ГОСТ 11262-2017

В результате проведенных исследований были получены результаты, демонстрирующие влияние наномодификаторов на исходный сополимер (таблица 1).

Таблица 1 – свойства полученных материалов.

Материал	ПТР, г/10 мин.	$\sigma$ , МПа	Относительное удлинение, %	$T_g$ , °C
Kompplen SE 2500	0,23	8,7	127	143
Kompplen SE 2500+0,1% МУНТ	0,28	8,88	348	135
Kompplen SE 2500+0,1% ОБ	0,93	8,01	108	136

Сравнительный анализ результатов исследования показывает, что введение наномодификатора органобентонита в количестве 0,1 масс. % приводит к резкому увеличению текучести сополимера практически в 3 раза. Замена слоистого силиката на углеродные нанотрубки (изменение химической природы и формы наномодификатора при одном и том же его содержании) не оказывает заметного влияния на текучесть сополимера (рис. 1).

Показатель текучести расплава (ПТР) определяли на капиллярном вискозиметре постоянных напряжений сдвига типа ИИРТ-М.

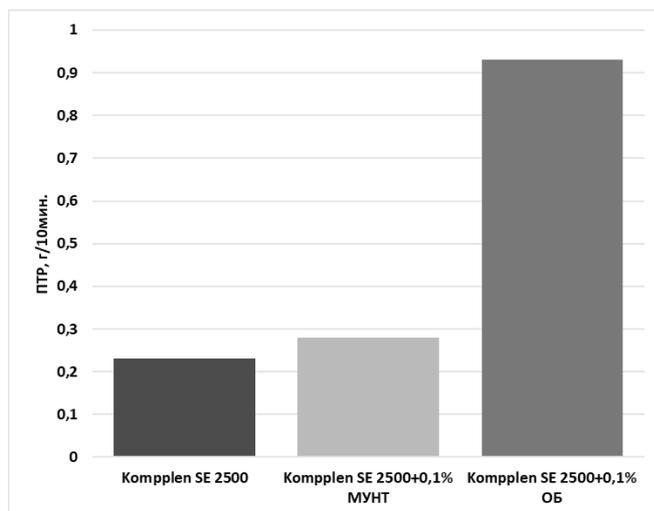


Рис 1. Гистограмма текучести исследуемых композиций.

Сравнительный анализ данных, полученных при исследовании деформационно прочностных свойств полученных материалов показывает (рис. 2), что модификация сополимера СВМПЭ нанодисперсными наполнителями не оказывает существенного влияния на предел текучести при растяжении ( $\sigma$ ), но значительно увеличивает относительное удлинение при содержании углеродных нанотрубок 0,1 масс. %.

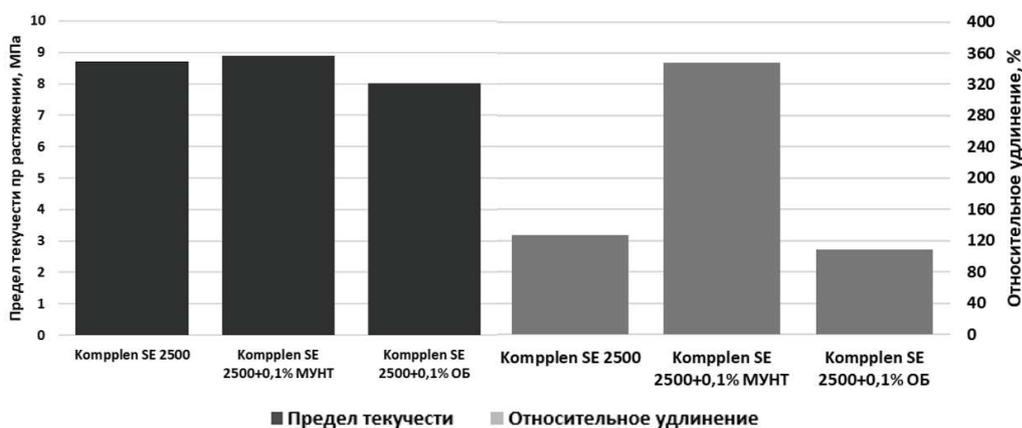


Рис. 2 Гистограмма значений предела текучести при растяжении и относительного удлинения исследуемых композиций.

Другим результатом модификации сополимера является некоторое снижение температуры текучести со 146 до 142,8°C (рис. 3). Это связано, по-видимому, с увеличением общей структурной подвижности в сополимере при повышенных температурах в присутствии наномодификатора.

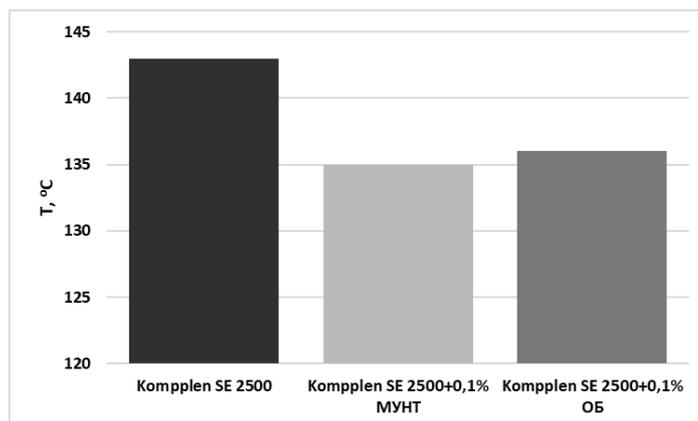


Рис. 3 Гистограмма температур текучести исходного и модифицированного сополимеров.

В результате проведенных исследований установлено, что наномодификация сополимера СВМПЭ сопровождается увеличением его текучести и относительного удлинения, а также позволяет несколько уменьшить температуру его переработки. Таким образом, введение наномодификаторов различной природы и формы позволяет получить на основе СВМПЭ материалы с улучшенными технологическими и деформационно-прочностными характеристиками.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кладовщикова О.И., Климашева Е.И., Тихонов Н.Н., Романченко Е.А. Новые материалы на основе сополимера сверхвысокомолекулярного полиэтилена для труб/Успехи в химии и химической технологии. – 2017. – XXXI, №11. – С. 49–51.
2. Шитов Д.Ю., Кравченко Т.П., Будницкий Ю.М., Ней Зо Лин, Осипчик В.С. Нанокompозиты на основе полиолефинов/Пластические массы. – № 3-4. – С. 9–12.
3. Куликовская К. А., Водяков В. Н. Влияние сверхмалых концентраций углеродных нанотрубок на упруго-прочностные, реологические и трибологические характеристики сверхвысокомолекулярного полиэтилена/Вестник технологического университета. – 2019. – Т.22, №2.– С. 75–78.