

В дальнейшем будет отработана лабораторная технология получения ориентированных образцов ПЭТФ с углеродными нанотрубками, изучены их механические свойства в широком интервале температур, определена оптимальная концентрация нанотрубок. Ожидается, на основании анализа литературных данных, увеличение прочности и модуля упругости нитей на 10-15 %.

### Литература

1. Т.Маниескі и др. Углеродные нанотрубки: свойства, синтез и применение // Химические волокна – 2018. – №4. – С.45–48.

УДК 678.7-139-9: 678.742.3:678.762.2

**Панфилова О.А.<sup>1</sup>, Охотина Н.А.<sup>1</sup>, Долинская Р.М.<sup>2</sup>,  
Сиразетдинов А.В.<sup>1</sup>**

(<sup>1</sup>Казанский национальный исследовательский  
технологический университет,

<sup>2</sup>Белорусский государственный технологический университет)

### **СВОЙСТВА ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ ВУЛКАНИЗАТОВ НА ОСНОВЕ ТРОЙНОЙ СМЕСИ ПОЛИМЕРОВ**

Термопластичные вулканизаты (ТПВ) представляют собой сложную полимерную гетерогенную систему, в которой частицы дисперсной фазы вулканизованного каучука равномерно распределены и тонко диспергированы в непрерывной фазе термопласта [1], причем набор свойств конечного материала напрямую определяется природой используемых полимеров.

В отличие от традиционной технологии резинового производства, технология изготовления термопластичных вулканизатов предусматривает совмещение стадии смешения термопласта с эластомером и энергоемкой стадии вулканизации каучуковой фазы, что позволяет до минимума сократить время изготовления материала и занимаемые оборудованием производственные площади.

Во многих отраслях промышленности широко применяются термоэластопластичные материалы на основе бинарных смесей полиолефинов (полипропилен, полиэтилен, поливинилхлорид, полиамиды) и олефиновых (этиленпропиленовые двойные и тройные) или диеновых (натуральный, бутадиен-стирольный, бутадиен-нитрильный и др.) каучуков. В то же время расширяются исследования по получению новых материалов на основе тройных и более полимерных смесей, в ко-

торых в зависимости от соотношения компонентов можно варьировать основные свойства композитов для удовлетворения различных требований потребителей.

Нами [2–4] были установлены закономерности смешения и формирования структуры термопластичных вулканизатов на основе полипропилена и комбинации неполярного изопренового (СКИ) и полярного бутадиен-нитрильного (БНКС) каучуков. Разработанная рецептура термопластичного вулканизата при содержании полимерных компонентов ПП/СКИ/БНКС = 30/60/10 включала в себя защитные и технологические добавки, серно-ускорительную вулканизирующую систему. Композиты изготавливались в лабораторном высокоскоростном роторном смесителе Plasti-corder® Lab Station Brabender с последующей обработкой в экструзионной приставке с плоскощелевым или круглым цилиндрическим каналами в головке.

Для повышения уровня взаимодействия на границе раздела разнополярных компонентов – полипропилен – изопреновый каучук – бутадиен-нитрильный каучук – выбраны компатибилизирующие добавки. Показано, что при совместном использовании малеинизированного полипропилена (МАПП), улучшающего распределение эластомеров в фазе термопласта, и сополимера этилена с винилацетатом (СЭВА), способствующего лучшему диспергированию полярного каучука в неполярном каучуке, удалось повысить уровень свойств термопластичных вулканизатов на основе комбинации разнополярных полимеров (табл. 1).

**Таблица 1 – Упруго-прочностные свойства ТПВ на основе (30/60/10), содержащих МАПП и СЭВА**

Показатели	Дозировка СЭВА / МАПП, мас. ч.			
	0/0	0/4	6/0	6/4
Условная прочность при растяжении, МПа	8,9	10,2	11,1	12,0
Относительное удлинение при разрыве, %	380	400	420	440
Модуль упругости при растяжении, МПа	57,2	63,8	60,1	64,2
Твердость, усл. ед. Шор А	67	72	70	74
Модуль упругости, МПа	56	58	58	64

При исследовании морфологии композитов с помощью аналитического комплекса на базе оптического микроскопа марки Leica DM-2500 установлено, что при введении компатибилизирующих добавок происходит значительное уменьшение размера частиц дисперсной фазы, повышение диффузности межфазных границ. Так, что при сов-

местном введении МАПП и СЭВА размер дисперсной фазы уменьшается от 20–367 до 4–37 мкм. Методом растровой электронной микроскопии показано сглаживание поверхности скола, устранение пор, микротрещин. Увеличение равномерности распределения компонентов полимерной фазы обеспечило повышение прочностных характеристик ТПВ.

На основании полученных результатов была наработана опытная партия разработанного полимерного материала и оценена его устойчивость к воздействию агрессивных сред и различных атмосферных факторов.

В качестве жидких агрессивных сред были использованы растворители и масла. Установлено, что по степени изменения массы и деформационно-прочностных свойств композитов после набухания в смеси изооктан-толуол, стандартном масле СЖР-3, моторном масле и в воде при нормальной температуре в течение 72 ч. композиты показали приемлемый уровень сохранения свойств.

Для оценки устойчивости термопластичных вулканизатов к термо- и фотоокислительному старению образцы были выдержаны в термостате при 100 и 120 °С в течение 72 ч и в камере светового старения в течение 600 ч при  $40 \pm 1^\circ\text{C}$  и освещенности  $20000 \pm 500$  лк. Результаты испытаний показали высокий уровень устойчивости термопластичного вулканизата к термо- и фотоокислительному старению: максимальный уровень снижения свойств не превысил 20 % по сравнению с исходным образцом.

Высокая устойчивость материала к атмосферным воздействиям подтвердилась при испытаниях образцов термопластичных вулканизатов в камере искусственного климата с ультрафиолетовым облучением QUV-80-spray, которая предназначена для имитации естественных процессов старения материала под воздействием агрессивных факторов на открытом воздухе.

**Таблица 2 – Свойства ТПВ после испытаний в камере искусственного климата**

Показатели	Время испытания, ч				
	-	48	96	144	192
Условная прочность при растяжении, МПа	12,0	11,9	11,8	11,7	11,3
Относительное удлинение при разрыве, %	460	440	440	420	400
Твердость, усл. ед. Шор А	78	80	82	82	84
Изменение прочности/ относительного удлинения после испытаний, %	-/-	-1/-4	-2/-4	-3/-9	-6/-13
Наличие трещин	-	-	-	-	-

Из данных табл. 1 видно, что после экспозиции образцов в камере искусственного климата в течение 192 ч. условная прочность при растяжении снизилась не больше чем на 6 %, а относительное удлинение – на 13 %.

Таким образом, термопластичный вулканизат на основе полипропилена и комбинации изопренового и бутадиен-нитрильного каучуков обладает высоким уровнем сохранения деформационно-прочностных свойств после фото-, термоокислительного и погодного старения, а также удовлетворительной устойчивостью к действию жидких агрессивных сред.

### Литература

1. Холден, Д. Термоэластопласты / Д. Холден, Х.Р. Крихельдорф, Р.П. Куирк // СПб.: ЦОП «Профессия». – 2011. – 720 с.

2. Вольфсон, С.И. и др. Динамически вулканизованные термоэластопласты на основе смеси каучуков разной полярности и полипропилена / С.И. Вольфсон, Н.А. Охотина, О.А. Панфилова и др. // Вестник Казанского технологического университета. – 2015. – Т. 18. – № 14. – С. 90.

3. Панфилова, О.А. Структура термопластичных вулканизатов на основе каучуков различной полярности и полипропилена / О.А. Панфилова, С.И. Вольфсон, Н.А. Охотина, и др. // Каучук и резина. – 2016. – № 4. – С. 10-14.

4. Панфилова, О.А. Совмещающие добавки для повышения взаимодействия на границе раздела фаз в термопластичных вулканизатах на основе каучуков различной полярности и полипропилена / О.А. Панфилова, С.И. Вольфсон, Н.А. Охотина, и др. // Каучук и резина. – 2017. – № 4. – С. 12-15.

УДК 678.049

**Перфильева С.А.**

(ОАО «Белшина»)

**Шашок Ж.С., Усс Е.П.**

(Белорусский государственный технологический университет)

### **ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЕЗИН С НЕФТЕПОЛИМЕРНЫМИ СМОЛАМИ**

Под нефтеполимерными смолами (НПС) (иногда их называют нефтяными, углеводородными смолами) понимают особый класс синтетических низкомолекулярных смол, получаемых из нефтяного сырья [1]. Для их синтеза, в отличие от важнейших промышленных