

Ж. С. Шашок, ст. преподаватель; Н. П. Побединская, инженер;
 Н. Р. Прокопчук, профессор, член-кор. НАН Беларуси;
 А. В. Крауклис, зав. лабораторией физики и химии горения; П. П. Самцов, вед. инженер;
 А. П. Солнцев, ст. науч. сотрудник ГНУ «ИТМ» НАН Беларуси

ВЛИЯНИЕ НАНОМАТЕРИАЛА НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

It is considered the influence of nanomaterials on quality of rubber mixtures on the basis of various rubbers. It is studied the influence of additions of nanomaterials on physico-mechanic properties of rubbers.

Одним из перспективных направлений получения материалов с улучшенными свойствами является создание нанокомпозитивов – композиционных материалов, содержащих в качестве одного или нескольких компонентов нанодисперсные наполнители. В связи с этим интенсивно проводятся исследования, посвященные как синтезу, так и изучению нанодисперсных веществ [1].

Характерной особенностью ультрадисперсных веществ является чрезвычайно высокая реакционная способность, что определяется малым размером частиц, высокой дефектностью кристаллической решетки и, как следствие, наличием на поверхности большого числа нескомпенсированных связей, высокой энергонасыщенностью [2].

В рамках совместных работ БГТУ и ГНУ «Институт тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова» НАН Беларуси на кафедре ТНС и ППМ были проведены исследования по определению влияния наноматериалов на свойства резиновых смесей и резин.

В качестве объектов исследования использовались ненаполненные резиновые смеси на основе кристаллизующегося каучука СКИ-3 и некристаллизующегося каучука СКМС-30 АРКМ-15. Введение добавок наноматериалов проводилось в дозировках 0,01, 0,05 и 0,1 мас. ч.

Определение вязкости резиновых смесей на приборе Муни MV 2000 английской фирмы Альфа Технолоджис показало, что введение даже минимальных дозировок новых добавок приводит к изменению свойств резиновых смесей.

Из табл. 1 видно, что значение вязкости по Муни для смеси на основе СКИ-3 без на-

номатериалов составляет 12,9 усл. ед. Вязкость по Муни для резиновых смесей, содержащих добавки наноматериалов, уменьшается до 8,5 усл. ед. (при введении 0,01 мас. ч.), а минимальное значение наблюдается при введении 0,05 мас. ч. и составляет 6,3 усл. ед.; при введении же 0,1 мас. ч. вязкость по Муни составляет 9,5 усл. ед., что выше предыдущих двух значений, но ниже значения образца сравнения.

Результаты испытаний резиновых смесей на основе СКМС-30 АРКМ-15 на вискозиметре Муни показали, что, как и в предыдущем случае, вязкость по Муни резиновых смесей, содержащих исследуемые добавки, уменьшается. Однако в данном случае выявлено, что наибольшее снижение вязкости по Муни наблюдается при введении 0,01 мас. ч. наноматериала. Так, вязкость по Муни для резиновой смеси, не содержащей исследуемую добавку, составляет 29,3 усл. ед., а при введении дозировки наноматериала 0,01 мас. ч. – 23,3 усл. ед. В то же время, результаты исследований показывают, что с увеличением дозировки исследуемой добавки вязкость по Муни несколько возрастает, т. е. резиновая смесь с 0,05 мас. ч. наноматериала имеет вязкость по Муни 24,4 усл. ед., а при содержании 0,1 мас. ч. добавки вязкость по Муни составляет 25,7 усл. ед.

Таким образом, установлено, что при введении исследуемых наноматериалов в резиновые смеси происходит некоторое уменьшение их вязкости, что способствует повышению пластических свойств смесей, а значит позволит облегчить их перерабатываемость на оборудовании. Изменение вязкости по Муни для резиновых смесей на основе различных каучуков неодинаково.

Таблица 1

Результаты испытаний резиновых смесей на вискозиметре Муни MV 2000

Тип каучука	Дозировка наноматериала, мас. ч.	Вязкость по Муни, усл. ед.
СКИ-3	0	12,9
	0,01	8,5
	0,05	6,3
	0,1	9,5
СКМС-30 АРКМ-15	0	29,3
	0,01	23,3
	0,05	24,4
	0,1	25,7

Резина – многокомпонентная система, и введение даже незначительных дозировок ингредиентов способно ускорить или замедлить процесс вулканизации.

Результаты исследования резиновых смесей на основе каучуков СКИ-3 и СКМС-30 АРКМ-15, содержащих различные дозировки исследуемых добавок, на виброреометре ODR-2000 фирмы Альфа Технолоджис приведены в табл. 2.

Из таблицы видно, что с увеличением содержания добавок происходит незначительное уменьшение оптимального времени вулканизации, т. е. процесс вулканизации несколько интенсифицируется.

Наименьшее значение оптимального времени вулканизации для резиновых смесей на основе СКИ-3 составляет 16,13 мин при дозировке 0,1 мас. ч. При дозировке 0,05 мас. ч. оптимальное время вулканизации составляет 17,13 мин, а при 0,01 мас. ч. – 17,98 мин, что ниже значения оптимального времени вулканизации для образца сравнения, но выше значения, соответствующего дозировке 0,1 мас. ч.

Скорость вулканизации этих смесей повышается при добавлении наноматериала. Оптимальной является дозировка 0,1 мас. ч. при которой скорость вулканизации равна 2,32 дНМ/мин, что выше значения образца сравнения (1,52 дНМ/мин).

Оптимальное время вулканизации для резиновой смеси на основе СКМС-30 АРКМ-15, не содержащей исследуемую добавку, составляет 107,57 мин, а для смеси, содержащей 0,01 мас. ч., – 104,2 мин, при введении добавки в дозировке 0,1 мас. ч. данное время равно 98,20 мин, в то время как скорость вулканизации практически не изменяется для всех исследуемых резиновых смесей.

Таким образом, в результате исследования выявлено, что введение даже минимальных дозировок наноматериалов приводит к сокращению времени вулканизации, что является положительным фактором для интенсификации

самого длительного процесса в производстве резиновых изделий.

В общем случае теория наноматериалов предсказывает достижение значительных эффектов усиления при наполнении матрицы полимера небольшим количеством высокоактивного нанодисперсного наполнителя [2]. Изучение влияния наноматериала на прочностные характеристики эластомерных композиций проводилось путем определения основных физико-механических показателей резин, что представлено в табл. 3.

Из таблицы видно, что резины на основе СКИ-3, не содержащие добавки, имеют условную прочность при растяжении 22,5 МПа и относительное удлинение при разрыве 860%. Введение добавок в различных дозировках не приводит к увеличению условной прочности при растяжении (наибольшее значение наблюдается при введении наноматериала в виде порошка в дозировке 0,1 мас. ч. – 22,8 МПа).

Сравнение значений относительного удлинения при разрыве показывает также, что эластические свойства резин при введении исследуемых добавок не изменяются (относительное удлинение при разрыве для образца сравнения составляет 860%, наибольшее значение при введении исследуемых добавок – 870%).

СКМС-30 АРКМ-15 является некристаллизующимся каучуком, и введение исследуемых добавок в различных дозировках показало, что только в случае применения наноматериала в дозировке 0,05 мас. ч. наблюдается некоторое заметное увеличение прочности. Так, резины на основе СКМС-30 АРКМ-15, не содержащие добавку, имеют условную прочность при растяжении 2,0 МПа, а для резин, содержащих 0,05 мас. ч. наноматериала, данный показатель составляет 2,5 МПа, т. е. наблюдается увеличение прочности на 25%. В случае введения остальных дозировок условная прочность при растяжении практически не изменяется.

Таблица 2

Результаты испытаний резиновых смесей на виброреометре ODR-2000

Тип каучука	Дозировка наноматериала, мас. ч.	Оптимальное время вулканизации, мин	Скорость вулканизации, дНМ/мин
СКИ-3	0	18,20	1,52
	0,01	17,98	2,17
	0,05	17,13	2,17
	0,1	16,13	2,32
СКМС-30 АРКМ-15	0	107,57	0,19
	0,01	104,20	0,19
	0,05	101,47	0,18
	0,1	98,30	0,19

Физико-механические показатели резин

Тип каучука	Дозировка наноматериала, мас. ч.	Условная прочность при растяжении, МПа	Относительное удлинение при разрыве, %
СКИ-3	0	22,5	860
	0,01	22,4	870
	0,05	22,8	860
	0,1	22,8	860
СКМС-30 АРКМ-15	0	2,0	870
	0,01	2,1	870
	0,05	2,5	900
	0,1	2,0	860

Таким образом, полученные экспериментальные данные при сопоставлении с образцом сравнения имеют незначительную погрешность отклонения, которая входит в интервал допустимых значений ГОСТ 270-75 (исключение составляет резина на основе каучука СКМС-30 АРКМ-15, содержащая наноматериал в дозировке 0,05 мас. ч.). Однако для получения более полных и точных данных о влиянии наноматериалов на прочностные показатели резин необходимо проведение расширенных исследований на базе наполненных резиновых смесей, содержащих различные марки и дозировки технического углерода.

Литература

1. Неверовская А. Ю., Возняковский А. П., Егоров А. Г., Николаев Г. А. Нанокompозиты на основе полисилоксановых блок-сополимеров. Нанодисперсные кремнеземы // Девятая Российская научно-практическая конференция. Резиновая промышленность. Сырье. Материалы. Технология: Тез. докл. научн. конф. – Москва, 2002. – С. 143–145.
2. Тугорский И. А. Синтез и структурообразование наночастиц в эластомерах // Пятая Юбилейная Российская научно-практическая конференция резинщиков. Сырье и материалы для резиновой промышленности. Настоящее и будущее: Тез. докл. научн. конф. – Москва, 1998. – С. 237–238.