

Ж. С. Шашок, доцент; Н. П. Побединская, инженер;
Н. Р. Прокопчук, член-кор. НАН Беларуси, профессор; Н. А. Горбанева, студентка

УГЛЕРОДНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ В ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЯХ НА ОСНОВЕ КАУЧУКОВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

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.

Наночастицы благодаря их уникальным физико-химическим свойствам находят широкое применение при создании функциональных наноматериалов [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 и высокой энергонасыщенностью [2].

В рамках совместных работ БГТУ и ГНУ «Институт тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова» НАН Беларуси на кафедре технологии нефтехимического синтеза и переработки полимерных материалов проводились исследования композиций, содержащих различные дозировки углеродных наноматериалов.

Объектами исследования были резиновые смеси на основе каучуков специального назначения: БНКС-18, БНКС-28 и БНКС-40, различающиеся процентным содержанием связанного нитрила акриловой кислоты. Эластомерные композиции содержали в своем составе различ-

ные марки технического углерода и разные вулканизующие системы. Наноматериал использовался в дозировках 0,01; 0,05; 0,1 мас. ч. на 100 мас. ч. каучука. Исследуемые добавки вводились в резиновую смесь в виде порошкообразного продукта. В качестве образца сравнения применялась резиновая смесь и вулканизаты на ее основе, не содержащие исследуемые добавки.

Целью работы было определение влияния углеродных наноматериалов на свойства эластомерных композиций в зависимости от природы полимера.

В настоящее время в резиновой промышленности для оценки одного из показателей реологических свойств – сопротивления деформации сдвига между подвижной и неподвижной поверхностями – наиболее часто используют приборы типа сдвигового ротационного дискового вискозиметра Муни. Момент сопротивления выражают в условных единицах и называют «вязкостью по Муни».

В табл. 1 приведены результаты исследования резиновых смесей на вискозиметре Муни MV 2000.

Таблица 1

Результаты испытаний резиновых смесей на вискозиметре Муни

Содержание добавки, мас. ч.	Начальный крутящий момент, усл. ед.	Вязкость по Муни, усл. ед.	Вязкость на первой секунде после остановки ротора, усл. ед.
Резиновая смесь на основе БНКС-18 А			
Без добавки	104,3	72,2	31,2
0,01	94,0	65,8	28,3
0,05	96,2	64,4	26,4
0,1	92,8	65,0	27,4
Резиновая смесь на основе БНКС-28 АМ			
Без добавки	140,0	73,8	28,4
0,01	116,8	73,9	28,3
0,05	133,8	78,6	29,0
0,1	128,5	76,9	28,5
Резиновая смесь на основе БНКС-40 АМ			
Без добавки	91,4	49,5	25,3
0,01	70,7	32,1	15,2
0,05	121,4	68,2	30,7
0,1	66,8	27,5	13,1

Результаты испытаний резиновых смесей на виброреометре ODR-2000

Содержание добавок, мас. ч.	Минимальный крутящий момент, дНм	Максимальный крутящий момент, дНм	Время, необходимое для увеличения крутящего момента на 2 ед. по сравнению с минимальным крутящим моментом, мин	Время достижения заданной степени вулканизации, мин	Оптимальное время вулканизации, мин	Скорость вулканизации, дНм/мин	Время достижения максимальной степени вулканизации, мин
Резиновая смесь на основе БНКС-18А							
Без добавки	9,70	60,60	2,83	4,20	6,91	24,02	4,04
0,01	8,72	59,23	2,76	4,10	6,87	24,03	3,93
0,05	8,55	60,13	2,61	3,92	6,65	25,36	3,76
0,1	8,27	59,31	2,79	4,18	6,99	23,54	3,99
Резиновая смесь на основе БНКС-28АМ							
Без добавки	8,35	48,85	5,13	9,03	13,17	7,16	8,91
0,01	7,61	35,09	5,02	6,99	9,37	7,91	7,07
0,05	7,62	45,06	5,01	8,21	11,72	7,32	8,23
0,1	7,82	38,06	4,74	6,76	8,75	8,63	6,83
Резиновая смесь на основе БНКС-40АМ							
Без добавки	20,57	44,67	4,27	12,71	24,03	1,34	9,85
0,01	14,60	38,29	3,52	11,72	23,38	1,42	7,73
0,05	14,08	39,38	3,27	12,05	23,82	1,40	2,73
0,1	16,86	43,18	4,01	13,08	24,44	1,37	8,38

Было установлено, что при введении нанодобавок в резиновую смесь на основе БНКС-18 А вязкость по Муни уменьшается во всех случаях. При дозировке нанокompозита 0,01 мас. ч. наблюдается максимальное увеличение вязкости по Муни (65,8 усл. ед.), что значительно ниже, чем у образца сравнения. При введении 0,1 мас. ч. вязкость еще более снижается, а промежуточное положение занимает дозировка 0,05 мас. ч.

Введение нанодобавок в резиновую смесь на основе БНКС-28 АМ повышает вязкость по Муни. Максимальное увеличение вязкости по Муни наблюдается при дозировке нанокompозита 0,05 мас. ч. (78,6 усл. ед.). При введении же 0,01 мас. ч. нанодобавки вязкость по Муни равна 73,9 усл. ед., что находится на уровне с образцом сравнения. В то же время, результаты эксперимента показывают, что при дозировке нанокompозита 0,1 мас. ч. вязкость по Муни равна 76,9 усл. ед., что ниже, чем при 0,05 мас. ч., но выше, чем у образца сравнения.

Для резиновых смесей на основе БНКС-40АМ наблюдается следующее: при введении нанодобавок вязкость по Муни уменьшается (за исключением дозировки 0,05 мас. ч.). При введении в смесь нанокompозита в дозировках 0,01 и 0,1 мас. ч. вязкость снижается до 32,1 и 27,5 усл. ед. соответственно, что ниже, чем у образца сравнения.

Дозировка наноматериала 0,05 мас. ч. приводит к увеличению вязкости до 68,2 усл. ед.

Вулканизация является заключительным процессом при производстве резиновых изделий.

В процессе вулканизации уменьшается пластичность резиновых смесей и постепенно увеличивается эластичность вулканизата, улучшаются его физико-механические свойства, сильно возрастают прочность при растяжении, относительное удлинение, морозостойкость, теплостойкость, электрическое сопротивление и т. д.

В табл. 2 приведены результаты исследований резиновых смесей на виброреометре ODR-2000.

В случае резиновой смеси на основе БНКС-18А оптимальное время вулканизации уменьшается при введении нанодобавок в дози-

ровках 0,01 и 0,05 мас. ч. (с 6,91 мин для смеси без добавок до 6,87 и 6,65 мин соответственно).

Оптимальное время вулканизации при введении нанодобавок в смеси на основе БНКС-28АМ в различных дозировках уменьшается. При введении наноматериала в дозировке 0,1 мас. ч. происходит наибольшее снижение оптимального времени вулканизации до 8,75 мин.

При введении наноматериала в резиновые смеси на основе БНКС-40АМ происходит увеличение оптимального времени вулканизации от 23,38 мин (при дозировке 0,01 мас. ч.) до 24,44 мин (при дозировке 0,1 мас. ч.), в то время как для смеси без добавок оптимальное время вулканизации составляет 24,03 мин.

Таким образом, оптимальное время вулканизации снижается при введении нанодобавок в резиновые смеси на основе БНКС-28АМ и при введении наноматериала в дозировках 0,01 и 0,05 мас. ч. в резиновые смеси на основе БНКС-18А и БНКС-40.

Анализ значений скорости вулканизации показывает, что данный параметр увеличивается при введении углеродных наноматериалов в резиновые смеси на основе БНКС-28АМ и БНКС-40 во всех дозировках, а в резиновую смесь на основе БНКС-18А – только в дозировке 0,05 мас. ч.

Таким образом, результаты исследований показали, что введение углеродных наноматериалов в резиновые смеси на основе каучуков специального назначения оказывает влияние на вязкость и кинетику вулканизации эластомерных композиций. Изменение свойств резиновых смесей с нанодобавками, вероятно, связано с различием в составах вулканизирующей системы и в типах марок технического углерода, входящих в рецепт эластомерной композиции, а не с природой полимера.

Литература

1. Наночастицы металлов в полимерах / Помогайло А. Д., Розенберг А. С., Уфлянд И. Е. // М.: Химия. – 2000. – 672 с.

2. Витязь П. А. Нанокристаллические алмазы и перспективы их использования // Наноструктурные материалы: получение и свойства. – Мн.: НАН Беларуси, 2000. – С. 8–20.