УДК 678.675

Ж. С. Шашок, доцент; Н. Р. Прокопчук, член-кор. НАН Беларуси, профессор;
К. В. Вишневский, студент; А. П. Корженевский, директор НП ЗАО «Синта»;
Д. Н. Гаманович, гл. технолог НП ЗАО «Синта»

# ВЛИЯНИЕ АЛМАЗОСОДЕРЖАЩЕЙ ШИХТЫ НА СВОЙСТВА НЕНАПОЛНЕННЫХ ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

The research of the influence of diamond-containing blend on technological and technical properties of vulcanizates on the basis of SRI-3 и SR(M)S-30 ARKO-15. It was found out the injection of modifying addition results into change of Viscosity on Moony rubber compound as well as of kinetics of vulcanization elastomer compound. And the smallest change of parameters is observed when 0,01 and 0,2 weight part of nanoaddition is injected. It was found out that increase of conditional strength at a tension of rubbers and elastic properties of vulcanizates is observed when highdispersion addition is added into elastomer compositions. During this process the indicator of toughness almost doesn't change.

**Введение.** Одним из перспективных направлений в развитии резиновой промышленности является улучшение технологических и технических свойств полимерных материалов за счет применения высокодисперсных веществ в качестве модифицирующих добавок. Повышенная структурная активность таких веществ позволяет повысить эксплуатационные характеристики резин при минимальных степенях введения в эластомерную матрицу [1].

**Основная часть.** Целью настоящей работы было исследование влияния алмазосодержащей шихты марки ША-А с высокой степенью дисперсности на технологические и технические свойства эластомерных композиций. Продукт ША представляет собой порошок черного цвета с насыпной плотностью 0,04–0,15 кг/м$^3$ и площадью удельной поверхности 350–450 м$^2$/г. На рисунке представлен электронный снимок поверхности алмазосодержащей шихты.

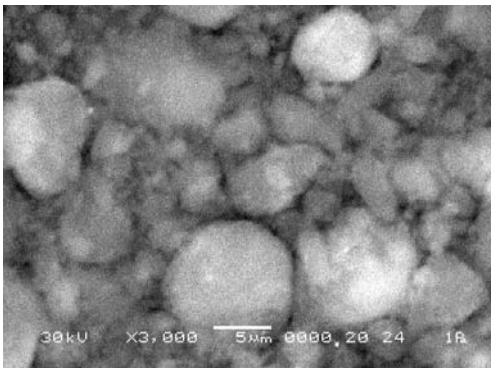


Рисунок. Электронный снимок поверхности алмазосодержащей шихты

В качестве объектов исследования были выбраны: синтетический кристаллизующийся изопреновый каучук СКИ-3 и синтетический некристаллизующийся маслонаполненный бутадиен-стирольный каучук СК(М)С-30 АРКМ-15. Модифицирующая добавка вводилась в количестве 0,01; 0,05; 0,1 и 0,2 мас. ч. на 100 мас. ч. каучука. Образцами сравнения являлись резиновые смеси и вулканизаты, не содержащие нанодобавку. Резиновые смеси изготавливались на лабораторных вальцах по стандартному режиму. Исследование вязкости резиновых смесей проводилось на сдвиговом дисковом вискозиметре MV2000 согласно ГОСТ 10722–76. Определение кинетики вулканизации резиновых смесей осуществлялось на виброреометре ODR 2000 согласно ГОСТ 12535–84.

Вязкость резиновых смесей во многом зависит от состава, структуры каучука, содержания ингредиентов. Результаты испытаний резиновых смесей на вискозиметре Муни приведены в табл. 1.

Из представленных данных видно, что введение алмазосодержащей шихты практически во всех дозировках приводит к некоторому увеличению показателя вязкости по Муни по сравнению с резиновой смесью без добавки. причем такое изменение вязкости наблюдалось как для смесей на основе СКИ-3, так и для смесей на основе СК(М)С-30 АРКМ-15. Введение же добавки в дозировках 0,01 и 0,2 мас. ч. в наименьшей степени влияет на показатель вязкости по Муни резиновых смесей. Вероятно, данное изменение вязкости связано, прежде всего, со сферической формой частиц, а также с дозировкой высокодисперсной нанодобавки.

Введение небольших количеств ингредиентов способно ускорить или замедлить процесс образования пространственной сетки вулканизата [2], поэтому следующим этапом исследований было изучение кинетики вулканизации резиновых смесей.

Результаты исследований эластомерных композиций, содержащих различные дозировки алмазосодержащей шихты, на виброреометре ODR2000 при температуре 151°С приведены в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что оптимальное время вулканизации при введении алмазосодержащей шихты несколько увеличивается как для резиновых смесей на основе СКИ-3, так и для смесей на основе СК(М)С-30 АРКМ-15, причем наименьшее влияние на кинетику вулканизации исследуемых композиций оказывает дозировка

модифицирующей добавки в количестве 0,01 и 0,2 мас. ч. Скорость же вулканизации для смесей на основе СК(М)С-30 АРКМ-15 несколько уменьшается при всех дозировках нанодобавки, а для эластомерных композиций на основе СКИ-3 только при дозировках 0,1 и 0,2 мас. ч.

В табл. 3 представлены результаты определения основных прочностных показателей резин.

Таблица 1

**Результаты испытаний резиновых смесей на вискозиметре Муни**

| Содержание добавки | Начальный крутящий момент, усл. ед. | Вязкость по Муни, усл. ед. | Вязкость на первой секунде после остановки ротора, усл. ед. |
|---|---|---|---|
| Резиновая смесь на основе СКИ-3 | | | |
| Без добавки | 15,4 | 7,2 | 1,8 |
| 0,01 | 15,6 | 7,3 | 1,7 |
| 0,05 | 20,3 | 9,9 | 2,9 |
| 0,1 | 17,0 | 8,3 | 1,9 |
| 0,2 | 15,3 | 7,7 | 2,0 |
| Резиновая смесь на основе СК(М)С-30 АРКМ-15 | | | |
| Без добавки | 57,9 | 29,6 | 14,1 |
| 0,01 | 54,3 | 29,5 | 14,0 |
| 0,05 | 71,3 | 33,4 | 16,3 |
| 0,1 | 57,9 | 31,7 | 15,5 |
| 0,2 | 61,8 | 29,7 | 14,3 |

Таблица 2

**Результаты испытаний резиновых смесей на виброреометре ODR-2000**

| Содержание добавки | Время достижения заданной степени вулканизации, мин | Оптимальное время вулканизации, мин | Скорость вулканизации, дН·м/мин |
|---|---|---|---|
| Резиновая смесь на основе СКИ-3 | | | |
| Без добавки | 2,58 | 6,10 | 10,19 |
| 0,01 | 2,70 | 6,64 | 11,84 |
| 0,05 | 2,89 | 7,21 | 10,26 |
| 0,1 | 2,97 | 7,02 | 8,83 |
| 0,2 | 2,79 | 6,34 | 9,44 |
| Резиновая смесь на основе СК(М)С-30 АРКМ-15 | | | |
| Без добавки | 9,05 | 10,77 | 7,78 |
| 0,01 | 8,79 | 11,82 | 6,97 |
| 0,05 | 9,11 | 12,49 | 5,72 |
| 0,1 | 8,80 | 12,51 | 6,41 |
| 0,2 | 8,45 | 11,39 | 7,08 |

Таблица 3

**Физико-механические показатели исследуемых резин**

| Содержание добавки | Вулканизаты на основе СКИ-3 | | Вулканизаты на основе СК(М)С-30 АРКМ-15 | |
|---|---|---|---|---|
| | Условная прочность при растяжении, МПа | Относительное удлинение при разрыве, % | Условная прочность при растяжении, МПа | Относительное удлинение при разрыве, % |
| Без добавки | 20,75 | 790 | 2,02 | 210 |
| 0,01 | 21,13 | 750 | 1,69 | 240 |
| 0,05 | 23,15 | 770 | 2,30 | 285 |
| 0,1 | 22,61 | 810 | 2,11 | 280 |
| 0,2 | 22,28 | 830 | 2,39 | 260 |

В результате исследований выявлено, что введение добавок во всех дозировках в резиновые смеси на основе СКИ-3 приводит к незначительному увеличению условной прочности при растяжении (для образца без добавки данный показатель равен 20,75 МПа; при введении дозировки 0,01 мас. ч. – 21,13 МПа). В то же время показатель относительного удлинения при разрыве у образцов, содержащих 0,01 и 0,05 мас. ч. несколько ниже по сравнению с образцом без добавки.

Для вулканизатов на основе каучука СК(М)С-30 АРКМ-15 установлено, что при введении исследуемой добавки во всех дозировках происходит повышение эластических свойств резин. Так, образец без добавки имеет показатель относительного удлинения при разрыве 210%, а при введении минимальной дозировки 0,01 мас. ч. – 240%. Однако, при данной дозировке наблюдается некоторое уменьшение условной прочности при растяжении. Во всех остальных случаях выявлено незначительное усиливающее действие добавки алмазосодержащей шихты. В ходе исследований были также определены твердость вулканизатов по Шору А и эластичность по отскоку (табл. 4).

Таблица 4

**Физико-механические показатели исследуемых резин**

| Содержание добавки | Твердость по Шору А, усл. ед. | Эластичность по отскоку, % |
|---|---|---|
| Вулканизаты на основе СКИ-3 | | |
| Без добавки | 34,3 | 50,5 |
| 0,01 | 35,0 | 54,8 |
| 0,05 | 34,7 | 57,0 |
| 0,1 | 34,1 | 61,0 |
| 0,2 | 35,1 | 59,8 |
| Вулканизаты на основе СК(М)С-30 АРКМ-15 | | |
| Без добавки | 41,3 | 51,8 |
| 0,01 | 39,8 | 52,5 |
| 0,05 | 40,4 | 56,0 |
| 0,1 | 41,3 | 57,8 |
| 0,2 | 40,2 | 55,0 |

Из представленных данных видно, что введение алмазосодержащей шихты в эластомерные матрицы в различных дозировках практически не оказывает влияния на твердость вулканизатов и несколько увеличивает эластические свойства. Так, для резины на основе исследуемых каучуков наибольшее значение эластичности по отскоку наблюдается при введении 0,1 мас. ч. модифицирующей добавки.

**Заключение.** Таким образом, в результате исследований установлено, что введение алмазосодержащей шихты в различной дозировке приводит к некоторому увеличению показателя вязкости по Муни резиновых смесей на основе каучуков общего назначения.

Изменение вязкости в наименьшей степени проявляется при использовании дозировок 0,01 и 0,2 мас. ч.

Выявлено, что оптимальное время вулканизации эластомерных композиций незначительно увеличивается при введении нанодобавки. Изменение же скорости вулканизации зависит от природы каучука и дозировки высокодисперсного вещества.

Твердость исследуемых резин практически не изменяется при введении в полимерную матрицу нанодобавки.

Использование в рецептурах эластомерных композиций на основе СКИ-3 и СК(М)С-30 АРКМ-15 добавок алмазосодержащей шихты приводит к улучшению эластических свойств вулканизатов, а также к незначительному увеличению условной прочности при растяжении, исключение составляет дозировка 0,01 мас. ч. для резин на основе СК(М)С-30 АРКМ-15.

**Литература**

1. Влияние углеродных наноматериалов на технические свойства резин на основе бутадиен-нитрильных каучуков / Ж. С. Шашок [и др.] // Труды БГТУ. Сер. IV, Химия и технология орган. в-в. – Вып. XV. – 2007. – С. 70–72.

2. Корнев, А. Е. Технология эластомерных материалов / А. Е. Корнев, А. М. Буканов, О. Н. Шевердяев. – М.: Эксим, 2000. – 288 с.