

Технологические и физико-механические свойства эластомеров  
наполненных нитридом бора

К.С. Жансакова, Е.Н. Еремин, Г.С. Русских  
Омский государственный технический университет, Омск

*Данная работа посвящена выявлению закономерностей изменения технологических и физико-механических свойств эластомеров на основе изопренового каучука (СКИ-3) наполненных нитридом бора.*

*Установлено, что при постепенном увеличении концентрации неактивного наполнителя VN наблюдается уменьшение скорости вулканизации и плотности сшивки полимера, а также увеличивается время начала вулканизации и оптимальное время вулканизации.*

*Кроме того, с ростом концентрации VN наблюдаются увеличение относительного удлинения при разрыве, снижение прочности при растяжении.*

*Ключевые слова: эластомер, нитрид бора, каучук, вулканизация, наполнитель*

#### Введение

Модификации полимерных композиционных материалов широко используются для получения заданных специальных свойств. Чаще всего, в рецептуре эластомеров варьируют содержание наполнителей, которые могут быть органическими и неорганическими, активными (усиливающими) и инертными [1, 2].

Наполнителем, обладающим малой твердостью, высокой дисперсностью и большой теплопроводностью (среди диэлектриков) является гексагональный нитрид бора. Особую популярность он приобрел в синтезе абразивного материала, производстве высокотемпературной керамики и высокотемпературных легковырабатываемых («мягких») покрытий, применяемых в авиационной технике [3]. В эластомерах использование данного наполнителя очень ограничено, в основном только силиконах.

Целью работы являлось выявление закономерностей изменения технологических и физико-механических свойств эластомеров на основе изопренового каучука.

#### Материалы и методы исследования

Объектом исследования являлись вулканизаты на основе изопренового каучука СКИ-3 с серной вулканизирующей группой. Смеси готовились на лабораторных вальцах в соответствии с методикой [4]. Вулканизация образцов проводилась при температуре 135<sup>0</sup>С.

Составы исследуемых композиций представлены в таблице 1.

Таблица 1

## Рецепт исследуемой смеси

Наименование ингредиента	Содержание, масс.ч. на 100 масс. ч. каучука							
Каучук СКИ-3	100,0							
Стеариновая кислота	2,0							
Белила цинковые, ZnO	5,0							
Сера молотая	2,25							
TBBS	0,7							
Наполнитель	1	2	3	4	5	6	7	8
Технический углерод N330	35	30	25	20	15	10	5	-
Нитрид бора	-	5	10	15	20	25	30	35
Всего:	144,95							

Исследование кинетики вулканизации резиновых смесей проводилось в соответствии с методикой [5]. Упруго-прочностные свойства вулканизатов определяли на разрывной машине Zwick//Roell в соответствии с методикой [6].

## Результаты исследования

В таблице 2 приведены вулканизационные характеристики исследуемых смесей. Как видно, при введении в состав резиновой смеси нитрида бора, разности крутящих моментов снижаются, что происходит за счет уменьшения плотности сшивки полимера.

Оптимальное время вулканизации постепенно увеличивается в 2 раза, время начала вулканизации повышается почти в 3 раза, а показатели скорости вулканизации снижаются. В связи с чем, наблюдается наглядная замена активного наполнителя - технического углерода марки N330 на инертный BN.

Таблица 2

## Вулканизационные характеристики резиновых смесей

Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8
ML, Н·м	0,34	0,32	0,31	0,23	0,24	0,17	0,15	0,17
MH, Н·м	14,44	14,36	13,83	13,15	12,01	11,53	10,92	10,50
ΔM, Н·м	14,10	14,04	13,52	12,92	11,77	11,36	10,77	10,33
ts, мин	13,48	14,17	12,37	13,58	18,20	16,59	20,00	39,31
τ50, мин	20,23	20,45	19,07	20,24	24,30	23,51	27,26	47,15
τ90, мин	35,36	36,16	35,41	37,25	39,12	41,42	50,08	72,37
RV, мин-1	4,57	4,55	4,34	4,22	4,78	4,03	3,32	3,02

ML - минимальный крутящий момент; MH - максимальный крутящий момент; ΔM - разность крутящих моментов; ts - время начала вулканизации; τ50 - время достижения 50% степени вулканизации; τ90 - оптимальное время вулканизации; RV - показатель скорости вулканизации

Постепенное увеличение индукционного периода (время начала вулканизации) показывает стойкость резиновой смеси к преждевременной вулканизации во время различных стадий переработки, предшествующих вулканизации. Такое медленное сшивание вулканизата особенно удобно при

получении многослойных изделий, где с увеличением индукционного периода совулканизация отдельных слоев резиновой смеси усиливается.

Физико-механические свойства вулканизатов представлены в таблице 3. Прочность при растяжении относительно ненаполненного ВN вулканизата, снизилась на 31%, а относительное удлинение при разрыве увеличилось на 43%

Таблица 3

Физико-механические свойства вулканизатов

Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8
$\sigma_{x300}$ , МПа	3,39	3,62	3,30	3,01	2,28	2,22	1,96	2,09
$E_t$ , МПа	1,22	4,54	1,07	0,911	0,557	0,542	0,384	0,359
$\sigma_m$ , МПа	18,4	21,4	18,5	17,7	12,8	12,7	13,9	12,7
$\epsilon_B$ , %	1090,7	1215,2	1194,1	1243,9	1280,7	1337,9	1559,7	1562,8

$\sigma_{x300}$ , - условное напряжение при 300% удлинении;  $E_t$  – модуль упругости;  $\sigma_m$  - прочность при растяжении;  $\epsilon_B$  - относительное удлинение при разрыве

Модуль упругости характеризует густоту пространственной вулканизационной сетки, исходя из чего видно, что наполнение 5% ВN имеет наиболее оптимальные показатели. Но стоит отметить, что данная характеристика имеет условный характер.

Постепенное увеличение относительного удлинения при разрыве показывает, что нитрид бора повышает эластичность полученных вулканизатов. А уменьшение прочности при растяжении характеризует жесткость полученных вулканизатов. Из чего стоит отметить, что при наполнении 5% ВN образует более мягкую резину.

#### Выводы

Таким образом, проведенные исследования показали, что при постепенном увеличении концентрации неактивного наполнителя ВN наблюдается уменьшение скорости вулканизации и плотности сшивки полимера, а также увеличивается время начала вулканизации и оптимальное время вулканизации.

Кроме того, с ростом концентрации ВN наблюдаются увеличение относительного удлинения при разрыве, снижение прочности при растяжении.

#### Библиографический список

1. Корнев А. Е., Буканов А. М., Шевердяев О. Н. Технология эластомерных материалов. – М.: НППА «Истек», 2009. 504 с.
2. Овчаров В. И., Бурмистр М. В., Тютин В. А. Свойства резиновых смесей и резин: оценка, регулирование, стабилизация. М.: САНТ-ТМ, 2001. 400 с.
3. ТУ 2112-003-49534204-2002 Нитрид бора гексагональный техн.
4. ГОСТ Р 54548-2011. Каучуки изопреновые. Приготовление и испытание резиновых смесей. Введ. 2013-07-01. М.: Стандартинформ, 2013. 12 с.
5. ASTM D 5289-12 Standard Test Method for Rubber - Vulcanization Using Rotorless Cure Meters 2012.
6. ГОСТ 270-75 Резина. Метод определения упругопрочностных свойств при растяжении. Введ. 1978-01-01. М.: Стандартинформ, 2008. 11 с.