

А.А. Габрусь, инж.-техн.;  
С.Н. Каюшников, нач. инж.-техн. центра, канд. техн. наук  
(ОАО «Белшина», г. Бобруйск);  
Ж.С. Шашок, доц., канд. техн. наук;  
Е.П. Усс, доц., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНО-ВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ВУЛКАНИЗАЦИИ НА СВОЙСТВА ПРОТЕКТОРНЫХ ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ**

Основными факторами, влияющими на формирование пространственной вулканизационной структуры, являются условия проведения вулканизации (тепло- и энергоносители с различными физическими параметрами), давление, температура, продолжительность процесса и состав полимерной композиции. С точки зрения тепловых условий вулканизация протекает при переменных температурах и характеристиках теплообмена [1]. Выбор температурно-временных параметров вулканизации в значительной степени определяет качество вулканизуемых изделий, для установления которых необходимо изучение специфических свойств изделий и характеристик технологического процесса вулканизации.

Целью данной работы являлось исследование влияния температурно-временных параметров на износостойкость протекторных резин с целью установления наиболее приемлемого режима вулканизации.

Объектами исследования являлись протекторные эластомерные композиции на основе натурального каучука с полуэффективной и эффективной вулканизирующими системами.

Истирание заключается в механическом отрыве малых (возможно, микроскопических) частиц с поверхности резины в результате ее фрикционного взаимодействия с другой поверхностью. Поскольку истирание связано с локальными перенапряжениями в поверхностном слое резины (вследствие фрикционного взаимодействия с другой поверхностью) и сопровождается выделением тепла, то, очевидно, фрикционные характеристики вулканизата в значительной степени определяют процесс истирания. В общем силы трения для резины зависят от температуры, скорости, нагрузки, и, конечно, от молекулярной структуры эластомера и состава резиновой смеси [2].

Обеспечение максимальной износостойкости достигается при определенной степени вулканизации. Характер вулканизационных связей также должен влиять на износостойкость, поскольку он влия-

ет на прочность, усталостную выносливость и стойкость к термоокислительному старению.

Определение сопротивления резин истиранию при скольжении производили согласно ГОСТ 12251-77.

В таблицах 1 и 2 представлены результаты исследования истираемости протекторных резин с использованием полуэффективной и эффективной вулканизирующих систем при нормальных условиях испытания и после теплового старения при температуре  $(100\pm 2)^\circ\text{C}$  в течение 72 ч.

**Таблица 1 - Результаты испытаний по определению истираемости протекторных резин с использованием полуэффективной вулканизирующей системы**

Истираемость, $\text{м}^3/\text{ГДж}$	Температура вулканизации, $^\circ\text{C}$ / Время вулканизации, мин						
	143		150			160	
	30	10	30	60	10	30	90
при н.у.	79	57	58	51	64	65	59
после старения	162	108	106	103	121	123	80

**Таблица 2 - Результаты испытаний по определению истираемости протекторных резин с использованием эффективной вулканизирующей системы**

Истираемость, $\text{м}^3/\text{ГДж}$	Температура вулканизации, $^\circ\text{C}$ / Время вулканизации, мин					
	150			160		
	10	30	60	10	30	90
при н.у.	81	78	72	83	74	65
после старения	110	102	88	120	109	95

Анализ результатов по определению сопротивления истиранию протекторных резин, полученных с различными температурно-временными параметрами вулканизации показал, что наилучшими значениями истираемости при нормальных условиях обладают резины, полученные с использованием полуэффективной вулканизирующей системы сочетающие ди- и полисульфидные связи, по сравнению с резинами, полученными с использованием эффективной вулканизирующей системы, содержащими преимущественно поперечные связи меньшей сульфидности. Так, истираемость при нормальных условиях для резин, полученных с использованием полуэффективной вулканизирующей системы, находится в пределах 51–79  $\text{м}^3/\text{ГДж}$ , а для резин, полученных с использованием эффективной вулканизирующей системы 65–83  $\text{м}^3/\text{ГДж}$ . Истирание резин связано с локальными перенапряжениями в поверхностном слое резины и сопровождается выделением тепла [3], поэтому можно предположить, что резины, полученные с использованием полуэффективной вулканизирующей системы, обладают пространственной сеткой, способствующей перераспределению перенапряжений при воздействии контртела на поверхностный слой, что и приводит к умень-

шению истираемости вулканизата.

Определение сопротивления истиранию резин после теплового старения показало, что при использовании эффективной вулканизирующей системы резины характеризуются несколько меньшим значением показателя истираемости, значение данного показателя находится в пределах 88–120 м<sup>3</sup>/ГДж по сравнению с полуэффективной вулканизирующей системой (80–162 м<sup>3</sup>/ГДж). Вероятно, такое изменение показателя истираемости для резин, полученных с использованием полуэффективной вулканизирующей системы, связано с распадом полисульфидных связей и протеканием процессов вторичного структурирования.

Таким образом, максимальная температура вулканизации протекторных резиновых смесей определяется, прежде всего, термической устойчивостью полимера, составом эластомерной композиции, а также кинетикой вулканизации и выбором оптимального режима по наиболее благоприятной кинетической кривой. С повышением температуры и продолжительности вулканизации преобладающими становятся процессы деструкции, что отражается в снижении прочностных характеристик резин. Кроме того, при более высоких температурах активизируются побочные процессы циклизации, окисления, модификации полимерных цепей и др., что сказывается на уменьшении плотности сшивания и ухудшении свойств резин. При этом высокую теплостойкость резин, полученных при использовании эффективной вулканизирующей системы можно объяснить формированием более термостойких связей низкой сульфидности. Вулканизаты с эффективными вулканизирующими системами характеризуются несколько меньшей прочностью при растяжении, однако они оказываются значительно более стабильными при старении.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Павлов В.В. Разработка методики оптимизации тепловых режимов вулканизации гуммировочных покрытий / В.В. Павлов, Ю.Р. Осипов, С.Ю. Осипов // Вестник Череповецкого государственного университета. 2008. №3.
2. Пичугин А.М. Материаловедческие аспекты создания шинных резин: науч. изд. М.: ОАО «ВПК НПО «Машиностроение», 2008. 383 с.
3. Жовнер Н.А. Структура и свойства материалов на основе эластомеров / Н.А. Жовнер, Н.В. Чиркова, Г.А. Хлебов. Омск. 2003. 276 с.