

One of the examples of possible vulcanization of rubbers are compositions of triple ethylene-propylene rubber and fluoro rubber. Vulcanization was carried out using a lactam-containing alloy, which contained components capable of structuring both ethylene-propylene rubber and fluoro rubber.

Исследования, направленные на реализацию предлагаемых нами способов вулканизации (из названия – совулканизация на границе раздела каучуковых фаз), прежде всего, с наибольшей эффективностью могут быть использованы в композициях каучуков разной полярности.

Как правило, обычные приёмы изготовления эластомерных композиций на основе разнополярных каучуков, приводят к значительному ухудшению прочностных свойств. К тому же плохо связанные микрзоны исследуемых композиций не способствуют развитию синергических эффектов, например, при набухании в растворителях и маслах, а также в условиях повышенных температур и т.д.

Одним из последних примеров возможной совулканизации каучуков являются композиции из тройного этилен-пропиленового каучука (СКЭПТ) и фторкаучука (СКФ-26). Совулканизация осуществлялась с использованием лактамсодержащего сплава, в составе которого находились компоненты, способные структурировать как СКЭПТ, так и СКФ-26. Условная прочность при разрыве вулканизатов этой композиции, полученной с использованием нашей методологии, составляет 12-13 МПа при относительном удлинении 350%. В то же время вулканизаты резиновой смеси этих каучуков, приготовленной обычным введением ингредиентов (вулканизирующая группа в виде порошков вводилась на последней стадии), имели, соответственно 6 МПа и 140%.

## **УПРУГО-ГИСТЕРЕЗИСНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ШИННЫХ РЕЗИН С РАЗЛИЧНЫМИ МАРКАМИ ТЕХНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА**

Е.П. Усс<sup>1</sup>, Т.В. Чабан<sup>2</sup>, Ж.С. Шашок<sup>1</sup>, А.В. Лешкевич<sup>1</sup>

<sup>1</sup>УО «Белорусский государственный технологический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>ОАО «Белшина», г. Бобруйск, Республика Беларусь

This work was investigated the elastic-hysteresis characteristics of elastomer compositions containing various grades of carbon black. It was found that a decrease in the dosage of a more finely dispersed and highly structured carbon black in tread rubber leads to the production of vulcanizates with less (by 15–26%) rolling losses compared to rubber with other grades of filler.

Упруго-гистерезисные свойства резин характеризуются комплексом показателей, отражающих взаимосвязь между напряжениями и деформациями. В высокоэластичных системах деформация всегда отстает от напряжения и проявляется в сдвиге фаз амплитуды деформации относительно амплитуды напряжений на угол  $\delta$ , следствием которого является динамический гистерезис, приводящий к механическим потерям и теплообразованию при циклическом нагружении резины.

Гистерезисные потери составляют 90–95% от общего сопротивления качению шины [1]. Основная доля гистерезисных потерь энергии при качении шины приходится на протектор. Величина этих потерь в большей степени зависит от упруго-гистерезисных свойств протекторной резины [2]. Содержание наполнителя, его структурно-дисперсные характеристики, параметры взаимодействия «наполнитель-наполнитель» и «наполнитель-каучук» оказывают определяющее влияние на упруго-гистерезисные свойства наполненных эластомерных композитов [3].

Целью работы являлись сравнительные исследования упруго-гистерезисных характеристик эластомерных композиций, содержащих различные марки технического углерода. В качестве объектов исследования использовались эластомерные композиции, предназначенные для изготовления протектора грузовых шин. В данные композиции вводились высокодисперсные марки технического углерода, отличающиеся показателями адсорбции йода, дибутилфталата и другими. Наполнители вводились в эластомерные композиции в равнозначной и уменьшенной дозировке для более высокодисперсной марки техуглерода.

Упруго-гистерезисные свойства являются фундаментальным показателем протекторных резин, определяющим их другие выходные характеристики. В условиях динамического нагружения упругость резин характеризуется динамическим модулем  $E$ . Гистерезисные потери характеризуются модулем внутреннего трения ( $K$ ) или модулем потерь ( $E''$ ), или тангенсом угла потерь – величиной, пропорциональной отношению  $K/E$  [1]. Определение динамического модуля и модуля внутреннего трения резин при знакопеременном изгибе с вращением проводили в соответствии с ГОСТ 10828-75.

Изменение механических характеристик под действием динамической нагрузки протекторных резин оценивали на приборе DMA Erplexor 500 фирмы Netzsch в соответствии с DIN 53513. Образцы подвергали циклическому сжатию при статической нагрузке 0,56 МПа, динамической нагрузке 0,50 МПа, при постоянной частоте 11 Гц. Температурный интервал, в котором происходили испытания, составил от 20 до 70°C при скорости нагрева образцов 2 К/мин. Для прогноза потерь шины на качество рекомендуется оценивать  $\text{tg } \delta$  при температуре 50–70°C. При этом, чем тангенс потерь ниже, тем меньше потери [1].

Выявлено, что при снижении дозировки более высокодисперсной и высокоструктурной марки наполнителя на 6 мас. ч. в протекторной резине значения динамического модуля и модуля внутреннего трения достигают значений данных показателей для образцов, содержащих наполнители с меньшей дисперсностью.

Результаты исследования тангенса угла механических потерь, измеренного в режиме динамических испытаний при температуре 60°C, для резин с различными марками технического углерода показали, что при использовании более высокодисперсного технического углерода в уменьшенной на 3 мас. ч. дозировке показатель  $\text{tg } \delta$  снижается до 15,8%, а при уменьшении дозировки на 6 мас. ч. – до 26,4% в сравнении с резинами, содержащими марки техуглерода с меньшей удельной поверхностью.

#### Литература

1. Пичугин А.М. Материаловедческие аспекты создания шинных резин. М.: ОАО «ВПК НПО «Машиностроение», 2008. 383 с.
2. Семенов В.К., Белкин А.Е. Экспериментальное исследование гистерезисных свойств протекторных резин в условиях циклического нагружения, характерного для автомобильных шин / Известия высших учебных заведений. Машиностроение, 2013. №2. С. 9–14.
3. Гришин Б.С. Теория и практика усиления эластомеров. Состояние и направления развития. Казань: Изд-во КНИТУ, 2016. 420 с.

### **УПРУГО-ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА РЕЗИН С КРЕМНЕКИСЛОТНЫМ НАПОЛНИТЕЛЕМ И КАПЛИНГ-АГЕНТОМ**

Ж.С. Шашок<sup>1</sup>, Е.П. Усс<sup>1</sup>, О.А. Кротова<sup>1</sup>, А.В. Лешкевич<sup>1</sup>,  
А.Ю. Люштык<sup>2</sup>, С.Н. Каюшников<sup>2</sup>

<sup>1</sup>УО «Белорусский государственный технологический университет»,