

эффективнее использовать в составе эластомерных композиций вместо кислых типов технического углерода – печные, или кремнеземы с гидрофильной поверхностью заменить на кремнеземы гидрофобные.

#### Литература

1. Пакен А.М. Эпоксидные соединения и эпоксидные смолы / Пер. с англ. – Л.: Госхимиздат, 1962. – 963 с.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ВУЛКАНИЗАТОВ С ПЛАСТИФИЦИРУЮЩИМИ ДОБАВКАМИ**

О.А. Кротова, Ж.С. Шашок, Е.П. Усс, Е.И. Грушова, Д.А. Богданович, В.И. Жолнеркевич

УО «Белорусский государственный технологический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь

The effect of refined petroleum oils on the technical properties of elastomer compositions based on general purpose rubbers was studied. It has been established that the use of the studied raffinates in rubber compounds makes it possible to increase the hardness and wear resistance of vulcanizates.

Значительное место в пластификации эластомеров занимают нефтяные масла, однако, они являются источником полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в резинах [1]. ПАУ относятся к группе химических соединений, способных к биоаккумуляции и обладающих канцерогенными, мутагенными и токсическими свойствами, поскольку образуются они в процессах сжигания и переработки нефтепродуктов, угля, древесины и т. д.

В достаточно больших масштабах ПАУ используются при производстве шин и резинотехнических изделий, так как входят в состав нефтяных масел-пластификаторов, мировое потребление которых оценивается на уровне 1,5 млн т/ год [2]. Для получения нефтяного масла, удовлетворяющего экологическим требованиям к пластификаторам каучука, резины в соответствии с Директивой 2005/69/ЕС, вступившие в силу в Евросоюзе с 1 января 2010 г., используют экстракцию различными экстрагентами [3].

Целью работы являлось исследование свойства резин на основе комбинации каучуков общего назначения СКИ-3 и СКД в соотношении 73:27, содержащих очищенные нефтяные масла.

Объектами исследования выступали образцы резин на основе комбинации каучуков общего назначения, в которых в качестве пластифицирующих добавок использовались вакуумный дистиллят ВД-4 (образец сравнения) и его рафинаты, очищенные триэтиленгликолем, диметилсульфоксидом и N-метилпирролидоном+10% масс. этиленгликоля. Исследуемые добавки вводились в резиновые смеси в дозировках 2,5 и 5,0 масс. ч. на 100 масс. ч. каучука.

Твердостью называется способность материала сопротивляться внедрению в его поверхностные слои постороннего твердого тела, вдавливаемого под действием определенной силы. Выявлено, что введение в эластомерные композиции на основе комбинации каучуков СКИ-3 и СКД очищенных дистиллятов ВД-4 приводит к увеличению твердости по Шору А на 13,4–20,2%. При этом установлено, что повышение дозировки пластифицирующих добавок до 5,0 масс. ч. практически не оказывает влияния на твердость образцов.

Структура пространственной сетки оказывает существенное влияние на прочностные свойства вулканизатов. Одним из важнейших параметров образующейся пространственной вулканизационной сетки является плотность поперечного сшивания. Результаты исследований показали, что введение в эластомерные композиции рафинатов приводит к увеличению на 11,1–67,9% плотности поперечного сшивания вулканизатов, по сравнению с образцами содержащими ВД-4. Так, в резине, содержащей ВД-4, плотность сшивания составляет  $0,81 \cdot 10^{-4}$  и  $1,08 \cdot 10^{-4}$  моль/см<sup>3</sup> для дозировок 2,5 и 5,0 масс. ч. соответственно, а при введении рафинатов показатель находится в пределах от  $1,20 \cdot 10^{-4}$  до  $1,36 \cdot 10^{-4}$  моль/см<sup>3</sup>.

Многие резиновые изделия в условиях эксплуатации подвергаются истиранию, что приводит к их износу и выходу из строя. Повышение сопротивления резин истиранию – одна из главных задач резиновой промышленности. Установлено, что резины, содержащие очищенные продукты, характеризуются повышенной стойкостью к истиранию по сравнению с композициями, содержащими ВД-4. Введение в эластомерные композиции рафинатов приводит к увеличению на 28–96% значения сопротивления истиранию резин. Так, данный показатель для образцов резин, содержащих неочищенный ВД-4, составляет 32,56 и 39,85 Дж/мм<sup>3</sup> при дозировке 2,5 масс. ч. и 5,0 масс. ч.

соответственно, а для вулканизатов с рафинатами показатель варьируется в пределах от 41,67 до 77,98 Дж/мм<sup>3</sup>.

Таким образом, результаты исследований показывают целесообразность применения рафинатов в производстве резинотехнических изделий, обладающих повышенной твердостью и износостойкостью.

#### Литература

1. Резниченко, С.В. Большой справочник резинщика: в 2 ч. / С.В. Резниченко, Ю.Л. Морозов. – Техинформ, 2012. – Ч. 1: Каучуки и ингредиенты. – 744 с.
2. Грушова, Е.И. Сравнительный анализ экстрагирующей способности растворителей для очистки ароматических масел от полициклических ароматических углеводородов / Е.И. Грушова, В.И. Жолнеркевич // Труды БГТУ. Серия 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология. – 2021. – № 2. – С. 133–137.
3. Исследование экстракции канцерогенных полициклоаренов в аппарате с насадкой / О.М. Флисюк [и др.] // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). – 202. – № 56. – С. 51–56.

### **ПРОЧНОСТЬ НЕВУЛКАНИЗОВАННЫХ РЕЗИНОВЫХ СМЕСЕЙ С КРЕМНЕКИСЛОТНЫМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ**

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

The green strength of unvulcanized rubber compounds based on styrene-butadiene rubbers, produced by solution polymerization: DSSK-2163 and oil-filled DSSK 2560M27, containing silica fillers Zeosil 165 MP and Zeosil Premium 200MP, was studied. It has been established that the green strength of the unvulcanized rubber compounds is influenced by the nature of elastomers, the dispersion of silica, the dosage of the coupling agent, and the time interval for storing the mixture. The most acceptable dosages of the coupling agent have been determined, which make it possible to obtain rubber mixtures with the highest cohesive green strength.