

соответственно, а для вулканизатов с рафинатами показатель варьируется в пределах от 41,67 до 77,98 Дж/мм³.

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. Шашок¹, Е.П. Усс¹, О.А. Кротова¹, А.В. Лешкевич¹, А.Ю. Люштык², С.Н. Каюшников²

¹УО «Белорусский государственный технологический университет», г. Минск, Республика Беларусь, ²ОАО «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.

Введение в резиновые смеси кремнекислотных наполнителей (ККН) дает ряд преимуществ таких, как улучшение сопротивления раздиру, снижение теплообразования и увеличение адгезии в многокомпонентных изделиях, например, шинах. Два основных свойства кремнекислотных наполнителей определяют их применение в резиновых композициях – это предельный размер частиц и степень гидратации.

Другие физические свойства, такие как химический состав и абсорбция масел имеют вторичное значение. Кремнекислотные наполнители по сравнению с техническим углеродом сходных размеров частиц не обладают той же усиливающей способностью, хотя этот недостаток в значительной степени устраняется, если использовать совместно с ККН агенты сочетания. Введение кремнекислотного наполнителя в протекторную смесь приводит к снижению сопротивления качению и улучшению гистерезисных свойств [1, 2].

Использование кремнекислотных наполнителей в резиновых смесях имеет некоторые недостатки, такие как несовместимость с неполярными эластомерами, плохая дисперсия и распределение в эластомерной матрице и плохое взаимодействие наполнителя и резины [3, 4]. Для преодоления этих ограничений в резиновых смесях применяются серосодержащие силановые связующие агенты. Смешивание кремнезема с силаном в неполярном эластомере включает химическую реакцию (силанизацию), и степень этой реакции оказывает существенное влияние на свойства получаемого композита [5, 6].

Целью работы являлось исследование влияния марки кремнекислотных наполнителей на когезионную прочность резиновых смесей. Объектами исследования были модельные эластомерные композиции на основе бутадиен-стирольных каучуков, полученных растворной полимеризацией (ДССК): ДССК-2163 и маслонеполненный ДССК 2560М27. В работе использовались две марки кремнекислотного наполнителя, различающиеся величиной удельно поверхности по адсорбции: Zeosil 1165 MP и Zeosil Premium 200MP. В качестве связующего агента использовался силан марки X 50-S, представляющий собой смесь бифункционального серосодержащего органосилана (бис(триэтоксисилилпропил)тетрасульфид и технического углерода в соотношении 1:1 по массе.

Испытание по определению когезионной прочности резиновых смесей выполняли согласно методике ISO 9026:2007 [7].

Выявлено, что в композициях с 60,0 мас. ч. кремнезема марки Zeosil-1165MP на основе каучука ДССК 2163 начальная когезионная

прочность смеси с увеличением дозировки каплинг-агента уменьшается на 3,1–9,4%, а в композициях на основе ДССК 2560М27 уменьшение составляет 5,0%. При этом наилучшие показатели прочностных свойств при хранении смесей на основе исследуемых эластомеров выявлены при дозировке силана X 50-S 10,5 мас. ч.

Для композиций с 60,0 мас. ч. кремнекислотного наполнителя марки Zeosil Premium 200MP на основе ДССК 2163 выявлено, что увеличение дозировки силана способствует повышению прочностных свойств резиновых смесей на 4,3–17,4%. С увеличением времени хранения смесей на основе исследуемых эластомеров когезионная прочность увеличивается в 1,11–2,13 раза. При этом наилучшими показателями характеризуются резиновые смеси, содержащие 12,7 и 14,7 мас. ч. каплинг-агента X 50-S.

Таким образом, установлено, что на прочность невулканизованной резиновой смеси оказывает влияние природы эластомеров, дисперсность кремнекислотного наполнителя, дозировка каплинг-агента и временной интервал хранения смеси.

Данная работа проводилась в рамках выполнения комплексного задания «Разработка научных основ получения и методов исследования эластомерных композиций различного назначения с улучшенным комплексом свойств» Государственной программы научных исследований «Материаловедение, новые материалы и технологии» подпрограмма «Многофункциональные и композиционные материалы».

Литература

1. Mark, J. Science and technology of rubber / J. Mark. – Academic Press, 2005. – 768 p.
2. Пичугин, А.М. Материаловедческие аспекты создания шинных резин / А.М. Пичугин. – М.: ОАО «ВПК НПО «Машиностроение», 2008. – 383 с.
3. Noriman, N.Z. Properties of styrene butadiene rubber (SBR)/recycled acrylonitrile butadiene rubber (NBRr) blends: the effects of carbon black/silica (CB/Sil) hybrid filler and silane coupling agent, Si69 / N.Z. Noriman, H. Ismail // Journal of Applied Polymer Science. – 2011. – Vol. 124, No. 1. – P. 19–27.
4. Sung, H.S. Study on silica-based rubber composites with epoxidized natural rubber and solution styrene butadiene rubber / H.S. Sung // Polymers and Polymer Composites. – 2021. – Vol. 29, No 9. – P. 1422–1429.

5. Reuvekamp, L.A. Effects of mixing conditions-Reaction of TESPT silane coupling agent during mixing with silica filler and tire rubber / L.A. Reuvekamp, P.J. Van Swaaij, J.W.M. Noordermeer // Kautschuk. Gummi. Kunststoffe. – 2002. – Vol. 55, No 1–2. – P. 41–47.
6. Kaewsakul, W. Optimization of mixing conditions for silica-reinforced natural rubber tire tread compounds / W. Kaewsakul, K. Sahakaro, W.K. Dierkes, J.W.M. Noordermeer // Rubber Chemistry and Technology. – 2012. – Vol. 85, No 2. – P. 277–294.
7. Raw rubber or unvulcanized compounds – Determination of green strength: ISO 9026:2007. – Second edition 01.07.2007. – Geneva: ISO copyright office, 2007. – 14 p.

РЕЗИНА ДЛЯ МАССИВНЫХ ШИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЖЕЛЕЗООКСИДНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ. МЕТОДЫ ИССЛЕ- ДОВАНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ

И.А. Литвинова¹, А.Б. Кочерга^{1,2}, Ю.А. Гамлицкий^{1,2}, И.В. Веселов²
¹РТУ МИРЭА ИТХТ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия,
²ООО НПКЦ ВЕСКОМ, г. Москва, Россия

В докладе представлены результаты дальнейших исследований возможности использования железоксидного наполнителя (ЖОН) в составе резин для массивных шин. Предыдущие результаты опубликованы, в частности, в работах [1-7]. Была исследована резина для массивных шин с ЖОН типа Ferroflex и техническим углеродом марки П514. Данные физико-механических показателей были получены на разрывной машине УТС-5 (г. Иваново).

Проведён цикл исследований, содержащий 1) выбор технологии изготовления и режима вулканизации резиновых смесей, 2) проведение физико-механических испытаний вулканизатов, 3) проведение гистерезисных испытаний вулканизатов; 4) проведение усталостных испытаний вулканизатов, 5) выбор и использование моделей для построения уравнений регрессии, 6) выбор вида целевой функции и проведение компьютерных расчётов для получения оптимального содержания ЖОН в вулканизате.

С использованием имеющихся стандартных программ и методов построения и решения целевой функции были найдены массовые доли ЖОН и ТУ в составе резины для массивных шин, при котором целевая функция минимальна, а выходные параметры приближены к выходным параметрам, которые задал заказчик. Показано, что вид