

УДК 678.049

С.А. Перфильева, нач. испыт. сектора ЦЗЛ (ОАО «Белшина», г. Бобруйск);

Ж. С. Шашок, доц., канд. техн. наук;

Е. П. Усс, ст. преп., канд. техн. наук;

А. И. Юсевич, зав. кафедрой НГП и НХ, канд. хим. наук
(БГТУ, г. Минск)

УПРУГО-ГИСТЕРЕЗИСНЫЕ СВОЙСТВА РЕЗИН С НЕФТЕПОЛИМЕРНЫМИ СМОЛАМИ

Нефтеполимерные смолы (НПС), обладающие уникальными физико-химическими свойствами, находят широкое применение в качестве мягчителей эластомерных композиций. Они повышают клейкость и снижают вязкость резиновых смесей, улучшают их шприцуемость, динамические свойства резин, сопротивление разрастанию трещин и т. д. [1]. Известно [2, 3], что введение пластификаторов и мягчителей может уменьшать число узлов флуктуационной сетки в эластомерных композициях, что способствует облегчению релаксационных процессов и достижению равновесного состояния, а, следовательно, приводит к снижению теплообразования резин.

При качении шины по дорожной поверхности, она испытывает деформацию с частотой до 106 Гц. Современное испытательное оборудование не в силах создать такие условия тестирования. Существует закон для определения частотно-температурной эквивалентности, который называется соотношением WLF. В первом приближении можно считать, что возрастание частоты в 10 раз действует на резину так же как уменьшение температуры на величину 7–8°C. Прибор DRPA-3000 позволяет задавать изменение температуры в процессе испытания. При таком режиме испытания получают физико-механические свойства, которые резины будут иметь в реальной шине. Частотные пределы эффекта дорожных неровностей соответствуют диапазону частот 102–106 Гц, а частота 10–20 Гц соответствует сопротивлению качению шины [4]. В связи с этим исследования влияния нефтеполимерных смол на изменение тангенса угла механических потерь образцов эластомерных композиций проводились на приборе DRPA-3000 согласно ASTM D6601–02 (2008) при разных частотах деформации, соответствующих реальным условиям эксплуатации шины.

В качестве объектов исследования использовались эластомерные композиции основе каучуков общего назначения, применяемые в шинной промышленности. В исследуемые композиции вводились НПС с различными физико-химическими характеристиками. Исследуемые нефтеполимерные смолы были получены из тяжелой пиролизной смо-

лы методом термической радикальной полимеризации. Химический состав и физико-химические характеристики смол НПС зависели от условий получения и выделения целевого продукта [5]. В качестве образца сравнения использовалась применяемая в промышленности стирольно-инденная смола (СИС). Замена промышленного мягчителя на исследуемые смолы проводилась в равных дозировках.

Анализ результатов испытаний камерных резин показал, что наибольшие гистерезисные потери для резин, содержащих исследуемые нефтеполимерные смолы, определены при частоте деформации в 3 Гц, а для образца, содержащего стирольно-инденную смолу, – при 10 Гц. Образцы, содержащие смолы НПС-5 и НПС-7, при всех частотах испытаний имеют меньшие значения $\text{tg}\delta$ по сравнению с образцом с промышленным мягчителем. При минимальной частоте испытания (1 Гц) наибольшим теплообразованием обладает образец, содержащий нефтеполимерную смолу НПС-6, для него $\text{tg}\delta$ составляет 0,109, в то время как для образца сравнения данный показатель равен 0,102. Однако, при достижении максимальной частоты (20 Гц) тангенс угла механических потерь для резины с НПС-6 уменьшается до 0,081, что значительно ниже, чем для образцов со смолой СИС. Такой характер изменения упруго-гистерезисных характеристик образцов резин с нефтеполимерными смолами, вероятно, связан с их влиянием на процесс формирования пространственной сетки резин и природу образующихся поперечных связей. Кроме того, исследуемые мягчители могут оказывать влияние на подвижность макромолекул каучука и облегчать перемещение молекулярных цепей вследствие менее густой вулканизационной сетки, что может оказывать влияние на изменение зависимости $\text{tg}\delta$ от частоты деформации, а именно происходит смещение пика потерь образцов с нефтеполимерными смолами в сторону более низких частот по сравнению с образцами с СИС [1, 3].

Результаты исследования каркасных резин показали, что с увеличением частоты деформации гистерезисные потери всех исследуемых образцов уменьшаются. Минимальные значения $\text{tg}\delta$ выявлены в случае использования в качестве пластификатора нефтеполимерной смолы НПС-6. В зависимости от частоты деформации, прикладываемой к испытываемому образцу, значения тангенса угла механических потерь резины с НПС-6 ниже аналогичных значений показателей резины с СИС на 6,3–25,4%. Замена стирольно-инденной смолы на нефтеполимерные смолы НПС-5 и НПС-7 в рецептуре каркасных резин существенно не влияет на гистерезисные потери, исключение составляет только резина с НПС-7 при 10 Гц (0,075) и с НПС-5 при 20 Гц (0,057), в этих условиях гистерезисные потери ниже на 5,1% и 14,9% соответ-

ственно относительно образцов сравнения.

Установлено, что гистерезисные потери резин, предназначенных для обрезаживания металлокордного брекера, при увеличении частоты деформации испытательного образца снижаются. Определено, что при минимальных частотах деформации образцов (1–3 Гц) резины с нефтеполимерными смолами НПС-5 и НПС-6 имеют показатели $\text{tg}\delta$ на уровне образца сравнения: при частоте деформации 1 Гц значения тангенса угла механических потерь образцов с НПС-5, НПС-6 и СИС равны 0,100, при частоте деформации 3 Гц – 0,96, 0,97 и 0,96 соответственно. Увеличение частоты до 10 Гц приводит к снижению на 3,8% гистерезисных потерь образца с НПС-5 (0,077) относительно образца с СИС (0,080). При максимальной частоте деформации (20 Гц) гистерезисные потери резины с НПС-6 (0,061) выше, чем для образца с СИС (0,054) на 13,0%. Замена промышленного мягчителя на исследуемую смолу НПС-7 приводит к снижению гистерезисных потерь в зависимости от частоты деформации на 4,2–29,6% относительно резины, содержащей в рецептуре промышленный мягчитель. Снижение тангенса угла механических потерь вулканизата при использовании в рецептуре резиновой смеси для обрезаживания металлокордного брекера нефтеполимерной смолы НПС-7, вероятно, объясняется уменьшением плотности поперечного сшивания резины, в результате чего повышается подвижность макромолекул каучука и облегчается перемещение молекулярных цепей, что приводит к увеличению скорости релаксации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пичугин, А.М. Материаловедческие аспекты создания шинных резин: науч. издание. – М.: Машиностроение, 2008. – 383 с.
2. Дик, Дж.С. Технология резины: рецептуростроение и испытания / под редакцией Дж.С. Дика; перевод с англ. под редакцией В.А. Шершнева. – Санкт-Петербург: Научные основы и технологии, 2010. – 620 с.
3. Жовнер, Н.А. Структура и свойства материалов на основе эластомеров / Н.А. Жовнер, Н.В. Чиркова, Г.А. Хлебов. – Омск: Филиал РосЗИТЛП, 2003. – 276 с.
4. Основные направления рецептуростроения резин для легковых шин / Б.С. Гришин [и др.]; под ред. Б.С. Гришина, Г.Я. Власова. – Москва: ЦНИИТЭнефтехим, 1996. – 173 с.
5. Повысители клейкости на основе нефтеполимерных смол в резиновых смесях (обзор) / Ж.С. Шашок [и др.] // Труды БГТУ. 2019, № 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология. – С. 53–69.