

ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ВУЛКАНИЗАТОВ СМЕСЕЙ КАУЧУКА СКИ-3 С ТРАНС-1,4-ПОЛИИЗОПРЕНОМ

EVALUATION OF PERFORMANCE PROPERTIES OF VULCANIZATES ISOPRENE RUBBER SKI-3 MIXTURES WITH TRANS-1,4-POLYISOPRENE

Авторы: Усова Алина Дмитриевна (Тольяттинский государственный университет)
Орлов Юрий Николаевич (Тольяттинский государственный университет)
Филиппова Анна Николаевна (ООО «Тольяттикаучук»)
Филиппова Юлия Николаевна (ООО «Тольяттикаучук»)

Аннотация: На сегодняшний день в мире СКИ-3 занимают первую позицию среди различных видов синтетических каучуков. Синтетический изопреновый каучук подобен натуральному, однако уступает в когезионных, прочностных и некоторых других свойствах. Большая часть СКИ-3 идёт на изготовление шин, поэтому к нему предъявляются повышенные требования. Для соответствия готовой продукции предъявляемым требованиям на сегодняшний день проводятся исследования и поиски модификаторов различного назначения. В статье рассматривается модификация каучука марки СКИ-3 транс-1,4-полиизопреном; проводится оценка эксплуатационных свойств вулканизатов смесей каучука СКИ-3 с транс-1,4-полиизопреном.

Ключевые слова: полимер, модификация, эксплуатационные характеристики, каучук СКИ-3, транс-1,4-полиизопрен

Annotation: nowadays isoprene rubber SKI-3 dominates in the world among various types of synthetic rubbers. Isoprene rubber is similar to natural rubber, however it is inferior to cohesive, strength and some other properties. Most of the isoprene rubber SKI-3 is used in the production of tires, so there are increased requirements for it. To meet the requirements of the finished product, research for modifiers for various purposes are currently being conducted. The article describes the modification of isoprene rubber SKI-3 rubber with trans-1,4-polyisoprene; the performance properties vulcanizates of isoprene rubber SKI-3 rubber with trans-1,4-polyisoprene are evaluated.

Keywords: polymer, modification, performance characteristics, isoprene rubber SKI-3, trans-1,4-polyisoprene.

Базовым каучуком отечественной резиновой промышленности является синтетический изопреновый каучук марки СКИ-3. Доля его потребления от общего количества синтетических каучуков в России составляет 34 %.

С каждым годом спрос на СКИ-3 растёт, а вместе с тем повышаются технические требования из-за ужесточения условий эксплуатации.

На сегодняшний день ведётся значительное количество исследований, направленных на поиск новых методов модификации изопренового каучука и придания ему эксплуатационных характеристик, присущих натуральному, среди

которых: повышенные когезионные свойства резиновых смесей, повышенное сопротивление росту трещин вулканизатов, низкое сопротивление шин качению при сохранении или одновременном улучшении сцепления шин с дорогой и износостойкости [1]. Несмотря на многочисленные исследования, в мире пока нет ни одной марки синтетического изопренового каучука, свойства которой были бы в полной мере приближены к натуральному каучуку.

Вместе с тем введение до 20-25 м. ч. транс-1,4-полиизопрена в смеси протектора и боковины взамен НК и (или) других каучуков позволяет уменьшить потери на качение, улучшить сопротивление росту трещин резин [1,2].

Цель данного исследования: повышение эксплуатационных характеристик вулканизатов каучука марки СКИ-3 путём его модификации транс-1,4-полиизопреном.

Для изготовления резиновых смесей на основе базового и модифицированных каучуков использовали рецепт согласно ГОСТ Р 54548-2011. Составы смесей приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Составы резиновых смесей на основе СКИ-3 и транс-1,4-полиизопрена

Наименование ингредиента	Массовая часть		
	Контрольный образец	Опытный образец 1	Опытный образец 2
Каучук СКИ-3	100,0	90,0	80,0
транс-1,4-Полиизопрен	-	10,0	20,0
Белила цинковые	5,0	5,0	5,0
Кислота стеариновая	2,0	2,0	2,0
Сера	2,25	2,25	2,25
TBBS	0,7	0,7	0,7
Технический углерод из нефтяного сырья	35,0	35,0	35,0

Приготовление резиновых смесей, а также процесс листования и кондиционирования проводили в соответствии с ГОСТ Р 54548-2011.

Полученные резиновые смеси разрезали на пластины, соответствующие размеру ячейки пресс-формы. Поместили пластины в нагретые в прессе до температуры 135 °С в течение 20 минут вулканизационные пресс-формы. Резиновые смеси вулканизовали при температуре 135 °С в течение 40 минут [3].

Оценку эксплуатационных свойств образцов резиновой смеси проводили на анализаторе перерабатываемости резин RPA-2000 [4]. Величину гистерезисных потерь оценивали по тангенсу угла механических потерь (отношение эластического и

пластического модулей сдвига материала) при деформации сдвига 10 %, в режиме изменения деформаций. Величину сопротивления качения оценивали по тангенсу угла механических потерь при деформации сдвига 5 %, в режиме изменения температур. Распределение технического углерода в резиновой смеси (эффект Пейна) оценивали по разности эластических модулей сдвига G' (отношения эластической составляющей крутящего момента к деформации сдвига) при деформации 2 % и 50 % и температуре 100 °С.

В таблице 2 представлены результаты оценки эксплуатационных свойства модифицированного транс-1,4-полиизопреном и контрольного образцов.

Таблица 2 – Результаты оценки эксплуатационных свойств полученных и контрольного образцов

Образец	Оценка эксплуатационных свойств вулканизатов		Оценка качества распределения ТУ в резиновой смеси
	Гистерезисные потери (tgδ 10 %, RPA2000)	Сопротивление качению (tgδ 60 °С, RPA 2000)	Эффект Пейна, кПа ($G'_{2\%} - G'_{50\%}$, RPA2000)
Контрольный образец	0,125	0,124	67
Опытный образец 1	0,126	0,132	109
Опытный образец 2	0,147	0,127	103

В таблице можно видеть, как изменились свойства образцов с добавлением в состав резиновой смеси транс-1,4-полиизопрена. Значения гистерезисных потерь контрольного образца и образца 1 находятся на одном уровне, образец 2 имеет большие гистерезисные потери. Величина сопротивления качению для всех образцов имеет близкие значения. Распределение технического углерода в резиновой смеси для образцов 1 и 2 находится на одном уровне, в контрольном образце распределение технического углерода лучше. Таким образом, при увеличении содержания транс-1,4-полиизопрена в резиновой смеси значительно повысились потери энергии на внутреннее трение, наблюдается ухудшение диспергирования технического углерода – распределения наполнителя.

Величину сопротивления качению вулканизатов также оценивали значением коэффициента трения качения шарика по резиновой пластине методом наклонного маятника [5].

Сопротивление вулканизатов истиранию при качении с проскальзыванием оценивали в соответствии с ГОСТ 12251-77 [6] при использовании абразивной ленты

монокорунд 150, частоте вращения образца 350 об/мин и температуре 23 °С в течение 180 с. Испытуемую резину в форме полоски шириной 10 мм и толщиной 2 мм наклеивали на образцы из контрольной резины. Интенсивность истирания определяли по убыли объёма образца за время испытания, за результат испытания принимали среднее арифметическое значение показателей трёх образцов.

Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Значения коэффициента трения качения и степени истирания для различных образцов вулканизатов

Образец	Коэффициент трения качения μ , мм	Интенсивность истирания $J \cdot 10^{-10}$, м ³ /с
Контрольный образец	0,079 ± 0,027	0,86 ± 0,43
Опытный образец 1	0,091 ± 0,020	0,37 ± 0,37
Опытный образец 2	0,087 ± 0,027	0

По результатам таблицы видно, что модификация СКИ-3 транс-1,4-полиизопреном не приводит к уменьшению потерь на качение, но способствует снижению интенсивности истирания вулканизатов, причём при введении транс-1,4-полиизопрена в соотношении 1:4 к СКИ-3 истирание в условиях испытаний практически не происходит. Таким образом, модификация транс-1,4-полиизопреном может быть рекомендована для повышения сопротивления вулканизатов на основе СКИ-3 истиранию при их эксплуатации в условиях качения с проскальзыванием.

Литература

1. Куперман Ф.Е. Новые каучуки для шин. Растворные каучуки с повышенным содержанием винильных звеньев, альтернативные эмульсионному БСК. Транс-полимеры и сополимеры изопрена и бутадиена – М.: ООО «Научно-технический центр НИИШП», 2011. – 367 с.
2. Song J.S., Huang B.C., Yu D.S. Progress of Synthesis and Application of trans-1,4-Polyisoprene. // J. Appl. Polymer Sci. – 2001. – V. 82, N 1. – P. 81-89.
<https://doi.org/10.1002/app.1826>.
3. ГОСТ Р 54548-2011 КАУЧУКИ ИЗОПРЕНОВЫЕ (IR). Приготовление и испытание резиновых смесей [Текст]. Введ. с 01.07.2013 - М.: Стандартинформ, 2013. – 11с.
4. Enterprise Database RPA 2000, Alpha Technologies U.S., Akron. – 2005. – 40 p.
5. Рахманкулова Г.А., Суркаев А.Л. Определение коэффициента трения методом наклонного маятника [Электронный ресурс]: методические указания / Г.А. Рахманкулова, А.Л. Суркаев // Сборник «Методические указания» Выпуск 3. – Электрон. текстовые дан. (1файл: 141Kb) – Волжский: ВПИ (филиал) ГОУВПО ВолгГТУ, 2011.

6. ГОСТ 12251-77. Резина. Метод определения сопротивления истиранию при качении с проскальзыванием [Текст]. – Взамен ГОСТ 12251-66; Введ. с 01.07.1979 – Москва: Изд-во стандартов, 1978. – 3 с.

1. Kuperman F.E. New rubbers for tires. Solution rubbers with a high content of vinyl links, alternative to emulsion BSR. Trans-polymers and copolymers of isoprene and butadiene – M.: LLC "Scientific and Technical Center of NIISHP", 2011. – 367 p.
2. Song J.S., Huang B.C., Yu D.S. Progress of Synthesis and Application of trans-1,4-Polyisoprene. // J. Appl. Polymer Sci. – 2001. – V. 82, N 1. – P. 81-89.
<https://doi.org/10.1002/app.1826> .
3. GOST R 54548-2011 ISOPRENE RUBBERS (IR). Preparation and testing of rubber compounds [Text]. Introduced from 01.07.2013 - Moscow: Standartinform, 2013. – 11с.
4. Enterprise Database RPA 2000, Alpha Technologies U.S., Akron. – 2005. – 40 p.
5. Rakhmankulova G.A., Surkaev A.L. Determination of the coefficient of friction by the method of an inclined pendulum [Electronic resource]: guidelines / G.A. Rakhmankulova, A.L. Surkaev // Collection "Guidelines" Issue 3. – Electron. text data. (1file: 141Kb) – Volzhsky: VPI (branch) GOVPO VolgSTU, 2011.
6. GOST 12251-77. Rubber. Method for determining abrasion resistance during rolling with slippage [Text]. – Instead of GOST 12251-66; Introduced from 01.07.1979 – Moscow: Publishing House of Standards, 1978. – 3 p.