

УДК: 678

О. В. Карманова, д-р техн. наук, зав. каф.,
А. С. Казакова, канд. техн. наук, доц.,
П. С. Москалев, асп.,
Ю. Ф. Шутилин, д-р техн. наук, проф.
(ФГБОУ ВО «ВГУИТ», г. Воронеж, Российская Федерация)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВУЛКАНИЗУЮЩЕЙ ГРУППЫ НА СВОЙСТВА МАСЛОБЕНЗОСТОЙКИХ РЕЗИН

При разработке рецептур резин для изделий, эксплуатирующихся при пониженных температурах основными принципами являются: применение каучука с низкой температурой стеклования; введение пластификаторов; правильный выбор вулканизирующей группы; использование смесей каучуков [1]. Особую актуальность приобретают исследования, направленные на создание морозостойких резиновых уплотнителей, работоспособных в среде масел и топлив [2].

Известно [3], что при увеличении густоты сетки до определенной степени повышается коэффициент морозостойкости резин на основе полярных и неполярных каучуков в области перехода из высокоэластического в стеклообразное состояние. Для кристаллизующихся каучуков влияние поперечных связей и других образующихся при вулканизации структур на морозостойкость резин проявляется в нарушении регулярности цепей макромолекул. Так, для резин на основе НК, СКИ-3 и СКД наиболее сильное замедление кристаллизации достигается при использовании вулканизирующих групп, приводящих к образованию полисульфидных связей и модификации цепи полимера в присутствии ускорителей типа каптакса и альтакса, а также при использовании вулканизирующих групп, содержащих серу с сульфенамидными ускорителями [4].

При рассмотрении механизма вулканизации смесей полимеров основное внимание уделяется проблеме растворимости вулканизирующих агентов в смеси и влиянию различных факторов на процесс совулканизации, а также возможности регулирования распределения вулканизирующих агентов в смеси полимеров для обеспечения хорошего совпадения скоростей вулканизации в разных фазах.

С целью обеспечения равномерности распределения вулканизирующей группы в резинах на основе морозостойкого и маслобензостойкого каучуков изучена возможность применения комплексного активатора серной вулканизации Вулкатив (производитель ООО «Совтех», г. Воронеж) в рецептуре изделий, эксплуатируемых при пониженных температурах.

В качестве объектов для исследования использовали резиновые смеси на основе бутадиенового (СКД), изопренового (СКИ-3) и бутадиен-нитрильного (СКН-40) каучуков. Применяли ускорители вулканизации разных классовв альтакс, каптакс, дифенилгуанидин, в том числе при их сочетании. Активаторы вулканизации оксид цинка, стеариновую кислоту (эталонный образец), активатора Вулкатив (опытные образцы резиновых смесей). В рецептурах резиновых смесей заменяли оксид цинка (4 мас. ч.) и стеариновую кислоту (1 мас. ч.) на комплексный активатор вулканизации Вулкатив (4 мас. ч.).

Вулканизационные характеристики резиновых смесей определяли на реометре MDR-2000, полученные реограммы оцифровывали и определяли значения крутящего момента во времени, после чего данные вводили в программу расчета кинетических параметров «Vulcanization v.2.0 [5]. Результаты испытаний приведены в таблице.

Таблица – Свойства резин с разными активаторами вулканизации

Наименование показателей	Эталон	Опыт
M_v , усл. ед.	69	68
t_s , мин	4,3	4,1
t_{90} , мин	18,4	17,5
v , мин ⁻¹	7,1	7,5
k_1	0,04	0,07
k_2	0,95	1,12
f_p , МПа	13,2	14,5
ε_p , %	420	470
θ , %	12	14
Δ , %	10,5	9,0

Примечание. M_v – вязкость по Муни, ML 1+4 при 100°C; t_s – время начала вулканизации; t_{90} – время оптимума вулканизации; v – скорость вулканизации; k_1 , k_2 – константы скорости вулканизации в индукционном и главном периоде процесса, соответственно; f_p – условная прочность при растяжении; ε_p – относительное удлинение при разрыве; θ – остаточное удлинение при разрыве; Δ – Изменение массы в СЖР-2 (100°C×24 ч), %

Характер изменения структуры смесей каучуков оценивали по их вулканизационной активности, т.е. по количеству серы, которое связывает каждый каучук в процессе вулканизации, которое определяли расчетным методом. Установлено, что степень присоединения серы к каучукам в их смесях при вулканизации не согласуется с вулканизационной активностью индивидуальных каучуков. Сделано предположение, что более подвижные цепи быстрее реагируют с действительными агентами вулканизации, как, например СКД и поэтому в смесях этого каучука с БНК, последний присоединяет меньшее коли-

чество серы вследствие меньшей подвижности цепей.

В ходе испытаний установлено, что введение активатора Вулкатив в резиновые смеси на основе комбинации бутадиенового, бутадиен-нитрильного и изопренового каучуков позволяет получить резиновые смеси и вулканизаты, не уступающие по комплексу исследуемых свойств аналогам, в которых содержится оксид цинка (таблица), а по ряду показателей превышающие их.

Улучшение показателей упруго-прочностных свойств резин обусловлено, по нашему мнению, формированием во время приготовления синтеза комплексного активатора и в начальном периоде вулканизации промежуточных комплексов оптимального строения и активности. Кроме того, применение активатора Вулкатив позволяет снизить содержание оксида цинка в резине, что благоприятно сказывается на экологических и технико-экономических показателях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технология резины. Рецептуростроение и испытания: пер. с англ / Дж. С. Дик. – СПб.: Научные основы и технологии, 2010. – 620 с.
2. Соколова М. Д., Шадрин Н. В., Давыдова М. Л. Эластомерные материалы уплотнительного назначения для эксплуатации в условиях холодного климата России // Каучук и резина. – 2018. – Т. 77, № 6. – С. 402–409.
3. Чайкун А. М., Елисеев О. А., Наумов И. С., Венедиктова М. А. Особенности построения рецептур для морозостойких резин // Авиационные материалы и технологии. – 2013. – № 3 (28). – С. 53–55.
4. Вахрушева Я. А., Юмашев О. Б., Чайкун А. М. Современные тенденции в областиморозостойких резин на основе полярных и неполярных каучуков (обзор) // Труды ВИАМ. – 2022. – № 8 (114). – С. 77–87.
5. Программное обеспечение задачи определения оптимального времени вулканизации резиновых смесей / С. Г. Тихомиров, О. В. Карманова, В. К. Битюков, А. А. Маслов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2018. – № 4. – С. 108–116.