

<http://doi.org/10.32864/polymmattech-2024-10-1-74-79>

УДК 620.22; 678

ВЛИЯНИЕ ВУЛКАНИЗУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ НА МОРОЗОСТОЙКОСТЬ ЭТИЛЕНПРОПИЛЕНДИЕНОВЫХ ЭЛАСТОМЕРОВ

М. Л. ДАВЫДОВА, А. Ф. ФЕДОРОВА⁺, А. Д. ПАВЛОВ

Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр СО РАН» обособленное подразделение Институт проблем нефти и газа СО РАН, ул. Автоторожная, 20, 677007, г. Якутск, Россия

Материалы на основе этиленпропилендиеновых каучуков (СКЭПТ) обладают стойкостью к окислению, высокой озono- и теплостойкостью, ударопрочностью. Для вулканизации резиновых смесей на основе этиленпропилендиеновых каучуков применяются как традиционные серные, так и пероксидные вулканизационные системы.

Цель работы — изучение влияния вулканизирующих систем на низкотемпературные и физико-механические свойства эластомерных материалов на основе этиленпропилендиенового каучука СКЭПТ-40. В качестве объекта исследований выбраны резины на основе этиленпропилендиенового каучука марки СКЭПТ-40 производства ПАО «Уфаоргсинтез».

Для изготовления резиновых смесей выбраны серная, серно-пероксидная и пероксидная вулканизирующие системы. Проведено исследование вулканизационных характеристик эластомеров, определены релаксационные характеристики, физико-механические показатели, коэффициент морозостойкости при растяжении, абразивостойкость, остаточная деформация сжатия, степень набухания в среде тормозной жидкости. Установлено, что быстрее всех подвулканизации подвергаются смеси, содержащие пероксидную вулканизирующую систему, однако оптимума вулканизации достигают за более длительное время, чем резины с серно-пероксидной системой. Результаты определения показателей вулканизационной сетки резин, показали, что резиновые смеси с пероксидной вулканизирующей системой имеют меньшее количество поперечных связей, менее плотную вулканизационную сетку. Максимальной густотой пространственной сетки характеризуются резины с серной системой вулканизации. Образцы резин с серной системой вулканизации при температуре 170 °С в течение 20 мин, с серно-пероксидной и пероксидной системой — при температуре 160 °С в течение 20 мин. Установлено, что наименьшими упруго-прочностными свойствами обладают образцы с пероксидной системой вулканизации. Резины с серной системой характеризуются высокими упруго-прочностными свойствами и наименьшим значением объемного износа, однако обладают низкой степенью эластического восстановления. Вулканизаты, содержащие 0,3 мас. ч. серы и 2,5 мас. ч. дикумилпероксида характеризуются наибольшими значениями условной прочности при растяжении и относительного удлинения при разрыве. Также данные образцы обладают самыми низкими значениями остаточной деформации сжатия. Все исследованные резины являются стойкими к воздействию тормозной жидкости. Установлено, что максимальным значением коэффициента морозостойкости при растяжении при минус 45 °С характеризуется резина с серной системой вулканизации, для которой выявлена наибольшая густота пространственной сетки.

Ключевые слова: резина, этиленпропилендиеновый каучук, агенты вулканизации, физико-механические свойства, коэффициент морозостойкости.

⁺ Автор, с которым следует вести переписку. E-mail: faitalina@mail.ru

THE EFFECT OF THE VULCANIZING SYSTEM ON PROPERTIES OF ETHYLENE PROPYLENE DIENE ELASTOMERS

M. L. DAVYDOVA, A. F. FEDOROVA⁺, A. D. PAVLOV

Federal Research Centre "The Yakut Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences", Institute of oil and gas problems SB RAS, Avtodorozhnaya St., 20, 677007, Yakutsk, Russia

Materials based on ethylene propylene diene rubber (EPDM) are resistant to oxidation, high ozone and heat resistance, and impact resistance. For the vulcanization of rubber compounds based on ethylene propylene diene rubbers, both traditional sulfur and peroxide vulcanization systems are used.

The purpose of this work was to study the influence of vulcanizing systems on the low-temperature and physical-mechanical properties of elastomeric materials based on ethylene propylene diene rubber SKEPT-40.

Rubbers based on ethylene propylene diene rubber of the SKEPT-40 brand produced by PJSC Ufaorgsintez were chosen as the object of research. For the production of rubber mixtures, sulfur, sulfur-peroxide and peroxide vulcanizing systems were selected. A study of the vulcanization characteristics of elastomers was carried out, relaxation characteristics, physical and mechanical indicators, frost resistance coefficient in tension, abrasion resistance, residual compression deformation, and the degree of swelling in the brake fluid environment were determined. It has been established that mixtures containing a peroxide vulcanizing system undergo scorching the fastest, but optimum vulcanization is achieved in a longer time than rubbers with a sulfur-peroxide system. The results of determining the indicators of the vulcanization network of rubber showed that rubber mixtures with a peroxide vulcanizing system have a smaller number of cross-links and a less dense vulcanization network. Rubbers with a sulfur vulcanization system are characterized by the maximum density of the spatial network. Rubber samples with the sulfur system were vulcanized at a temperature of 170 °C for 20 minutes. Rubber samples with sulfur-peroxide and peroxide systems were vulcanized at a temperature of 160 °C for 20 minutes. It has been established that samples with a peroxide vulcanization system have the lowest elastic-strength properties. Rubbers with a sulfur system are characterized by high elastic-strength properties and the lowest volumetric wear, but have a low degree of elastic recovery. Vulcanizates containing 0.3 parts by weight. sulfur and 2.5 parts by weight. dicumyl peroxide are characterized by the highest values of tensile strength and elongation at break. Also, these samples have the lowest values of residual compressive strain. All tested rubbers are resistant to brake fluid. It was found that the maximum value of the coefficient of frost resistance under tension at minus 45 °C is characterized by rubber with a sulfur vulcanization system, for which the greatest density of the spatial grid was revealed.

Keywords: rubber, ethylene propylene diene rubber, vulcanization agents, physical and mechanical properties, frost resistance coefficient.

Поступила в редакцию 03.10.2023

© М. Л. Давыдова, А. Ф. Федорова, А. Д. Павлов, 2024

Для приобретения полного текста статьи, обращайтесь в [редакцию журнала](#)
Full text of articles can be purchased from the editorial office

Адрес редакции: ул. Кирова, 32а, 246050, г. Гомель, Беларусь
Телефон/факс: +375 (232) 34 06 36 / 34 17 11

Address: Kirov St., 32a, 246050, Gomel, Belarus
Phone: +375 (232) 34 06 36. Fax: +375 (232) 34 17 11

E-mail: polmattex@gmail.com
Web: <http://mpri.org.by/izdaniya/pmt/>

Образец цитирования:

Давыдова М. Л., Федорова А. Ф., Павлов А. Д. Влияние вулканизирующей системы на морозостойкость этиленпропилендиеновых эластомеров // Полимерные материалы и технологии. 2024. Т. 10, № 1. С. 74–79. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2024-10-1-74-79>

Citation sample:

Davydova M. L., Fedorova A. F., Pavlov A. D. Vliyanie vulkanizuyushchey sistemy na morozostoykost' etilenpropilendienovykh elastomerov [The effect of the vulcanizing system on properties of ethylene propylene diene elastomers]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2024, vol. 10, no. 1, pp. 74–79. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2024-10-1-74-79>

Литература

1. Большой справочник резинщика : в 2 ч. Ч. 2. Резины и резинотехнические изделия / под ред. С. В. Резниченко, Ю. Л. Морозова. М. : Техинформ, 2012. 648 с.
2. Нурмеева Е. К. Производство и область применения этиленпропиленовых каучуков СКЭПТ // Вестник Казанского технологического университета. 2011. № 15. С. 129–133.
3. Семенова С. Н., Чайкун А. М., Сулейманов Р. Р. Этиленпропилендиеновый каучук и его применение в резинотехнических материалах специального назначения (обзор) // Авиационные материалы и технологии. 2019. № 3(56). С. 23–30. doi: 10.18577/2071-9140-2019-0-3-23-30
4. Осошник И. А., Шутилин Ю. Ф., Карманова О. В. Производство резиновых технических изделий. Воронеж : ВГТА, 2007. 972 с.
5. Шашок Ж. С., Касперович А. В., Усс Е. П. Основы рецептуростроения эластомерных композиций. Минск : БГТУ, 2013. 98 с.
6. Алифанов Е. В., Чайкун А. М., Венедиктова М. А., Наумов И. С. Особенности рецептур резин на основе этиленпропиленовых каучуков и их применение в изделиях специального назначения // Авиационные материалы и технологии. 2015. № 2. С. 51–55.
7. Honorato L., Lopes Dias M., Azuma C., Reis Nunes R. C. Rheological properties and curing features of natural rubber compositions filled with fluoromica ME 100 // *Polimeros*, 2016, vol. 26 (3), pp. 249–253. doi: 10.1590/0104-1428.2352
8. Lopez-Manchado M. A., Arroyo M. A., Herrero M. B., Biagiotti J. Vulcanization kinetics of natural rubber-organoclay nanocomposites // *Journal of Applied Polymer Science*, 2003, vol. 89. is. 1, pp. 1–15. doi: 10.1002/app.12082
9. Новаков И. А., Вольфсон С. И., Новопольцева О. М., Кракшин М. А. Реологические и вулканизационные свойства эластомерных композиций / под общ. ред. И. А. Новакова. М. : Академкнига, 2006. 332 с.
10. Grande A. M., Martin R., Odriozola I., Zwaag S. van der, Garcia S. J. Effect of the polymer structure on the viscoelastic and interfacial healing behaviour of poly(urea-urethane) networks containing aromatic disulphides // *European Polymer Journal*, 2017, vol. 97, pp. 120–128. doi: 10.1016/j.eurpolymj.2017.10.007
11. Кучерский А. М. Упругие и релаксационные свойства резин при малых деформациях : автореф. дис. докт. техн. наук : 05.17.12. Москва, 1995. 43 с.

References

1. *Bol'shoy spravochnik rezinshchika. Ch. 2. Reziny i rezinotekhnicheskie izdeliya* [Great reference book for rubber workers: in 2 parts. Part 2. Rubbers and rubber products]. Eds. S. V. Reznichenko, Yu. L. Morozov. Moscow : Texinform Publ., 2012. 648 p.
2. Nurmeeva E. K. *Proizvodstvo i oblast' primeneniya etilenpropilennykh kauchukov SKEPT* [Production and application of ethylene propylene rubbers EPDM]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University], 2011, no. 15, pp. 129–133.
3. Semenova S. N., Chaykun A. M., Suleymanov R. R. *Etilenpropilendienovyy kauchuk i ego primeneniye v rezinotekhnicheskikh materialakh spetsial'nogo naznacheniya (obzor)* [Ethylene propylene diene rubber and its application in special purpose rubber materials (review)]. *Aviatsionnye materialy i tekhnologii* [Aviation materials and technologies], 2019, no. 3(56), pp. 23–30. doi 10.18577/2071-9140-2019-0-3-23-30
4. Ososhnik I. A., Shutilin Yu. F., Karmanova O. V. *Proizvodstvo rezinovykh tekhnicheskikh izdeliy* [Production of rubber technical products]. Voronezh : VGTA Publ., 2007. 972 p.
5. Shashok Zh. S., Kasperovich A. V., Uss E. P. *Osnovy retsepturostroeniya elastomernykh kompozitsiy* [Basics of formulating elastomeric compositions]. Minsk : BG TU Publ., 2013. 98 p.
6. Alifanov E. V., Chaykun A. M., Venediktova M. A., Naumov I. S. *Osobennosti retseptur rezin na osnove etilenpropilennykh kauchukov i ikh primeneniye v izdeliyakh spetsial'nogo naznacheniya* [Features of rubber formulations based on ethylene-propylene rubbers and their use in special-purpose products]. *Aviatsionnye materialy i tekhnologii* [Aviation materials and technologies], 2015, no. 2, pp. 51–55.
7. Honorato L., Lopes Dias M., Azuma C., Reis Nunes R. C. Rheological properties and curing features of natural rubber compositions filled with fluoromica ME 100. *Polimeros*, 2016, vol. 26 (3), pp. 249–253. doi: 10.1590/0104-1428.2352
8. Lopez-Manchado M. A., Arroyo M. A., Herrero M. B., Biagiotti J. Vulcanization kinetics of natural rubber-organoclay nanocomposites. *Journal of Applied Polymer Science*, 2003, vol. 89. is. 1, pp. 1–15. doi: 10.1002/app.12082
9. Novakov I. A., Vol'fson S. I., Novopol'tseva O. M., Krakshin M. A. *Reologicheskie i vulkanizatsionnye svoystva elastomernykh kompozitsiy* [Rheological and vulcanization properties of elastomeric compositions]. Ed. I. A. Novakov. Moscow : Akademkniga Publ., 2006. 332 p.
10. Grande A. M., Martin R., Odriozola I., Zwaag S. van der, Garcia S. J. Effect of the polymer structure on the viscoelastic and interfacial healing behaviour of poly(urea-urethane) networks containing aromatic disulphides. *European Polymer Journal*, 2017, vol. 97, pp. 120–128. doi: 10.1016/j.eurpolymj.2017.10.007
11. Kucherskiy A. M. *Uprugie i relaksatsionnye svoystva rezin pri mal'kikh deformatsiyakh. Avtoref. dis. dokt. tekhn. nauk* [Elastic and relaxation properties of rubbers under small deformations. Dr. eng. sci. diss. abstract]. Moscow, 1995. 43 p.