

<http://doi.org/10.32864/polymmattech-2023-9-3-29-38>

УДК 678.046

ВЛИЯНИЕ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ КАУЧУКОВ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЗИНЫ НА ОСНОВЕ НАТУРАЛЬНОГО КАУЧУКА И ПОЛИОКСАДИАЗОЛЬНОГО ВОЛОКНА

В. Н. АДЕРИХА⁺, В. Н. КОВАЛЬ, Н. А. МАРУСЕНКО

Институт механики металлополимерных систем имени В. А. Белого НАН Беларуси, ул. Кирова, 32а, 246050, г. Гомель, Беларусь

Цель работы — исследование влияния низкомолекулярных каучуков различного химического строения на прочностные характеристики и релаксационные свойства резин на основе натурального каучука (НК) с короткорезанными полиоксадиазольными волокнами.

Исследовано влияние низкомолекулярных полибутадиенового каучука СКДН-Н(М) и полибутадиена с концевыми гидроксильными группами Ефродиен Диол-73 (Диол) на статические и динамические механические характеристики сырых и вулканизованных резин на основе натурального каучука (НК) и короткорезанных полиоксадиазольных волокон марки Арселон (Арс). Установлено, что в сырых резинах добавка гидроксильированного полибутадиена повышает модуль композитов НК/Арс в области малых деформаций, а добавка нефункционализированного полибутадиена снижает. В вулканизатах оба низкомолекулярных каучука (НМК) ухудшают их механические характеристики при заданном содержании, причем гидроксильированный НМК в большей мере, чем нефункционализированный, что, предположительно, обусловлено образованием на волокне слабо связанного с матрицей адсорбированного слоя Диол. Установлено, что введение сульфидосилана Si69 повышает модули при растяжении данной резины до 1,5–2 раз по сравнению с исходной и силанизированной резиной НК/Арс и снижает динамические механические потери, что свидетельствует об усилении прочности связи НК-Диол-волокно.

Ключевые слова: натуральный каучук, полиоксадиазольное волокно, низкомолекулярный полибутадиеновый каучук, механические свойства.

EFFECT OF LOW MOLECULAR WEIGHT RUBBER ON MECHANICAL PROPERTIES OF RUBBER BASED ON NATURAL RUBBER AND POLYOXADIAZOLE FIBER

V. N. ADERIKHA⁺, V. N. KOVAL, N. A. MARUSENKO

V. A. Belyi Metal-Polymer Research Institute of National Academy of Sciences of Belarus, Kirov St., 32a, 246050, Gomel, Belarus

The aim of the work is to study the effect of low — molecular weight rubbers of various chemical structures on the strength characteristics and relaxation properties of natural rubber (NR)-based rubbers filled with short-cut polyoxadiazole (POD) fibers.

The effect of low molecular weight polybutadiene rubber SKDN-N(M) and polybutadiene with terminal hydroxyl groups Efrogien Diol-73 (Diol) on static and dynamic mechanical characteristics of raw and vulcanized rubbers based on natural rubber (NR) and short-cut POD fibers of the Arcelon brand (Ars) is studied. It is found that the addition of hydroxylated polybutadiene increases the tensile moduli of NR/Ars raw

⁺Автор, с которым следует вести переписку. E-mail: vnad@tut.by

rubbers, especially at small strains, while the addition of non-functionalized polybutadiene reduces it. In vulcanizates, both low molecular weight polybutadienes degrade their mechanical characteristics, the hydroxylated oligomer to a greater extent than the nonfunctionalized one, presumably due to the formation on the fiber of a strongly adsorbed layer, which is weakly bound to the matrix. It is found that the addition of sulfidosilane Si69 increases the tensile moduli of this rubber up to 1.5-2 times compared with both original and silanized NR/Ars rubbers and reduces dynamic mechanical losses, which indicates an improved bonding at the NR-Diol-fiber interface.

Keywords: natural rubber, polyoxadiazole fibers, low molecular weight polybutadiene rubber, mechanical properties.

Поступила в редакцию 09.08.2023

© В. Н. Адери́ха, В. Н. Коваль, Н. А. Марусенко, 2023

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:

Адери́ха В. Н., Коваль В. Н., Марусенко Н. А. Влияние низкомолекулярных каучуков на механические характеристики резины на основе натурального каучука и полиоксадиазольного волокна // Полимерные материалы и технологии. 2023. Т. 9, № 3. С. 29–38. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2023-9-3-29-38>

Citation sample:

Aderikha V. N., Koval' V. N., Marusenko N. A. Vliyanie nizkomolekulyarnykh kauchukov na mekhanicheskie kharakteristiki reziny na osnove natural'nogo kauchuka i polioksadiazol'nogo volokna [Effect of low molecular weight rubber on mechanical properties of rubber based on natural rubber and polyoxadiazole fiber]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2023, vol. 9, no. 3, pp. 29–38. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2023-9-3-29-38>

Литература

1. Monthey S., Chemie R. Using short fiber reinforcement as a costeffective enhancement of product performance // Rubber World, 2013, February, pp. 18–21.
2. Paschall D., Halasa A., Rodgers B. Aircraft tire compounding using Prophene to improve properties // RubberWorld, 2022, Dec., pp. 32–43.
3. Datta R. N., Pierik S. C. J. Improving cut/chip/chunk resistance by using sulfron 3000 // Kautschuk und Gummi Kunststoffe, 2007, vol. 60, no. 6, pp. 328–330.
4. Hintze C., Stoček R., Horst T., Jurk R., Wiessner S., Heinrich G. Dynamic behavior of short Aramid fiber-filled elastomer composites // Polym. Eng. Sci., 2014, vol. 54, pp. 2958–2964. doi:10.1002/pen.23854
5. Datta R.N. Improving cut/chip/chunk resistance in truck tyres by the use of para-amid chopped fibres // International Polymer Science and Technology, 2005, vol.32, is. 6. doi: 10.1177/0307174X0503200602
6. Huntink N., Pierik B., de Lange P., Datta R. Material aims to improve rolling resistance, durability // Rubber and plastics news, 2008, July, pp. 14–19.
7. Shirazi M., de Rooij M. B., Talma A. G., Noordermeer J. W. M. Adhesion of RFL-coated aramid fibres to elastomers: The role of elastomer–latex compatibility // J. Adhes. Sci. Technol., 2013, vol. 27, no. 17, pp. 1886–1898. doi: 10.1080/01694243.2013.764145
8. Fithian P., Mark S., Özkütükçü Ü. and Piotrowsky M. New sustainable rubber compounding additives to remove resorcinol, cobalt and formaldehyde // Rubber World, 2022, Dec., pp. 44–49.
9. Nimpaiboon A., Sriring M., Rojruthai P., Sakdapipanich J. Improved compatibility between silica and natural rubber by the use of carbonyl-terminated low molecular-weight natural rubber // KGK, 2018, April, pp. 39–45.
10. Сороченко О. В., Ворончихин В. Д., Овчинников А. Н. Исследование влияния олигомерных БНК на диспергируемость углеродных

- наполнителей // Каучук и резина. 2019. Т. 78, № 3. С. 196–198.
11. Люштык А. Ю., Адериха В. Н., Песецкий С. С., Каюшников С. Н., Коваль В. Н., Шаповалов В. А., Чилек М. С., Марусенко Н. А. Влияние поверхностной обработки армирующих волокон на статические и динамические механические свойства протекторной резины на основе натурального каучука // Полимерные материалы и технологии. 2021. Т. 7, № 1. С. 31–90. doi: 10.32864/polymmattech-2021-7-1-83-90
 12. Alimardani M., Razzaghi-Kashani M., Karimi R., Mahtabani A. Contribution of mechanical engagement and energetic interaction in reinforcement of SBR-silane-treated silica composites // Rubber Chem. Technol., 2016, vol. 89, no. 2, pp. 292–305. doi: 10.5254/rct.15.84854
 13. Нильсен Л. Механические свойства полимеров и полимерных композиций : пер. с англ. М. : Химия, 1978. С. 105–108.
 14. Derham C. F., Newell R., Swift P. M. The use of silica for improving tread grip in winter tyres // NR Technol., 1988, vol. 19, is. 1, pp. 1–9.
 15. Grosch K. A. The Rolling resistance, wear and traction properties of tread compounds // Rubber Chem. Technol., 1996, vol. 69, no. 3, pp. 495–568. doi: 10.5254/1.3538383
 16. Maghami S. Silica-filled tire tread compounds: An Investigation into the viscoelastic properties of the rubber compounds and their relation to tire performance : PhD Thesis. Enschede, 2016. doi: 10.3990/1.9789036541282
 17. Wang M.-J. Effect of filler-elastomer interaction on tire tread performance Part II Effects on wet friction of filled vulcanizates // KGK, 2008, vol. 61, pp. 33–42.
 18. Suchiva K., Sirisinha C., Sae-oui P., Thapthong P. Development of tyre tread compounds for good wet-grip: Effects of rubber type // IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng., 2019, vol. 526. doi: 10.1088/1757-899x/526/1/012035
 19. Flanigan C. M., Beyer L., Klekamp D., Rohweder D., Stuck B., Terrill E. R. Comparative study of silica, carbon black and novel fillers in tread compounds // Rubber World, 2012, vol. 245, is. 5, pp. 18–31.
 20. Mikušová I., Mikuš P., Stodola J. The effect of mechanical properties of a rubber compound on tyre wear // Transactions of FAMENA, 2020, vol. 44, no. 3, pp. 73–80. doi: 10.21278/tof.44306
 21. Kaewsakul W., Sahakaro K., Dierkes W. K., Noordermeer J. Mechanistic aspects of silane coupling agents with different functionalities on reinforcement of silica-filled natural rubber compounds // Polym. Eng. Sci., 2015, vol. 55, no. 4, pp. 836–842. doi: 10.1002/pen.23949

References

1. Monthey S., Chemie R. Using short fiber reinforcement as a costeffective enhancement of product performance. *Rubber World*, 2013, February, pp. 18–21.
2. Paschall D., Halasa A., Rodgers B. Aircraft tire compounding using Prophene to improve properties. *RubberWorld*, 2022, Dec., pp. 32–43.
3. Datta R. N., Pierik S. C. J. Improving cut/chip/chunk resistance by using sulfron 3000. *Kautschuk und Gummi Kunststoffe*, 2007, vol. 60, no. 6, pp. 328–330.
4. Hintze C., Stoček R., Horst T., Jurk R., Wiessner S., Heinrich G. Dynamic behavior of short Aramid fiber-filled elastomer composites. *Polym. Eng. Sci.*, 2014, vol. 54, pp. 2958–2964. doi: 10.1002/pen.23854
5. Datta R.N. Improving cut/chip/chunk resistance in truck tyres by the use of para-amid chopped fibres. *International Polymer Science and Technology*, 2005, vol.32, is. 6. doi: 10.1177/0307174X0503200602
6. Huntink N., Pierik B., de Lange P., Datta R. Material aims to improve rolling resistance, durability. *Rubber and plastics news*, 2008, July, pp. 14–19.
7. Shirazi M., de Rooij M. B., Talma A. G., Noordermeer J. W. M. Adhesion of RFL-coated aramid fibres to elastomers: The role of elastomer–latex compatibility. *J. Adhes. Sci. Technol.*, 2013, vol. 27, no. 17, pp. 1886–1898. doi:10.1080/01694243.2013.764145
8. Fithian P., Mark S., Özkütükcü Ü. and Piotrowsky M. New sustainable rubber compounding additives to remove resorcinol, cobalt and formaldehyde // Rubber World, 2022, Dec., pp. 44–49.
9. Nimpaiboon A., Sriring M., Rojruthai P., Sakdapipanich J. Improved compatibility between silica and natural rubber by the use of carbonyl-terminated low molecular-weight natural rubber. *KGK*, 2018, April, pp. 39–45.
10. Sorochenko O. V., Voronchikhin V. D., Ovchinnikov A. N. Issledovanie vliyaniya oligomernykh BNK na dispergiruemost' uglerodnykh napolniteley [Investigation of the effect of oligomer NBR on dispersion of carbon fillers]. *Kauchuk i rezina* [Caoutchouc and Rubber], 2019, vol. 78, no. 3, pp. 196–198.
11. Lyushtyk A. Yu., Aderikha V. N., Pesetskiy S. S., Kayushnikov S. N., Koval' V. N., Shapovalov V. A., Chilek M. S., Marusenko N. A. Vliyanie poverkhnostnoy obrabotki armiruyushchikh volokon na staticheskie i dinamicheskie mekhanicheskie svoystva protektornoy reziny na osnove natural'nogo kauchuka [Effect of surface treatment of reinforcing fibers on static and dynamic mechanical properties of tread rubber based on natural rubber]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2021, vol. 7, no. 1, pp. 83–90. doi: 10.32864/polymmattech-2021-7-1-83-90
12. Alimardani M., Razzaghi-Kashani M., Karimi R., Mahtabani A. Contribution of mechanical engagement and energetic interaction in reinforcement of SBR-silane-treated silica composites. *Rubber Chem. Technol.*, 2016, vol. 89, no. 2, pp. 292–305. doi: 10.5254/rct.15.84854
13. Nil'sen L. *Mekhanicheskie svoystva polimerov i polimernykh kompozitsiy* [Mechanical properties of polymers and composites]. Moscow : Khimiya Publ., 1978, pp. 105–108.
14. Derham C. F., Newell R., Swift P. M. The use of silica for improving tread grip in winter tyres. *NR Technol.*, 1988, vol. 19, is. 1, pp. 1–9.
15. Grosch K. A. The Rolling resistance, wear and traction properties of tread compounds. *Rubber Chem. Technol.*, 1996, vol. 69, no. 3, pp. 495–568. doi: 10.5254/1.3538383
16. Maghami S. Silica-filled tire tread compounds: An Investigation into the viscoelastic properties of the rubber compounds and their relation to tire performance : PhD Thesis. Enschede, 2016. doi: 10.3990/1.9789036541282
17. Wang M.-J. Effect of filler-elastomer interaction on tire tread performance Part II Effects on wet friction of filled vulcanizates. *KGK*, 2008, vol. 61, pp. 33–42.
18. Suchiva K., Sirisinha C., Sae-oui P., Thapthong P. Development of tyre tread compounds for good wet-grip: Effects of rubber type. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, 2019, vol. 526. doi: 10.1088/1757-899x/526/1/012035
19. Flanigan C. M., Beyer L., Klekamp D., Rohweder D., Stuck B., Terrill E. R. Comparative study of silica, carbon black and novel fillers in tread compounds. *Rubber World*, 2012, vol. 245, is. 5, pp. 18–31.
20. Mikušová I., Mikuš P., Stodola J. The effect of mechanical properties of a rubber compound on tyre wear. *Transactions of FAMENA*, 2020, vol. 44, no. 3, pp. 73–80. doi: 10.21278/tof.44306
21. Kaewsakul W., Sahakaro K., Dierkes W. K., Noordermeer J. Mechanistic aspects of silane coupling agents with different functionalities on reinforcement of silica-filled natural rubber compounds. *Polym. Eng. Sci.*, 2015, vol. 55, no. 4, pp. 836–842. doi: 10.1002/pen.23949

