

<http://doi.org/10.32864/polymmattech-2022-9-1-23-27>

УДК 678.046.3

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЕЗИНОВЫХ СМЕСЕЙ С УГЛЕРОД-КРЕМНИСТЫМ НАПОЛНИТЕЛЕМ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

В. В. БОБРОВА¹⁺, Н. Р. ПРОКОПЧУК¹, С. А. ЕФРЕМОВ², С. В. НЕЧИПУРЕНКО²

¹Белорусский государственный технологический университет, ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Беларусь

²Казахский национальный университет имени аль-Фараби», пр-т Аль-Фараби, 71, 050038, г. Алматы, Казахстан

Цель работы — исследование влияния частичной замены промышленного технического углерода марки N550 углерод-кремнистым наполнителем (УКН) растительного происхождения на реологические свойства наполненных эластомерных композиций из каучука специального назначения БНКС-18.

В качестве эластомерной композиции использовали матрицу из бутадиен-нитрильного каучука, наполненную смесью полуактивного технического углерода марки N550 и УКН в различных соотношениях. Для определения степени взаимодействия УКН с эластомерной матрицей провели комплексные испытания резиновых смесей. Определили качественные характеристики распределения наполнителя: показатель модуля эластичности при малых амплитудах деформации, показатель модуля сдвига при большой деформации и разность данных показателей — комплексный динамический модуль. Установлено, что применение в рецептуре резиновой смеси УКН оказывает значительное влияние на диспергирование наполнителя в объеме эластомерной матрицы. Показано, что введение в эластомерную композицию УКН в дозировках от 10 мас. ч. до 90 мас. ч. приводит к снижению показателя комплексного динамического модуля на 37,3–63,0%. Определили, что с увеличением соотношения УКН/технический углерод снижается пиковое значение вязкости в смеси наполнителей на 12,40–31,11%. Уменьшение данных показателей свидетельствует о снижении структурообразования частиц наполнителя из-за усиления взаимодействия частиц наполнителя с макромолекулами каучука и о повышении равномерности распределения наполнителя в объеме эластомерной матрицы. При одновременном сохранении уровня показателей механических свойств резиновых смесей улучшается качество готовых изделий.

Ключевые слова: углерод-кремнистый композит, бутадиен-нитрильный каучук, вязкость по Муни, эффект Пейна, комплексный динамический модуль, пиковое значение вязкости.

RHEOLOGICAL PROPERTIES OF RUBBER MIXTURES WITH CARBON-SILICEOUS FILLER OF PLANT ORIGIN

V. V. BOBROVA¹⁺, N. R. PROKOPCHUK¹, S. A. EFREMOV², S. V. NECHIPURENKO²

¹Belarusian State Technological University, Sverdlov St., 13a, 220006, Minsk, Belarus

²Al-Farabi Kazakh National University, Al-Farabi Ave., 71, 050038, Almaty, Kazakhstan

The aim of the work is to study the effect of partial replacement of industrial carbon black grade N550 with carbon-siliceous filler (CSF) of plant origin on the rheological properties of filled elastomeric compositions of special purpose rubber BNKS-18.

The matrix of butadiene-nitrile rubber filled with a mixture of semi-active carbon black of the N550 brand and CSF in various ratios was used as an elastomeric composition. Comprehensive tests of rubber compounds were carried out to determine the degree of interaction of the CSF with the elastomeric matrix.

⁺Автор, с которым следует вести переписку. E-mail: lerik_bobrik94@mail.ru

The qualitative characteristics of the filler distribution were determined: the index of the modulus of elasticity at small amplitudes of deformation, the index of the shear modulus at large deformation and the difference of these indicators — a complex dynamic module. It was established that the use of the CSF in the rubber compound formulation has a significant effect on the dispersion of the filler in the volume of the elastomeric matrix. It was shown that the introduction of CSF into the elastomeric composition in dosages from 10 wt.h. to 90 wt.h. leads to a decrease in the index of the complex dynamic module by 37.3–63.0%. It was determined that with an increase in the ratio of CSF/carbon black, the peak viscosity value in the mixture of fillers decreases by 12.40–31.11%. A decrease in these indicators indicates a decrease in the structure formation of filler particles due to increased interaction of filler particles with rubber macromolecules and an increase in the uniformity of the filler distribution in the volume of the elastomeric matrix. The quality of finished products improves while maintaining the level of mechanical properties of rubber compounds.

Keywords: carbon-silicon composite, nitrile butadiene rubber, Mooney viscosity, the Payne effect, complex dynamic modulus, peak viscosity.

Поступила в редакцию 15.09.2022

© В. В. Боброва, Н. Р. Прокопчук, С. А. Ефремов, С. В. Нечипуренко, 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:

Боброва В. В., Прокопчук Н. Р., Ефремов С. А., Нечипуренко С. В. Реологические свойства резиновых смесей с углерод-кремнистым наполнителем растительного происхождения // Полимерные материалы и технологии. 2023. Т. 9, № 1. С. 23–27. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2023-9-1-23-27>

Citation sample:

Bobrova V. V., Prokopchuk N. R., Efremov S. A., Nechipurenko S. V. Reologicheskie svoystva rezinovykh smesey s ugle-rod-kremnistym napolnitelem rastitel'nogo proiskhozhdeniya [Rheological properties of rubber mixtures with carbon-siliceous filler of plant origin]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2023, vol. 9, no. 1, pp. 23–27. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2023-9-1-23-27>

Литература

1. Sathishkumar T. P., Navaneethakrishnan P., Shankar S., Rajasekar R. Mechanical properties and water absorption of short snake grass fiber reinforced isophthalic polyester composites // *Fibers and Polymers*, 2014, vol. 15, pp. 1927–1934. doi: 10.1007/s12221-014-1927-8
2. Ramnath Vijaya B., Manickavasagam V. M., Elanchezian C., Krishna C. V., Karthik S., Saravanan K. Determination of mechanical properties of intra-layer abaca-jute-glass fiber reinforced composite // *Materials & Design*, 2014, vol. 60, pp. 643–652. doi: 10.1016/j.matdes.2014.03.061
3. La Mantia F. P., Morreale M. Green composites: A brief review // *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 2011, vol. 42, is. 6, pp. 579–588. doi: 10.1016/j.compositesa.2011.01.017
4. Maslowski M., Miedzianowska J., Strzelec K. The potential application of cereal straw as a bio-filler for elastomer composites // *Polymer Bulletin*, 2020, vol. 77, no. 4, pp. 2021–2038. doi: 10.1007/s00289-019-02848-2
5. Zakikhani P., Zahari R., Sultan M. T. H., Majid D. L. Extraction and preparation of bamboo fibre-reinforced composites // *Materials & Design*, 2014, vol. 63, pp. 820–828. doi: 10.1016/j.matdes.2014.06.058
6. Lau K., Hung P., Zhu M., Hui D. Properties of natural fibre composites for structural engineering applications // *Composites Part B: Engineering*, 2018, vol. 136, pp. 222–233. doi: 10.1016/j.compositesb.2017.10.038
7. Da Costa H. M., Visconte L. L. Y., Nunes R. C. R., Furtado C. R. G. Mechanical and Dynamic Mechanical Properties of Rice Husk Ash-Filled Natural Rubber Compounds // *Journal of Applied Polymer Science*, 2002, vol. 83, is. 11, pp. 2331–2346. doi: 10.1002/app.10125
8. Sae-oui P., Rakdee C., Thanmathorn P. Use of Rice Husk Ash as Filler in Natural Rubber Vulcanizates: In Comparison with Other Commercial Fillers // *Journal of Applied Polymer Science*, 2002, vol. 83, is. 11, pp. 2485–2493. doi: 10.1002/app.10249

9. Hieu N. M., Korobochkin V. V., Tu N. V. A study of silica separation in the production of activated carbon from rice husk in Viet Nam // *Procedia Chemistry*, 2015, vol. 15, pp. 308–312. doi: 10.1016/j.proche.2015.10.049
10. França A. A., Schultz J., Borges R., Wypych F., Mangrich A. S. Rice Husk Ash as Raw Material for the Synthesis of Silicon and Potassium Slow-Release Fertilizer // *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 2017, vol. 28, no. 11, pp. 2211–2217. doi: 10.21577/0103-5053.20170072
11. Memon S. A., Shaikh M. A., Akbar H. Utilization of Rice Husk Ash as viscosity modifying agent in Self Compacting Concrete // *Construction and Building Materials*, 2011, vol. 25, is. 2, pp. 1044–1048. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2010.06.074
12. Nojku C., Nwali C. C., Ajana A. J. Water Qualities as Affected By Rice Mill Processing Wastes in Abakaliki Southeastern Nigeria // *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 2017, vol. 11, is. 7, pp. 65–68. doi: 10.9790/2402-1107026568
13. Боброва В. В., Прокопчук Н. Р., Ефремов С. А., Нечипуренко С. В. Углерод-кремнистый наполнитель для эластомерных композиций // *Труды БГТУ. Сер. 2. Химические технологии, биотехнологии, геоэкология*. 2022. № 1 (253). С 89–95.
14. Усиление эластомеров : сборник статей : пер. с англ. / под ред. Дж. Крауса. Москва : Химия, 1968. 483 с.
15. Гришин Б. С. Теория и практика усиления эластомеров. Состояние и направления развития: монография. Казань : КНИТУ, 2016. 420 с.
16. Боброва В. В., Прокопчук Н. Р., Ефремов С. А., Нечипуренко С. В. Свойства эластомерных композиций, наполненных углерод-кремнистым композитом // *Труды БГТУ. Сер. 2. Химические технологии, биотехнологии, геоэкология*. 2022. № 2 (259). С. 156–164.

References

1. Sathishkumar T. P., Navaneethakrishnan P., Shankar S., Rajasekar R. Mechanical properties and water absorption of short snake grass fiber reinforced isophthalic polyester composites. *Fibers and Polymers*, 2014, vol. 15, pp. 1927–1934. doi: 10.1007/s12221-014-1927-8
2. Ramnath Vijaya B., Manickavasagam V. M., Elanchezhian C., Krishna C. V., Karthik S., Saravanan K. Determination of mechanical properties of intra-layer abaca-jute-glass fiber reinforced composite. *Materials & Design*, 2014, vol. 60, pp. 643–652. doi: 10.1016/j.matdes.2014.03.061
3. La Mantia F. P., Morreale M. Green composites: A brief review. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 2011, vol. 42, is. 6, pp. 579–588. doi: 10.1016/j.compositesa.2011.01.017
4. Masłowski M., Miedzianowska J., Strzelec K. The potential application of cereal straw as a bio-filler for elastomer composites. *Polymer Bulletin*, 2020, vol. 77, no. 4, pp. 2021–2038. doi: 10.1007/s00289-019-02848-2
5. Zakikhani P., Zahari R., Sultan M. T. H., Majid D. L. Extraction and preparation of bamboo fibre-reinforced composites. *Materials & Design*, 2014, vol. 63, pp. 820–828. doi: 10.1016/j.matdes.2014.06.058
6. Lau K., Hung P., Zhu M., Hui D. Properties of natural fibre composites for structural engineering applications. *Composites Part B: Engineering*, 2018, vol. 136, pp. 222–233. doi: 10.1016/j.compositesb.2017.10.038
7. Da Costa H. M., Visconte L. L. Y., Nunes R. C. R., Furtado C. R. G. Mechanical and Dynamic Mechanical Properties of Rice Husk Ash-Filled Natural Rubber Compounds. *Journal of Applied Polymer Science*, 2002, vol. 83, is. 11, pp. 2331–2346. doi: 10.1002/app.10125
8. Sae-oui P., Rakdee C., Thanmathorn P. Use of Rice Husk Ash as Filler in Natural Rubber Vulcanizates: In Comparison with Other Commercial Fillers. *Journal of Applied Polymer Science*, 2002, vol. 83, is. 11, pp. 2485–2493. doi: 10.1002/app.10249
9. Hieu N. M., Korobochkin V. V., Tu N. V. A study of silica separation in the production of activated carbon from rice husk in Viet Nam. *Procedia Chemistry*, 2015, vol. 15, pp. 308–312. doi: 10.1016/j.proche.2015.10.049
10. França A. A., Schultz J., Borges R., Wypych F., Mangrich A. S. Rice Husk Ash as Raw Material for the Synthesis of Silicon and Potassium Slow-Release Fertilizer. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, vol. 28, no. 11, pp. 2211–2217. doi: 10.21577/0103-5053.20170072
11. Memon S. A., Shaikh M. A., Akbar H. Utilization of Rice Husk Ash as viscosity modifying agent in Self Compacting Concrete. *Construction and Building Materials*, vol. 25, is. 2, pp. 1044–1048. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2010.06.074
12. Nojku C., Nwali C. C., Ajana A. J. Water Qualities as Affected By Rice Mill Processing Wastes in Abakaliki Southeastern Nigeria. *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, vol. 11, is. 7, pp. 65–68. doi: 10.9790/2402-1107026568
13. Bobrova V. V., Prokopchuk N. R., Efremov S. A., Nechipurenko S. V. Uglерod-kremnistyy napolnitel' dlya elastomernykh kompozitsiy [Carbon-silicon filler for elastomer compositions]. *Trudy BGTU. Ser. 2 [Works of BSTU. Series 2]*, 2022, no. 1, pp. 89–95.
14. *Usilenie elastomerov* [Strengthening of elastomers]. Ed. Dzh. Kraus. Moscow : Khimiya Publ., 1968. 483 p.
15. Grishin B. S. *Teoriya i praktika usileniya elastomerov. Sostoyaniye i napravleniya razvitiya* [Theory and practice of elastomer reinforcement. State and directions of development]. Kazan' : KNIU Publ., 2016. 420 p.
16. Bobrova V. V., Prokopchuk N. R., Efremov S. A., Nechipurenko S. V. Svoystva elastomernykh kompozitsiy, napol-nennykh uglерod-kremnistym kompozitom [Properties of elastomer composites filled with carbon-silicon composite]. *Trudy BGTU. Ser. 2 [Works of BSTU. Series 2]*, 2022, no. 2 (259), pp. 156–164.