

<http://doi.org/10.32864/polymmattech-2024-10-4-82-88>

УДК 678.065:539.3

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ ДЕФОРМАЦИОННЫХ И ДИССИПАТИВНЫХ СВОЙСТВ ПРОТЕКТОРНОЙ РЕЗИНЫ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН

А. П. САЗАНКОВ¹, С. В. ШИЛЬКО¹⁺, Т. В. ДРОБЫШ¹, А. В. ХОТЬКО²

¹Институт механики металлополимерных систем имени В. А. Белого НАН Беларуси, ул. Кирова, 32а, 246050, г. Гомель, Беларусь

²ОАО «Белшина», Минское шоссе, 4, 213824, г. Бобруйск, Могилевская область, Беларусь

Цель работы — определение деформационных и диссипативных характеристик протекторного слоя автомобильной шины методом динамического контактного индентирования.

Непосредственно на легковых автомобильных шинах производства ОАО «Белшина» выполнена диагностика летних, зимних и всесезонных шин при температуре, соответствующей эксплуатационным условиям в период «весна–лето–осень» ($T^{\circ} = 8^{\circ}\text{C}$, 16°C и 30°C). Неразрушающим методом динамического контактного индентирования определен ряд деформационных и диссипативных параметров исследуемых эластомерных материалов, включая твердость по Шору А, статический и динамический модуль упругости, тангенс угла механических потерь, энергию вязкого и упругого деформирования.

Показана применимость метода динамического контактного индентирования для контроля качества шинных резин и автомобильных шин. Сопоставление измеренных характеристик позволяет выявить особенности механических свойств протекторной резины шин различных типоразмеров и сезонности, дать рекомендации по температурным условиям эксплуатации автомобильных шин.

Полученные экспериментальные данные могут быть использованы при оптимизации распределения материалов шины в конфигурации пресс-формы и для прогнозирования жесткости и сопротивления качению шин. Обозначены перспективы применения метода динамического контактного индентирования для оценки деградационных изменений поверхностных слоев материалов и изделий, в частности, регистрации предвестников усталостного разрушения.

Ключевые слова: автомобильные шины, протекторная резина, вязкоупругость, деформационные и диссипативные параметры, температура, методы неразрушающего контроля, динамическое контактное индентирование.

NON-DESTRUCTIVE TESTING OF DEFORMATION AND DISSIPATIVE PROPERTIES OF TREAD RUBBER OF PASSENGER CAR TIRES

A. P. SAZANKOV¹, S. V. SHIL'KO¹⁺, T. V. DROBYSH¹, A. V. KHOTKO²

¹V. A. Belyi Metal-Polymer Research Institute of National Academy of Sciences of Belarus, Kirov St., 32a, 246050, Gomel, Belarus

²JSC Belshina, Minskoe shosse, 4, 213824, Bobruisk, Mogilev region, Belarus

The aim of the paper is to determine the deformation and dissipative characteristics of the tread layer of a car tire using the dynamic contact indentation method.

Diagnostics of summer, winter and all-season tires was performed at a temperature corresponding to operating conditions in the spring-summer-autumn period ($T^{\circ} = 8^{\circ}\text{C}$, 16°C and 30°C) in order to characterize the mechanical properties of the tread rubber directly on passenger car tires manufactured by Belshina

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

OJSC. A number of deformation and dissipative parameters of the studied elastomeric materials were determined by the non-destructive method of dynamic contact indentation, including Shore A hardness, static and dynamic elastic modulus, loss tangent, viscous and elastic deformation energy.

The applicability of the dynamic contact indentation method for quality control of tire rubber and automobile tires is shown. Comparison of the measured characteristics allows us to identify the features of the mechanical properties of tread rubber of tires of various sizes and seasonality and to give recommendations on the temperature conditions of car tire operation.

The obtained experimental data can be used to optimize the distribution of tire materials in the mold configuration and to predict the stiffness and rolling resistance of tires. The prospects of using the dynamic contact indentation method for assessing degradation changes in the surface layers of materials and products, in particular, for recording precursors of fatigue failure are outlined.

Keywords: automobile tires, tread rubber, viscoelasticity, deformation and dissipative parameters, temperature, non-destructive testing methods, dynamic contact indentation.

Поступила в редакцию 15.11.2024

© А. П. Сазанков, С. В. Шилько, Т. В. Дробыш, А. В. Хотько, 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:

Сазанков А. П., Шилько С. В., Дробыш Т. В., Хотько А. В. Неразрушающий контроль деформационных и диссипативных свойств протекторной резины легковых автомобильных шин // Полимерные материалы и технологии. 2024. Т. 10, № 4. С. 82–88. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2024-10-4-82-88>

Citation sample:

Sazankov A. P., Shil'ko S. V., Drobysh T. V., Khot'ko A. V. Nerazrushayushchiy kontrol' deformatsionnykh i dissipativnykh svoystv protektrnoy reziny legkovykh avtomobil'nykh shin [Non-destructive testing of deformation and dissipative properties of tread rubber of passenger car tires]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2024, vol. 10, no. 4, pp. 82–88. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2024-10-4-82-88>

Литература

1. Bashir M. A. Use of Dynamic Mechanical Analysis (DMA) for Characterizing Interfacial Interactions in Filled Polymers // *Solids*, 2021, vol. 2, is. 1, pp. 108–120. doi: 10.3390/solids2010006
2. Рудницкий В. А., Крень А. П., Шилько С. В. Оценка свойств эластомерных материалов при постоянной скорости индентирования // *Трение и износ*. 2001. Т. 22, № 5. С. 502–508.
3. Vriend N. M., Kren A. P. Determination of the Viscoelastic Properties of Elastomeric Materials by the Dynamic Indentation Method // *Polym. Test.*, 2004, vol. 23, is. 4, pp. 369–375. doi: 10.1016/j.polymertesting.2003.10.006
4. Крень А. П., Рудницкий В. А. Оценка ресурса работоспособности резин с использованием методов индентирования // *Заводская лаборатория*. 2010. № 4. С. 51–57.
5. Wang L., Liu X. Characterization of Viscoelastic Materials by Quasi-Static and Dynamic Indentation // *Measurement Science and Technol.*, 2014, vol. 25, is. 6. doi: 10.1088/0957-0233/25/6/064017
6. Lee A., Komvopoulos K. Dynamic Spherical Indentation of Elastic-Plastic Solids // *Int. J. of Solids and Struct.*, 2018, vol. 146, pp. 180–191. DOI:10.1016/j.ijsolstr.2018.03.028
7. Xiaoyan N., Shenzhen L., Xuchen G., Cong C., Jiang Z. Design and Theoretical Analysis of Dynamic Indentation Experimental Device // *Mater. Today Commun.*, 2020, vol. 25. doi: 10.1016/j.mtcomm.2020.101275
8. Umanskii A., Gogolinskii K., Syasko V., Golev A. Modification of the Leeb Impact Device For Measuring Hardness by the Dynamic Instrumented Indentation Method // *Inventions*, 2022, vol. 7, is. 1. doi: 10.3390/inventions7010029
9. Хотько А. В., Шилько С. В., Бухаров С. Н. Возможности оптимального проектирования автомобильной шины по критерию пространственной равнопрочности // *Механика машин, механизмов и материалов*. 2020. № 4. С. 11–18. doi: 10.46864/1995-0470-2020-

4-53-11-18

References

1. Bashir M. A. Use of Dynamic Mechanical Analysis (DMA) for Characterizing Interfacial Interactions in Filled Polymers. *Solids*, 2021, vol. 2, is. 1, pp. 108–120. doi: 10.3390/solids2010006
 2. Rudnitskiy V. A., Kren' A. P., Shil'ko S. V. Otsenka svoystv elastomernykh materialov pri postoyannoy skorosti indentirovaniya [Estimation of Properties of Elastomers by Indentation with a Constant Rate]. *Trenie i iznos* [Friction and Wear], 2001, vol. 22, no. 5, pp. 502–508.
 3. Vriend N. M., Kren A. P. Determination of the Viscoelastic Properties of Elastomeric Materials by the Dynamic Indentation Method. *Polym. Test.*, 2004, vol. 23, is. 4, pp. 369–375. doi: 10.1016/j.polymertesting.2003.10.006
 4. Kren' A. P., Rudnitskiy V. A. Otsenka resursa rabotosposobnosti rezin s ispol'zovaniem metodov indentirovaniya [Evaluation of the service life of rubbers using indentation methods]. *Zavodskaya laboratoriya* [Factory laboratory], 2010, no. 4, pp. 51–57.
 5. Wang L., Liu X. Characterization of Viscoelastic Materials by Quasi-Static and Dynamic Indentation. *Measurement Science and Technol.*, 2014, vol. 25, is. 6. doi: 10.1088/0957-0233/25/6/064017
 6. Lee A., Komvopoulos K. Dynamic Spherical Indentation of Elastic-Plastic Solids. *Int. J. of Solids and Struct.*, 2018, vol. 146, pp. 180–191. DOI:10.1016/j.ijsolstr.2018.03.028
 7. Xiaoyan N., Shenzhen L., Xuchen G., Cong C., Jiang Z. De-sign and Theoretical Analysis of Dynamic Indentation Ex-perimental Device. *Mater. Today Commun.*, 2020, vol. 25. doi: 10.1016/j.mtcomm.2020.101275
 8. Umanskiy A., Gogolinskiy K., Syasko V., Golev A. Modifi-cation of the Leeb Impact Device For Measuring Hardness by the Dynamic Instrumented Indentation Method. *Inventions*, 2022, vol. 7, is. 1. doi: 10.3390/inventions7010029
 9. Khot'ko A. V., Shil'ko S. V., Bukharov S. N. Vozmozhnosti optimal'nogo proektirovaniya avtomobil'noy shiny po kriteriyu prostranstvennoy ravnoprochnosti [Possibilities of optimal design of automobile tires according to the criterion of spatial uniformity of strength]. *Mekhanika mashin, mekhanizmov i materialov* [Mechanics of Machines, Mechanisms and Materials], 2020, no. 4, pp. 11–18. doi: 10.46864/1995-0470-2020-4-53-11-18
-