

<http://doi.org/10.32864/polymmattech-2024-10-4-89-95>

УДК 678.5:549.731.13

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ПОЛИЭФИРЭФИРКЕТОНА И ПРИРОДНОГО МАГНЕТИТА

А. С. ВИНДИЖЕВА¹⁺, А. Л. СЛОНОВ¹, А. А. ЖАНСИТОВ¹, П. А. ЕРШОВ², В. Д. САЛЬНИКОВ², К. Р. КОЖЕМОВА¹, С. Ю. ХАШИРОВА¹

¹Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х. М. Бербекова, ул. Чернышевского, 173, 360004, г. Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия

²НОЦ «Умные материалы и биомедицинские приложения», Балтийского федерального университета им. И. Канта, ул. Александра Невского, 14, 236041, г. Калининград, Россия

Цель работы — определение структуры природного магнетита, выделенного из минерала серпентина месторождения Кабардино-Балкарской Республики, и исследование структурных особенностей и свойств композиционных материалов на основе полиэфирэфиркетона (ПЭЭК), наполненного природным магнетитом.

Методом рентгеноструктурного анализа исследовали структуру природного магнетита, выделенного из минерала серпентина месторождения Кабардино-Балкарской Республики. Путем измельчения в планетарной шаровой мельнице получили порошок с мономодальным распределением частиц, диаметром 0,5 мкм. Смешением в расплаве получили композиционные материалы на основе ПЭЭК, модифицированные природным магнетитом с содержанием 5 мас.%, 15 мас.% и 25 мас.%. Для каждого определены численные характеристики петель гистерезиса: H_c — 3979 А/м, 3581 А/м, 3342 А/м, J_s — 3800 А/м, 9900 А/м, 10500 А/м соответственно. Исследовали физико-механические, термические и теплофизические свойства исходного ПЭЭК и композиционных материалов на его основе.

Проведенные методом растровой электронной микроскопии исследования показали, что частицы магнетита состоят преимущественно из агломератов неправильной формы. Улучшение показателей упругости и прочности композиционных материалов связано с усилением межфазных взаимодействий. Увеличение содержания наполнителя в полимерном композите приводит к снижению прочности на разрыв, вероятно из-за концентрации напряжений и уменьшения доли полимерной матрицы. Результаты исследований тепло- и электрофизических свойств полимерных композитов, указывают на вероятность нарушения порядка в кристаллической решетке и наличия дефектов и зон напряжения, создаваемых природным магнетитом.

Ключевые слова: магнетит, полиэфирэфиркетон, магнитные свойства, механические свойства, термостойкость, теплофизические характеристики, степень кристалличности.

STRUCTURE AND PROPERTIES OF COMPOSITE MATERIAL BASED ON POLYESTERESTERKETONE AND NATURAL MAGNETITE

A. S. VINDIZHEVA¹⁺, A. L. SLONOV¹, A. A. ZHANSITOV¹, P. A. ERSHOV², V. D. SALNIKOV², K. R. KOZHEMOVA¹, S. YU. KHASHIROVA¹

¹Kabardino-Balkarian State University named after H. M. Berbekova, Chernyshevsky St., 173, 360004, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russia

²Scientific and Educational Center “Smart Materials and Biomedical Applications”, Immanuel Kant Baltic Federal University, Aleksandr Nevsky St., 14, 236041, Kaliningrad, Russia

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

Purpose of the work is determination of the structure of natural magnetite isolated from the serpentine mineral deposit in the Kabardino-Balkarian Republic, and a study of the structural features and properties of composite materials based on polyetheretherketone (PEEK) filled with natural magnetite.

The structure of natural magnetite isolated from the serpentine mineral deposit of the Kabardino-Balkarian Republic has been studied. By grinding in a planetary ball mill, a powder with a monomodal particle distribution with a diameter of 0.5 μm was obtained. Composite materials based on PEEK modified with natural magnetite with a content of 5 wt.%, 15 wt.% 25 wt.%. For each, the numerical characteristics of the hysteresis loops were determined: H_c — 3979 A/m, 3581 A/m, 3342 A/m, J_s — 3800 A/m, 9900 A/m, 10500 A/m, respectively. The physical, mechanical, thermal and thermophysical properties of the original PEEK and composite materials based on it were investigated.

Scanning electron microscopy studies have shown that magnetite particles consist mainly of irregularly shaped agglomerates. The increase in elasticity and strength is associated with the processes of nanostructuring and an increase in interfacial interactions. An increase in the filler content in the polymer led to a decrease in the tensile strength of the composite due to stress concentration and a decrease in the proportion of the polymer matrix. The magnetic properties of composites indicate the presence of dislocations, pores and other structural defects. The results of thermophysical studies indicate the likelihood of a disturbance in the crystal lattice and the presence of defects and stress zones created by natural magnetite.

Keywords: magnetite, polyetheretherketone, magnetic properties, mechanical properties, heat resistance, thermal and physical characteristics, degree of crystallinity.

Поступила в редакцию 28.11.2024

© А. С. Виндижева, А. Л. Слонов, А. А. Жанситов, П. А. Ершов, В. Д. Сальников, К. Р. Кожемова, С. Ю. Хаширова, 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:

Виндижева А. С., Слонов А. Л., Жанситов А. А., Ершов П. А., Сальников В. Д., Кожемова К. Р., Хаширова С. Ю. Структура и свойства композиционного материала на основе полиэфирэфиркетона и природного магнетита // Полимерные материалы и технологии. 2024. Т. 10, № 4. С. 89–95. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2024-10-4-89-95>

Citation sample:

Vindizheva A. S., Slonov A. L., Zhansitov A. A., Ershov P. A., Sal'nikov V. D., Kozhemova K. R., Khashirova S. Yu. Struktura i svoystva kompozitsionnogo materiala na osnove poliefirefirketona i prirodnoho magnetita [Structure and properties of composite material based on polyesteresterketone and natural magnetite]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2024, vol. 10, no. 4, pp. 89–95. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2024-10-4-89-95>

Литература

1. Wang Y., Ahmadi Moghaddam H., Palacios Moreno J., Mertini P. Magnetic Filler Polymer Composites—Morphology Characterization and Experimental and Stochastic Finite Element Analyses of Mechanical Properties // *Polymers*, 2023, vol. 15, is. 13. doi: 10.3390/polym15132897
2. Kebede K. Kefeni, Titus A.M. Msagati, Thabo Tl. Nkambule, Bhiekie B. Mamba. Spinel ferrite nanoparticles and nanocomposites for bio-medical applications and their toxicity // *Materials Science and Engineering: C*, 2020, vol. 107, pp. 110–314. doi: 10.1016/j.msec.2019.110314
3. Dionne G. F. *Magnetic oxides*. New York [et al.] : Springer, 2009. 474 p. doi: 10.1007/978-1-4419-0054-8
4. Yuan C., Wu C., Ling L., Yao X., Li Z., Xie F., Tian J. Ceramic grinding kinetics of fine magnetite ores in the batch ball mill // *Minerals*,

2023; vol. 13, is. 9. doi: 10.3390/min13091188

5. Niculescu A.-G., Chircov C., Grumezescu A. M. Magnetite nanoparticles: Synthesis methods – A comparative review // *Methods*, 2022, vol. 199, pp. 16–27. doi: 10.1016/j.ymeth.2021.04.018
6. Hubetska T., Krivtsov I., Kobylinska N., Menendez J. Hydrophobically functionalised magnetic nanocomposite as a new adsorbent for pre-concentration of organochlorine pesticides in water solution // *IEEE magnetics letters*, 2018, vol. 9. doi: 10.1109/LMAG.2018.2824248

References

1. Wang Y., Ahmadi Moghaddam H., Palacios Moreno J., Mertini P. Magnetic Filler Polymer Composites—Morphology Characterization and Experimental and Stochastic Finite Element Analyses of Mechanical Properties. *Polymers*, 2023, vol. 15, is. 13. doi: 10.3390/polym15132897
 2. Kebede K. Kefeni, Titus A.M. Msagati, Thabo T.I. Nkambule, Bhekie B. Mamba. Spinel ferrite nanoparticles and nanocomposites for biomedical applications and their toxicity. *Materials Science and Engineering: C*, 2020, vol. 107, pp. 110–314. doi: 10.1016/j.msec.2019.110314
 3. Dionne G. F. *Magnetic oxides*. New York [et al.] : Springer, 2009. 474 p. doi: 10.1007/978-1-4419-0054-8
 4. Yuan C., Wu C., Ling L., Yao X., Li Z., Xie F., Tian J. Ceramic grinding kinetics of fine magnetite ores in the batch ball mill. *Minerals*, 2023; vol. 13, is. 9. doi: 10.3390/min13091188
 5. Niculescu A.-G., Chircov C., Grumezescu A. M. Magnetite nanoparticles: Synthesis methods – A comparative review. *Methods*, 2022, vol. 199, pp. 16–27. doi: 10.1016/j.ymeth.2021.04.018
 6. Hubetska T., Krivtsov I., Kobylinska N., Menendez J. Hydrophobically functionalised magnetic nanocomposite as a new adsorbent for pre-concentration of organochlorine pesticides in water solution. *IEEE magnetics letters*, 2018, vol. 9. doi: 10.1109/LMAG.2018.2824248
-