

<http://doi.org/10.32864/polymmattech-2020-6-3-53-59>

УДК 678.5:678.046

ПРИМЕНЕНИЕ ФОСФОГИПСА В КАЧЕСТВЕ НАПОЛНИТЕЛЯ ДЛЯ ПОЛИМЕРОВ. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ НАПОЛНИТЕЛЯ

Р. П. МЕДВЕДЕВ¹⁺, А. В. СКРЫЛЁВ²

¹ООО «АВАНГАРД», пер. Якутский, 2, 346518, г. Шахты, Ростовская область, Россия

²Институт высоких технологий и пьезотехники ЮФУ, ул. Мильчакова, 10, 344058, г. Ростов-на-Дону, Россия

В настоящее время одним из наиболее опасных для окружающей среды видов промышленных отходов является фосфогипс, побочный продукт производства фосфорной кислоты. Для решения проблемы переработки фосфогипса авторы изучили возможность его применения в качестве наполнителя для полимерных композиционных материалов. Цель работы — оценить целесообразность применения фосфогипса в качестве наполнителя для полимерных композиционных материалов на основе полиолефиновых матриц, а именно: изучить влияние скорости нагрева на размер и форму частиц наполнителя; получить наполнитель с гидрофобизированной поверхностью; провести сравнение механических и реологических свойств композиционных материалов, содержащих наполнители, полученные при различных режимах обработки.

Экспериментально установлено что скорость нагрева 13 °С не влияет на размер и форму частиц фосфогипса — частицы имеют преимущественно игольчатую форму со средним размером 12 мкм. С увеличением скорости нагрева до 50 °С и 100 °С средний размер частиц уменьшается до 8 мкм и 6 мкм соответственно. Эти композиты не уступают по своим свойствам материалам, с традиционно используемым наполнителем, мелом.

По итогам данной работы можно утверждать, что фосфогипс целесообразно использовать в качестве наполнителя для полимерных композиционных материалов, что будет способствовать удешевлению продукции и внесет вклад в решение вопроса утилизации отходов фосфорной кислоты.

Ключевые слова: фосфогипс, наполнитель для полимерных композиционных материалов, механическая прочность, экструзия, литье полимеров.

APPLICATION OF PHOSPHOGYPSUM AS A FILLER FOR POLYMERS. TECHNOLOGICAL FEATURES OF THE FILLER OBTAINING

R. P. MEDVEDEV¹⁺, A. V. SKRYLEV²

¹LLC AVANGARD, Lane Yakutsky, 2, 346518, Shakhty, Russia

²Institute of High Technologies and Piezotechnics, Southern Federal University, Milchakova St., 10, 344058, Rostov-on-Don, Russia

Currently, one of the most environmentally hazardous types of industrial waste is phosphogypsum, a by-product of phosphoric acid production. To solve the problem of processing phosphogypsum, the authors studied the possibility of its use as a filler for polymer composite materials. The purpose of this work is to evaluate the feasibility of using phosphogypsum as a filler for polymer composite materials based on polyolefin matrices, namely: to study the effect of the heating rate on the size and shape of the filler particles; to obtain a filler with a hydrophobized surface; to compare the mechanical and rheological properties of composite materials containing fillers obtained under various processing modes.

It is experimentally established that the heating rate of 13 °C does not affect the size and shape of the

⁺ Автор, с которым следует вести переписку. E-mail: roman.med1989@mail.ru

phosphogypsum particles — the particles are mainly needle-shaped with an average size of 12 microns. As the heating rate increases to 50 °C and 100 °C, the average particle size decreases to 8 microns and 6 microns, respectively. It was found that composite materials containing hydrophobized stearic acid phosphogypsum particles processed at a low heating rate have better mechanical properties than composites using chalk or unfired phosphogypsum. These composites are not inferior in their properties to materials with a traditionally used filler, chalk.

Based on the results of this work, it can be argued that phosphogypsum can be used as a filler for polymer composite materials, which will help reduce the cost of products and contribute to the solution of the issue of waste disposal of phosphoric acid.

Keywords: phosphogypsum, filler for polymer composite materials, mechanical strength, extrusion, polymer casting.

Поступила в редакцию 14.04.2020

© Р. П. Медведев, А. В. Скрылёв, 2020

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:

Медведев Р. П., Скрылёв А. В. Применение фосфогипса в качестве наполнителя для полимеров. технологические особенности получения наполнителя // Полимерные материалы и технологии. 2020. Т. 6, № 3. С. 53–59. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2020-6-3-53-59>

Citation sample:

Medvedev R. P., Skrylev A. V. Primenenie fosfogipsa v kachestve napolnitelya dlya polimerov. tekhnologicheskie osobennosti polucheniya napolnitelya [Application of phosphogypsum as a filler for polymers. technological features of the filler obtaining]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2020, vol. 6, no. 3, pp. 53–59. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2020-6-3-53-59>

Литература

1. Handbook of Vinyl Formulating / ed. R. F. Grossman. 2nd edition. USA : John Wiley & Sons Inc., 2008. 531 p.
2. Коваленко А. Н., Гурова А. В. Вся правда о меловых добавках // Полимерные материалы: изделия, оборудование, технологии. 2015. № 8. С. 6–11.
3. Мещеряков Ю. Г., Федоров С. В. Проблемы промышленной переработки фосфогипса в РФ, состояние и перспективы // Фундаментальные исследования. 2015. № 6-2. С. 273–276.
4. Золотухин С. Н., Савенкова Е. А., Соловьева Е. А. Переработка отходов фосфогипса как решение проблем экологии и рационального использования сырьевых ресурсов // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2015. № 1. С. 173–177.
5. Жантасов К. Т., Жуматаева С. Б., Зият А. Ж., Мамитова А. Д. Проблемы промышленной переработки фосфогипса и зарубежный опыт его утилизации // Наука и инновации — современные концепции : сборник научных статей по итогам работы Международного научного форума, Москва, 4 октября 2019. Москва : Инфинити, 2019. С. 222–230.
6. Кочетков С. П., Брыль С. В. Основные экологические аспекты комплексной переработки природного фосфатного сырья утеплителей в строительстве // Экология и строительство. 2016. № 2. С. 9–17.
7. Солдаткин С. И., Хохлов А. Е. Проблемы использования фосфогипса в дорожном строительстве // Недра Поволжья и Прикаспия. 2019. Вып. 97. С. 58–61.
8. Lokshin E. P., Tareeva O. A. Production of high-quality gypsum raw materials from phosphogypsum // Russian Journal of Applied Chemistry, 2015, vol. 88, no. 4, pp. 567–573.
9. Jun Zhou, Dongxue Yu, Zhu Shu, Tiantian Li, Yun Chen, Yanxin Wang. A novel two-step hydration process of preparing cement-free non-fired bricks from waste phosphogypsum // Construction and Building Materials, 2014, vol. 73, pp. 222–228. DOI:10.1016/J.CONBUILDMAT.2014.09.075

10. Никонова Д. А. Экономическая оценка проекта комплексной переработки фосфогипса с попутным извлечением редкоземельных элементов на основе использования методики “затраты–выгоды” // Наукovedenie : интернет-журнал. 2017. Т. 9, № 6. 12 с. URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/38EVN617.pdf> (дата обращения: 10.02.2020).
11. Lokshin E. P., Tareeva O. A., Elizarova I. R. Sorption of rare-earth elements from phosphogypsum sulfuric acid leaching solutions // *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*, 2015, vol. 49, no. 5, pp. 773–778.
12. Mohamed K. R., El-Bassyouni G. T., Mousa S. M. Fabrication of nano structural biphasic materials from phosphogypsum waste and their in vitro applications // *Materials Research Bulletin*, 2014, vol. 50, pp. 432–439.
13. Арзамасцев С. В., Павлов В. В., Артеменко С. Е., Бахарева Н. А., Чембуткина Д. А. Фосфогипсопластики на основе различных полимерных матриц // *Вестник Саратовского государственного технического университета*. 2011. Т. 2, № 1(55). С. 52–56.
14. Медведев Р. П., Шабельская Н. П., Егорова М. А., Салиев А. Н., Клущин В. А. Применение фосфогипса в качестве наполнителя для полимерных композиций // *Вестник Технологического университета*. 2020. Т. 23, № 1. С. 68–73.
15. Медведев Р. П., Шабельская Н. П., Астахова М. Н., Гайдуква Ю. А. Изучение возможности переработки фосфогипса в неорганический наполнитель полимерных материалов / *Современные проблемы экологии : XXIII международная научно-практическая конференция*, Тула, 15 октября 2019 г. / под общ. ред. В. М. Панарина. Тула : Инновационные технологии, 2019. С. 49–52.
16. Нифталиев С. И., Лыгина Л. В., Перегудов Ю. С., Прокофьева Л. А. Исследование реологических свойств композиций на основе ПВХ // *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. 2014. № 2. С. 132–134.
17. Наполнители для полимерных композиционных материалов : (справочное пособие) / пер. с англ. под ред. П. Г. Бабаевского. М. : Химия, 1981. 736 с.

References

1. *Handbook of Vinyl Formulating*. Ed. R. F. Grossman. 2nd edition. USA : John Wiley & Sons Inc., 2008. 531 p.
2. Kovalenko A. N., Gurova A. V. Vsyaya pravda o melovykh dobavkakh [The whole truth about chalk additives]. *Polimernye materialy. Izdeliya. Oborudovanie. Tehnologii* [Polymer materials. Products, equipment, technology], 2015, no. 8, pp. 6–11.
3. Meshcheryakov Yu. G., Fedorov S. V. Problemy promyshlennoi pererabotki fosfogipsa v RF, sostoyaniye i perspektivy [Problems of industrial processing of phosphogypsum in the Russian Federation, state and prospects]. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental study], 2015, no. 6-2, pp. 273–276.
4. Zolotukhin S. N., Savenkova E. A., Solov'eva E. A. Pererabotka otkhodov fosfogipsa kak reshenie problem ekologii i ratsional'nogo ispol'zovaniya syr'evykh resursov [Recycling of phosphogypsum waste as a solution to environmental problems and rational use of raw materials]. *Nauchnyi vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Vysokie tekhnologii. Ekologiya* [Scientific Bulletin of the Voronezh state University of architecture and construction. Series: High technology. Ecology], 2015, no. 1, pp. 173–177.
5. Zhantasov K. T., Zhumataeva S. B., Ziyat A. Zh., Mamitova A. D. Problemy promyshlennoi pererabotki fosfogipsa i zarubezhnyi opyt ego utilizatsii [Problems of industrial processing of phosphogypsum and foreign experience of its utilization]. *Sbornik nauchnykh statei po itogam raboty Mezhdunarodnogo nauchnogo foruma «Nauka i Innovatsii — sovremennye kontseptsii»* [Collection of scientific articles on the results of the International scientific forum “Science and innovation modern concepts”]. Moscow : Infinity Publ., 2019, pp. 222–230.
6. Kochetkov S. P., Bryl' S. V. Osnovnye ekologicheskie aspekty kompleksnoi pererabotki prirodnogo fosfatnogo syr'ya uteplitelei v stroitel'stve [Main environmental aspects of complex processing of natural phosphate raw materials insulation materials in construction]. *Ekologiya i stroitel'stvo* [Ecology and construction], 2016, no. 2, pp. 9–17.
7. Coldatkin S. I., Khokhlov A. E. Problemy ispol'zovaniya fosfogipsa v dorozhnom stroitel'stve [The problem of the use of phosphogypsum in road construction]. *Nedra povolzh'ya i prikaspiya* [Subsoil of the Volga region and the Caspian sea], 2019, is. 97, pp. 58–61.
8. Lokshin E. P., Tareeva O. A. Production of high-quality gypsum raw materials from phosphogypsum. *Russian Journal of Applied Chemistry*, 2015, vol. 88, no. 4, pp. 567–573.
9. Jun Zhou, Dongxue Yu, Zhu Shu, Tiantian Li, Yun Chen, Yanxin Wang. A novel two-step hydration process of preparing cement-free non-fired bricks from waste phosphogypsum. *Construction and Building Materials*, 2014, vol. 73, pp. 222–228. DOI:10.1016/J.CONBUILDMAT.2014.09.075
10. Nikonova D. A. Ekonomicheskaya otsenka proekta kompleksnoi pererabotki fosfogipsa s poputnym izvlecheniem redkozemel'nykh elementov na osnove ispol'zovaniya metodiki «zatraty–vygody». [Economic assessment of the project of complex processing of phosphogypsum with associated extraction of rare earth elements based on the use of the “cost-benefit” methodology]. *Naukovedenie* [Science of science], 2017, vol. 9, no. 6, Available at: <https://naukovedenie.ru/PDF/38EVN617.pdf> (accessed: 10.02.2020).
11. Lokshin E. P., Tareeva O. A., Elizarova I. R. Sorption of rare-earth elements from phosphogypsum sulfuric acid leaching solutions. *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*, 2015, vol. 49, no. 5, pp. 773–778.
12. Mohamed K. R., El-Bassyouni G. T., Mousa S. M. Fabrication of nano structural biphasic materials from phosphogypsum waste and their in vitro applications. *Materials Research Bulletin*, 2014, vol. 50, pp. 432–439.
13. Arzamastsev S. V., Pavlov V. V., Artemenko S. E., Bakhareva N. A., Chembutkina D. A. Fosfogipsoplastiki na osnove razlichnykh polimernykh matrits [Phospholipolytic based on different polymeric matrixes]. *Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Saratov state technical University], 2011, vol. 2, no. 1(55), pp. 52–56.
14. Medvedev R. P., Shabel'skaya N. P., Egorova M. A., Saliev A. N., Klushin V. A. Primenenie fosfogipsa v kachestve napolnitelya dlya polimernykh kompozitsii [Application of phosphogypsum as a filler for polymer compositions]. *Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Technological University], 2020, vol. 23, no. 1, pp. 68–73.
15. Medvedev R. P., Shabel'skaya N. P., Astakhova M. N., Gaidukova Yu. A. Izuchenie vozmozhnosti pererabotki fosfogipsa v neorganicheskii napolnitel' polimernykh materialov [Study of the possibility of processing phosphogypsum into an inorganic filler of polymer materials]. *XXIII mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Sovremennye problemy ekologii»* [XXIII international scientific and practical conference “Modern problems of ecology”]. Tula : Innovatsionnye tekhnologii Publ., 2019, pp. 49–52.
16. Niiftaliev S. I., Lygina L. V., Peregudov Yu. S., Prokof'eva L. A. Issledovanie reologicheskikh svoistv kompozitsii na osnove PVKh [Investigation of rheological properties of PVC-based compositions]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii* [Bulletin of the Voronezh state University of engineering technologies], 2014, no. 2(60), pp. 132–134.
17. Napolniteli dlya polimernykh kompozitsionnykh materialov [Fillers for polymer composite materials]. Moscow : Khimiya Publ., 1981. 736 p.