

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-1-66-73

^{1,*}Готлиб Е.М., ^{1,2}Ха Т.Н.Ф., ³Гимранова А.Р., ³Галимов Э.Р., ²Do Huyen Trang¹Казанский национальный исследовательский технологический университет²Viet Tri University of Industry³Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева

*Email: egotlib@yandex.ru

ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ЭПОКСИДНЫХ ПОКРЫТИЙ, НАПОЛНЕННЫХ СИНТЕТИЧЕСКИМ ВОЛЛАСТОНИТОМ НА ОСНОВЕ РИСОВОЙ ШЕЛУХИ

Аннотация. Добыча природного волластонита в мире ограничена, поэтому актуальным является синтез его на основе доступного кальций и кремнийсодержащего сырья, причем в качестве источника диоксида кремния перспективно применять рисовую шелуху, как отход рисопереработки.

За счет игольчатой формы частиц природный волластонит повышает износостойкость эпоксидных покрытий, что делает интересным исследование влияния на этот показатель фазового состава и свойств синтетического волластонита.

Синтезированный нами силикат кальция, содержит преимущественно β -волластонит, который является целевым компонентом. Максимальное содержание его, примерно на уровне природного Миволла 10–97, достигается при температуре синтеза не выше 950 °С. В качестве примеси в составе синтетического волластонита обнаружен ларнит, является островным силикатом, который имеет цепочную структуру, и поэтому он не может обеспечивать такого модифицирующего эффекта, как наполнители с анизодиаметричной формой частиц. Характер кривых распределения частиц по размерам как природного, так и синтетического волластонита, имеет два максимума, независимо от температуры синтеза наполнителя, за исключением силиката кальция, полученного при 900 °С, который характеризуется унимодальным распределением частиц. У природного Миволла 10–97 более узкое, чем у синтезированных наполнителей, распределение частиц и они меньше по размерам.

Износостойкость эпоксидных композиций, при наполнении их как природным, так и синтетическим волластонитом, увеличивается. Наибольший рост этого показателя достигается при применении синтетического волластонита, полученного при соотношении оксида кальция и диоксида кремния 1:1 и температурах 900–1000 °С. Таким образом, эпоксидные материалы, наполненные, как природным, так и синтетическим волластоном, полученным при оптимальных соотношениях исходных компонентов и температурах синтеза, эффективно и экономично использовать в качестве износостойких покрытий.

Ключевые слова: износостойкость, эпоксидные полимеры, синтетический волластонит, фазовый состав, распределение частиц по размерам.

Введение. Месторождения природного волластонита, который является одним из эффективных наполнителей полимерных материалов [1, 2], во многих странах отсутствуют. Это делает актуальным синтез его на основе доступного кальций- и кремнийсодержащего сырья [3, 4]. Особый интерес представляет получение волластонита на базе отхода переработки риса [5–7].

За счет игольчатой формы частиц природный волластонит повышает износостойкость эпоксидных покрытий [8]. Это делает интересным исследование влияния на степень их износа фазового состава и свойств синтетического волластонита, полученного при разном соотношении компонентов исходной смеси и температурах синтеза.

Экспериментальная часть. Эпоксидные композиции получали на основе диановой смолы ЭД-20 (ГОСТ 10587-84), отверждаемой аминоалкилфенолом АФ-2 (ТУ 2494-052-00205423-

2004) при комнатной температуре в течение 7 суток. Содержание отвердителя определялось эквивалентным соотношением [эпоксигруппы]:[амин].

В качестве наполнителя применялся синтетический волластонит, полученный на основе оксида кальция и золы рисовой шелухи, как источника аморфного диоксида кремния [6, 7], при соотношениях этих компонентов: 1,2:1, 1:1 и 1:1,2, и температурах от 800 °С до 1100 °С в течение 2 часов. Для сравнения использовался природный волластонит марки Миволл 10–97 (ТУ 5777–006–40705684–2003).

Рентгенографический количественный фазовый анализ (РКФА) проводился на многофункциональном дифрактометре Rigaku SmartLab при следующих параметрах съёмки: угловой интервал от 3° до 65° с шагом сканирования 0,02, с экспозицией 1 секунда в точке.

Анализ размера частиц синтетического волластонита проводится методом лазерной дифракции в соответствии с ГОСТ Р 8.777 – 2011.

Износостойкость образцов измерялась на вертикальном оптиметре ИЗВ-1 при удельном давлении – 1 МПа, скорости скольжения – 1 м/сек, без смазки.

Обсуждение результатов. Полученный нами синтетический волластонит, не зависимо от температуры синтеза и соотношения диоксида

кремния и оксида кальция в исходной смеси, содержит преимущественно β -волластонит.

В качестве примеси в его составе обнаружен ларнит – силикат двух молекул кальция Ca_2SiO_3 . В отличие от волластонита, который имеет цепочную структуру, ларнит является островным силикатом, поэтому он не может обеспечивать такого модифицирующего эффекта, как наполнители с анизодиаметричной формой частиц [9].

Таблица 1

Фазовый состав по данным РКФА синтетического волластонита, полученного при разных соотношениях $\text{CaO}:\text{SiO}_2$ и различных температурах

Соотношение $\text{CaO}:\text{SiO}_2$	1,2: 1		1:1		1: 1,2	
	β -Волластонит (%)	Ларнит (%)	β -Волластонит (%)	Ларнит (%)	β -Волластонит (%)	Ларнит (%)
800 °C	75	25	76	24	78	22
850 °C	74	26	75	25	79	21
900 °C	77	23	74	26	70	30
950 °C	75	25	70	30	68	32
1000 °C	56	44	59	41	66	34
1050 °C	57	43	57	43	63	37
1100 °C	58	42	44	56	62	38

Представленные в таблице 1 результаты свидетельствуют о том, что максимальное содержание в составе синтезированного наполнителя β -волластонита, который является целевым компонентом [10], достигается при температуре процесса получения не выше 900–950 °C.

Интересно отметить, что при избытке диоксида кремния в исходной смеси содержание β -волластонита в составе наполнителя в меньшей степени зависит от температуры синтеза, чем при

избытке оксида кальция, или соотношении исходных компонентов 1:1 (табл. 1).

Соотношение диоксида кремния и оксида кальция в исходной смеси при оптимальных температурах синтеза (800–900 °C) не значительно влияет на количество β -волластонита в составе получаемого наполнителя (табл.1).

Содержание этого целевого компонента в волластоните, синтезированном при оптимальной температуре и составе исходной смеси, примерно на уровне природного Миволла 10–97 (80 %).



Рис. 1. Кривые распределения по размерам частиц синтетического волластонита с молярным соотношением оксида кальция и диоксида кремния 1,2:1, полученного при различных температурах, в сравнении с природным минералом

Характер кривых распределения частиц по размерам как природного, так и синтетического волластонита, имеет два максимума (рис. 1), независимо от температуры синтеза наполнителя, за исключением силиката кальция, полученного при 900 °С, который характеризуется унимодальным распределением частиц, со средними размерами 20–40 мкм.

С ростом температуры синтеза волластонита количество мелких (1–2 мкм) частиц его растет, особенно при температуре получения 1100 °С.

У природного Миволла 10–97 более узкое, чем у синтезированных наполнителей, распределение частиц, они меньше по размерам, которые варьируются от 1–2 до 10 мкм (рис. 1).

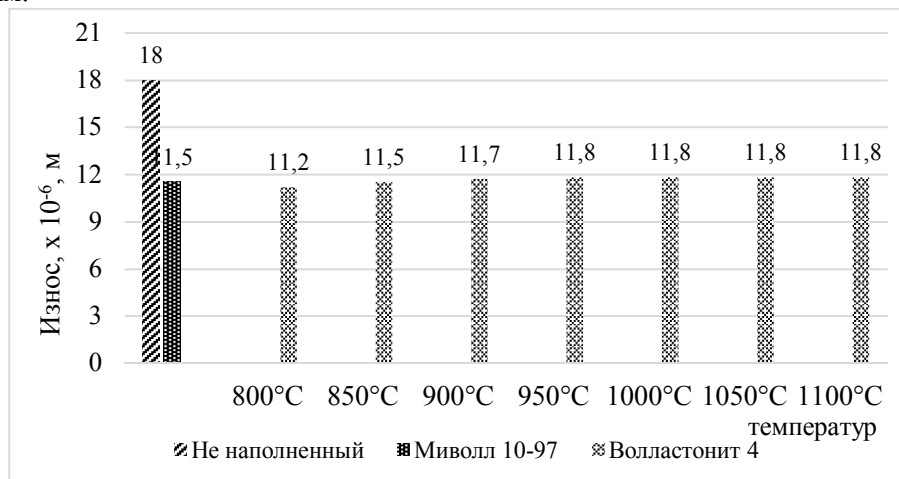


Рис. 2. Износостойкость эпоксидных покрытий, модифицированных 10 масс. ч. синтетического волластонита с соотношением $\text{CaO}:\text{SiO}_2 = 1,2:1$, полученного при разных температурах

Срок службы эпоксидных покрытий существенно зависит от износостойкости связующего, на которую значительное влияние оказывает тип применяемого наполнителя [11].

Анализ полученных нами экспериментальных данных показал, что изнашивание эпоксидных композитов при наполнении их как природным, так и синтетическим волластонитом, уменьшается (рис. 2 и 3). Это связано с анизодиаметричной формой частиц этих коротковолокнистых наполнителей, оказывающих, согласно литературным данным [12], общее усиливающее действие, особенно влияющее на усталостные свойства материалов.

Снижение степени поперечного сшивания эпоксидных композиций при введении в их со-

став волластонита [13] обуславливает увеличение подвижности элементов трехмерной сетчатой структуры полимерной матрицы, что способствует повышению скорости релаксации контактных напряжений, и, следовательно, уменьшению интенсивности изнашивания [14].

Наименьший износ наблюдается для эпоксидных композиций с синтетическим волластонитом, полученным при соотношении оксида кальция и диоксида кремния 1:1 (рис. 3). Этот показатель заметно ниже по сравнению с использованием в качестве наполнителя природного минерала. При этом температура синтеза волластонита не значительно влияет на износостойкость наполненных им материалов (рис. 2, 3 и 4).

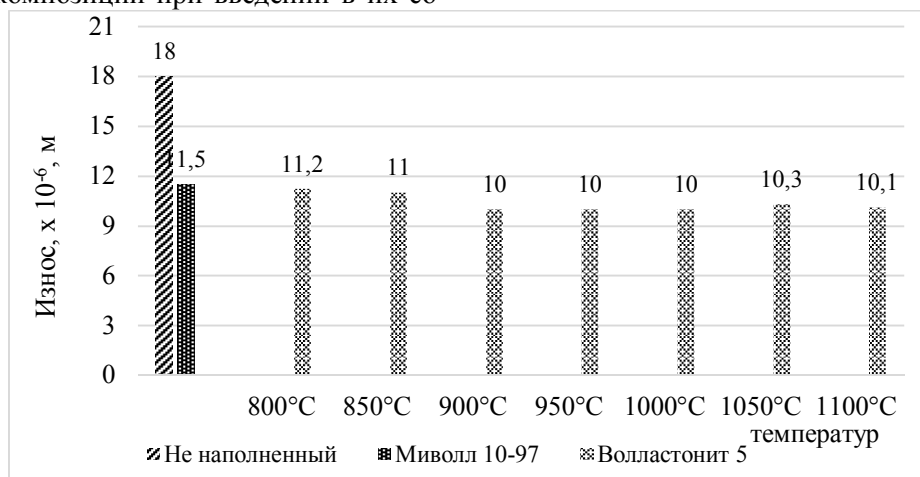


Рис. 3. Износостойкость эпоксидных материалов, модифицированных 10 масс. ч. синтетического волластонита с соотношением $\text{CaO}:\text{SiO}_2 = 1:1$, синтезированного при разных температурах

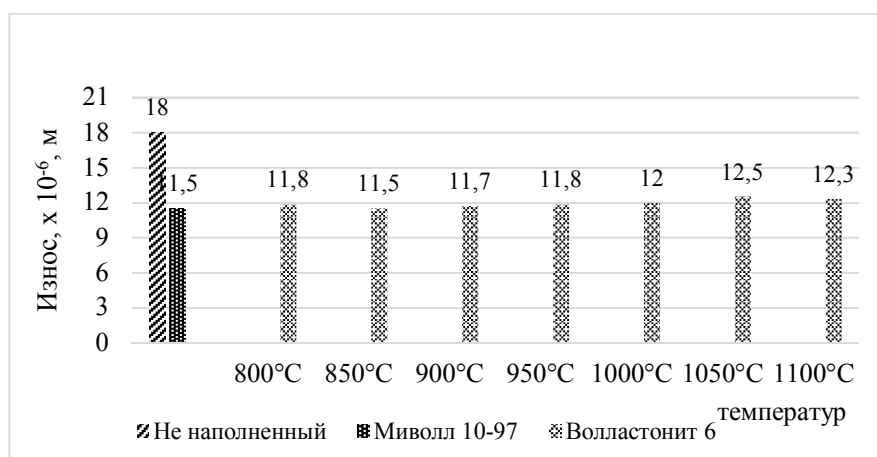


Рис. 4. Износостойкость эпоксидных материалов, модифицированных 10 масс. ч. синтетического волластонита с соотношением $\text{CaO}:\text{SiO}_2$ 1:1,2, синтезированного при разных температурах

Не обнаружена корреляция степени износа наполненных эпоксидных покрытий с размером частиц волластонита (рис. 1 и 2).

В тоже время имеет место определенная взаимосвязь между содержанием β -волластонита в составе синтезированного наполнителя и

износостойкостью наполненных эпоксидных материалов.

Так, при температуре синтеза волластонита выше 950°C износостойкость эпоксидных покрытий с этим наполнителем несколько уменьшается, как и содержание компонента с игольчатой формой частиц (табл. 1 и рис. 2-4).

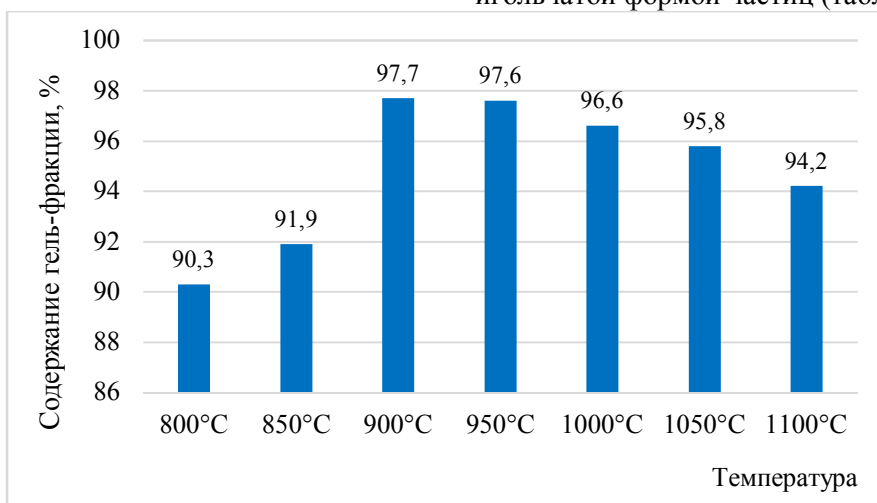


Рис. 5. Содержание гель-фракции эпоксидных композиций, наполненных 10 масс. ч. синтетического волластонита с соотношением $\text{CaO}:\text{SiO}_2$ 1,2:1, полученного при разных температурах

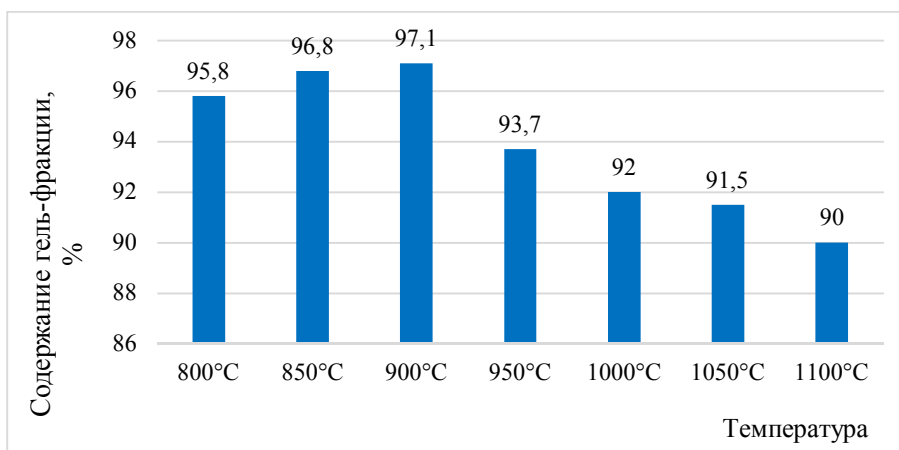


Рис. 6. Содержание гель-фракции эпоксидных композиций, наполненных 10 мас. ч. синтетического волластонита с соотношением $\text{CaO}:\text{SiO}_2$ 1:1, полученного при разных температурах

Причем, зависимость содержания гель-фракции наполненных синтетическим волластонитом композиций от структуры наполнителя больше, чем в случае степени их износа.

Количество β -волластонита в составе синтезированного наполнителя влияет и на содержание гель-фракции наполненной эпоксидной композиции (рис. 5 и 6). В

зависимости от соотношения оксидов кальция и кремния этот показатель, характеризующий плотность сетчатой структуры материалов, выше при температуре получения волластонита 850–950 °С.

Таким образом, содержание гель-фракции в наполненных синтетическим волластонитом эпоксидных материалах существенно зависит от фазового состава наполнителя.

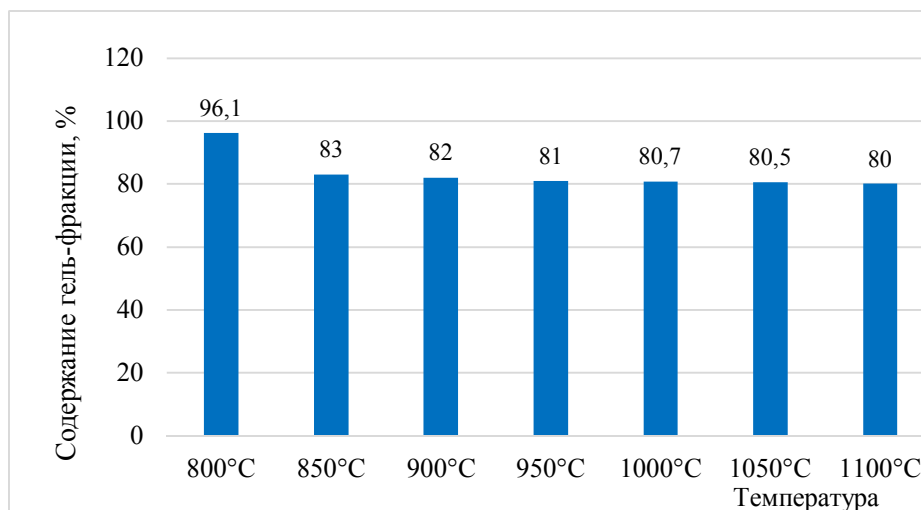


Рис. 7. Содержание гель-фракции эпоксидных композиций, наполненных 10 мас. ч. синтетического волластонита с соотношением $\text{CaO}:\text{SiO}_2$ 1:1,2, полученного при разных температурах

Заключение. Наибольший рост износостойкости эпоксидных материалов достигается при наполнении синтетическим волластонитом, полученным при соотношении оксида кальция и диоксида кремния из рисовой шелухи 1:1 и температурах синтеза 850–950 °С.

Количество β -волластонита в фазовом составе синтезированного наполнителя влияет на содержание гель-фракции наполненных эпоксидных композиций и износостойкость покрытий на их основе.

Таким образом, эпоксидные материалы, наполненные 10 масс. ч., как природного волластонита марки Миволл 10–97, так и синтетического силиката кальция на основе золы рисовой шелухи, полученного при оптимальных соотношениях исходных компонентов и температурах синтеза, эффективно и экономично использовать в качестве износостойких покрытий [15].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ciullo P.A., Robinson S. Wollastonite - versatile functional filler // *Paint and Coatings Industry*. 2009. № 11. Pp. 50.
2. Готлиб Е.М., Ильичева Е.С., Соколова А.Г. Волластонит как эффективный наполнитель композиционных материалов: учеб. Пособие. М.: 2013. 87 с.

3. Балкевич В.Л., Перес Ф.С., Когос А.Ю. и др. Синтез волластонита из природной карбонатно-кремнеземистой композиции // *Стекло и керамика*. 2005. № 1. С. 20–21.

4. Гладун В.Д., Акатьева Л.В., Андреева Н.Н., Холькин А.И. Получение и применение синтетического волластонита из природного и техногенного сырья // *Химическая технология*. 2004. № 9. С. 4–11.

5. Sarangi M.S., Bhattacharyya, Beher R.C. (2009). Effect of temperature on morphology and phase transformations of nanocrystalline silica obtained from rice husk. *Phase Transitions: A Multinational Journal*, Vol. 82. № 5. 2011. Pp. 377–386.

6. Kumar S., Sangwan P., Dhankhar R. Mor V., Bidra S Utilization of Rice Husk and Their Ash // *A Review Res. J. Chem. Env. Sci.*, Vol. 1. № 5. 2013. Pp.126–129.

7. Ghosh, R., Bhattacharjee S. A review study on precipitated silica and activated carbon from rice husk // *Journal of Chemical Engineering and Process Technology*. 2013. Vol. 4. Iss. 4. Pp. 156–162.

8. Коробщикова Т.С., Орлова Н.А. Исследование гранулометрического состава волластонита Синюхинского месторождения и его влияния на свойства наполненных полимерных композиций // *Лакокрасочные материалы и их применение*. 2010. № 5. С. 26–29.

9. Hamisah Ismail, Roslinda Shamsudin, Muhammad Azmi, Abdul Hamid and Azman Jalar Synthesis and Characterization of Nano-Wollastonite from Rice Husk Ash and Limestone // Materials Science Forum Vol. 756. 2013. Pp 43–47.

10. Yazdani H., Rezaie R., Ghassai H. Investigation of hydrothermal synthesis of wollastonite using silica and nano silica at different pressures // J. Ceram. Process. Res. Vol. 11. 2010. Pp. 348–353.

11. Grellmann W., Seidler S. Deformation and Fracture Behaviour of Polymers // Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2001. Pp. 405–418.

12. Терентьев В. Ф. Триботехническое материаловедение // Красноярск: Материаловедение, 2003. 103 с.

13. Готлиб Е.М., Ха Т.Н.Ф., Хасанова А.Р., Галимов Э.Р. Сравнение модифицирующего действия в эпоксидных полимерах природного и синтетического волластонита // Вестник Томского государственного университета. Химия. 2019. № 13. С. 13–19.

14. Mohan T.P., Ramesh Kumar M., Velnrirugan R. Mechanical and vibration characteristics of epoxy-clay nanocomposites // Journal of materials science. 2006. Vol. 41. Pp. 5951 – 5925.

15. Tverdov I., Gotlib E., Ha T.N.P., Sokolova A. and Islamova G. The impact of crystallite size of naturally occurring and synthetic wollastonite on its modifying effect in epoxy coatings // Proceedings of the XXIII International Scientific Conference FORM 2020, the journal IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2020. Pp. 869.

Информация об авторах

Готлиб Елена Михайловна, доктор технических наук, профессор кафедры технологии синтетического каучука. E-mail: egotlib@yandex.ru. Казанский национальный исследовательский технологический университет. Россия, Республика Татарстан, 420015, Казань, ул. Карла Маркса, д. 68.

Ха Тхи Нья Фыонг, аспирант кафедры технологии синтетического каучука. E-mail: phuonghtn@vui.edu.vn. Казанский национальный исследовательский технологический университет. Россия, Республика Татарстан, 420015, Казань, ул. Карла Маркса, д. 68.

Гимранова Альмира Рамазановна, ассистент кафедры материаловедения, сварки и производственной безопасности. E-mail: miracle543543@mail.ru. Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева. Россия, Республика Татарстан, 420011, Казань, ул. Карла Маркса, д. 10.

Галимов Энгель Рафикович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой материаловедения, сварки и производственной безопасности. E-mail: kstu-material@mail.ru. Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева. Россия, Республика Татарстан, 420011, Казань, ул. Карла Маркса, д. 10.

Do Huyen Trang, Faculty of Chemical Technology – Environment. E-mail: huyentrangpt49@gmail.com. Viet Tri University of Industry. Vietnam, Phu Tho, Lam Thao, Tien Kien.

Поступила 20.11.2020

© Готлиб Е.М., Ха Т.Н.Ф., Гимранова А.Р., Галимов Э.Р., Do Huyen Trang, 2021

^{1,*}Gotlib E.M., ^{1,2}Ha T.N.P., ³Gimranova A.R., ³Galimov E.R., ²Do Huyen Trang

¹Kazan National Research Technological University

²Viet Tri University of Industry

³Kazan National Research Technological University named after A.N. Tupolev

*Email: egotlib@yandex.ru

WEAR RESISTANCE OF EPOXY COATINGS FILLED WITH SYNTHETIC WOLLASTONITE BASED ON RICE HUSK

Abstract. The extraction of natural wollastonite in the world is limited, so it is relevant to synthesize it on the basis of available calcium and silicon-containing raw materials, and it is promising to use rice husks as a source of silicon dioxide, as a waste of rice processing. Due to the needle shape of the particles, natural wollastonite increases the wear resistance of epoxy coatings, which arouses interest to study the influence of the phase composition and properties of synthetic wollastonite on this property. The calcium silicate synthesized by authors contains β -wollastonite, which is the target component. Its maximum content is achieved at a synthesis temperature not higher than 950 °C, approximately at the level of natural Mivall 10–97. Larnite is found as an impurity in the composition of synthetic wollastonite, it is an island silicate with a chain structure

and therefore cannot provide such a modifying effect as fillers with anisodiametric particle shape. The nature of the particle size distribution curves of both natural and synthetic wollastonite has two maxima, regardless of the filler synthesis temperature, with the exception of calcium silicate obtained at 900 °C, the particle distribution is narrower than in synthesized fillers, and they are smaller. The wear resistance of epoxy compositions, when filled with both natural and synthetic wollastonite, increases. The greatest increase in this indicator is achieved when using synthetic wollastonite, obtained at a ratio of calcium oxide and silicon dioxide 1: 1 and temperatures of 900-1000 °C. Thus, epoxy materials filled with both natural and synthetic wollastonite obtained at optimal ratios of the initial components and synthesis temperatures can be effectively and economically used as wear-resistant coatings.

Keywords: wear resistance, epoxy polymers, synthetic wollastonite, phase composition, particle size distribution.

REFERENCES

1. Ciullo P.A., Robinson S. Wollastonite - versatile functional filler/ Paint and Coatings Industry. 2009. No. 11. Pp. 50.
2. Gotlib E.M., Ilyicheva E.S., Sokolova A.G. Wollastonite as an effective filler for composite materials: textbook [Vollastonit kak effektivnyy napolnitel' kompozitsionnykh materialov: uchebnyy]. Benefit. M: 2013. 87 p. (rus)
3. Balkevich V.L., Peres F.S., Kogos A.Yu. et al. Synthesis of wollastonite from natural carbonate-siliceous composition [Sintez vollastonita iz prirodnogo karbonatno-kremnezemistoy kompozitsii]. Glass and ceramics. 2005. No. 1. Pp. 20–21. (rus)
4. Gladun V.D., Akateva L.V., Andreeva N.N., Kholkin A.I. Production and application of synthetic wollastonite from natural and technogenic raw materials [Poluchenie i primeneniye sinteticheskogo vollastonita iz prirodnogo i tekhnogennogo syr'ya]. Chemical technology. 2004. No. 9. Pp. 4–11. (rus)
5. Sarangi M. S, Bhattacharyya, Beher R. C. (2009). Effect of temperature on morphology and phase transformations of nanocrystalline silica obtained from rice husk. Phase Transitions: A Multinational Journal. 2011. Vol. 82. No. 5. Pp. 377–386.
6. Kumar S., Sangwan P., Dhankhar R. Mor V., Bidra S Utilization of Rice Husk and Their Ash. A Review Res. J. Chem. Env. Sci. 2013. Vol. 1. No. 5. Pp.126–129.
7. Ghosh, R., Bhattacharjee S. A review study on precipitated silica and activated carbon from rice husk. Journal of Chemical Engineering and Process Technology. 2013. Vol. 4. Iss. 4. Pp. 156–162.
8. Korobchikova T.S., Orlova N.A. Investigation of the granulometric composition of wollastonite of the Sinyukhinsky deposit and its effect on the properties of filled polymer compositions [Issledovaniye granulometricheskogo sostava vollastonita Sinyukhinskogo mestorozhdeniya i yego vliyaniya na svoystva napolnennykh polimernykh kompozitsiy]. Paints and varnishes and their application. 2010. No. 5. Pp. 26–29. (rus)
9. Hamisah Ismail, Roslinda Shamsudin, Muhammad Azmi, Abdul Hamid and Azman Jalar Synthesis and Characterization of Nano-Wollastonite from Rice Husk Ash and Limestone. Materials Science Forum. 2013. Vol. 756. Pp 43–47.
10. Yazdani H., Rezaie R., Ghassai H. Investigation of hydrothermal synthesis of wollastonite using silica and nano silica at different pressures. J. Ceram. Process. Res. 2010. Vol. 11. Pp. 348–353.
11. Grellmann W., Seidler S. Deformation and Fracture Behaviour of Polymers. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2001. Pp. 405–418.
12. Terentyev V.F. Tribotechnical Materials Science [Tribotekhnicheskoye materialovedeniye]. Krasnoyarsk: Materials Science. 2003. 103 p. (rus)
13. Gotlib E.M., Ha T.N.P., Khasanova A.R., Galimov E.R. Comparison of modifying action in epoxy polymers of natural and synthetic wollastonite [Sravneniye modifitsiruyushchego deystviya v epoksidnykh polimerakh prirodnogo i sinteticheskogo vollastonita]. Bulletin of the Tomsk State University. Chemistry. 2019. No. 13. Pp. 13–19. (rus)
14. Mohan T.P., Ramesh Kumar M., Velnrirugan R. Mechanical and vibration characteristics of epoxy-clay nanocomposites. Journal of materials science. 2006. Vol. 41. Pp. 5951–5925.
15. Tverdob I., Gotlib E., Ha T.N.P., Sokolova A., Islamova G. The impact of crystallite size of naturally occurring and synthetic wollastonite on its modifying effect in epoxy coatings. Proceedings of the XXIII International Scientific Conference FORM 2020, the journal IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2020. Pp. 869.

Information about the authors

Gotlib, Elena M. DSc, Professor. E-mail: egotlib@yandex.ru. Kazan National Research Technological University. Russia, Republic of Tatarstan, 420015, Kazan, st. Karl Marx, 68.

Ha Thi Nha Phuong PhD Student, Department of Synthetic Rubber Technology. E-mail: phuonghtn@vui.edu.vn. Kazan National Research Technological University. Russia, Republic of Tatarstan, 420015, Kazan, st. Karl Marx, 68.

Gimranova, Almira R. Assistant. E-mail: miracle543543@mail.ru. Kazan National Research Technological University named after A.N. Tupolev. Russia, Republic of Tatarstan, 420011, Kazan, st. Karl Marx, 10.

Galimov, Engel R. DSc, Professor. E-mail: kstu-material@mail.ru. Kazan National Research Technological University named after A.N. Tupolev. Russia, Republic of Tatarstan, 420011, Kazan, st. Karl Marx, 10.

Do Huyen Trang. Faculty of Chemical Technology – Environment. E-mail: huyentrangpt49@gmail.com. Viet Tri University of Industry. Vietnam, Phu Tho, Lam Thao, Tien Kien.

Received 20.11.2020

Для цитирования:

Готлиб Е.М., Ха Т.Н.Ф., Гимранова А.Р., Галимов Э.Р., До Хуен Trang. Износостойкость эпоксидных покрытий, наполненных синтетическим волластонитом на основе рисовой шелухи // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 1. С. 66–73. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-1-66-73

For citation:

Gotlib E.M., Ha T.N.P., Gimranova A.R., Galimov E.R., Do Huyen Trang. Wear resistance of epoxy coatings filled with synthetic wollastonite based on rice husk. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2021. No. 1. Pp. 66–73. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-1-66-73