

УДК 678.046.3: 536.495:662.998-4

https://doi.org/10.33619/2414-2948/81/40

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ТЕПЛОСТОЙКОСТЬ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

©*Чимчикова М. К.,* Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, г. Бишкек, Кыргызстан, *sku60@inbox.ru*

©*Карпукхин А. А.,* д-р техн. наук, Московский государственный университет дизайна и технологии, г. Москва, Россия, *karpukhin1@gmail.com*

EFFECT OF MINERAL FILLERS ON HEAT RESISTANCE OF POLYMER COMPOSITE MATERIALS

©*Chimchikova M.,* Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov, Bishkek, Kyrgyzstan, *sku60@inbox.ru*

©*Karpukhin A.,* Dr. habil., Moscow State University of Design and Technology, Moscow, Russia, *karpukhin1@gmail.com*

Аннотация. Изучены теплофизические свойства композиционных материалов на основе термоэластопластов. Исследованы закономерности изменения теплостойкости композитов в зависимости от содержания введенных минеральных наполнителей (базальта, волластонита). При выборе наполнителей особое внимание уделялось получению композитов с улучшенными теплофизическими свойствами. Из многообразия существующих минералов Кыргызстана, исходя из их свойств (в частности устойчивость при высоких температурах) и доступности сырья, для дальнейших исследований были выбраны базальт и волластонит. Полученные экспериментальные результаты показали, что возрастание показателя теплостойкости, наблюдается во всех композициях ТЭП, наполненных базальтовой и волластонитовой крошками, короткими базальтовыми волокнами по квадратичной параболе, что объясняется, прежде всего, высокой температурой плавления применяемых минеральных наполнителей, а также содержанием в их составе диоксида кремния, обеспечивающего низкую влагоемкость. Причем в композициях с волластонитовой крошкой быстрее, чем в других. Плотность является важным показателем, который влияет на прочность, растяжимость, твердость и ряд других свойств. Определение плотности производилось в соответствии с государственными стандартами, описывающими особенности гидростатического взвешивания. Также экспериментально установлено, что рост объемной доли дисперсной фазы приводит к возрастанию плотности композита. Введение в композицию до 14 объемных процентов наполнителей приводит к повышению плотности на 10 и 15% для базальтового наполнителя, и на 17% для волластонитового наполнителя. Дальнейшее увеличение количества наполнителя в композиции (выше 14 объемных %) приводит к росту вязкости. Это затрудняет переработку композиционного материала. Полученные экспериментальные данные позволяют выбрать оптимальное содержание минеральных наполнителей в составе полимерного композиционного материала, обеспечивающее требуемые эксплуатационные свойства материалов низа обуви.

Abstract. The thermophysical properties of composite materials based on thermoplastic elastomers have been studied. The regularities of changes in the heat resistance of composites depending on the content of introduced mineral fillers (basalt, wollastonite) have been studied. When choosing fillers, special attention was paid to obtaining composites with improved thermophysical

properties. From the variety of existing minerals in Kyrgyzstan, based on their properties (in particular, stability at high temperatures) and the availability of raw materials, basalt and wollastonite were chosen for further research. The obtained experimental results showed that an increase in the heat resistance index is observed in all TPE compositions filled with basalt and wollastonite chips, short basalt fibers along a quadratic parabola, which is primarily due to the high melting point of the mineral fillers used, as well as the content of silicon dioxide in their composition. providing low moisture content. Moreover, in compositions with wollastonite chips faster than in others. Density is an important indicator that affects strength, extensibility, hardness and a number of other properties. Density determination was carried out in accordance with state standards describing the features of hydrostatic weighing. It has also been experimentally established that an increase in the volume fraction of the dispersed phase leads to an increase in the density of the composite. The introduction of up to 14 volume percent of fillers into the composition leads to an increase in density by 10 and 15% for basalt filler, and by 17% for wollastonite filler. A further increase in the amount of filler in the composition (above 14% by volume) leads to an increase in viscosity. This makes it difficult to process the composite material. The experimental data obtained make it possible to choose the optimal content of mineral fillers in the composition of the polymer composite material, which provides the required performance properties of the shoe bottom materials.

Ключевые слова: полимерные композиционные материалы, наполнители, термоэластопласты, базальт, волластонит.

Keywords: polymer composite materials, fillers, thermoplastic elastomers, basalt, wollastonite.

Введение

Все больше в мире во многих областях промышленности применяют синтетические материалы, что объясняется их меньшей стоимостью и широким спектром разнообразных свойств. Одним из путей создания новых композиционных материалов с требуемыми значениями потребительских и технологических свойств является подбор и варьирование содержания составляющих компонентов и технологических параметров.

В работе исследованы синтетические материалы на основе термоэластопластов (ТЭП). Преимуществами данного материала являются устойчивость к агрессивным средам, хорошие электроизоляционные показатели, возможность переработки отходов производства, высокий коэффициент трения по асфальту, мокрым дорогам и снегу, однако с повышением (более +500) и понижением (менее -400) температуры свойства ТЭП ухудшаются.

Целью исследования является установление закономерностей изменения теплостойкости композиционных материалов на основе ТЭП в зависимости от количества введенных минеральных наполнителей [1].

Материал и методы исследования

Геологическое разнообразие территории Кыргызстана обусловлено столкновением на его территории различных горных массивов. В результате этих столкновений произошел вынос на поверхность огромного количества разнообразных горных пород и минералов [2]. На ее территории имеются запасы следующих полезных ископаемых (минералов): ангидрит, аметист, антимонит, гипс, горный хрусталь, кальцит, киноварь, малахит, пирит, топаз, турмалин, хайдарканит, халькозин халькопирит, волластонит, базальт и др.

При выборе наполнителей особое внимание уделялось получению композитов с улучшенными теплофизическими свойствами. Из многообразия существующих минералов Кыргызстана, исходя из их свойств (в частности устойчивость при высоких температурах) и доступности сырья, для дальнейших исследований выбраны базальт и волластонит.

К теплофизическим свойствам полимеров относят теплостойкость, термостойкость, жаростойкость, теплопроводность, теплоемкость и морозостойкость. В случае пластических масс и материалов на основе эластомеров именно эти характеристики определяют возможность использования этих материалов для изготовления из них разнообразных изделий и, также, стойкость изделий из этих материалов при их эксплуатации [3].

Существуют различные стандартные методы определения теплостойкости полимерных композиционных материалов, такие как метод Вика, метод Мартенса и др. В работе теплостойкость определялась в соответствии с требованиями ГОСТ 15088-2014 (ISO 306:2004), который определяет особенности метода, позволяющего размягчать термопласты (так называемый метод Вика). Особенностью метода [4], описанного в вышеуказанном стандарте, является процесс оценки величины температуры, при которой индентор стандартного вида, но имеющий плоское основание, нагружается и погружается в исследуемый образец материала, который, в свою очередь, нагревается с неизменной скоростью, на величину порядка 1 мм. В Таблице представлены экспериментальные результаты теплостойкости и плотности ТЭП и наполненных композиций на основе термоэластопласта.

Возрастание показателя теплостойкости, как видно из графика, наблюдается во всех композициях ТЭП, наполненных базальтовой и волластонитовой крошками, короткими базальтовыми волокнами (Рисунок 1) по квадратичной параболе, что объясняется, прежде всего, высокой температурой плавления применяемых минеральных наполнителей, а также содержанием в их составе диоксида кремния, обеспечивающего низкую влагоемкость. Причем в композициях с волластонитовой крошкой быстрее, чем в других (коэффициенты при x^2 в линиях тренда примерно 0,06 и 0,07 у 1–2, а для 3-го — 0,09).

Таблица

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОСТОЙКОСТИ КОМПОЗИТОВ

Количество наполнителя, (об) %	Теплостойкость, °С	Плотность, г/см ³
Композиции с базальтовой крошкой		
0	50	0,90
1,7	54	0,92
3,5	59	0,94
5,2	66	0,95
6,9	71	0,96
8,6	78	0,97
10,3	85	0,98
12,0	92	0,99
13,8	102	0,99
Композиции с короткими базальтовыми волокнами		
0	50	0,90
1,7	56	0,93
3,5	62	0,95
5,2	69	0,96
6,9	73	0,97

Количество наполнителя, (об) %	Теплостойкость, °С	Плотность, г/см ³
8,6	80	0,98
10,3	88	0,99
12,0	94	1,01
13,8	105	1,02
Композиции с волластонитовой крошкой		
0	50	0,90
1,7	57	0,93
3,5	65	0,95
5,2	72	0,97
6,9	77	0,98
8,6	86	1,01
10,3	95	1,03
12,0	103	1,04
13,8	112	1,05

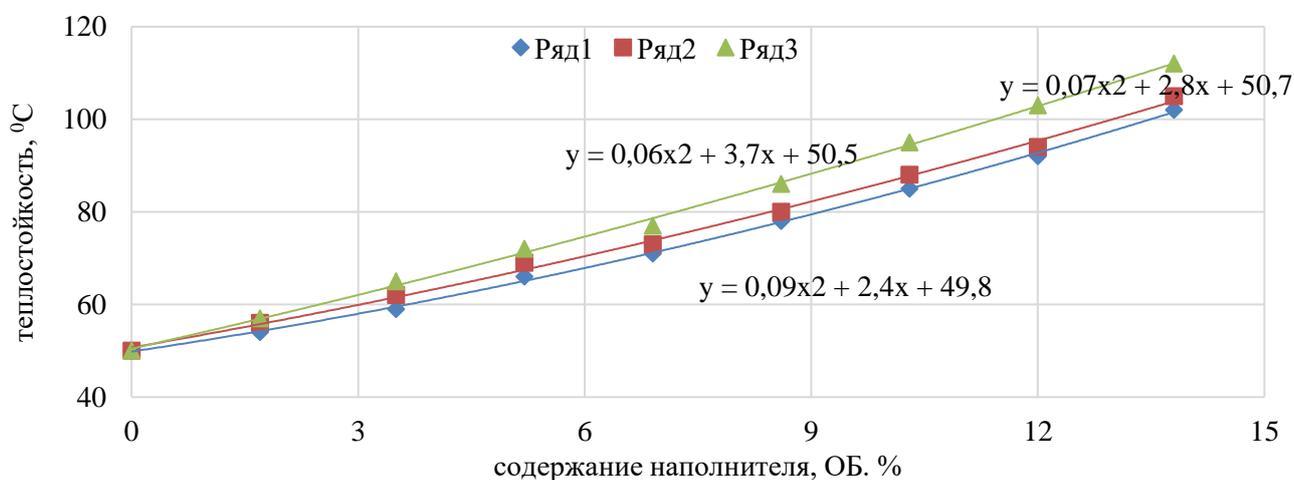


Рисунок 1. Теплостойкость композиций: 1 - композиции с базальтовой крошкой; 2 – композиции с короткими базальтовыми волокнами; 3 – композиции с волластонитовой крошкой

Свойства будущих композитов определяют не только особенности материала, используемого для наполнения композита, но и такие параметры частиц, как их размеры и форма. Шероховатая форма применяемых кристаллов снижает степень подвижности полимера и наполнителя друг относительно друга, что влияет на степень их усадки и растрескивания, за счет микроармирующего эффекта и, тем самым, улучшают теплофизические свойства. Введение в композицию до 14 объемных процентов силикатных наполнителей приводит к повышению теплостойкости термоэластопласта с 50 °С до 102–105 °С при введении базальтового наполнителя и на 120% — при введении волластонитовой крошки.

Плотность является важным показателем, который влияет на прочность, растяжимость, твердость и ряд других свойств. Определение плотности производилось в соответствии с ГОСТ Р 56679–2015, описывающим особенности гидростатического взвешивания [6].

На Рисунке 1 экспериментальные результаты теплостойкости представлены в графическом виде. На рисунке 2 экспериментальные результаты для плотности представлены в графическом виде.

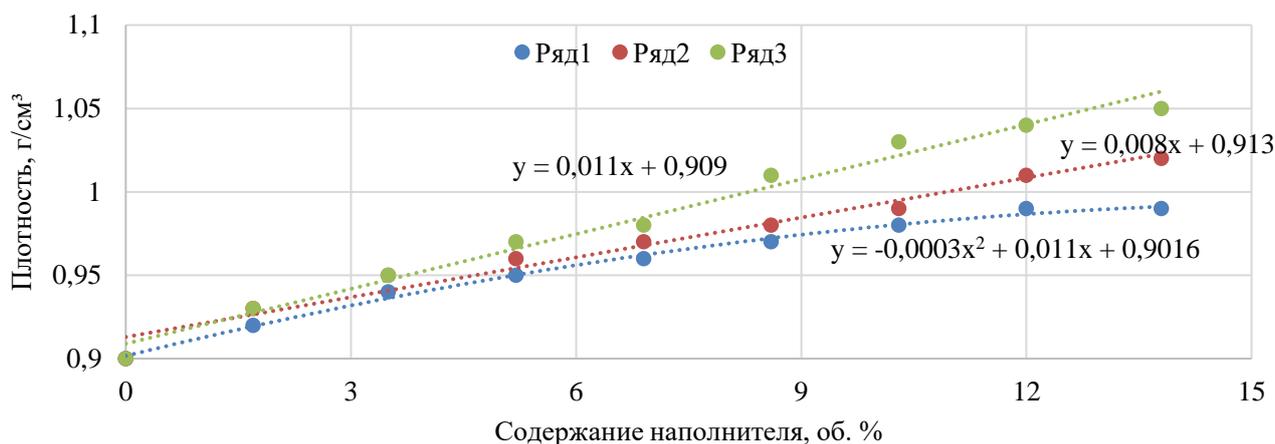


Рисунок 2. Характер изменения плотности: 1 — композиции с базальтовой крошкой; 2 — композиции с короткими базальтовыми волокнами; 3 — композиции с волластонитовой крошкой

Как видно из Рисунка 2, вначале кривые 2 и 3 практически совпадают, затем наблюдается уменьшение возрастания кривой 2. Усредненные графики тренда прямолинейные. В отличие от них возрастание кривой 1 происходит медленнее и при содержании базальтовой крошки в количестве 3–4 об. % начинает изменяться не линейным образом (линия тренда становится параболой).

Выводы

Эксперименты показали, что возрастание показателя теплостойкости, наблюдается во всех композициях ТЭП, наполненных базальтовой и волластонитовой крошками, короткими базальтовыми волокнами (рис. 1) по квадратичной параболе, что объясняется, прежде всего, высокой температурой плавления применяемых минеральных наполнителей, а также содержанием в их составе диоксида кремния, обеспечивающего низкую влагоемкость. Причем в композициях с волластонитовой крошкой быстрее, чем в других

Рост объемной доли дисперсной фазы приводит к возрастанию плотности композита. Введение в композицию до 14 объемных процентов наполнителей приводит к повышению плотности на 10 и 15% для базальтового наполнителя, и на 17% для волластонитового наполнителя. Дальнейшее увеличение количества наполнителя в композиции (выше 14 объемных %) приводит к росту вязкости. Это затрудняет переработку композиционного материала.

Полученные экспериментальные данные позволяют выбрать оптимальное содержание минеральных наполнителей в составе полимерного композиционного материала, обеспечивающее требуемые эксплуатационные свойства материалов низа обуви.

Список литературы:

1. Захаров А. В., Козырева С. В. Разработка нефтяных и газовых месторождений. Гомель, 2013. 144 с.
2. ГОСТ 15088-2014 (ISO 306:2004) Межгосударственный стандарт «Пластмассы. Метод определения температуры размягчения термопластов по Вика». 2014. 27 с.
3. Мельниченко М. А., Ершова О. В., Чупрова Л. В. Влияние состава наполнителей на свойства полимерных композиционных материалов // Молодой ученый. 2015. №16 (96). С. 199-202.

4. ГОСТ Р 56679-2015 Национальный стандарт Российской Федерации «Композиты полимерные. Метод определения пустот». 2015. 32 с.
5. Jin X., Guo N., You Z., Wang L., Wen Y., Tan Y. Rheological properties and micro-characteristics of polyurethane composite modified asphalt // *Construction and Building Materials*. 2020. V. 234. P. 117395. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117395>
6. Senthilkumar K., Saba N., Rajini N., Chandrasekar M., Jawaid M., Siengchin S., Alotman O. Y. Mechanical properties evaluation of sisal fibre reinforced polymer composites: A review // *Construction and Building Materials*. 2018. V. 174. P. 713-729.

References:

1. Zakharov, A. V., & Kozyreva, S. V. (2013). *Razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdenii*. Gomel. (in Russian).
2. GOST 15088–2014 (ISO 306:2004) *Mezhhgosudarstvennyi standart “Plastmassy. Metod opredeleniya temperatury razmyagcheniya termoplastov po Vika”*. 2014. (in Russian).
3. Mel'nichenko, M. A., Ershova, O. V., & Chuprova, L. V. (2015). Vliyanie sostava napolnitelei na svoistva polimernykh kompozitsionnykh materialov. *Molodoi uchenyi*, (16 (96)), 199–202. (in Russian).
4. GOST R 56679–2015 *Natsional'nyi standart Rossiiskoi Federatsii “Kompozity polimernye. Metod opredeleniya pustot”*. 2015. (in Russian).
5. Jin, X., Guo, N., You, Z., Wang, L., Wen, Y., & Tan, Y. (2020). Rheological properties and micro-characteristics of polyurethane composite modified asphalt. *Construction and Building Materials*, 234, 117395. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117395>
6. Senthilkumar, K., Saba, N., Rajini, N., Chandrasekar, M., Jawaid, M., Siengchin, S., & Alotman, O. Y. (2018). Mechanical properties evaluation of sisal fibre reinforced polymer composites: A review. *Construction and Building Materials*, 174, 713–729.

*Работа поступила
в редакцию 01.06.2022 г.*

*Принята к публикации
05.06.2022 г.*

Ссылка для цитирования:

Чимчикова М. К., Карпухин А. А. Влияние минеральных наполнителей на теплостойкость полимерных композиционных материалов // *Бюллетень науки и практики*. 2022. Т. 8. №8. С. 403-408. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/81/40>

Cite as (APA):

Chimchikova, M., & Karpukhin, A. (2022). Effect of Mineral Fillers on Heat Resistance of Polymer Composite Materials. *Bulletin of Science and Practice*, 8(8), 403-408. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/81/40>