

DOI: 10.34031/2071-7318-2023-9-1-78-86

***Бондаренко Н.И., Ковылова Ю.В., Даценко А.О.**

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

*E-mail: bondarenko-71@mail.ru

ПИРИТНЫЕ ОГАРКИ КАК НАПОЛНИТЕЛЬ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ БУТАДИЕН-СТИРОЛЬНОГО КАУЧУКА

Аннотация. В настоящее время переработка отходов разных видов производств, а также поиск возможности их повторного использования является весьма актуальной темой. В современном мире каучуки вносят колоссальный вклад в развитие промышленной отрасли. С целью исследования возможности использования пиритных огарков в качестве наполнителя для резиновой смеси на основе бутадиен-стирольного каучука были изучены упруго-прочностные и реологические характеристики готовых композиционных смесей, для оценки взаимодействия композиций с другими материалами определен краевой угол смачивания. Было установлено отсутствие влияния пиритных огарков на характер поверхности резиновой смеси. Установлена зависимость модуля накопления от амплитуды деформации при разных видах наполнителей, позволяющая оценить качественное и количественное распределение наполнителя в полимере и взаимодействие полимера и наполнителя. Выявлено, что у пиритовых огарков и мела слабое взаимодействие с полимером, из чего следует заключение, что они ведут себя как не усиливающий наполнитель, но введение их в полимерную матрицу не ухудшает упруго-прочностные показатели каучука. Установлена зависимость напряжения от деформации для смесей с разными видами наполнителей. Установлено, что по технологическим характеристикам отклонений у материала от общепризнанных закономерностей введения наполнителей в полимерную матрицу не обнаружено. Значения остаются на уровне ненаполненных резин и резин с техническим мелом. Общий комплекс свойств композиции на основе бутадиен-стирольного каучука с пиритными огарками позволяет рекомендовать после доработки для применения в технологии производства резинотехнических изделий.

Ключевые слова: пиритные огарки, бутадиен-стирольный каучук, композиционный материал, неактивные наполнители, активные наполнители

Введение. В современном мире складывается тенденция переработки отходов разного вида производства. Поэтому актуален поиск возможности использования отходов повторно [1–4]. Например, в резинотехнической промышленности в качестве наполнителя для резиновых смесей [5].

Каучуки применяются во многих областях жизнедеятельности: медицина, автомобилестроение, авиастроение и так далее. Каучуки – синтетические или природные эластомеры, которые характеризуются эластичностью и водонепроницаемостью. Так же они делятся на полярные и неполярные. Полярные каучуки – это вещества, которые легко растворяются в полярных растворителях. Например, хлоропеновый каучук или бутадиен-нитрильный каучук. Неполярные каучуки – это вещества, которые хорошо растворяются в неполярных растворителях. Примером таких каучуков служит бутилкаучук или изопреновый и бутадиен-стирольные каучуки. Наиболее часто применяют бутадиен-стирольный каучук в производстве различного рода изделий, так как данный вид каучука прост в переработке и экономически выгоден [6, 7].

Для того, чтобы повысить качество и удешевить композиционный материал необходимо

наполнить каучук разного рода наполнителями. Наполнение – это технологический процесс введения в материал твердых, жидких и газообразных добавок при помощи специального оборудования [8]. Наполнение каучуков минеральными наполнителями является действенным способом для придания им улучшенных свойств [9, 10]. Так же одной из главных задач является получение экономически выгодного процесса, а именно, снижение затрат на производство материала при помощи добавления более дешевых материалов или использование в качестве наполнителя отходов различных видов производств.

Автором [11] разработаны новые модифицирующие добавки многофункционального действия для эластомерных композиций на основе целлюлозы, полиамида, немодифицированных и модифицированных стиролсодержащих олигомеров, применение которых позволяет получить вулканизаты устойчивые к термоокислительному воздействию и с требуемыми прочностными характеристиками.

В наше время круг минеральных наполнителей мал. В связи с этим одной из главных задач для резиновой отрасли является приумножение количества наполнителей для каучука и повышение их качества. Примерами минеральных

наполнителей являются технический углерод, шунгит, каолин и другие, но существует возможность расширить ассортимент минеральных наполнителей материалами, которые схожи по составу с уже используемыми, а именно, пиритные огарки – отходы от производства серной кислоты [12, 13]. Состав пиритных огарков многокомпонентен и содержит схожие вещества с

другими видами наполнителей, например, с мелом и каолином, которые содержат оксиды железа, алюминия и кремния (табл. 1).

Целью исследования являлась возможность использования пиритных огарков в качестве наполнителя для резиновой смеси на основе неполярного бутадиен-стирольного каучука.

Таблица 1

Химический состав минеральных наполнителей

Минеральные наполнители	Компоненты, %				
	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaCO ₃	Другие вещества
Технический мел	1	5	1	85	8
Каолин	4	45	38	-	13
Пиритные огарки	40	15	17	-	28

Материалы и методы. В качестве основы материала использовался бутадиен-стирольный каучук марки ДССК-2545 М-27 – это неполярный каучук общего назначения, который применяют в шинной и резинотехнической промышленности для производства автомобильных шин, транспортерных лент, изолирующей части проводов и других видов изделий. В качестве наполнителей были использованы пиритные огарки, неактивные наполнители, такие как технический мел марки ТМД-326. В качестве усиливающих наполнителей применялся технический углерод марки N-326 и белая сажа марки БС-120.

При создании смесей с разными видами наполнителей по 40 мас.ч. каждого была использована вулканизирующая группа, состоящая из мас. ч.: меркаптобензотиазола - 1, технической

серы – 3, оксида цинка – 1,2 и стеариновой кислоты – 1,75 (табл. 2). Так же была приготовлена смесь без наполнителя,

Для того, чтобы понять сколько нужно смешивать на резиносмесителе полимерную смесь, состоящую из каучука, наполнителей и вулканизированной группы, необходимо определить оптимальное время смешения и энергию смешения каучука и наполнителя. Испытания проводились на резиносмесителе с функцией определения крутящего момента, который записывает данные по смешиванию и выводит их в виде графиков, где минимум соответствует введению наполнителя, а выход на плато соответствует достижению необходимого уровня диспергирования (рис.1).

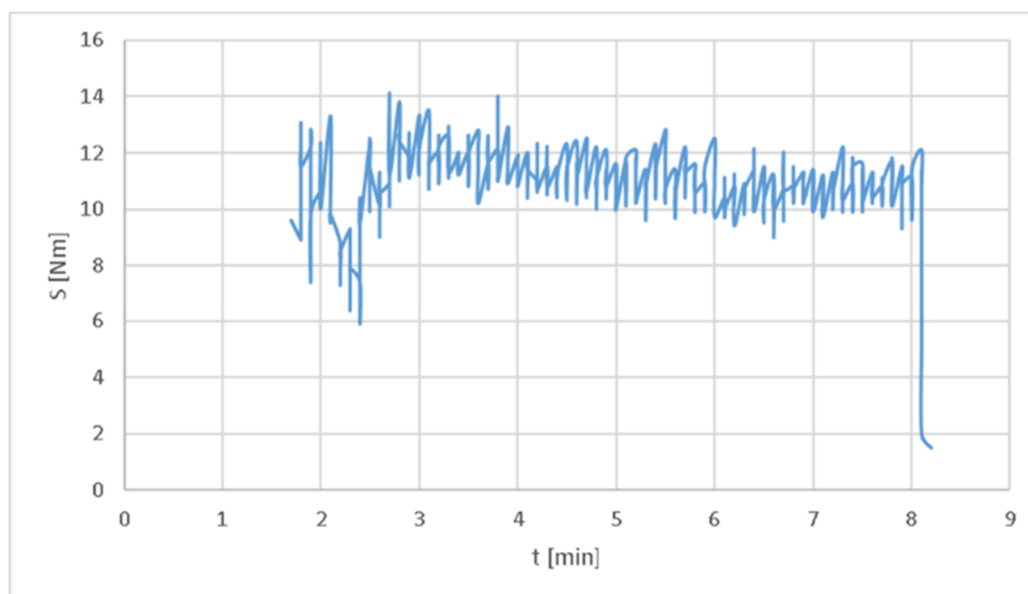


Рис. 1. Реограммы смешения каучука с пиритными огарками

Меньше всего времени для смешения потребовалось для бутадиен-стирольного каучука и пиритных огарков. (табл. 2). Так как белая сажа

марки БС-120 обладает более высокой дисперсностью из всех представленных наполнителей, то время и энергия смешения её с каучуком составили соответственно 4,5 минут и 1231,8 Н·м.

Таблица 2

Энергия и время смешения компонентов резиновых смесей

Название образца	Энергия смешения, Н·м в минут	Время смешения, минут
ДССК-2545 М-27 Технический мел марки ТМД-2	492,6	3,8
ДССК-2545 М-27 Белая сажа марки БС-120	1231,8	4,5
ДССК-2545 М-27 Технический углерод марки N-326	930,1	4,1
ДССК-2545 М-27 Пиритные огарки	731,1	1,7

Смешение проводилось на резиносмесителе при температуре 65 °С, зная уже время смешения каучука для каждого наполнителя. Загрузка компонентов смеси в резиносмеситель проводилась поэтапно, так как необходимо достичь равномерного проникновения компонентов в матрицу каучука. Изначально в резиносмеситель помещался каучук. Через 1,5 минуты вводился наполнитель. Далее через каждую минуту вводились компоненты вулканизирующей группы: стеариновая кислота, меркаптобензотиазол, цинковые белила и техническая сера. Следующим этапом смесь прорабатывалась на вальцах при температуре 35-40 °С в течение 7 минут [14].

Обсуждение результатов исследования.

Первым этапом были определены реологические характеристики готовых композиционных смесей на безроторном реометре D-RPA 3000. Безроторный реометр D-RPA 3000 представляет собой машину, которая оценивает реологические характеристики полимерных смесей. Это самый совершенный динамический реометр каучука для получения ключевых данных о молекулярных свойствах каучука и полимеров. Зависимость модуля накопления от амплитуды деформации композиционных материалов с разными видами наполнителей представлена на рис. 2.

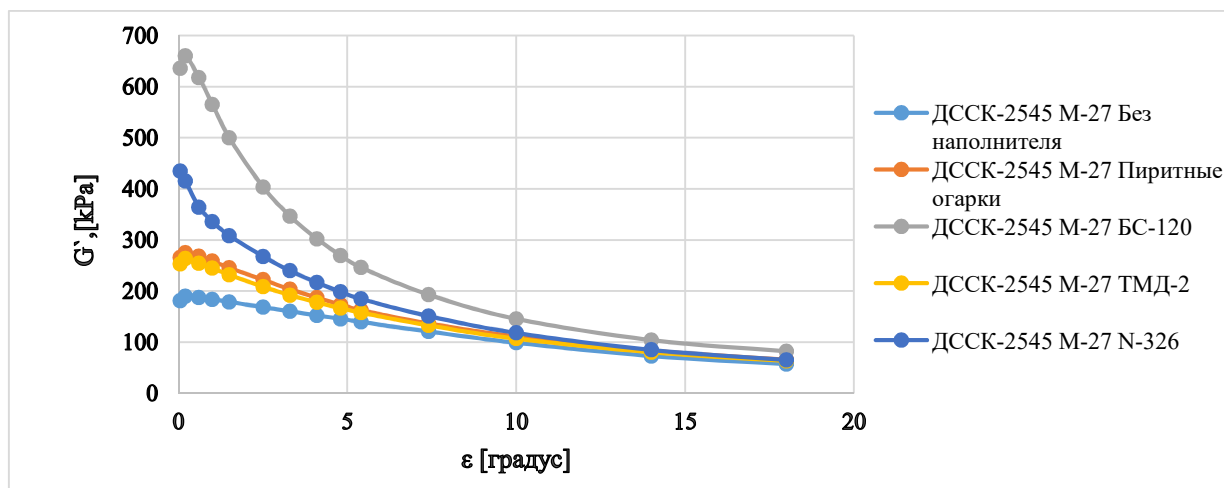


Рис. 2. Зависимость модуля накопления от амплитуды деформации полимерного композиционного материала при разных видах наполнителей, где G' [кПа] – это модуль накопления, а ϵ – амплитуда деформации

Данная зависимость позволяет оценить качественное и количественное распределение наполнителя в полимере и взаимодействие полимера и наполнителя [15]. Резкий спад напряжения наблюдался для каждого материала с разными видами наполнителей. Это говорит об ин-

тенсивном изменении надмолекулярной структуры, которая связана с изменением характера взаимодействия полимер-частица, уменьшением узлов напряжения, перестройкой системы в результате увеличения интенсивности деформации. Чем больше узлов разрушается, тем интенсивней снижается величина модуля накопления.

Для усиливающих наполнителей этот характер наиболее ярко выражен. Для не усиливающих наполнителей менее выражен. Таким образом, исходя из полученных данных, можно сделать вывод о том, что у пиритных огарков и мела с полимером слабое взаимодействие, то есть пиритные огарки ведут себя как не усиливающий наполнитель.

Следующим этапом была проведена вулканизация на гидравлическом вулканизационном прессе при температуре 160 °С. Вулканизация – это процесс сшивания молекул в единую пространственную сетку под действием температуры и давления. При этом повышаются прочностные характеристики каучука, его твердость и эластичность, снижаются пластические свойства, степень набухания и растворимость в органических растворителях. Вулканизирующими реагентами могут являться: сера, пероксиды, оксиды

металлов, соединения аминного типа и др. Для повышения скорости вулканизации используют различные катализаторы-ускорители. Подвулканизация – это стадия, в конце которой из-за образования части поперечных химических связей сырая резина теряет способность пластическому течению. Были получены пластины материала размером 15x15 см и толщиной 1 мм. Перед вулканизацией были определены вулканизационные характеристики смесей на роторном реометре MDR-3000. Роторный реометр MDR-3000 – машина для оценки вулканизационных характеристик резиновых смесей. За счет вращения ротора определяется минимальный, максимальный крутящий момент и их разница. Определили время вулканизации, которое составило 25 минут. Было выявлено, что при добавлении наполнителя время подвулканизации уменьшается, а оптимум вулканизации остается неизменным (табл. 3).

Таблица 3

Вулканизационные характеристики смесей с разным содержанием пиритных огарков

Наименование	Минимальный крутящий момент, дНм	Максимальный крутящий момент, дНм	Разница крутящих моментов, дНм	Время подвулканизации, мин	Время вулканизации, мин
Без наполнителя	0,75	3,8	3,05	10,26	25,12
Технический углерод марки N-326	1,82	9,76	7,94	2,94	25,25
Белая сажа марки БС-120	3,13	16,5	13,4	0,8	25
Пиритные огарки	1	7,01	6,01	6,32	25
Технический мел марки ТМД-2	0,99	6,4	5,41	5,69	25

Самое большое изменение крутящего момента наблюдаем у материала с наполнителем белая сажа марки БС-120, то есть высокодисперсным наполнителем. У материала с пирит-

ными огарками данные близки с данными для материала с мелом марки ТМД-2. Исходя из этого можно сказать, что пиритные огарки проявляют себя как неактивные наполнители, такие как мел (рис. 3).

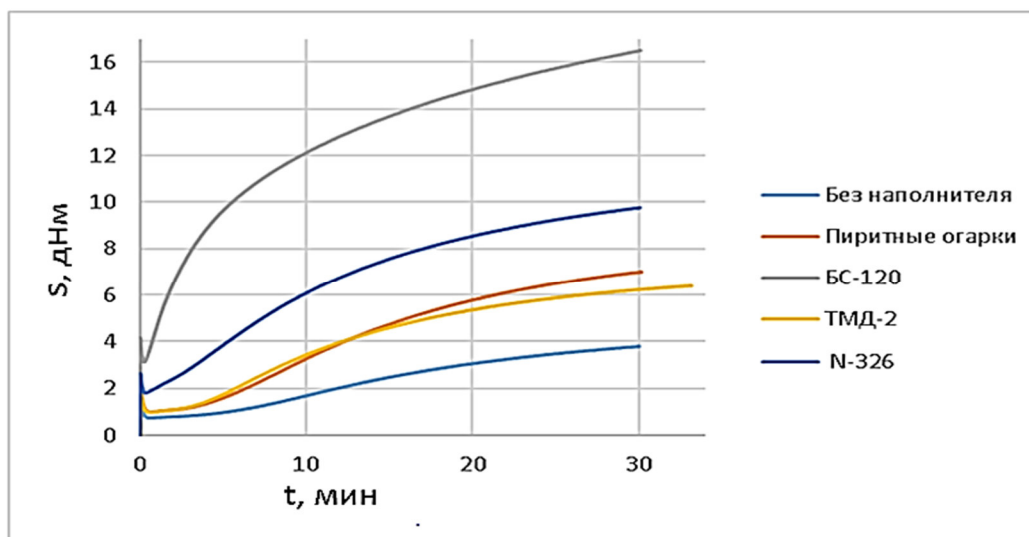


Рис. 3. Зависимость крутящего момента от времени

В соответствие с ГОСТ 270-75 «Резина. Метод определения упругопрочностных свойств при растяжении» проведен анализ упруго-прочностных характеристик готовых материалов. Были изготовлены образцы «лопатки» типа III по ГОСТ 23020-78 для определения упруго-прочностных показателей на разрывной машине «Монсанта Т-10». Технический мел марки ТМД-2 и пиритные огарки ведут себя как неактивные

наполнители, практически не меняя характер кривой и соответствуя данным ненаполненного каучука [10]. Кривые усиливающих наполнителей, таких как технический углерод марки N-326 и белая сажа марки БС-120, имеют совершенно другой характер. Кривая технического углерода характеризуется ярко выраженной деформацией, присутствием эффект усиления упруго-прочностных характеристик (рис. 4).

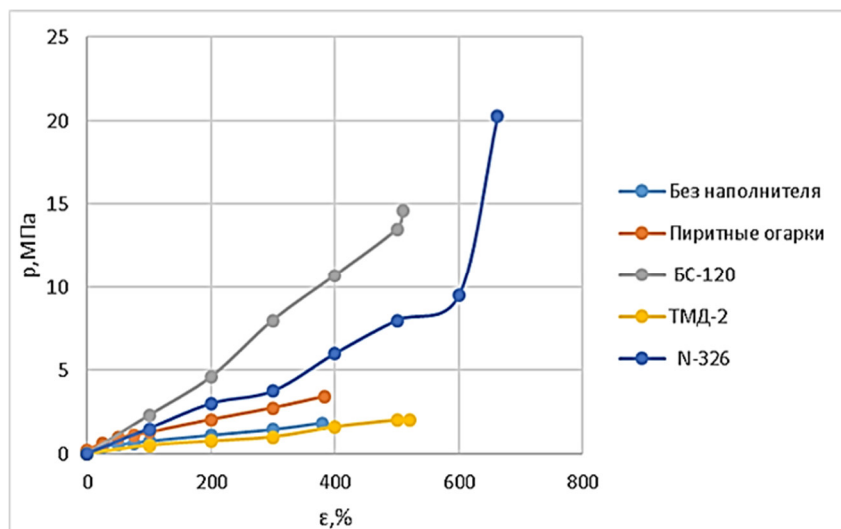


Рис. 4. Зависимость напряжения от деформации для смесей с разными видами наполнителей

Следующим этапом исследований был измерен краевой угол смачивания для гидрофобной и гидрофильной среды для того, чтобы оценить взаимодействие композиций с другими материалами (рис. 5). Краевой угол смачивания – это угол между поверхностью и касательной мнимой прямой с каплей, определяемый при помощи гониометра. В качестве гидрофобной среды применялся демитилсульфоксид (ДМСО), а гидрофильной – вода [11].

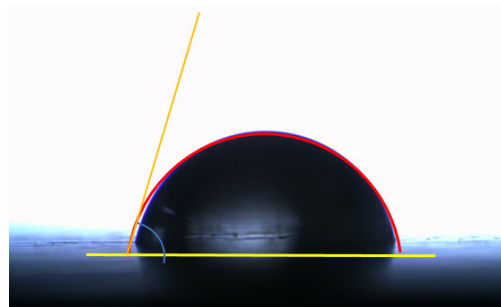


Рис. 5. Пример капли на приборе для определения краевого угла смачивания

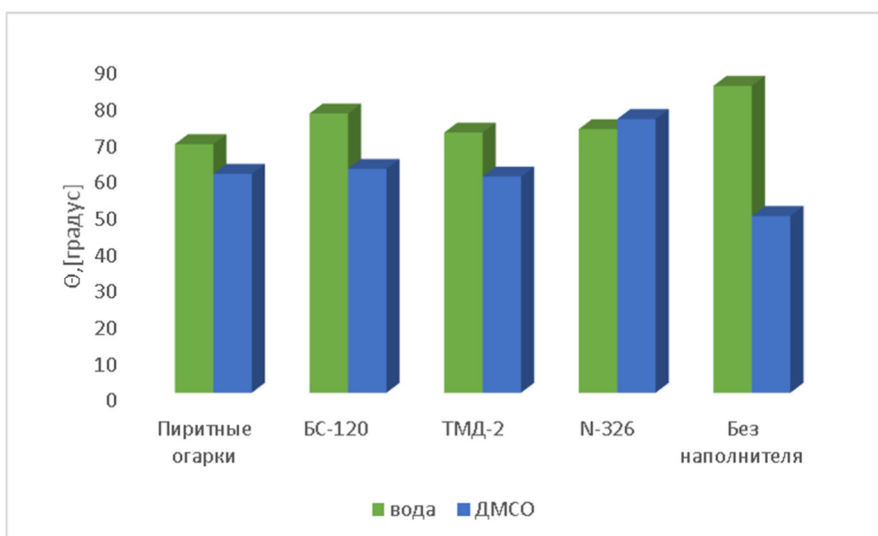


Рис. 6. Показатели краевого угла смачивания для композиций на основе ДССК-2545 М27 с разными видами наполнителей в количестве 40 мас. ч.

В ходе исследования выяснили, что пиритные огарки не влияют на характер поверхности резиновой смеси, так как показатели угла смачивания примерно равны показателям уже используемых наполнителей, таких как технический мел, белая сажа и технический углерод, как для воды, так и для демитилсульфоксида (рис. 6).

Далее была определена зависимость вязкости композиции от частоты, на которой видно, что

добавление наполнителя увеличивает вязкость соответственно. Более характерно данная зависимость видна для усиливающих наполнителей, таких как технический углерод марки N-326 и белой сажи марки БС-120. Технический мел марки ТМД-2 и пиритные огарки изменили вязкость каучука идентично, как не усиливающие наполнители (рис. 7).

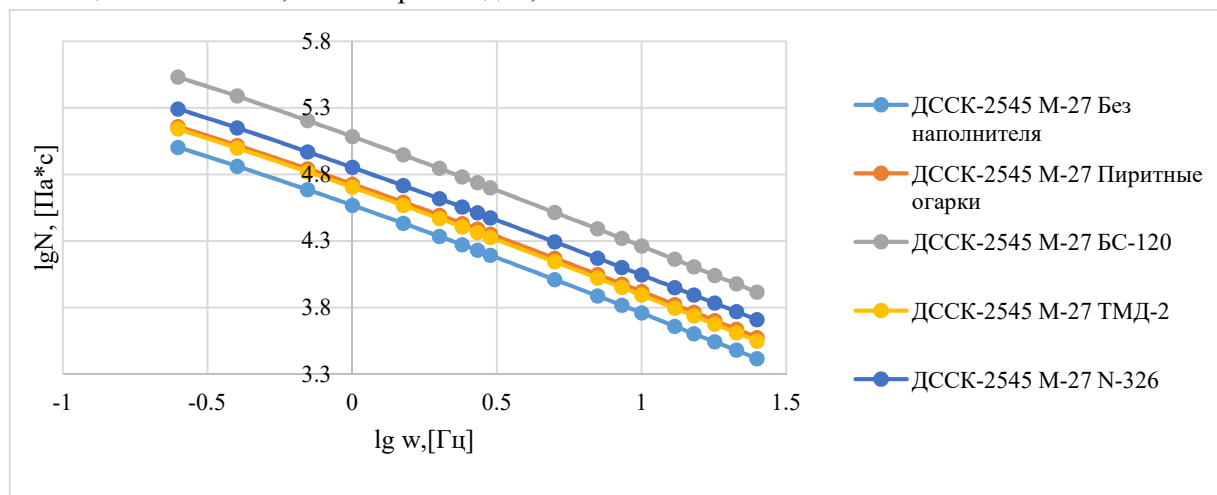


Рис. 7. Зависимость вязкости от частоты

Большинство материалов поглощают жидкие фракции или пар. Для изделий, которые в дальнейшем будут эксплуатироваться во влажных условиях, необходимо провести исследование по ГОСТ 9.030-74. Набухание – это процесс, в результате которого материал, помещенный в какую-либо жидкость, впитывает в себя некоторое количество жидкости, за определенное время. Данный процесс обуславливается тем, что низкомолекулярные вещества внедряются в пространственную сетку полимера, и материал увеличивает объем.

Провели оценку степени сшивания каучука по методу равновесного набухания в толуоле. Пять образцов каждого материала поместили в бюксы с толуолом на двое суток, предварительно взвесив. В качестве жидкой фазы был взят толуол, так как было прописано в ГОСТ 9.030-74. После образцы были взвешены еще раз и поме-

щены в муфельную печь для высыхания на несколько часов. После высыхания образцы снова взвесили. По результатам измерения и расчета показателей процесса набухания материала на основе ДССК-2545 без наполнителя, мы можем сказать, что процент потерь составил 5.53 %, а это входит в норму потерь при набухании. Процент потерь в образце с мелом превысил потери других образцов в два и больше раза. Из-за этого у образца с мелом степень набухания больше, чем у других образцов. Это говорит о том, что фазы мела и каучука не плотно соединились друг с другом. Самый маленький среди этих образцов процент потерь у материала, наполненного пиритными огарками и равен 2,2 % соответственно, но степень набухания меньше всего у материала, наполненного техническим углеродом марки N-326, так как технический углерод является активным наполнителем (табл. 4).

Таблица 4

Степень набухания и процент потерь для ДССК-2545 М-27 с разными наполнителями

Название наполнителя	Степень набухания, %	Процент потерь, %
Без наполнителя	563,6	5,5
Технический мел марки ТМД-2	600,6	10,2
Технический углерод марки N-326	305	3,4
Пиритные огарки	306,7	2,2
Белая сажа марки БС-120	277,7	5,7

По ГОСТ 9.030-74 необходимо было перевести степень набухания в обратную единицу, то есть единицу разделить на степень набухания.

Чем больше величина обратная степени набухания, тем больше количество сшитых частиц, поэтому для технического углерода марки N-326

виден рост связей. Для белой сажи также наблюдался рост связей, так как она и технический углерод являются усиливающими наполнителями. Пиритные огарки по сравнению с ненаполненной

системой, показали так же рост связей, а технический мел продемонстрировал падение показателя, так как не происходит взаимодействие полимера и частиц, поэтому растворитель не дает максимального объема (табл. 5).

Таблица 5

Значения величин обратных степени набухания для ДССК-2545 М-27 с разными видами наполнителей

Название наполнителя	Величина обратная степени набухания
Без наполнителя	0,166
Технический мел марки ТМД-2	0,097
Технический углерод марки N-326	0,223
Пиритные огарки	0,196
Белая сажа марки БС-120	0,245

Выводы. Была изучена композиция на основе бутадиен-стирольного каучука марки ДССК-2545 М27 и пиритных огарок. Выявлено, что по технологическим характеристикам отклонений у материала от общепризнанных закономерностей введения наполнителей в полимерную матрицу не обнаружено. Установлено, что пиритные огарки не являются усиливающими наполнителями, но введение их в полимерную матрицу не ухудшает упруго-прочностные показатели каучука. Значения остаются на уровне ненаполненных резин и резин с наполнителем техническим мелом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бондаренко Н.И., Бондаренко Д.О., Ковылова Ю.В., Даденко А.О. О возможности получения нефритованных глазурей для керамической плитки с применением вторичных источников сырья // Вестник Технологического университета. 2023. Т. 26. № 4. С. 29–32.
2. Бондаренко Д.О., Строкова В.В. Использование отходов промышленности для покрытий на мелкозернистом бетоне // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. 2018. № 10. С. 256–259.
3. Строкова В.В., Бондаренко Д.О., Маркова И.Ю. Исследование микроструктуры полых микросфер, используемых в композиционных материалах // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. 2016. № 7. С. 52–55.
4. Павленко В.И., Кашибадзе В.В., Бондаренко Н.И., Сидельников Р.В. Модифицирование наполнителя полимерных композитов силикатными системами // Международная научно-практическая конференция. Перспективные технологии и материалы Сборник докладов. Севастополь. 2021. С. 140–143.
5. Щербина Е.И., Долинская Р.М. Рециклинг эластомеров. Минск: БГТУ, 2011. 83 с.

6. Гармонов И.В. История науки и промышленности синтетического каучука в СССР 1931–1990 гг. Казань: Изд-во КНИТУ, 2013. 240 с.

7. Евстратов В.Ф., Яшунская Ф.И. Новые каучуки. Свойства и применение: Сборник переводов статей из иностр. периодич. литературы. Москва: Изд-во иностр. лит., 1958. 500 с.

8. Ильичева Е.С., Готлиб Е.М. Исследование методом динамического механического анализа резин на основе СКИ-3, наполненного волластонитом // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 24. С. 64–67

9. Догадкин Б.А. Химия и физика каучука. Москва; Ленинград: Госхимиздат, 1947. 422 с.

10. Ключникова Н.В., Пискарева А.О., Урванов К.А., Гордеев С.А., Генов И. Влияние шунгита на эксплуатационные свойства полимерного композиционного материала // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 2. С. 96–105.

11. Папков В.Н., Э. М. Ривин, Блинов Е.В. Бутадиен-стирольные каучуки. Синтез и свойства. Воронеж: [б. и.], 2015. 313 с.

12. Пат.2172788 Российская Федерация, МПК С 22 В 7/00. Способ переработки пиритных огарков / С.Н. Шин, Р.И. Гуляева; заявитель и патентообладатель Институт металлургии Уральского отделения РАН. № 2000118920/02; заявл. 17.07.2000; опубл.27.08.2001, 7 с.

13. Ключникова Н.В., Генов И.А., Кудина А.Е. Полимерное поверхностно-активное вещество для нефтедобывающей отрасли // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2018. №12. С. 91–97.

14. Ковылова Ю.В, Конченкова А.Н., Ковылов А.Л., Ключникова Н.В. Композиционные материалы на основе бутадиен-стирольного каучука // Семьдесят пятая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием. Сборник докладов в 3-х частях. Ярославль. 2022. С. 116–119.

15. Klyuchnikova N.V., Klepikova M.A., Denisova L.V. Finishing materials in construction using polymer composites // IOP Conference Series: Materials

Science and Engineering. Buildintech BIT 2020. Innovations and technologies in construction. 2020. 012011.

Информация об авторах

Бондаренко Надежда Ивановна, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии стекла и керамики. E-mail: bondarenko-71@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Ковылова Юлия Витальевна, магистрант кафедры технологии стекла и керамики. E-mail: aspirine308@gmail.com. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Даценко Алена Олеговна, аспирант кафедры технологии стекла и керамики. E-mail: alena-dacenko@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 22.11.2023 г.

© Бондаренко Н.И., Ковылова Ю.В., Даценко А.О., 2024

***Bondarenko N.I., Kovylova Y.V., Datsenko A.O.**

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

E-mail: bondarenko-71@mail.ru

PYRITE CANDICE AS A FILLER FOR COMPOSITE MATERIAL BASED ON STYRENE-BUTADIENE RUBBER

Abstract. *Currently, recycling waste from various types of production, as well as finding the possibility of reusing it, is a very relevant topic. In the modern world, rubbers make a tremendous contribution to the development of the industrial sector. In order to study the possibility of using pyrite cinders as a filler for a rubber mixture based on styrene-butadiene rubber, the elastic-strength and rheological characteristics of the finished composite mixtures were studied, and the contact angle of wetting was determined to assess the interaction of the compositions with other materials. It was established that there was no influence of pyrite cinders on the nature of the surface of the rubber mixture. The dependence of the storage modulus on the deformation amplitude for different types of fillers has been established, which makes it possible to evaluate the qualitative and quantitative distribution of the filler in the polymer and the interaction of the polymer and the filler. It was revealed that pyrite cinders and chalk have a weak interaction with the polymer, from which it follows that they behave as a non-reinforcing filler, but their introduction into the polymer matrix does not deteriorate the elastic-strength properties of the rubber. The dependence of stress on deformation for mixtures with different types of fillers has been established. It was established that in terms of technological characteristics, no deviations in the material from the generally accepted patterns of introducing fillers into the polymer matrix were found. The values remain at the level of unfilled rubber and rubber filled with technical chalk. The general complex of properties of the composition based on styrene-butadiene rubber with pyrite cinders allows it to be recommended, after modification, for use in the production technology of rubber products.*

Keywords: *pyrite cinders, styrene-butadiene rubber, composite material, inactive fillers, active fillers*

REFERENCES

1. Bondarenko N.I., Bondarenko D.O., Kovylova Y.V., Datsenko A.O. About the possibility of obtaining jade glazes for ceramic tiles using secondary sources of raw materials [O vozmozhnosti polucheniya nefrittovannykh glazurej dlya keramicheskoy plitki s primeneniem vtorichnykh istochnikov syr'ya]. Bulletin of the Technological University. 2023. Vol. 26. No. 4. Pp. 29–32. (rus)

2. Bondarenko D.O., Strokova V.V. The use of industrial waste for coatings on fine-grained concrete [Ispol'zovanie othodov promyshlennosti dlya

pokrytij na melkozernistom betone]. Resource-energy-efficient technologies in the construction complex of the region. 2018. No. 10. Pp. 256–259. (rus)

3. Strokova V.V., Bondarenko D.O., Markova I.Yu. Investigation of the microstructure of hollow microspheres used in composite materials [Issledovanie mikrostruktury polykh mikrosfer, ispol'zuemykh v kompozicionnykh materialah]. Resource-energy-efficient technologies in the construction complex of the region. 2016. No. 7. Pp. 52–55. (rus)

4. Pavlenko V.I., Kashibadze V.V., Bondarenko N.I., Sidelnikov R.V. Modification of polymer com-

posite filler by silicate systems. International scientific and practical Conference [Modificirovanie napolnitelya polimernyh kompozitov silikatnymi sistemami]. Promising technologies and materials Collection of reports. Sevastopol. 2021. Pp. 140–143. (rus)

5. Shcherbina E.I., Dolinskaya R.M. Recycling of elastomers. [Recikling elastomerov]. Minsk: BSTU, 2011. 83 p. (rus)

6. Harmonov I.V. History of science and industry of synthetic rubber in the USSR 1931–1990. [Istoriya nauki i promyshlennosti sinteticheskogo kauchuka v SSSR 1931-1990 gg]. Kazan: KNITU Publishing House, 2013. 240 p. (rus)

7. Evstratov V.F., Yashunskaya F.I. New rubbers. Properties and application: Collection of translations of articles from foreign languages. periodical. literatures. [Novye kauchuki. Svoystva i primeneniye: Sbornik perevodov statej iz inostr. periodich. literatury]. Moscow: Publishing House of Foreign lit., 1958. 500 p. (rus)

8. Ilyicheva E.S., Gottlieb E.M. A study by the method of dynamic mechanical analysis of rubbers based on SKI-3 filled with wollastonite [Issledovanie metodom dinamicheskogo mekhanicheskogo analiza rezin na osnove SKI-3, napolnennogo vollastonitom]. Bulletin of Kazan Technological University. 2013. Vol. 24. Pp. 64–67 (rus)

9. Duadkin B.A. Chemistry and physics of rubber. [Himiya i fizika kauchuka]. Moscow; Leningrad: Goskhimizdat, 1947. 422 p. (rus)

10. Klyuchnikova N.V., Piskareva A.O., Urvanov K.A., Gordeev S.A., Genov I. Influence of

shungite on the operational properties of polymer composite material [Vliyanie shungita na ekspluatatsionnye svoystva polimernogo kompozitsionnogo materiala]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 2. Pp. 96–105.

11. Papkov V.N., Rivin E. M., Blinov E.V. Styrene-butadiene rubbers. Synthesis and properties. [Butadien-stirol'nye kauchuki. Sintez i svoystva]. Voronezh: [B. I.], 2015. 313 p. (rus)

12. Shin S.N., Gulyaeva R.I. Method of processing pyrite stubs. Patent RF, No. 2000118920/02, 2001.

13. Klyuchnikova N.V., Genov I.A., Kudina A.E. Polymer surfactant for the oil industry [Polimernoe poverhnostno-aktivnoe veshchestvo dlya neftedobyvayushchej otrasli]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2018. No. 12. Pp. 91–97. (rus)

14. Kovylova Y.V., Konchenkova A.N., Kovylov A.L., Klyuchnikova N.V. Composite materials based on styrene-butadiene rubber [Kompozitsionnye materialy na osnove butadien-stirol'nogo kauchuka]. Seventy-fifth All-Russian Scientific and Technical conference of students, undergraduates and postgraduates with international participation. Collection of reports in 3 parts. Yaroslavl. 2022. Pp. 116–119. (rus)

15. Klyuchnikova N.V., Klepikova M.A., Denisova L.V. Finishing materials in construction using polymer composites. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Buildintech BIT 2020. Innovations and technologies in construction. 2020. 012011.

Information about the authors

Bondarenko, Nadezhda I. PhD. E-mail: bondarenko-71@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Kovylova, Yulia V. Master student. E-mail: aspirine308@gmail.com. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Datsenko, Alena O. Postgraduate student. E-mail: alena-dacenko@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received 22.11.2023

Для цитирования:

Бондаренко Н.И., Ковылова Ю.В., Даценко А.О. Пиритные огарки как наполнитель композиционного материала на основе бутадиен-стирольного каучука // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2024. №1. С. 78–86. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-9-1-78-86

For citation:

Bondarenko N.I., Kovylova Y.V., Datsenko A.O. Pyrite candice as a filler for composite material based on styrene-butadiene rubber. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2024. No. 1. Pp. 78–86. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-9-1-78-86