

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Российская академия наук
Российская академия архитектуры и строительных наук
Администрация Белгородской области
ФГБОУ ВО Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова
Международное общественное движение инноваторов
«Технопарк БГТУ им. В.Г. Шухова»
Всероссийский фестиваль науки
Областной фестиваль науки



Сборник докладов

Часть 11

**Повышение качества, энерго- и ресурсосбережение
в производстве силикатных и композиционных материалов**

Белгород

23-24 октября 2023 г.

УДК 005.745

ББК 72.5

М 43

М 43 **XV Международный молодежный форум**
«Образование. Наука. Производство»
[Электронный ресурс]: Белгород:
БГТУ им. В.Г. Шухова, 2023. – Ч. 11. – 47 с.

ISBN 978-5-361-01214-5

В сборнике опубликованы доклады студентов, аспирантов и молодых ученых, представленные по результатам проведения XV Международного молодежного форума «Образование. Наука. Производство»

Материалы статей могут быть использованы студентами, магистрантами, аспирантами и молодыми учеными, занимающимися вопросами энергоснабжения и управления в производстве строительных материалов, архитектурных конструкций, электротехники, экономики и менеджмента, гуманитарных и социальных исследований, а также в учебном процессе университета.

УДК 005.745

ББК 72.5

ISBN 978-5-361-01214-5

©Белгородский государственный
технологический университет
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2023

Оглавление

Гхебремедхин К.В., Гродников И.Р.

БАРИЙСОДЕРЖАЩЕЕ СЫРЬЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ
СИЛИКАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ 5

Дудина Е.И., Смагина А.Р., Колесова А.С.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВОВ МАСС ДЛЯ
ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА С
ДОБАВЛЕНИЕМ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ШЛАКА 10

Ковылова Ю.В., Даценко А.О.

КИНЕТИКА СМЕШЕНИЯ БУТАДИЕН-СТИРОЛЬНОГО
КАУЧУКА С ПИРИТНЫМИ ОГАРКАМИ..... 15

Колесова А.С., Смагина А.Р., Дудина Е.И

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ЦЕМЕНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА
В ПОЛУЧЕНИИ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА 18

Коломиец М. Р.

ПОЛУЧЕНИЕ ОКРАСОЧНОЙ КОМПОЗИЦИИ С
АНТИКОРОЗИОННЫМИ СВОЙСТВАМИ НА ОСНОВЕ
ПОЛИСТИРОЛЬНОЙ МАТРИЦЫ..... 23

Локтионова Е.В., Бедина В.И., Фролова О.А.

ДВУХКОМПОНЕНТНЫЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ МАССЫ С
ДОБАВКОЙ СТЕКЛОБОЯ 27

Писанная В.В.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПИРОЛИЗНОЙ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ В
РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ 31

Смагина А.Р., Дудина Е.И., Колесова А.С.

ДИАТОМИТОВЫЙ ПЕНОЛЕГКОВЕС С ВВЕДЕНИЕМ
ВЫГОРАЮЩИХ ДОБАВОК..... 34

Цветкова К.С.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ШУНГИТА
С РАЗНЫМ ФРАКЦИОННЫМ СОСТАВОМ 38

Шумаков А.А., Никитина М.А.

ВЛИЯНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ВЯЖУЩЕГО НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ.....	43
---	----

Гхебремедхин К.В., Гродников И.Р.

*Научный руководитель: Володченко А.Н., д-р техн. наук, проф.
Белгородский государственный технологический университет
им В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

БАРИЙСОДЕРЖАЩЕЕ СЫРЬЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СИЛИКАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Быстрое распространение и использование ядерных технологий в различных областях, таких как энергетика, медицинская диагностика и сельское хозяйство, привело к обострению проблемы воздействия повреждающих ионизирующих излучений [1–2]. Ядерные технологии предпочтительнее других источников из-за их устойчивости и более низкого парникового эффекта. Однако большое количество ионизирующего излучения может вызвать немедленные или долгосрочные проблемы со здоровьем. Поэтому для минимизации подобных рисков необходим поиск эффективных радиационно-защитных материалов с высокими физико-механическими свойствами, термодинамической стабильностью, морфологическими качествами и экологичностью [3–4].

Радиационную защиту можно успешно реализовать с помощью композиционных материалов. Композиты можно разделить на матрицы (металлические, неорганические, полимерные и т. д.) и армирующие материалы (волокна, частицы, кристаллы и т. д.), в которых выбор ингредиентов и конструкция композита зависят от условий эксплуатации. Эффективное ослабление гамма-излучения достигается за счет компонентов с высоким удельным весом, высокой прочностью на разрыв и пластичностью за счет использования волокон, высокой прочностью на сжатие с минеральными примесями, термической стабильностью с наночастицами, повышенным поглощением нейтронов с материалами на основе бора или рассеянием нейтронов с водородом или углеродные материалы. [5–7].

Некоторыми распространенными материалами, используемыми для эффективной радиационной защиты, являются бетон, полимеры и стекло [8–11]. Бетоны широко используются в качестве защитных материалов из-за их низкой стоимости и широкой доступности. Однако изменения влажности бетона из-за температурных градиентов приводят к неопределенности в расчете коэффициента ослабления излучения материала. Благодаря высокой плотности и большому атомному номеру

свинец обеспечивает надежную радиационную защиту, но из-за своей токсичности и плохих механических свойств он менее предпочтителен.

В последние годы проводятся многочисленные исследования параметров радиационной защиты различных систем стекол, таких как теллурид, боросиликат, борат висмута, силикатсодержащие Bi_2O_3 , BaO и PbO , бораты, содержащие Bi_2O_3 и BaO , а также борат оксида тяжелого металла [12–14]. Эти исследования подтверждают, что существует дополнительное преимущество стекол благодаря их 100% возможности вторичной переработки, прозрачности для видимого света, возможности модификации свойств за счет добавления различных оксидов металлов и так далее. Среди различных систем оксидного стекла, содержащие оксиды боратов, привлекают интерес из-за их потенциального использования в оптических и электронных устройствах, тепловых и механических датчиках, а также из-за их эффективной способности экранировать радиацию.

Для повышения качества автоклавных силикатных материалов проведены исследования по изучению возможности использования в качестве сырья глинистых отложений незавершенной стадии глинообразования [15–22]. При этом фазообразование протекает в системе « $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-H}_2\text{O}$ ». Однако данные материалы обладают слабыми радиационно-защитными свойствами. Для повышения защиты от ионизирующего излучения можно использовать в сырье, содержащие тяжелые металлы, например оксид бария.

Целью данной работы является получение силикатных материалов на основе барийсодержащего сырья и изучение их физико-механических свойств.

В качестве сырья для проведения исследований использовали барийсодержащее стекло, полученное из боя электронно-лучевой трубки, оконное стекло (Таблица 1).

Таблица 1 – Химический состав стекол, масс. %

Стекло	SiO_2	Al_2O_3	CaO	Na_2O	K_2O	BaO	Fe_2O_3	SrO
Барийсодержащее	72,96	6,43	0,31	9,28	8,16	1,36	0,13	0,15
Силикатное	70,30	1,85	6,96	15,11	0,40	–	0,17	–

В составе барийсодержащего стекла помимо оксида бария (1,36 мас. %) содержится повышенное количество оксидов алюминия, калия и стронция в сравнение с обычным силикатным стеклом.

В качестве вяжущего использовали негашеную комовую известь активностью 95 %. Стекла предварительно измельчали до удельной поверхности $1500 \text{ см}^2/\text{г}$, известь измельчали до $250 \text{ м}^2/\text{г}$.

Сырьевые смеси получали путем перемешивания в заданных соотношениях извести и боя стекла. Содержание извести в сырьевых смесях соответствовало 2, 4, 6 и 8 % $\text{CaO}_{\text{акт}}$. Смеси затворяли заданным количеством воды и выдерживали в герметических чашках для гашения извести. После гашения из сырьевых смесей влажностью 7 % прессовали образцы при удельном давлении прессования 20 МПа. Далее образцы запаривали в автоклаве при давлении 1 МПа с изотермической выдержкой 6 ч.

Для полученных образцов определяли предел прочности при сжатии и среднюю плотность (Рис. 1).

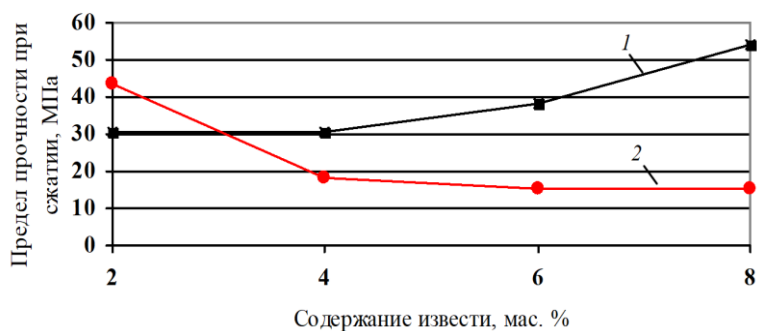


Рис. 1. Влияние содержания извести на предел прочности при сжатии силикатных материалов: 1 – барийсодержащее; 2 – силикатное

Увеличение содержания извести с 2 до 8 % оказывает положительное влияние на прочностные характеристики силикатных материалов на основе барийсодержащего стекла. Предел прочности при сжатии повышается с 30 до 54 МПа. Для силикатного стекла, наоборот, прочность с увеличением содержания извести снижается с 43,4 до 15,2 МПа. Барийсодержащее стекло обеспечивает получение материала с большей средней плотностью, чем обычное силикатное, соответственно 1770–1800 кг/м^3 и 1570–1600 кг/м^3 . Следовательно, сырье на основе барийсодержащего стекла позволит получать материал с повышенной защитой от ионизирующего излучения.

Таким образом, на основе барийсодержащего стекла можно получать радиационно-защитные силикатные композиционные материалы автоклавного твердения с прочностью 30–54 МПа и средней плотностью 1770–1800 кг/м^3 .

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Черняев А. П. Ионизирующие излучения / А. П. Черняев. – М.: ИД КДУ, 2014. – 314 с.
2. Хала, И. Радиоактивность, ионизирующее излучение и ядерная энергетика / И. Хала, Д. Д. Навратил. – Изд.-во URSS. – 2013. – 432 с.
3. Mu H. et al. Ionizing radiation exposure: hazards, prevention, and biomarker screening // *Environmental Science and Pollution Research*. – 2018. – Т. 25. – №. 16. – С. 15294-15306.
4. Kurudirek, M., 2017. Heavy metal borate glasses: potential use for radiation shielding. *Journal of Alloys and Compounds*, 727, pp.1227-1236.
5. Yastrebinsky, R. N. Transport packing set for radioactive wastw based on radiation-protective polymeric matrix / R. N. Yastrebinsky, G.G. Bondarenko // *inorganic materials: Applied Research*. – 2015. – Vol. 6. – Is. 5. – P. 473-478.
6. Cherkachina, N. I. Radiation-resistant structural composite material to protect nuclear reactors nuclear powerplant and storage of intermediate-level radioactive waste / N. I. Cherkachina, A.V. Noskov // *problems of Atomic science and Technology*. – 2015. – Vol. 5 (99). – P. 32-35.
7. Шевцов, И. П. Радиационно-защитный органосиликатный композит / И. П. Шевцов // *ресурсосберегающие технологии строительных материалов*. – Белгород. – 1993. – Ч. 3. – С. 62.
8. Ястребинский, Р.Н. Структурно-фазовые превращения в термообработанных тонкопленочных боросилоксанах / Р.Н. Ястребинский, В.И. Павленко, А.В. Ястребинская, Н.А. Денисова // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. – 2017. – № 11. – С. 117-122.
9. Матюхин, П. В. Перспективы создания современных высококонструкционных радиационно-защитных металлокомпозитов / П. В. Матюхин, В. И. Павленко, Р. Н. Ястребинский, Ю. М. Бондаренко // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. – 2011. – № 2. – С. 27-29.
10. Павленко, В. И. Композиционный материал нового типа для комплексной радиационной защиты / В. И. Павленко, И. В. Соколенко, А. В. Носков // *Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология*. – 2015. – Т. 58. – № 6. – С. 66-69.
11. Павленко, В.И. Контейнерная технология утилизации твердых радиоактивных отходов АЭС / В.И. Павленко, Р.Н. Ястребинский, А.Н. Володченко, Н.А. Четвериков, А.А. Карнаухов // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. – 2013. – № 5. – С. 165–169.

12. Hanfi, M.Y., Sayyed, M.I., Lacomme, E., Akkurt, I. and Mahmoud, K.A., 2021. The influence of MgO on the radiation protection and mechanical properties of tellurite glasses. *Nuclear Engineering and Technology*, 53(6), pp. 2000-2010.

13. Kamislioglu, M., 2021. Research on the effects of bismuth borate glass system on nuclear radiation shielding parameters. *Results in Physics*, 22, p.103844.

14. Bagheri, R. and Shirmardi, S.P., 2021. Gamma-ray shielding studies on borate glasses containing BaO, Bi₂O₃, and PbO in different concentrations. *Radiation Physics and Chemistry*, 184, p.109434.

15. Володченко А.Н. Влияние механоактивации известково-сапонитового вяжущего на свойства автоклавные силикатных материалов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 13-16.

16. Володченко, А.Н. Разработка научных основ производства силикатных автоклавных материалов с использованием глинистого сырья / А.Н. Володченко, В.В. Строкова // Строительные материалы. – 2018. – № 9. – С. 25-31.

17. Володченко А.Н. Разработка состава теплоизоляционных материалов автоклавного твердения на основе глинистого сырья // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 2. С. 162-167.

18. Володченко, А.Н. Силикатный бетон на нетрадиционном сырье / А.Н. Володченко, Р.В. Жуков, Ю.В. Фоменко, С.И. Алфимов // Бетон и железобетон. – М.: Изд-во «Ладья», 2006. – № 6. – С. 16–18.

19. Володченко, А.Н. Силикатные материалы на основе вскрышных пород архангельской алмазоносной провинции / А.Н. Володченко, Р.В. Жуков, С.И. Алфимов // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – Новочеркасск, 2006. – № 3. – С. 67–70.

20. Volodchenko A.A., Lesovik V.S., Zagorodnjuk L.H., Volodchenko A.N. Influence of the inorganic modifier structure on structural composite properties // *International Journal of Applied Engineering Research*. 2015. T. 10. № 19. С. 40617-40622.

21. Volodchenko A.A., Lesovik V.S., Volodchenko A.N., Glagolev E.S., Zagorodnjuk L.H., Pukharenko Y. V. Composite performance improvement based on non-conventional natural and technogenic raw materials // *International Journal of Pharmacy & Technology*. 2016. T. 8. № 3. С. 18856-18867.

22. Володченко А.Н. Реакционная способность магнезиальной глины с известью в гидротермальных условиях // Международный научно-исследовательский журнал. 2014. № 10-2 (29). С. 7-10.

*Дудина Е.И., Смагина А.Р., Колесова А.С.
Научный руководитель: Перетоккина Н.А., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВОВ МАСС ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА С ДОБАВЛЕНИЕМ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ШЛАКА

Металлургический шлаки - продукты высокотемпературной обработки, являющиеся отходами силикатного типа, имеющие многокомпонентную структуру и неоднородный состав, представляющий собой химический сплав окислов, занимающих от 90 до 95% объема. Оставшаяся доля приходится на сульфиды, сульфаты, галогидные соединения [1].

Долгое время шлаки просто утилизировались, не представляя особого интереса. Однако, начиная со второй половины XX века, отходы металлургии стали активно применять в строительстве, сельскохозяйственной отрасли, при прокладке дорожных сетей. Основными путями утилизации шлаков сталеплавильного производства являются: 1) извлечение металла; 2) вторичное использование конечных сталеплавильных шлаков; 3) использование фосфорсодержащих шлаков для получения удобрений для сельского хозяйства; 4) получение железобитума для вагранок и аглодоменного производства; 5) получение щебня для дорожного и промышленного строительства; 6) использование основных шлаков в качестве известковых удобрений (шлаковой муки) для сельского хозяйства [1-2].

На сегодняшний день хранение шлаков осуществляется открытым способом, вследствие чего могут происходить выбросы загрязняющих веществ в воздух, а также в объекты гидросферы и в почву. В связи с этим оказывается, огромное негативное влияние на состояние флоры, фауны и здоровье людей. Однако количество отходов несмотря на их переработку, ежедневно растет. Поэтому проблема их утилизации является первоочередной [3-6].

В качестве сырьевых материалов при проведении исследований использовались суглинки Быковского и Терновского месторождений Белгородской области, металлургические шлаки ОАО «Выксунский металлургический завод» («ВМЗ») (г. Выкса, Нижегородской обл.), ОАО «Северский трубный завод» и ОАО «Новолипецкий

металлургический комбинат («НЛМК») (г. Липецк). Химический состав глин и металлургических шлаков представлен в таблице 1.

Таблица 1. Химический состав глинистых компонентов и металлургических шлаков

Наименование материала	Содержание оксидов, масс. %											ППП	
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	F		SO ₃
Глина Терновская	74,8	11,6	5,7	3,3	1,4	2,2	0,43	—	—	—	—	0,5	6,0
Глина Быковская	74,5	11,6	7,4	2,5	1,1	1,9	0,41	—	—	—	—	0,5	5,3
Шлак ОАО «НЛМК»	40,1	7,5	0,5	41,6	9,4	—	—	0,5	0,6	—	—	0,4	—
Шлак ОАО «ВМЗ» *	20,4	7,9	29,8	32,4	4,7	—	—	—	3,5	0,44	—	0,3	0,4
Шлак ОАО СТЗ	15,5	24,2	0,6	42,9	10,0	—	—	0,4	0,2	0,1 (K ₂ O)	4,3	1,6	—

*FeO-15.8% (сверх 100%)

Были определены основные формовочные свойства глин, результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2. Основные формовочные свойства глин

Наименование глины	Формовочная влажность $W_{отн}, \%$	Число пластичности и П	Воздушная усадка $\gamma, \%$	Коэффициент чувствительности к сушке K_4
Терновская глина	18,3	23	8,77	0,65
Быковская глина	20,5	16,5	7,64	0,52

Из смеси глин и шлаков готовились массы для пластического формования образцов. Составы исследуемых масс представлены в таблице 3.

Таблица 3. Состав экспериментальных масс

Материал	Номер состава									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Содержание компонентов, %									
Глина Терновская	40	37,5	35	32,5	37,5	35	32,5	37,5	35	32,5
Глина Быковская	60	57,5	55	52,5	57,5	55	52,5	57,5	55	52,5
Шлак НЛМК	-	5	10	15	-	-	-	-	-	-
Шлак ВМЗ	-	-	-	-	5	10	15	-	-	-
Шлак Северский	-	-	-	-	-	-	-	5	10	15

Предварительно глинистое сырье сушили в сушильном шкафу при 100 °С, измельчали в помольных бегунах до прохода через сито 063. Шлак измельчали в шаровой мельнице в течение двух часов. Образцы изготавливали в форме кубиков размером 30×30×30 мм методом пластического формования в металлических формах. Для приготовления образцов использовалась смесь из глин Быковской и Терновской с добавлением шлаков металлургического производства. Составы масс приведены в таблице 3. При пластическом способе исследуемые пробы доводили до нормальной формовочной влажности 20%. Полученную пластическую массу вручную проминали до полного усреднения и удаления воздуха. Свежеотформованные образцы

предварительно сушили на воздухе в естественных условиях в течение 2-3 суток, а затем подвергали сушке в сушильном шкафу при 100-110 °С.

Термообработку образцов производили в муфельной печи в интервале температур 950-1050 °С по следующему режиму: при 200 °С – выдержка 30 мин; при 600 °С – выдержка 30 мин; при T_{max} выдержка 1 час. Качество обожженных образцов оценивалось по внешнему виду и основным физико-механическим показателям, приведенным в табл. 4.

Таблица 4. Физико-механические показатели

Состав	Температура обжига, °С	Водопоглощение V_w , %	Кажущаяся пористость P_k , %	Кажущаяся плотность $\gamma_{каж}$, г/см ³	Потеря массы Δm , %	Линейная усадка Δl , %	Предел прочности при сжатии $\sigma_{сж}$, МПа	Коэффициент конструктивного качества А
Образцы, не содержащие шлак								
1	950	14,0	26,8	1,55	23,7	5,2	18,9	7,87
1	1000	13,6	26,3	1,55	24,0	5,4	18,6	7,74
1	1050	12,6	24,7	1,58	23,9	6,2	27,7	11,1
Образцы, содержащие шлак ОАО «Новолипецкий металлургический комбинат»								
2	950	15,7	29,8	1,52	24,7	3,7	21,2	9,18
3		18,9	34,3	1,46	25,9	6,4	19,7	9,24
4		20,6	37,1	1,44	26,5	4,4	16,5	7,96
2	1000	15,9	30,0	1,51	24,9	4,1	23,9	10,5
3		18,9	34,3	1,46	26,0	6,2	16,2	7,60
4		21,0	37,4	1,43	26,5	4,6	13,1	6,41
2	1050	16,0	30,1	1,51	24,9	4,8	19,9	8,73
3		18,2	33,5	1,48	26,1	5,4	18,4	8,40
4		20,1	36,3	1,45	26,1	4,8	15,7	7,47

Продолжение таблицы 4

Образцы, содержащих шлак Выксунского металлургического завода								
5	950	16,5	30,9	1,87	23,6	6,2	20,2	5,78
6		16,3	30,8	1,83	26,4	5,4	20,0	5,97
7		17,9	33,3	1,90	26,4	5,4	20,5	5,68
5	1000	17,7	32,2	1,82	23,7	6,3	20,5	6,19
6		18,8	33,8	1,80	26,4	5,5	20,0	6,17
7		21,0	36,8	1,80	26,2	5,5	16,5	5,09
5	1050	17,5	32,1	1,82	28,7	6,5	25,1	7,58
6		18,7	33,9	1,80	26,3	5,7	20,0	6,17
7		19,6	35,4	1,80	27,2	5,7	14,3	4,41
Образцы, содержащие шлак «Северского трубного завода»								
8	950	15,4	34,5	1,78	24,7	3,0	14,9	4,70
9		20,6	35,9	1,74	24,5	5,4	13,3	4,39
10		23,1	38,6	1,67	24,9	2,9	12,2	4,37
8	1000	17,0	33,7	1,78	24,5	3,2	18,0	5,68
9		20,1	35,1	1,72	24,7	5,6	15,2	5,14
10		22,6	38,0	1,68	24,9	3,1	10,5	3,72
8	1050	15,2	32,6	1,80	24,5	4,3	15,8	4,88
9		20,7	35,6	1,72	23,8	6,2	15,6	5,27
10		21,7	33,2	1,73	25,3	4,7	14,6	4,88

В данной работе показана возможность использования шлаков различного состава в качестве добавки при производстве керамического кирпича.

Введение шлаков в состав массы снижает ее коэффициент чувствительности к сушке, что позволяет сушить изделия быстрее и при большей температуре тем самым, сокращая время технологического цикла.

Исследования показали, что возможно получение керамического кирпича с добавкой шлака в количестве 5-10% с получением марки 100, удовлетворяющего ГОСТ 530-2012. Использование шлака с M_0 близким к 1 позволяет получать изделия с большей прочностью и меньшей пористостью, т.е. с большим коэффициентом конструктивного качества.

Введение шлака позволяет получить кирпич с меньшей усадкой, снизить температуру обжига изделий примерно на 50-100 °С до температуры 950-1000 °С, тем самым сокращая затраты на электроэнергию. Не смотря на снижение прочностных характеристик использование шлака, способствует решению экологической проблемы его утилизации. Так же использование шлаков при производстве

керамического кирпича позволяет расширить цветовую палитру изделий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Строй подсказка. Строительство. Строительные материалы. Характеристика и применение металлургического шлама: [<https://stroy-podskazka.ru/>], 2015-2023. – URL: <https://stroy-podskazka.ru> (дата обращения 06.10.2023).

2. Гумирова Е.С., Абржина Л.Л., Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия «Утилизация металлургических шлаков». с. 160.

3. Андрианов, Н.Т. Химическая технология керамики: Учеб. пособие для вузов / Н.Т. Андрианов, В.Л. Белкевич, А.В. Беляков, А.С. Власов, И.Я. Гузман, Е.С. Лукин, Ю.М. Мосин, Б.С. Скидан. – М.: ООО РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЬ», 2012. – 496 с. – ISBN 978-5-94026-019-6.

4. Баранов Е.В., Шелковникова Т.И., Хорина А.В. Особенности получения керамического кирпича светлых тонов // Вестник белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова Том 1 № 7, 2016. с. 105-163.

5. Евтушенко Е.И., Перетокина Н.А., Дороганов В.А., Сулейманова Л.А., Сыса О.К. Теплоизоляционные материалы на основе искусственных керамических вяжущих различного состава // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. №6. с. 149-151.

6. Череватова А.В., Перетокина Н.А., Ермак Ю.Н. Совершенствование технологии получения жаростойких легковесов с применением модифицированной ВКВС // Промышленное и гражданское строительство, 2007. № 8. – С. 24-25.

УДК 691.175.2

Ковылова Ю.В., Даценко А.О.

***Научный руководитель: Бондаренко Н.И., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

КИНЕТИКА СМЕШЕНИЯ БУТАДИЕН-СТИРОЛЬНОГО КАУЧУКА С ПИРИТНЫМИ ОГАРКАМИ

Главный способ создания резин с определенными эксплуатационными и физико-химическими характеристиками является наполнение. Наполнение – это технологический процесс

введения в материал твердых, жидких и газообразных добавок при помощи специального оборудования. Наполнение каучуков минеральными наполнителями является действенным способом для придания им улучшенных свойств.

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.

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).

В каждую смесь вводилось по 40 массовых частей разных видов наполнителей: пиритные огарки, технический углерод марки N-326, белая сажа марки БС-120 и технический мел марки МТД-2. Меньше всего времени для смешения потребовалось бутадиен-стирольного каучука и пиритовых огарков. Так как БС-120 самый дисперсный наполнитель из всех представленных, поэтому время и энергия его смешения с каучуком больше всего (табл. 1).

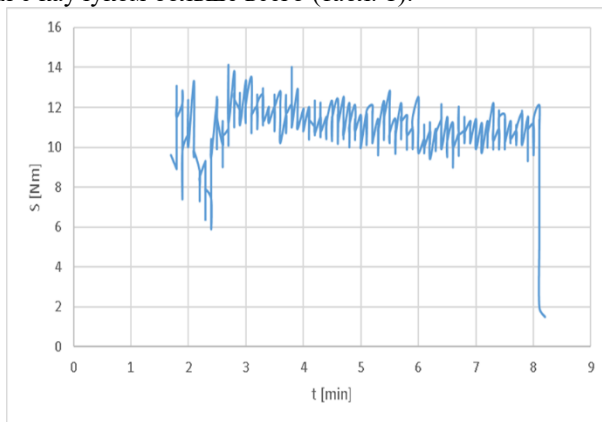


Рис. 1 - Реограммы смешения каучука с пиритными огарками

Таблица 1 – Энергия и время смешения компонентов резиновых смесей

Название образца	Энергия смешения, Н*м в мин	Время смешения, мин
ДССК-2545 мел	492,6	3,8
ДССК-2545 БС-120	1231,8	4,5
ДССК-2545 Тех. углерод N-326	930,1	4,1
ДССК-2545 Пиритные огарки	731,1	1,7

Далее мы провели смешение на резиносмесителе при температуре 65 °С, зная уже время смешения каучука для каждого наполнителя. Первым на резиносмеситель вводился каучук, после добавляли наполнитель. Далее добавляли вулканизирующую группу. Сначала добавили стеариновую кислоту, далее каптакс и цинковые белила. На каждый этап уходило по минуте. В самом конце после цинковых белил была добавлена техническая сера на 30 секунд смешивания (табл. 2).

Таблица 2 – Порядок и время смешивания компонентов смеси

Название материала	Время смешивания, мин
Каучук	3
Наполнитель	±4
Стеариновая кислота	1
Каптакс	1
Цинковые белила	1
Техническая сера	0,5

После смеси дорабатывались на вальцах при температуре 35-40 °С и времени 7 минут.

Таким образом, была создана технология смешения каучука с разными видами наполнителей для того, чтобы правильно провести смешение, и чтобы все компоненты наполнителя равномерно прошли в матрицу каучука.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шашок Ж.С., Вишневикий К.В. Технология переработки эластомеров. Минск, БГТУ, 2018 – 123 с.
2. Бобович Б.Б., Девяткин В.В. переработка отходов производства и потребления: справочное издание / под ред. проф. Б.Б.Бобовича. М.: Интернет Инжиниринг, 2000. 496 с.
3. Щербина Е.И., Долинская Р. М. Рециклинг эластомеров. Минск, БГТУ. 2011 – 7 с.

4. Ключникова Н. В., Генев И., Кудина А.Е. Полимерное поверхностно-активное вещество для нефтедобывающей отрасли// Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова, 2018. № 12. С. 91-97

5. Klyuchnikova N V, Klepikova M.A, Denisova L. V. Matveenko D.S. Special-purpose polymer composite material based on thermoplastic polymer and modified aerosil// Proceedings of the International Conference Industrial and Civil Construction. 2021. P.182-188

УДК 666.3/7

Колесова А.С., Смагина А.Р., Дудина Е.И

Научный руководитель: Перетоккина Н.А., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ЦЕМЕНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА В ПОЛУЧЕНИИ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА

В настоящее время проблема утилизации отходов промышленности становится все более актуальной в свете экологических проблем, с которыми мы сталкиваемся. Отходы цементного производства являются одним из таких проблемных материалов, которые требуют специального внимания. Однако, с развитием технологий и научных исследований, были найдены различные пути использования этих отходов для получения новых материалов, таких как керамический кирпич.

Одно из главных преимуществ использования отходов цементного производства заключается в том, что они являются природными источниками минеральных веществ, которые могут значительно повысить прочность и устойчивость кирпича [1]. Кроме того, такие материалы часто обладают химическими и физическими свойствами, которые могут улучшить теплоизоляцию и звукоизоляцию готовых изделий [2].

Использование отходов цементного производства в получении керамического кирпича представляет собой перспективное и экологически обоснованное решение. Это позволяет эффективно утилизировать отходы, сокращая негативное влияние на окружающую среду, а также создавать экологически устойчивый материал с хорошими техническими характеристиками [3]. Дальнейшие исследования и разработки в этой области помогут оптимизировать

процесс производства и расширить сферу применения такого материала.

В данной научной работе представлены исследования, связанные с разработкой технологии получения лицевого керамического кирпича. Исследования проводились на основе суглинков Терновского и Быковского месторождений с добавлением пыли электрофильтров вращающихся печей мокрого способа производства цемента Белгородского цементного завода. Химический состав компонентов приведен в табл.1.

Таблица 1-Химический состав сырьевых материалов

Наименование материала	Содержание оксидов, %									пп п
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	Cl	
Глина Терновская	74,81	11,58	5,69	3,37	1,40	2,19	0,43	0,53	-	6,0
Глина Быковская	74,45	11,65	7,44	2,50	1,12	1,92	0,41	0,51	-	5,3
Пыль электрофильтров	6,95	2,85	1,60	37,40	0,38	21,26	1,81	19,53	8,22	22,5

Пыль электрофильтров представляет собой тонкодисперсный порошок бежевого цвета [4]. Она отличается повышенным содержанием щелочных соединений и серного ангидрита [5]. По данным рентгенофазового анализа (табл. 1), минералогический состав цементной пыли представлен солями калия KCl и K₂SO₄, а также карбонатом кальция CaCO₃. Площадь удельной поверхности для пыли электрофильтров S_{уд} = 36228,35 см²/г.

С целью оптимизации количества цементной пыли в составе массы, глинистой составляющей и температуры обжига был проведен эксперимент, составы масс приведены в табл. 2. Соотношение глин Терновской и Быковской оставалось везде постоянным и равнялось 35:65 %.

Таблица 2 - Составы керамических масс

№ состава	Количество глины	Количество цементной пыли
1	100	-
2	95	5
3	85	15
4	80	20
5	85	25

Для испытаний были сформованы образцы размером 30×30×30 мм пластическим способом. Обжиг образцов происходил при температурах 900 – 1050°С, с шагом 50 °С [6].

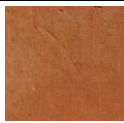

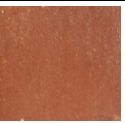
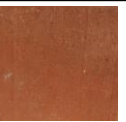
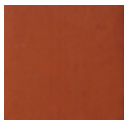
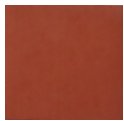
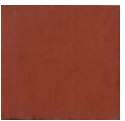
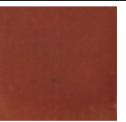







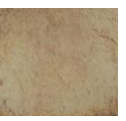



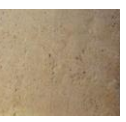
Качество обожженных образцов оценивалось по внешнему виду и основным физико-механическим показателям, представленным в табл.3 [7].

Таблица 3-Физико – механические показатели образцов кирпича

Состав	У, %	В, %	Пк, %	ρ, г/см ³	σ _{сж} , МПа
Т_{обж} = 900°С					
1	5,07	15,6	29,4	1,94	15,5
2	5,67	17,9	32,2	1,80	13,2
3	6,29	21,1	36,2	1,71	10,2
4	6,35	21,5	36,8	1,70	10,1
5	6,34	21,7	37,1	1,65	9,4
Т_{обж} = 950 °С					
1	5,24	15,2	28,1	1,90	14,8
2	5,65	18,4	32,8	1,82	13,4
3	6,15	20,9	35,8	1,72	11,4
4	6,2	21,0	36,0	1,70	10,5
5	6,23	21,0	36,0	1,75	10,0
Т_{обж} = 1000 °С					
1	5,37	14,7	27,6	1,89	13,6
2	5,27	17,3	31,5	1,84	17,9
3	6,44	19,5	34,2	1,74	16,3
4	6,5	19,0	34,0	1,85	15,9
5	6,7	18,4	32,7	1,8	14,0
Т_{обж} = 1050 °С					
1	5,43	14,1	27,1	1,86	16,2
2	7,08	15,2	28,7	1,81	21,9
3	7,07	17,3	30,95	1,74	26,2
4	7,08	18,2	32,7	1,71	19,0
5	7,12	18,0	32,0	1,70	17,4

В табл. 4 представлено изменение цвета образцов при введении в состав цементной пыли и повышении температуры обжига [8].

Таблица 4-Цвет образцов в зависимости от содержания цементной пыли и температуры обжига

	900°C	950°C	1000°C	1050°C
Без пыли				
5% пыли				
15% пыли				
20 % пыли				
25 % пыли				

Таким образом, в процессе экспериментальных исследований была показана возможность получения керамического кирпича объемного окрашивания различной цветовой гаммы методом пластического формования на основе Терновской и Быковской глин с добавлением отходов производства Белгородского цементного завода – пыли электрофильтров.

Было изучено влияние различных соотношений глин и температуры обжига на физико-механические свойства, характер и интенсивность окраски образцов.

Анализ полученных данных показал, что оптимальным содержанием цементной пыли, которое незначительно влияет на образование высолов на поверхности изделий, является 5%. При этом изделия обладают хорошими показателями, в том числе: прочность 13-20 МПа, кажущаяся плотность 1,8-1,9г/см³, пористость 30-32%,

морозостойкость 35 циклов, что соответствует ГОСТ 530-2012 для керамического кирпича. Цвет образцов темно-красный.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Евтушенко, Е. И., Перетокина, Н.А., Дороганов, В.А., Сулейманова, Л.А., Сыса, О.К., Бедина, В. И., Миженина, О.В. Теплоизоляционные материалы на основе искусственных керамических вяжущих различного состава / Е. И. Евтушенко [и др.] // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. - 2013. - № 6. - С. 149-151.

2. Шарапов Р. Р., Кабанов С. Ю. Моделирование процессов улавливания пыли насыпными клинкерными слоями / Р. Р. Шарапов, С. Ю. Кабанов // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. - 2011. - № 1. - С. 65 - 69.

3. Ерофеев В. Т., Родин А. И., Бочкин В. С., Якунин В. В., Чегодайкин А.М., Казначеев С. В. Физико-механические свойства цементов, модифицированных отходами производства минеральной ваты / В. Т. Ерофеев [и др.] // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. - 2018. - № 10. - С. 10-15.

4. Johnson M., Brown S., Williams K. Sustainable production of ceramic bricks using cement production waste / Johnson M., Brown S., Williams K // Journal of Sustainable Building Engineering. -2017.-Vol. 3, Issue 2. P. 84-92.

5. Smith J., Johnson R. The utilization of cement production waste in ceramic brick manufacturing / Smith J., Johnson R // International Journal of Applied Ceramic Technology.-2012.-Vol. 9.-Issue 4. P. 645-652.

6. Иванов А.И., Сидоров В.П., Петрова Н.О. Использование отходов цементного производства в процессе производства керамического кирпича / Иванов А.И., Сидоров В.П., Петрова Н.О // Журнал "Строительные материалы".-2010.-Т. 132.- № 6.-С. 68-71.

7. Петров В.А., Смирнова Е.В., Ковалева Т.Н. Влияние добавок отходов цементного производства на свойства керамического кирпича / Петров В.А., Смирнова Е.В., Ковалева Т.Н // Известия высших учебных заведений. Строительство.-2015.-№ 9.-С. 100-105.

8. Чернышева О.С., Шубина Т.П., Козлова Е.В. Взаимодействие отходов цементного производства с глиняными сырьем и при получении керамического кирпича / Чернышева О.С., Шубина Т.П., Козлова Е.В // Известия высших учебных заведений. Строительство.-2018.-№ 10.-С. 113-120.

Коломиец М. Р.

*Научный руководитель: Наумова Л. Н., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПОЛУЧЕНИЕ ОКРАСОЧНОЙ КОМПОЗИЦИИ С АНТИКОРОЗИОННЫМИ СВОЙСТВАМИ НА ОСНОВЕ ПОЛИСТИРОЛЬНОЙ МАТРИЦЫ

Антикоррозионная полистирольная композиция - это материал, который состоит из полистирола и специальных добавок, которые позволяют ей защищать металлические поверхности от коррозии и износа. Эти добавки обычно включают в себя ингибиторы коррозии, которые создают защитный слой на поверхности металла, предотвращая контакт металла с окружающей средой (1-3).

Композиционными называют материалы и изделия, полученные из двух и более компонентов и состоящие из двух и более фаз. Один из этих компонентов (полистирольная матрица) образует непрерывную фазу, а другой является наполнителем. Одним из способов изменения свойств полимерных композиций с целью получения материалов с определенным комплексом свойств является введение в их состав специальных добавок – модификаторов. Благодаря грамотному подходу к созданию композиционного материала можно получить целый ряд новых материалов, обладающих заранее спрогнозированными, уникальными физико-механическими и эксплуатационными характеристиками. Обычно эти характеристики превосходят характеристики поликристаллических материалов в несколько раз и даже на несколько порядков (4-7).

Изменение свойств базового полимера достигается путем внедрения следующих добавок (8-10):

- наполнителей для упрочнения и (или) удешевления материала;
- пластификаторов для улучшения технологических и эксплуатационных свойств;
- стабилизаторов для повышения технологической и эксплуатационной стабильности;
- фрикционных и антифрикционных добавок;
- добавок, регулирующих теплопроводность и электропроводность;
- антипиренов, снижающих горючесть;

– фунгицидов, повышающих устойчивость к воздействию микроорганизмов и др.

Таким образом, свойства композиционных материалов определяются природой полимерной матрицы и наполнителя, а также процессами взаимодействия на границе раздела полимер – наполнитель.

При выборе компонентов для создания антикоррозионной композиции, обычно предпочитают использовать полистирол. Это связано с несколькими причинами: во-первых, полистирол очень устойчив к различным химическим веществам, включая кислоты, масла и растворители, что позволяет использовать его в промышленности для защиты поверхностей от агрессивных сред. Во-вторых, полистирол имеет низкую плотность, что делает его легким и удобным для транспортировки и хранения. Кроме того, полистирол обладает высокой прочностью и жесткостью, что делает его устойчивым к механическим воздействиям и вибрациям. В-четвертых, полистирол хорошо изолирует тепло, что делает его привлекательным для использования в условиях с высокой или низкой температурой. И, наконец, полистирол доступен по сравнительно низкой цене, что делает его экономически выгодным в сравнении с другими материалами.

Полистирол может влиять на антикоррозионные свойства краски следующим образом:

- Улучшение адгезии: Полистирол может повысить адгезию краски к металлической поверхности, что уменьшает возможность образования микротрещин и поддерживает более долговечное соединение между краской и металлом.

- Уменьшение проницаемости: Краски, созданные на основе полистирола, могут иметь более высокую плотность и менее пористую структуру, что снижает проницаемость для воды и кислорода, что в свою очередь препятствует развитию коррозии.

- Уменьшение износа: Краски, содержащие полистирол, могут иметь более высокую твердость и стойкость к износу, что уменьшает риск повреждения защитного покрытия и увеличивает срок его службы.

- Улучшение стойкости к химическому воздействию: Полистирол может повысить стойкость краски к агрессивным химическим воздействиям, таким как кислоты и щелочи, что снижает риск повреждения защитного покрытия и увеличивает срок его службы.

На основании проведенного литературного обзора были апробированы растворители для полистирола, позволяющие в наиболее короткое время достичь полной растворимости его гранул. Также были проведены в этом направлении экспериментальные работы по нахождению наиболее перспективного и качественного растворителя

для полистирола. Наиболее подходящим нами был выбран этилацетат. Он имеет способность растворять полистирол благодаря своей полярной и неполярной структуре. Полярная группа CH_3COO имеет отрицательный заряд, а метильная группа CH_3 имеет нейтральный заряд. Это позволяет этилацетату взаимодействовать как с полярными, так и с неполярными частями полистирола.

Когда полистирол помещается в растворитель этилацетат, полярные группы полистирола, такие как карбоксильные и аминогруппы, могут взаимодействовать с отрицательно заряженной группой CH_3COO , образуя связи водородной связи. Это позволяет молекулам полистирола распадаться на меньшие фрагменты и растворяться в растворителе.

Одним из подходящих наполнителей для лакокрасочных материалов на основе полистирольной матрицы является тальк. Высокая химическая инертность делает его устойчивым к химическим реакциям и коррозии, что делает его идеальным материалом для использования в антикоррозийных составах. Чешуйчатая структура талька, придающая ему высокое аспектное соотношение, позволяет ему образовывать барьер на поверхности покрытия, защищая его от влаги и предотвращая коррозию.

Для изготовления коррозионно-защитных композиционных полимерных материалов на основе полистирола часто добавляют пластификаторы для повышения гибкости, ударной вязкости и долговечности лакокрасочной пленки.

Дибутилфталат — это один из наиболее распространенных пластификаторов, который широко используется для улучшения свойств полимерных материалов, таких как полистирол.

Механизм действия дибутилфталата в полистирольной композиции заключается в его способности повышать гибкость и пластичность материала, а также снижать его твердость и жесткость. Это позволяет уменьшить вероятность трещин и микротрещин покрытия, что в свою очередь снижает риск проникновения влаги и других агрессивных веществ внутрь материала.

Коррозия полистирольной композиции может быть вызвана различными факторами, такими как воздействие окружающей среды, химических веществ и т.д. Для предотвращения коррозии необходимо использовать ингибиторы коррозии. Фосфат цинка очень эффективен, поскольку создает на металлических поверхностях защитный слой, препятствующий коррозии, и обладает сильными адгезионными свойствами, позволяющими ему прочно сцепляться с основой. Эти свойства очень важны для антикоррозионных покрытий, поскольку они

обеспечивают длительную защиту. Кроме того, фосфат цинка служит пигментом в антикоррозионных покрытиях, обеспечивая отличную стабильность цвета и кроющую способность, что означает, что он может скрыть любые недостатки окрашенной поверхности. сочетание свойств ингибирования коррозии, адгезии и пигментации делает фосфат цинка хорошим выбором для использования в коррозионностойких составах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Патент № 2141984 С1 Российская Федерация, МПК С09D 5/08. Антикоррозионная композиция: № 97111012/04: заявл. 01.07.1997: опубл. 27.11.1999 / О. Ю. Субботина, И. В. Фришберг, М. О. Никулина [и др.].

2. Авторское свидетельство СССР SU №1737909 А1, заявл. 05.01.1990, опубл. 10.04.1998, «Антикоррозионная полистирольная композиция».

3. Авторское свидетельство СССР SU №1737909 А1, заявл. 05.01.1990, опубл. 10.04.1998, «Антикоррозионная полистирольная композиция».

4. Румянцев, А. Н. Полимерные композиционные материалы и их применение на практике / А. Н. Румянцев, В. Н. Филиппов // Вестник Псковского государственного университета. Серия: Естественные и физико-математические науки. 2019. № 14. С. 116-121

5. Наумова Л. Н. Разработка компонентного состава порошковой краски с антистатическими свойствами на основе полиэфирной смолы / Л. Н. Наумова, В. Ю. Ватаман, Н.А. Сущенко, С. Н. Гетманов // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 2: Биология. Геология. Химия. Экология. 2023 №2(26) С. 54-70

6. Наумова Л. Н. Композиционный материал на основе бутадиен-нитрильного каучука и древесных волокон / Л. Н. Наумова, С. Ю. Валяев // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 2: Биология. Геология. Химия. Экология. 2021 №4(20) С.35-53

7. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология: учеб. пособие / Кербер М. Л., Виноградов В. М., Головкин Г. С.; под ред. А.А Берлина. СПб.: Профессия, 2012. 560 с.

8. Ивановский, С. К. Использование дисперсных наполнителей для создания композиционных материалов на основе полимерной матрицы / С. К. Ивановский, М. А. Мельниченко. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). С. 91-93. URL: <https://moluch.ru/archive/95/21367/> (дата обращения: 14.04.2023).

9. Технология полимерных материалов: учеб. пособие / А.Ф. Николаев, В.К. Крыжановский, В.В. Бурлов и др.; под ред. В.К. Крыжановского. – СПб: Профессия, 2008 – 544 с.

10. Ершова О.В., Муллина Э.Р., Чупрова Л.В., Мишурина О.А., Бодьян Л.А. Изучение влияния состава неорганического наполнителя на физико-химические свойства полимерного композиционного материала // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 12–3. С. 487–491.

УДК 666.32

Локтионова Е.В., Бедина В.И., Фролова О.А.

Научный руководитель: Сыса О.К., канд. тех. наук, доц.

***Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия,***

ДВУХКОМПОНЕНТНЫЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ МАССЫ С ДОБАВКОЙ СТЕКЛОБОЯ

В настоящее время промышленность строительных материалов и, в частности, керамическое производство, стоит перед рядом проблем, связанных с качеством сырьевых материалов. Возрастающие темпы развития этого сектора промышленности привели к истощению природного сырья, а в ряде случаев несовершенство структуры и нестабильность свойств глинистого сырья существенно усложняют производство и негативно сказываются на качестве готовых изделий [1].

Кардинальным решением может стать создание искусственных керамических вяжущих (ИКВ) взамен природных, каковыми являются глины [2].

Искусственные связующие на основе активированных материалов позволят устранить негативное влияние колебаний свойств исходного сырья, направленно регулировать реакционную способность дисперсной фазы, свойства литейных дисперсных систем, снизить количество применяемых компонентов и требования к ним [3].

На первом этапе данных исследований были разработаны несколько составов двухкомпонентных масс на основе латненской глины ЛТ-2 и стеклобоя с целью определения оптимального, из которого на втором этапе разработана суспензия по технологии ВКВС. По результатам определения физико-механических свойств образцов двухкомпонентного состава оптимальным признан состав, содержащий 90% глины ЛТ-2 и 10% стеклобоя.

На основе данного состава по методу ВКВС произвели приготовление искусственного керамического вяжущего. Для этого

молотые глину ЛТ-2 и стеклобой смешали в пропорции 90:10 и довели до формовочной влажности – 20%, после чего произвели формование брикетов. Сухие брикеты подверглись термической активации при температуре 1000°C. Для повышения активности системы проводили резкое охлаждение термоактивированных брикетов.

Преимущества термоактивирования заключаются в том, что после данного процесса и последующего помола массы по технологии ВКВС резко снижаются требования к фазовому составу (глинистые минералы отсутствуют, растворимые примеси прореагировали и не влияют на разжижаемость литейных шликеров) и первичной подготовке исходных сырьевых материалов, что значительно облегчает технологическую схему производства на стадии подготовки и переработки сырья.

Изменения фазового состава исходной массы при термоактивации были определены с применением рентгено-фазового анализа.

На дифрактограмме исходной смеси установлены пики кварца (3,357; 4,281; 2,290 Å), каолинита (7,225; 3,590; 4,473 Å), монтмориллонита (15,237; 2,501; 4,861 Å). После термоактивации и последующего помола шамота происходит разложение каолинита и образование первичного муллита с несовершенной структурой (5,356 Å), также наблюдаются полиморфные превращения кварца в кристобаллит (4,068; 2,903; 2,505 Å) и образование полевых шпатов, о чем свидетельствует значительное (~ 2,5%) содержание щелочных (K₂O, Na₂O) и щелочноземельных (СаО) оксидов по данным химического анализа и хорошо выраженные отражения на дифрактограммах со значениями межплоскостных расстояний (3,534; 2,998; 2,714 Å).

Полученный термоактивированный шамот подвергали помолу по технологии ИКВ в шаровой мельнице с использованием электролитов - жидкое стекло. Качество помола контролировалось на сите № 0063 (остаток на котором не превышал 1%).

Наличие наночастиц в ИКВ подтверждается результатами гранулометрического анализа (рис. 1).

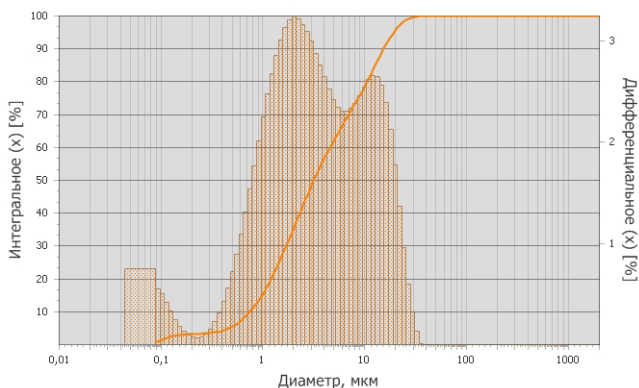


Рис. 1 Гранулометрический состав ИКВ

По данным гранулометрического анализа, 90% частиц суспензии размером менее 15 мкм. Максимальный размер частиц составляет 40 мкм. Содержание коллоидной фракции (частицы менее 0,1 мкм), обеспечивающей вязущие свойства суспензии, составляет 2,07%.

Для оценки способности к спеканию из полученной суспензии методом шликерного литья в гипсовые формы изготовили образцы 3×3×3 см. Сухие образцы обжигали при температурах 1000°C -1200°C с шагом 50°C.

Качество обожженных образцов оценивалось по внешнему виду, показаниям водопоглощения, пористости, плотности, прочности, общей усадке (табл.).

Образцы сохраняют четкие геометрические размеры. Цвет образцов варьируется от кремового до белого.

С ростом температуры обжига происходит уплотнение всех образцов, снижается водопоглощение, наблюдается значительный рост прочности. Показатель водопоглощения снижается с 13% до 4%, прочность образцов увеличивается с 53 до 85 МПа, пористость при повышении температуры изменяет свои значения с 26% до 9%, усадка изделий увеличивается с 1,6% до 6,3%. Параметры прочности, пористости и водопоглощения соответствуют показателям физико-механических свойств фаянсовых изделий. Значения усадки близки к параметрам фарфоровой продукции.

На основании полученных данных установлено, что для производства фарфоро-фаянсовых изделий целесообразно использовать искусственное керамическое вяжущее на основе глины Латненского месторождения сорта 2 и стеклобоя. Лучшими характеристиками обладают образцы, полученные при температуре обжига 1200°C:

прочность – 85 МПа, водопоглощение – 3,9 %, общая усадка – 6,16%, пористость – 8,7%.

Таблица - Физико-механические свойства фаянсовых изделий

Технология изготовления образцов	Температура обжига, °С	Физико-механические свойства			
		Водопоглощение, %	Полная усадка, %	Кажущаяся пористость, %	Прочность при сжатии, МПа
Пластичное формование	1000	15,3	11	27,5	43
	1050	14,2	10,8	25,6	47
ИКВ	1000	13,4	1,6	26	53
	1050	11,4	3,6	23,1	54

Исходя из данных таблицы следует, что значения водопоглощения образцов, полученных на основе ИКВ двухкомпонентного состава на 0,8-4% ниже, чем при пластичном формовании; полная усадка – на 7,5-10,2%; кажущаяся пористость – на 0,2-4,4%. Значения прочности на сжатие образцов, полученных литьем из ИКВ, превышает на 7-11 МПа. Образцы полученные на основе ИКВ при 1050°С имеют минимальные показатели по усадке, водопоглощению и пористости, а по прочности – максимальное значение. Такие физико-механические параметры образцов свидетельствуют о преимуществе технологии ВКВС по сравнению с традиционными методами.

Технология ИКВ позволяет получать изделия с более низким водопоглощением и высокой прочностью. Общая усадка готовой керамики на основе ИКВ по сравнению с пластической технологией подготовки снижается в 3 раза (с 10,8 до 3,6 %). Это позволит сократить брак и повысить качество готовых керамических изделий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сыса О.К., Морева И.Ю., Трепалина Ю.Н., Чепурных А.А., Локтионов В.А., Локтионова Е.В. Глинистое сырье для производства светлоокрашенного керамического кирпича в аспекте высолообразования солей ванадия // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2019. – №12. – С.130-139
2. Зайцев С. В., Дороганов Е.А., Дороганов В.А., Евтушенко Е. И., Сыса О.К. Искусственные керамические вяжущие на основе кремния и карбида кремния для карбидкремниевых огнеупоров на нитридной связке // Новые огнеупоры. – 2019. – №9. – С. 25-30

3. Дудина С.Н., Воловичева Н.А., Королькова С.В. Особенности вещественного состава и структурно- морфологических характеристик активированного гидроалюмосиликата Полянского месторождения *Chemical bulletin.* - 2022. – Т. 5. - №3. - С. 5-15

УДК 66.092

Писанная В.В.

***Научный руководитель: Наумова Л.Н. канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПИРОЛИЗНОЙ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ

Пиролиз древесины – это процесс преобразования древесного сырья или биомассы в уголь и другие полезные продукты путем нагревания без доступа кислорода. Этот метод используется для использования древесного отхода и получения ценных ресурсов. Пиролиз является эффективным способом утилизации древесного сырья и снижения количества отходов, которые могут стать источником загрязнения окружающей среды.

Пиролиз – это один из первых химических процессов, применяемых человеком. С середины 12 века он был популярен – таким способом получали древесную смолу для кораблестроения, а раньше данный процесс называли смолокурением. Почти за 10 столетий кардинальных изменений в пиролитическом терморазложении не произошло – только лишь была модернизирована технология с учётом технических возможностей современного мира.

Пиролиз древесины находит широкое применение в различных отраслях:

1. Энергетика – полученные газы могут быть использованы в качестве топлива для производства электроэнергии;
2. Нефтяная и газовая промышленность – жидкости, полученные в результате пиролиза, могут быть использованы для производства нефтепродуктов;
3. Metallургия – древесные угольные гранулы могут служить альтернативным источником тепла для металлургических процессов;
4. Химическая промышленность – продукты пиролиза могут использоваться в качестве сырья для производства химических веществ;

5. Сельское хозяйство – твердые остатки после пиролиза могут быть использованы в качестве удобрения или компоста.

Таким образом, пиролиз древесины представляет собой перспективный метод утилизации древесных отходов, который позволяет получить ценные ресурсы и снизить воздействие на окружающую среду. Этот процесс имеет ряд преимуществ, которые делают его привлекательным для использования в различных отраслях экономики.

Какие этапы включает процесс горения древесины?

1. Разогрев. При помощи источника тепла дрова начинают прогреваться. При достижении температуры 150° из древесины начинает испаряться влага. Постепенное обугливание приводит к тлению. В это время температура доходит до 300° . Появившийся дым есть смесь испаряющейся влаги с компонентами термического разложения.

2. Появление пламени. По сути, возгорание означает вспышку дымовых газов. Одновременно с появлением яркого пламени происходит скачок температуры. Как только загорелись газы, воспламеняется само дерево. Поленья разгораются снаружи и изнутри. На быстроту разгорания и способность достичь предельной температуры влияет форма поленьев, влажность дров, беспрепятственный доступ свежего воздуха.

3. Горение. Фаза делится на две части — активное горение и тление. Первая фаза продолжается, пока происходит выделение пиролизных газов. Тление означает остаточное выделение газов, постепенное сгорание угля.

4. Затухание. При отсутствии кислорода, прекращении подачи воздуха, снижении температуры, отсутствии нового топлива происходит затухание.

Чем более сырые дрова, тем дольше из них выделяется влага, труднее достигается нужная температура, дольше длится процесс. Сухое топливо горит намного быстрее, дает максимальную теплоотдачу.

Выход продуктов пиролиза зависит от породы древесины, влажности сырья, условий проведения процесса. Усредненные данные по количеству образующихся продуктов приведены в таблице.

Таблица - Выход продуктов пиролиза древесины (% от массы абсолютно сухой древесины)

Порода древесины	Уголь	Смолистые вещества	Легколетучие соединения	Газы	Вода
Ель	37,9	15,3	6,3	18,2	22,3
Сосна	38	16,7	6,2	17,7	21,4
Береза	33,6	14,3	12,3	17	22,8
Осина	33	16	7,3	20,4	23,3

Газообразные, жидкие и твердые продукты пиролиза древесины состоят, как и исходная древесина, из трех основных элементов – углерода, водорода и кислорода, в них содержится также незначительное количество азотсодержащих веществ. Состав газов, образующихся при пиролизе древесины, мало зависит от породы дерева.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дровница. Официальный сайт. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: (drovnica-spb.ru)
2. Лесоруб. Официальный сайт. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: (bloglesorub.ru)
3. Технологическая схема и основы теории пиролиза древесины. Официальный сайт. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: (xn--e1aardxe.xn--p1ai)
4. Пиролиз древесины: описание процесса, сырье, состав газа. Официальный сайт. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: (pilimbrus.ru)
5. Ovsyannikov S.I., Dyachenko V.Y. Wooden nano-composite materials and prospects of their application in wooden housing construction // Wooden Nano-Composite Materials and Prospects of their Application in Wooden Housing Construction: Materials Science Forum, 2018. № 939 С. 583-588. doi:10.4028/www.scientific.net/MSF.931.583
6. Овсянников С.И., Лесовик В.С., Федоренко А.В. Огнебиозащитные средства для деревянных строений и конструкций // Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды: Сб. докладов международной научно-технической конференции. Белгород, 2015. Ч. II. С. 222-228.

*Смагина А.Р., Дудина Е.И., Колесова А.С.
Научный руководитель: Перетоккина Н.А., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ДИАТОМИТОВЫЙ ПЕНОЛЕГКОВЕС С ВВЕДЕНИЕМ ВЫГОРАЮЩИХ ДОБАВОК

Керамические теплоизоляционные изделия – это вид теплоизоляционных материалов, которые применяют главным образом для устройства тепловой изоляции различного рода промышленных печей и теплопроводов. Температура применения керамических теплоизоляционных изделий зависит от применяемого для их изготовления сырья и находится в пределах 800 – 1600 °С.

Высокопористое строение теплоизоляционных материалов может быть получено различными способами: введением и выжиганием выгорающих добавок, введением высокопористых наполнителей, способами газового вспучивания (газообразованием) и пенообразованием [1-2].

Перечисленные выше способы получения высокопористой структуры керамических материалов имеют неодинаковую значимость. Некоторые из них применяют широко, а другие ограничено в силу различных причин или вовсе не используют. Введение в формовочную массу высокопористых компонентов (вспученных перлита и вермикулита) либо существенно удорожает материал, либо снижает его температуру применения [3].

Пенолегковес – это материал, состоящий из пористого основного материала (в данном случае диатомита) и связующего вещества. Введение выгорающих добавок позволяет создать материал с улучшенными характеристиками, такими как огнестойкость и низкая теплопроводность [4-5].

Выгорающие добавки при нагревании превращаются в газообразные вещества, что приводит к образованию пор в материале. Эти поры значительно улучшают теплоизоляционные свойства диатомитового пенолегковеса.

В качестве выгорающих добавок при проведении эксперимента использовали древесные опилки размером менее 1мм и фракция 0,14 – 1 мм угольного коксика [6-8].

Для изготовления образцов материала была приготовлена пеномасса из диатомитовой суспензии с влажностью 54% с

добавлением 0,3% ТПФ и пены, полученной из рабочего раствора пенообразователя «Унипор» концентрацией 1%. Рабочий раствор взбивали в вертикальной мешалке. Скорость вращения вала мешалки – 900 об/мин. Приготовленную пену смешивали с суспензией (перед добавлением пены при непрерывном перемешивании в суспензию вводились выгорающие добавки) в соотношении 1:1 (по объему) при помощи той же мешалки при скорости вращения вала равной 100 об/мин.

Составы массы пеноматериала указаны в табл. 1.

Таблица 1 - Составы масс

№	Диатомит, %	Угольный коксик	Опилки
1	95	-	5
2	95	5	-
3	92	8	-

Плотность пены ($\rho_{п}$) определяется как отношение массы затраченного на приготовление пены рабочего раствора пенообразователя ($m_{по}$) к объему полученной пены ($V_{п}$)

$$\rho_{п} = m_{по} / V_{п}, \quad (1)$$

где $\rho_{п}$ – плотность пены; $m_{по}$ – масса, затраченная на приготовление пены рабочего раствора пенообразователя; $V_{п}$ – объем полученной пены.

Объемная доля жидкой фазы в пеномассе (C_w):

$$C_w = V_{тв} / V_{п}, \quad (2)$$

где C_w – доля жидкой фазы; $V_{тв}$ – объем твердой массы,

Объемная доля твердой фазы в пеномассе (C_v):

$$C_v = V_w / V_{п}, \quad (3)$$

где V_w – объем жидкой фазы.

Объемная доля дисперсионной среды в пеномассе ($C_{дс}$):

$$C_{дс} = C_w + C_v, \quad (4)$$

Объемная доля газовой среды в пеномассе (C_d):

$$C_d = 1 - C_{дс}, \quad (5)$$

Коэффициент оводнения ($K_{ок}$)

$$K_{об} = C_w / C_v, \quad (6)$$

Основные свойства приготовленных пеномасс приведены в табл.

Таблица 2 – Параметры пеномасс

№	Рп., Г/см	Ртв, Г/см	Wш, %	Рп.м., Г/см	Рш, Г/см	C _w	C _v	C _{дс}	C _д	K _{ов}
1	0,096	1,6	55,5	0,82	1,28	0,23	0,45	0,68	0,31	0,51
2	0,096	1,6	54,7	0,88	1,32	0,24	0,48	0,73	0,26	0,51
3	0,095	1,6	54,7	0,85	1,32	0,23	0,46	0,70	0,29	0,51

Пеномассу заливали в стальные формы размером 70 / 70 / 70 мм. В качестве смазки применялись солидол и масло машинное. Смазка форм осуществлялась непосредственно перед заливкой пеномассы. Образцы сушились при $t=21-23$ °С в течение 6 суток, а затем в сушильном шкафу при $t=100-110$ °С – 1 сутки. Остаточная влажность после сушки составляла 5-7 %. Обжиг проводился в муфельной печи. Образцы пенолегковеса исследовались на прочность, плотность, водопоглощение, пористость (Рис.1). Результаты измерений приведены в табл. (2, 3).

Таблица 3 – Физико-механические свойства образцов

№	T _{обж}	Общая усадка, %	Плотность, г/см ³	Прочность при сжатии, МПа	Водопоглоще ние, %	Пористость, %
1	850	11,34	0,46	1,5	136	68
	800	11,62	0,41	1,4	158	73
2	800	12,34	0,47	1,7	145	76
	850	10,87	0,47	1,8	135	75
3	800	10,38	0,43	1,3	156	79
	850	10,17	0,44	1,4	130	77

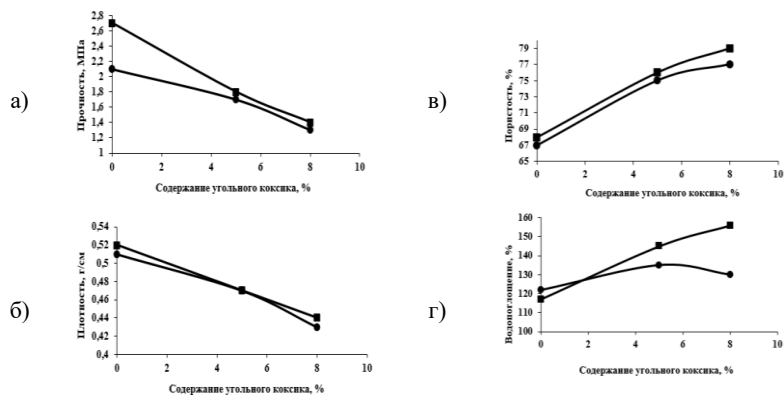


Рис. 1. Графики зависимости прочности (а), плотности (б), пористости (в), водопоглощения (г) образцов пенодиатомита от содержания в массе угольного коксика: ● - 800 °С, ■ - 850 °С

Выгорающие добавки вводились с целью уменьшения объемного веса материала и понижения температуры обжига. Введение 5% опилок несколько снижает (с 7,5–10,5 % до 7,0–10,1%) воздушную усадку полуфабриката, уменьшается и объемный вес материала – 0,43 г/см³. Вместе с этим наблюдается и снижение прочности образцов до 1,5 МПа, однако даже этот показатель в 1,5 раз превышает заводской для кирпича аналогичной плотности. Грани образцов нуждались в шлифовке.

Угольный коксик вводился в виде фракции 0,14–1 мм количестве 5% и 8% (по твердому веществу). Увеличить пористость удалось незначительно ($\rho=0,47-0,45$ г/см³), а прочность при введении 5% составила 1,7 МПа, при введении 8% - 1,3 МПа. Грани образцов нуждались в шлифовке.

Таким образом, в работе была показана возможность получения пенодиатомитового легковеса на основе диатомитовой суспензии с использованием выгорающей добавки – угольного коксика с улучшенными физико-механическими показателями.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карандашов Д.Л., Куприяшкина Л.И., Мещеряков А.Е., Муханов М.А., Нурлыбаев Р.Е. Атемарский диатомит как сырье для получения микрокремнезема [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://journal.mrsu.ru>

2. Кашеев И. Д. Эффективная теплоизоляция тепловых агрегатов / И. Д. Кашеев // Огнеупоры и техническая керамика. - 2006. - №11. - С. 32.
3. Абдрахимов В. З. Теоретические и технологические аспекты использования техногенного сырья в производстве теплоизоляционных материалов / В. З. Абдрахимов. - Самара: Самарская академия государственного и муниципального управления, 2010. – 72 с.
4. Дороганов В. А., Дороганов Е. А., Евтушенко Е. И., Перетокина Н. А., Бедина В. И., Данилова О. Ю., Гоголевская О. В. Огнеупорные материалы на основе искусственной керамической вяжущей суспензии карбидокремниевого состава / В.А. Дороганов [и др.] // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. - 2013. - №4. - С. 156-160.
5. Перетокина Н. А., Дороганов В. А. Разработка и исследования составов масс и технологии приготвления шамотных теплоизоляционных огнеупоров / Н. А. Перетокина, В. А. Дороганов // Новые огнеупоры. - 2011. - №2. - С. 27 – 29.
6. Зарубина Л. П. Теплоизоляция зданий и сооружений. Материалы, технологии. /Л. П. Зарубина.- М.: ИДПО "Атомпроф", 2020. - 240 с.
7. Евтушенко Е. И., Перетокина Н. А., Дороганов В. А., Сулейманова Л. А., Сыса О. К. Теплоизоляционные материалы на основе искусственных керамических вяжущих различного состава/ Е. И. Евтушенко [и др.] // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. - 2013.- №6.- С. 149-151
8. Кашеев И. Д. Химическая технология огнеупоров: учеб. пособие / И. Д. Кашеев -М.:ИнтерметИнжиниринг, 2007. – 752 с.

УДК 678 661.669

Цветкова К.С.

Научный руководитель: Ковалева А.Н., канд. хим. наук, доц.

РТУ МИРЭА, Институт тонких химических технологий

им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ШУНГИТА С РАЗНЫМ ФРАКЦИОННЫМ СОСТАВОМ

В последние годы природный наполнитель шунгит привлекает к себе большое внимание. Этот интерес обусловлен необычными свойствами шунгита – сорбционные, бактерицидные, каталитические, восстановительные свойства, а также способностью шунгита экранировать электромагнитные и радиоизлучения [1]. Шунгит

является основой для создания разнообразных материалов с наномолекулярной структурой, обладающий высокой эффективностью и уникальными характеристиками. Его матрица состоит из углерода, внутри которого равномерно распределены высокодисперсные силикатные частицы (диоксид кремния (~70%) и углерод (~30%).

Для проведения исследования ООО «Надвоицким заводом ТДМ» были предоставлены 5 партий шунгита с различным составом и средним размером частиц.

Таблица 1 – Значения среднего размера частиц шунгита для каждой партии

№ пп	dcp, мкм
1	5
2	10
3	20
4	70
5	200

Для анализа размеров частиц шунгита был использован лазерный дифракционный анализатор размера частиц Beckman Coulter LS 13 320 (США), который позволяет получить дифференциальные кривые распределения частиц. В результате проведенных исследований было выяснено, что среди пяти тщательно изученных марок шунгита только марки с размером частиц – 5 и 20 мкм соответствуют заявленному фракционному составу.

Для проектирования составов дисперсно-наполненных полимерных композиционных материалов (ДНПКМ) с заданным типом дисперсной структуры и свойствами требовалось провести экспериментального определения максимально допустимого содержания дисперсного наполнителя в объеме, называемого параметром φ_m . Данный параметр учитывает форму, размер, упаковку, состояние поверхности и распределение частиц по размерам реальных наполнителей с помощью методики по определению маслоемкости дисперсных наполнителей (образование шара и ГОСТ 21119.8 – 75 (ISO 787/5–80) [2-3].

Поскольку в состав шунгита входит углерод, то для определения φ_m применяли ГОСТ 25699.5-90 (с формированием шара), а в качестве рабочей жидкости использовали дибутилфталат (ДБФ) (с плотностью 1,047 г/см³), выступающий в роли смачивающего агента для углеродной составляющей.

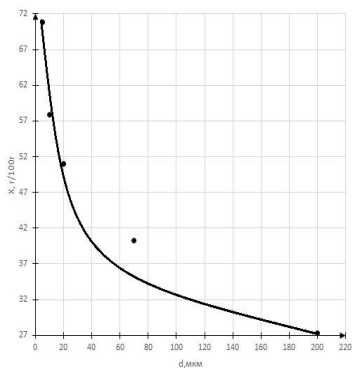


Рис. 1 Зависимость маслоемкости шунгита от диаметра частиц

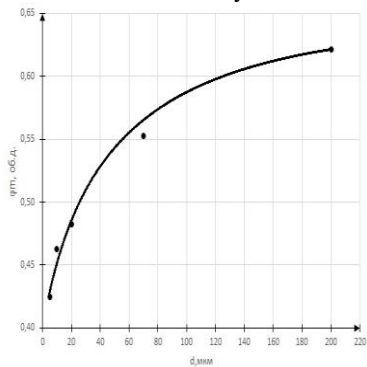


Рис. 2 Зависимость параметра ϕ_m шунгита от диаметра частиц

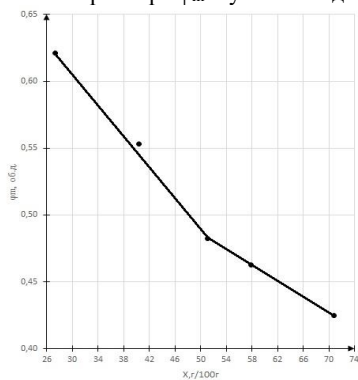


Рис. 3 Зависимость параметра ϕ_m частиц шунгита разных фракций от значения маслоемкости

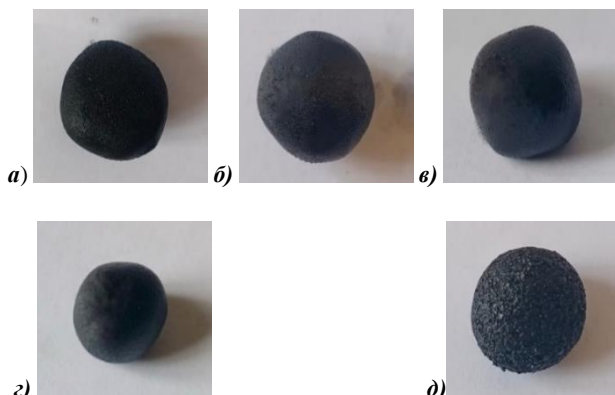


Рис. 4 Внешний вид «шариков», полученных из разных фракций шунгита при определении обобщенного параметра φ_m по «маслоемкости»: а – 5 мкм; б – 10 мкм; в – 20 мкм; г – 70 мкм; д – 200 мкм

Также максимальное содержание наполнителя (обобщенный параметр φ_m) определяли другими способами: по данным насыпной плотности ($\rho_{нас}$) пикнометрическим методом (ГОСТ 11035.1-93) и истинной плотности ($\rho_{ист}$) (ГОСТ 15139-69).

Таблица 2 – Значения максимального содержания наполнителя (φ_m), полученные различными методами

Наполнитель	Размер частиц, мкм	$\rho_{нас}$, г/см ³	$\rho_{ист}$ (H ₂ O), г/см ³	X, г/100г	Значение параметра φ_m (об.д.), определенное по различным методикам	
					$\rho_{нас}$ (H ₂ O)	маслоемкость
Шунгит	5	0,33	2,00	70,8	0,17	0,43
	10	0,35	2,10	57,9	0,17	0,46
	20	0,62	2,38	51,0	0,26	0,47
	70	0,75	2,21	40,3	0,34	0,54
	200	1,34	2,34	27,3	0,57	0,62

Теоретическую плотность ($\rho_{ш}$) частиц шунгита от состава рассчитывали по правилу аддитивности:

$$\rho_{ш} = \varphi_{SiO_2} * \rho_{SiO_2} + \varphi_c * \rho_c = \varphi_c * \rho_c + (1 - \varphi_c) * \rho_{SiO_2},$$

где ρ_{SiO_2} , ρ_c – плотность диоксида кремния и плотность углерода, соответственно, г/см³; φ_{SiO_2} и φ_c – содержание диоксида кремния и углерода, соответственно, об.д.

Результаты расчетов содержания углерода и диоксида кремния в шунгите различных фракций приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Химический состав шунгита с разным фракционным составом

№ пп	Размер частиц, мкм	Содержание углерода, об. %	Содержание диоксида кремния, об. %	Содержание углерода, масс. %	Содержание диоксида кремния, масс. %
1	5	67	33	60	40
2	10	57	43	50	50
3	20	4	96	3	97
4	70	39	61	32	68
5	200	13	87	10	90

Таким образом, анализ результатов эксперимента, направленный на изучение значений истинной плотности шунгита различного фракционного состава (5, 10, 20, 70 и 200 мкм), а также расчет приблизительного соотношения углерода и диоксида кремния в порошках шунгита, позволяет сделать предположение о непостоянстве состава и соотношения основных компонентов (C и SiO₂) от партии к партии, что может повлиять на свойства получаемых материалов и изделий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Игнатов И., Мосин О.В. Состав и структурные свойства природного фуллеренсодержащего минерала шунгита. Математическая модель взаимодействия шунгита с молекулами воды // Вестник евразийской науки. 2014. №2 (21).
2. Симонов-Емельянов И.Д., Харламова К.И., Дергунова Е.Р. Маслосъемность дисперсных порошков и определение максимального содержания наполнителей в полимерных композиционных материалах. – Клеи. Герметики. Технологии. 2022, №3, С.18–24.
3. Нгуен Ч.Н, Пыхтин А.А., Симонов-Емельянов И.Д. Деформирующиеся дисперсные частицы, расчет составов и технология получения высоконаполненных полимерных композиционных материалов. // Пластические массы. 2022. №5-6. С.39-44.

Шумаков А.А., Никитина М.А.

*Научный руководитель: Борисов И.Н., д-р техн. наук, проф.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ВЛИЯНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ВЯЖУЩЕГО НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ

В современных условиях для Российской Федерации появляется необходимость в увеличении производственных мощностей цементных заводов, чтобы количество выпускаемой продукции хватало для собственных нужд и экспорта. Но увеличение производительности не должно оказывать влияние на качество получаемого цемента. Из гидравлических вяжущих материалов: возводят стены, строят дома, дамбы, мосты, тампонируют скважины и т.д. Поэтому необходимо строго уделять внимание строительно-техническим свойствам вяжущего, а особенно гидравлической прочности.

Под термином «гидравлическая прочность» понимается способность материала, будучи затворённого водой, после схватывания и твердения в воздушных условиях, продолжать твердеть, сохранять и наращивать свои прочностные характеристики [1].

В процессе гидратации цемента, то есть при смешивании тонкодисперсного порошка вяжущего с водой, происходит сложная химическая реакция. Этот процесс влияет на эксплуатационные свойства, качество бетона, а в дальнейшем и изделия. Процесс гидратации цемента зависит от его минералогического состава. Именно присутствие в фазовом составе различных клинкерных минералов и количественное соотношение между фазами, и определяет механизм протекания процесса твердения, то есть образование продуктов гидратации, которые и будут оказывать влияние на прочностные характеристики цементного камня.

Например, серый портландцемент состоит из 4х клинкерных минералов – C_3S (алита), C_2S (белита), C_3A (трехкальциевого алюмината), C_4AF (четырёхкальциевого алюмоферрита) и гипса ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) [2,3], а продуктами гидратации являются гидросиликаты кальция, $Ca(OH)_2$, этtringит, моносulfатная фаза и прочие. Глиноземистый цемент состоит из алюминатов кальция (CA , CA_2 , C_3A , $C_{12}A_7$), геленита (C_2AS) и др. второстепенных минералов [4], продукты

гидратации в основном гидроалюминаты кальция, может быть наличие $Al(OH)_3$ и др. фаз.

Кальцево-алюмоферритный цемент из алюмоферритов и алюминатов кальция, ферритов и силикатов кальция и др. В данном цементе будет наблюдаться смешенная цементная матрица, состоящая из гидроалюминатов, гидроалюмоферритов, гидросиликатов и т.д. [5].

Таким образом, процесс гидратации гидравлического вяжущего является сложным и многогранным, и его точное понимание и контроль позволяют достичь высокого качества строительных материалов. Оптимизация этого процесса является ключевым фактором в разработке новых технологий и рецептов бетонных смесей для различных строительных задач.

Целью данной статьи является изучить влияния фазового состава портландцемента и глиноземистого цемента на прочностные показатели цементного камня.

В данной работе были использованы следующие материалы: общестроительный портландцемент класса ЦЕМ I 42,5Н (Донецкая народная республика), глиноземистые цементы ГЦ - 35 40 (Пермский край) и ИСИДАЧ 40 (Турция).

Качественную оценку фазового состава используемых цемента, осуществляли при помощи рентгенофазового анализа (РФА). Съемка проводилась на рентгеновском дифрактометре ARL X'TRA Thermo Fisher Scientific в диапазоне двойных углов $4 - 56^\circ$.

Рентгенограммы цемента представлены на рис. 1 - 3.

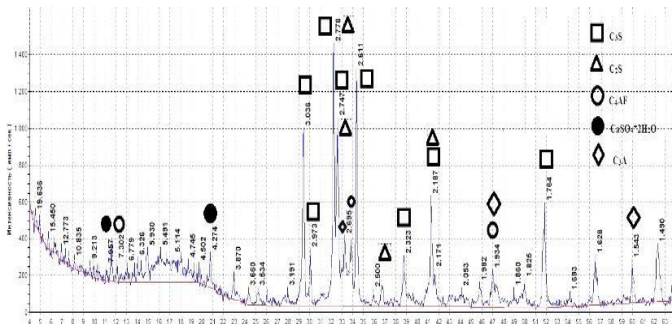


Рис. 1 Рентгенограмма портландцемента ЦЕМ I 42,5Н

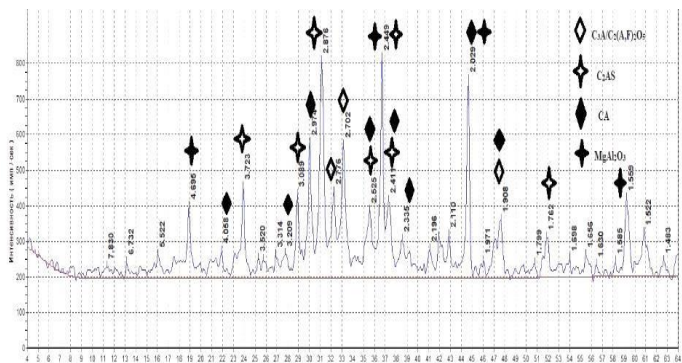


Рис. 2 Рентгенограмма глиноземистого цемента ГЦ-35 40

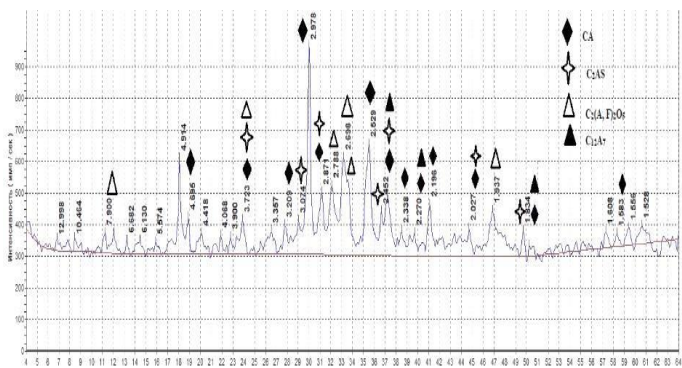


Рис. 3 Рентгенограмма глиноземистого цемента ИСИДАЧ 40

Из полученных результатов видно, что минералогический состав цементов представлен: в общестроительном портландцементе - алитом (C_3S), белитом (C_2S), трёхкальциевый алюминатом (C_3A), четырёхкальциевым алюмоферритом (C_4AF), а также гипсом ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$); в глинозёмистом цементе ГЦ-35 40 (Пермский край) - моноалюминатом кальция (CA), геленитом (C_2AS), присутствуют дифракционные максимумы, соответствующие C_3A и $C_2(A,F)_2O_5$, и наличием фазы магнезиальной шпинели ($MgAl_2O_3$).

В глинозёмистом цементе ИСИДАЧ 40 (Турция) идентифицированы, следующие фазы - моноалюминат кальция (CA), геленит (C_2AS), алюмоферрит кальция ($C_2(A,F)_2O_5$) и майенит ($C_{12}A_7$).

Физико-механические испытания гидравлической прочности цементного камня проводились в малых образцах-кубиках с размером

1,41x1,41x1,41 см, согласно методике [6], на испытательном прессе ПСУ – 10.

Для соблюдения одинаковых условий твердения были выбраны 1 и 3 сутки. Водоцементное соотношение подбиралось для каждого цемента индивидуально: ЦЕМ I 42,5Н = 0,25; ГЦ-35 40 = 0,23; ИСИДАЧ 40 = 0,28.

Результаты прочностных характеристик цемента представлены в табл. 1 и на рис. 4.

Таблица 1- Прочностные характеристики цемента

Наименование	Предел прочности на сжатие (МПа), образцов в возрасте (сут.)	
	1	3
ЦЕМ I 42,5 Н	29	66
ГЦ-35 40	35	53
ИСИДАЧ 40	39	53

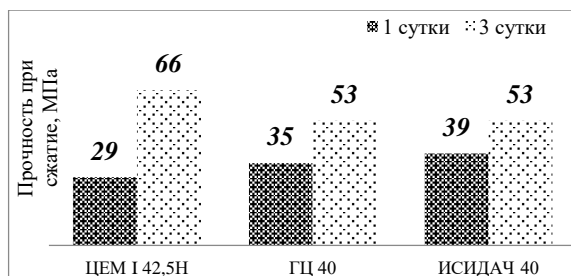


Рис. 4 Прочностные характеристики цемента

Из полученных результатов видно, что наибольшую прочность в 1 сутки твердения показал, глиноземистый цемент ИСИДАЧ 40 – 39 МПа, что на 10 % выше прочности глиноземистого цемента ГЦ-35 40, и на 26 % общестроительного портландцемента класса ЦЕМ I 42,5Н.

К возрасту 3 суток твердения прочность глиноземистых цемента составляет 53 МПа, а портландцемента ЦЕМ I 42,5Н - 66 МПа.

Разница в показателях прочности в 1 сутки связано с тем, что в фазовый состав глиноземистых цемента входят алюминаты кальция - СА, С₁₂А₇, С₃А, а скорость гидратации алюминатных фаз, согласно, литературным данным [7-9], настолько быстрая, что это и оказывает существенное влияние на показатели прочности в ранние сроки твердения. В последующие сроки процесс набора прочности

цементного камня замедляется, а примерно через 6 - 7 суток реакция гидратации заканчивается.

Процесс твердения обычного портландцемента наоборот характеризуется повышенными показателями прочности в поздние сроки. Поэтому, класс прочность для общестроительного портландцемента, согласно ГОСТ 31108 – 2020 определяют в возрасте 28 суток, а для глиноземистого цемента (ГОСТ 969 - 2019) в возрасте 3 суток.

Таким образом, фазовый состав гидравлического вяжущего оказывает влияние на прочностные показатели цементного камня, а состав клинкерных фаз и их соотношение в цементе на скорость и механизм протекания процесса твердения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Классен, В.К. Технология и оптимизация производства цемента: краткий курс лекций: учеб. пособие / В.К. Классен. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. – 308 с.

2. Кузьменков, М.И. Вяжущие вещества и технология производства изделий на их основе / М.И. Кузьменков, Т.С. Куницкая. – Минск: Изд-во БГТУ, 2003. – 212 с.

3. Ерыгина, А.О. Последовательность взаимодействия Na_2O с клинкерными минералами при их различных сочетаниях / А.О. Ерыгина, Д.А. Мишин, В.К. Классен // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2018. - №12. – С. 98-104.

4. Кузнецова, Т.В. Глинозёмистый цемент / Т.В. Кузнецова, Й. Талабер. – М.: Стройиздат, 1988. – 272 с.

5. Кузнецова, Т.В. Состав, свойства и применение сульфоалюминатного цемента / Т.В. Кузнецова // Вестник науки и образования Северо-Запада России. – 2018. – Т4. – С. 1-7.

6. Бутт, Ю.М. Практикум по химической технологии вяжущих материалов: учеб. пособие для химико-технологических специальностей ВУЗов / Ю.М. Бутт, В.В. Тимашев. – М.: Высшая школа, 1973. – 504 с.

7. Кравченко, И.В. Глиноземистый цемент. М.: Госстройиздат, 1960. 175 с.,

8. Торопов, Н.А. Химия цементов. – М.: Промстройиздат, 1956. – 270 с.

9. Румянцев, П.Ф. Гидратация алюминатов кальция/ П.Ф. Румянцев, В.С. Хотимченко, В.М. Никущенко. Л.: Наука, 1974. 79с.