

15. Володченко А.Н. Алюмосиликатное сырье для получения автоклавных отделочных материалов / А.Н. Володченко // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. - 2017. - № 2. - С. 172-177.

16. Володченко А.Н., Особенности технологии получения конструкционно-теплоизоляционных ячеистых бетонов на основе нетрадиционного сырья / Володченко А.Н., Строкова В.В. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. - 2017. - № 1. - С. 138-143.

17. Эммануэль Я., Стеновые материалы на основе латеритов Камеруна / Эммануэль Я., Франсуа Н., Володченко А.Н. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. - 2010. - № 2. - С. 43-46.

18. Ямб Э., Строительные материалы на основе латеритных пород Камеруна и цемента / Ямб Э., Чему Ж., Лесовик В.С., Володченко А.Н. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. - 2010. - № 1. - С. 27-33.

19. Володченко А.Н., Регулирование свойств ячеистых силикатных бетонов на основе песчано-глинистых пород / Володченко А.Н., Лесовик В.С., Алфимов С.И., Володченко А.А. // Известия вузов. Строительство. - 2007. - № 10. - С. 4-9.

20. Лесовик В.С., Долговечность безавтоклавных силикатных материалов на основе природного наноразмерного сырья / Лесовик В.С., Володченко А.А. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. - 2011. - № 2. - С. 6-11.

21. Володченко, А.Н. Силикатные материалы автоклавного твердения на основе алюмосиликатного сырья как фактор оптимизации системы «человек-материал-среда обитания» / А.Н. Володченко, В.С. Лесовик // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2014. – № 3. – С. 27–33.

22. Володченко, А.Н. Влияние парагенезиса кварц-глинистые минералы на свойства автоклавных силикатных материалов / А.Н. Володченко, В.М. Воронцов, Г.Г. Голиков // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2000. – № 10. – С. 57–60.

23. Терещенко А.П., Вскрышные породы КМА – сырье для автоклавных силикатных материалов / Терещенко А.П., Лесовик В.С., Воронцов В.М., Володченко А.Н. // Инф. ВНИИЭСМ: Промышленность строительных материалов. Сер. 2. М., - 1985. - Вып. 7. - С. 10–14.

УДК 666.29.056:621.9.04:533.9

Изова И.А., асп.,

Бондаренко М.А., асп.

(БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ОБЛИЦОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СТЕКЛЯННЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

В настоящее время в Российской Федерации остро стоит проблема утилизации и переработки стеклянных бытовых отходов. Разработана эффективная технология получения стеклянной облицовочной плитки на основе боя цветных тарных стекол и листового стекла. Разработанный

облицовочный материал обладает высокими эксплуатационными показателями и удовлетворяет требованиям нормативных документов.

Ключевые слова: стекольный бой тарных и листовых стекол, жидкое стекло, фарфор, спекание, прочность на сжатие, облицовочный материал.

В связи с вступлением в силу технического регламента Таможенного Союза с 2012 года на территории РФ запрещено вторичное использование различных видов тары, включая стеклотару [1].

В РФ не разработано централизованного сбора и переработки стеклянных бытовых отходов. Стеклобой является ценным сырьевым материалом и широко используется в развитых странах мира [2].

В настоящее время отечественными учеными проведен ряд исследований и разработаны различные технологии по изготовлению широкого спектра строительных материалов с использованием боя тарных, листовых, медицинских и других стекол [3].

Различные виды боя рекомендуется использовать для разработки стеклянной облицовочной плитки [4]. Введение в состав стеклобоя различных глин и колеманита позволяет получить безусадочный высокоэффективный материал [5].

Различные виды стекол можно использовать для получения блочного и гранулированного пеностекла [6]. Бой листовых и тарных стекол является ценным сырьем для получения стеклянных стеклошариков [7].

Для глазурирования различных видов строительных материалов с использованием плазменной струи применяют смеси боя цветных тарных и сортовых стекол с жидким стеклом и красящими солями металлов [8,9].

Эффективным направлением использования стеклянных бытовых отходов является плазменное нанесение защитно-декоративных покрытий на листовые и сортовые стекла [9,10]. Основным направлением утилизации стекольного боя является разработка новых строительных материалов.

В качестве объектов исследования использовался стекольный бой листового бесцветного стекла, тарных стекол зеленого, коричневого и изумрудного цвета, стеклобой полубелой тары. Химический состав стекол, входящих в облицовочный материал приведен в таблице 1. В работе был использован смешанный бой различной дисперсности: зерна различной фракции и тонкомолотый порошок.

Таблица 1 - Химический состав некоторых промышленных стекол

Группа стекла	Марка стекла	Содержание оксидов, мас. %, по ГОСТ 111-2001 и ГОСТ Р 52022-2003													
		SiO ₂		Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃			CaO+MgO		Na ₂ O		SO ₃	Fe ₂ O ₃		Cr ₂ O ₃	
		Ном.	Откл.	Ном	Откл.	Fe ₂ O ₃ не >	Ном.	Откл.	Ном.	Откл.	не >	Ном	Откл.	Ном	Откл.
Бесцветная	БТ-1	72,0	+1,5 -2,5	2,5	+1,0 -1,3	0,1	11,0	±1,5	14,0	±0,9	0,5	-	-	-	-
	БТ-2	72,5	±1,0	1,4	±0,6	0,1	12,5	±0,8	13,2	0,8	0,5	-	-	-	-
Полубелая	ПТ	71,6	±1,7	3,0	±1,3	0,5	11,0	±1,5	14,0	±0,9	0,4	-	-	-	-
Зеленая	ЗТ-1	71,0	+2,5 -3,0	3,5	+1,5 -2,0	0,8	11,0	±1,5	14,0	±1,0	0,3	-	-	0,2	+0,1 -0,15
	ЗТ-2	69,0	+2,5 -3,0	4,2	+1,5 -2,0	-	11,0	±1,5	14,0	±1,0	0,3	1,5	+0,5 -0,3	-	-
Коричневая	КТ	71,4	+2,5 -3,0	3,3	±1,5	0,5	11,0	±1,5	14,0	±1,0	0,3	-	-	-	-
Листовое	Л	72-73	-	1-1,8	-	0,1	8,6-9,3	2-3,6	13,4-13,6	-	0,3	-	-	-	-

Для определения гранулометрического состава стекольного боя, обеспечивающего плотную укладку в объеме и образование жесткой пространственной структуры, были выполнены нижеприведенные эксперименты.

Помол материалов осуществлялся в шаровой мельнице периодического действия с фарфоровым барабаном и фарфоровыми мелющими телами серии МШФ.

Дисперсность полученных материалов исследовалась комплексно: использовался ситовый анализ и оптический способ. Для ситового анализа использовались круглые лабораторные сита с проволочной тканой сеткой с квадратными ячейками.

Фракции стеклобоя М (мелкая) (0,8,1,25 мм, зеленый); С (средняя) (1,25÷3,15 мм, коричневый) и К (крупная) (3,15÷6,3 мм, бесцветный) были смешаны в разных пропорциях, помещены в формы и подвергнуты спеканию при 750°С в течение 0,5 ч. Термообработку смешанных материалов проводили в лабораторной силитовой печи, помещая их на плиту из легковесного шамота в изотермической зоне жаровой камеры объемом. Заданный режим обжига (максимальная температура, время выдержки, мощность нагрева) выполнялся автоматически. Точность поддержания температуры составляла ±5°.

Анализ внешнего вида образовавшихся спеков и свойств, характеризующих плотность укладки частиц стеклобоя и прочность образовавшихся каркасов, позволил сделать следующие выводы: использование крупной фракции стеклобоя для формирования тонких (не более 10 мм толщиной) декоративно-облицовочных композитов нецелесообразно; лучшими следует считать составы обеспечивающие лучшую удобоукладываемость с образованием наиболее плотных и прочных структур каркаса, таковыми являются фракции 0,8÷1,25-1,25÷3,15 в количестве 40 :60%; 0,8÷1,25-1,25÷3,15 в количестве 80 :20%. Внешний вид спеков мелкой, средней и крупной фракции представлен на рисунке 1.

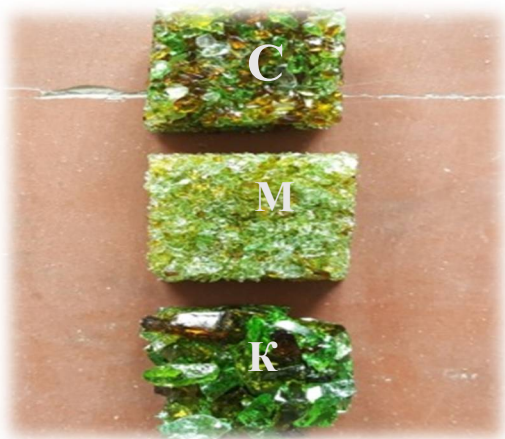


Рис.1 - Внешний вид спеков стеклогранулята

Предел прочности на сжатие определялся на гидравлическом прессе испытательном ПСУ-10.

В исследовании использовалось жидкое стекло, которое представляет собой водный щелочной раствор силиката натрия $\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n$.

Натриевое жидкое стекло имело плотностью 1,4-1,5 г/см³ с силикатным модулем 2,5-3. В данном исследовании жидкое стекло было использовано в высушенном виде с целью снижения температуры спекания стекольного боя.

Физикохимия процессов, протекающих при твердении силикатных композиций на основе жидкого стекла, основывается на частичном растворении зерен наполнителя в щелочном жидкостекольном

растворе с образованием мономерных и низкополимерных ионов, коагуляции жидкого стекла с выделением коллоидного кремнезема и конденсации низкополимерных форм с образованием трехмерного каркаса.

В качестве упрочняющего компонента был использован измельченный фарфоровый порошок, который образует в проектируемом стеклокристаллическом материале очень прочную связку. Фарфор характеризуется относительно высокой плотностью (2,4-2,5 г/см³), сравнительно высокой прочностью (прочность на сжатие 350-700 МПа, прочность на изгиб 60-140 МПа, предел прочности на растяжение 15-60 МПа), отсутствием открытых пор, газо- и водонепроницаемостью, термической стойкостью. Температурный коэффициент линейного расширения $(3,8-6,7) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$; удельная теплоемкость 0,2-0,3 Дж/(кг·К). Состоит из стекловидной (55-80%) и кристаллической фаз (муллит, кварц, кристобалит). С целью наилучшего смешивания компонентов и более выгодной удобоукладываемости, в результате взаимодействия частиц состава между собой была выбрана мелкая фракция фарфора с размером частиц 0,4 мм и стеклогранулят (фракции менее 0,4 мм.)

Процесс обжига при температуре 735 °С облицовочных материалов, получаемых методом спекания из масс, содержащих основное количество стеклобоя, можно разбить на несколько отдельных этапов:

- нагрев от комнатной температуры до температуры обжига с умеренной скоростью;
- выдержка при рабочей температуре спекания;
- относительно быстрое охлаждение от рабочей температуры до верхней температуры отжига, с целью закрепления достигнутых на этапе спекания результатов и ускорения процесса;
- медленное охлаждение полученного стеклокристаллического материала (550-450°C). Скорость охлаждения рассчитывается в зависимости от толщины изделий и гарантирует снятие внутренних остаточных напряжений до заданных значений;
- охлаждение изделий до комнатной температуры.

Проведенные исследования позволили разработать эффективную технологию получения облицовочных материалов на основе стеклянных бытовых отходов. Разработан оптимальный состав облицовочной стеклянной плитки, удовлетворяющий по своим физико-механическим свойствам требования стандарта и включающий в свой состав стеклогранулят – 75...80%; фарфор – 5...10%; жидкое стекло – 5...25%.

Библиографический список

1. Бессмертный В.С., Получение защитно-декоративных покрытий стеновых строительных материалах автоклавного твердения. / Бессмертный В.С., Ильина И.А., Соколова О.Н. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова - 2012. - №3. - С.155-157.
2. Bessmertnyi V.S., Production of glass microspheres using the plasma-spray in method. / Bessmertnyi V.S., Krokhin V.P., Lyashko A.A., Drizhd N.A., Shekhovtsova Zh.E. // Glassand Ceramics. - 2001. - Т. 58. № 7– 8. - С. 268 – 269.
3. Бессмертный В.С. Методология разработки состава и прогнозирования свойств композита на основе стекольного боя. / Бессмертный В.С, Жерновой Ф.Е., Дорохова Е.С., Изотова И.А. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. - 2015. - №3. - С.130-134.
4. Лазько Е.А., Современные тенденции сбора и переработки стекольного боя / Лазько Е.А., Минько Н.И., Бессмертный В.С., Лазько А.А. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. - 2011. - №2 - С.109-112.
5. Bessmertnyi V.S., Plasma rod decorating of hosehold glass. / Bessmertnyi V.S., Krokhin V.P., Panasenکو V.A., Drizhd N.A., Dyimina P.S., Kolchina O.M. // Glassand Ceramics. - 2001. - Т. 58. № 5– 6. - С. 214 – 215.
6. Бессмертный В.С., Инновационная технология глазурования изделий. / Бессмертный В.С., Лесовик В.С., Бондаренко Н.И., Антропова И.А., Ильина И.А. // Успехи современного естествознания. - 2013. - № 2. - С.107-108.
7. Пучка О.В., Плазмохимические методы получения покрытий на поверхности пеностекла. / Пучка О.В., Бессмертный В.С., Сергеев С.В., Вайсера С.С. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. - 2013. - №3. - С.147-150.
8. Пат. 2459699 Российская Федерация, МПК В28В 11/00 Способ изготовления декоративных бетонных изделий / В.С. Бессмертный, В.И. Стадничук, Н.И. Минько, В.А. Бессмертная, А.П. Ходыкин, Н.И. Бондаренко, О.И. Ткаченко; патентообладатель БГТУ им. Шухова. № 2010152161/03, заявл. 20.12.2010; опубл. 27.08.2012 Бюл. №24. 6 с.
9. Пат. 2466864 Российская Федерация, МПК В28В 11/04 Способ получения защитно-декоративного покрытия на изделиях из бетона / В.С. Бессмертный, Н.И. Бондаренко, А.А. Черникова, С.Ю. Вдовина, А.В. Симачев, Л.Д. Шалахова; заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова. № 2011112717/03, заявл. 01.04.2011; опубл. 20.11.2012 Бюл. № 32. 6 с.
10. Дорохова Е.С., Разработка и опытная апробация технологии облицовочного стеклокристаллического композита. / Дорохова Е.С., Изотова И.А., Жерновой Ф.Е., Бессмертный В.С, Жерновая Н.Ф. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. - 2016. - №1. - С.138-143.