

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

DOI:10.34031/2071-7318-2019-4-11-79-85

**Бондаренко Н.И., Бондаренко Д.О., Бондаренко М.А., Дороганов Е.А.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46
E-mail: bondarenko-71@mail.ru

ОБЛИЦОВОЧНЫЕ И ДЕКОРАТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ СТЕКЛЯННЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Аннотация. Проанализированы области использования стеклянных бытовых отходов в промышленности строительных материалов. Рассмотрена возможность получения облицовочного и декоративного материала-смальты на основе цветных тарных и сортовых стёкол. Разработана инновационная технология получения смальты на основе тонкоизмельченных порошков цветного тарного стекла с использованием в качестве увлажнителя водных растворов 20-%, 40-% и 60-% жидкого стекла. Установлены зависимости влияния различных концентраций водных растворов жидкого стекла на степень уплотнения смальты. Показано, что добавка водных растворов жидкого стекла в стеклопорошок перед его прессованием снижает температуру обжига с 775 до 725 °С. Исследовано влияние различной концентрации водного раствора жидкого стекла в исходных шихтах на химический состав смальты. С использованием рентгенофлуоресцентного метода исследован элементный состав смальты. Исследована микроструктура смальты, изготовленной из шихты с оптимальным содержанием 40-% водного раствора жидкого стекла. Исследовано влияние различной концентрации жидкого стекла на микротвёрдость смальты. Показано, что при содержании в водном растворе 40-% жидкого стекла микротвёрдость достигает максимальных значений.

Ключевые слова: смальта, цветные тарные и сортовые стёкла, жидкое стекло, микротвёрдость.

Введение. В настоящее время проблема сбора и переработки стеклянных бытовых отходов приобрела особую остроту. Это связано с рядом обстоятельств. Во-первых, в РФ на государственном уровне не разработаны законодательные и нормативные акты, регламентирующие сбор и переработку стекольного боя [1]. Во-вторых, в РФ с 2012 года вступил в действие технический регламент Таможенного союза, запрещающий вторичное использование различных видов тары, включая стеклотару. В-третьих, листовые, тарные, сортовые, медицинские, светотехнические и другие стёкла существенно отличаются по химическому составу, термическим характеристикам, цвету. Это затрудняет сбор и переработку стеклянного боя [2].

На базе БГТУ им В.Г. Шухова на кафедре технологии стекла и керамики выполнены многочисленные исследования и разработаны технологии по получению облицовочных, теплоизоляционных и стеновых материалов с защитно-декоративными покрытиями с использованием стеклянных бытовых отходов. Одним из перспективных направлений переработки стекольного боя является изготовление гранулированного пеностекла из боя стёкол [3].

Тарные и листовые стёкла можно использовать для производства блочных теплоизоляцион-

ных материалов [4, 5]. Различные цветные тарные стёкла служат для получения покрытий на пеностекле [6].

Разработан ряд технологий изготовления стеновых строительных материалов автоклавного твердения с защитно-декоративными покрытиями на основе тонкоизмельченных цветных тарных стёкол [7]. В технологии изготовления изделий из бетона с защитными и декоративными покрытиями использовали смеси на основе боя цветных тарных стёкол с жидким стеклом [8].

Композиционный облицовочный материал на основе боя различных типов стёкол обладает высокими физико-механическими свойствами и оригинальным декоративным эффектом [9]. Разработана энергосберегающая технология получения безусадочного материала на основе стеклобоя и колеманита [10, 11]. Эффективные декоративные покрытия на основе стеклобоя были получены на стеновых строительных материалах с использованием оплавления поверхности электродуговой плазмой [12–15]. В настоящее время продолжают проводиться исследования в области разработки технологий изготовления различных строительных материалов на основе стеклянных бытовых отходов [16, 17].

Методы и материалы. Основными сырьевыми материалами для изготовления смальты служили цветные тарные стёкла синих, оливковых, изумрудных, тёмно-зеленых и различных

коричневых оттенков. Выбор был обусловлен тем, что ежегодно в России производится более 19 миллиардов штук цветной стеклотары для различных алкогольных и безалкогольных напитков. После использования стеклотара в РФ в промышленных масштабах не перерабатывается. Вторичное использование стеклотары на всей территории РФ и стран СНГ запрещено с 2012 года техническим регламентом Таможенного союза (ТРТС). Также около 20 миллиардов штук цветной стеклотары в Россию завозится из-за рубежа в виде импортных алкогольных и безалкогольных напитков. Зарубежная цветная тара также не находит своего промышленного применения. Смальта является декоративным и художественным материалом при строительстве монументальных сооружений, при отделке перегородок и стен в жилых и промышленных зданиях. Использование вторичных сырьевых материалов позволит существенно снизить себестоимость и повысить конкурентоспособность продукции.

Для изготовления смальты стеклянные цветные бутылки измельчали в дробильном лабораторном устройстве. Измельченное цветное стекло помещали в шаровую лабораторную фарфоровую мельницу с керамическими мелющими телами. После восьми часов помола из мельницы извлекали стеклопорошок, который перед прессованием пропускать через сито. Затем порошок увлажнялся водой и водными растворами 20-%, 40-% и 60-% жидкого стекла. Количество увлажняющего компонента составляло 5 %. После увлажнения прессовали порошок в виде квадра-

тов размером 20×20×6 мм. Отпрессованные таблетки подсушивали в течение 2 ч в сушильном шкафу при 95 °С. Позже таблетки помещали в муфельную печь и извлекали при достижении 700; 725, 750 и 775 °С. Отожженные таблетки подвергали исследованию на микротвердость.

Твёрдость смальты определяли по методу Виккерса. Сущность метода состоит в том, что в исследуемую поверхность вдавливаются четырехгранная правильная пирамида с квадратным основанием. Углы между противоположными гранями составляют 136°. При воздействии статической нагрузки порядка 10–100 кгс и в течение временного интервала от 10 до 60 с пирамидка вдавливается в исследуемую поверхность образца. После испытаний на поверхности образца остается квадратный отпечаток. С использованием оптического микроскопа измеряли две диагонали отпечатка. Для расчёта твёрдости берут среднюю величину между двумя отпечатками. Число твердости по Виккерсу (HV) рассчитывали по следующему выражению:

$$HV = \frac{2P \sin \frac{\alpha}{2}}{d^2} = \frac{1,8544P}{d^2}, \quad (1)$$

где P – нагрузка, прилагаемая к образцу, кгс; d – среднее значение измеряемых диагоналей, мм.

За истинное значение твёрдости по Виккерсу принималось среднее значение пяти измерений.

Химический состав цветной стеклотары определяли с использованием рентгенофлуоресцентного метода (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав цветной отечественной и зарубежной стеклотары

	Цвет тары	Массовое содержание, мас. %								
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	SO ₃	TiO ₂
Отечественная стеклотара	Зелёная	70,5	3,3	10,0	2,0	13,2	0,2	0,3	0,3	0,4
	Коричневая	71,7	1,9	8,0	4,0	13,0	0,3	0,7	0,2	–
	Синяя	67,5	5,2	4,7	2,2	17,2	0,9	2,0	0,3	–
Зарубежная стеклотара	Изумрудная	69,7	3,21	6,01	3,93	14,59	0,26	–	0,37	–
	Оливковая	72,0	2,3	5,76	4,0	15,5	0,19	–	0,5	–
	Темно-зелёная	72,5	2,5	7,0	4,0	14,0	0,46	–	0,2	–

Жидкое натриевое стекло соответствовало требованиям ГОСТ 13078-81. Показатели качества жидкого стекла представлены в таблице 2. Для увлажнения готовили водные растворы жидкого стекла с плотностью 1,02; 1,08 и 1,16 г/см³, соответствующие 20-%, 40-% и 60-% растворам жидкого стекла в воде.

Результаты и обсуждения. Смальта является относительно дорогим облицовочным, декоративным и художественным материалом. Для

изготовления смальты используется дорогостоящее и дефицитное сырьё. Технология изготовления смальты является достаточно энергоёмкой. Замена сырьевых материалов на цветные стеклопорошки, используемой ранее стеклотары, позволяет снизить стоимостные затраты на приобретение компонентов шихты, различных красителей и пигментов. Введение в состав жидкого стекла позволяет снизить температуру обжига смальты и снизить общие энергозатраты на её изготовление.

После синтеза смальты синего цвета с использованием рентгенофлуоресцентного анализа исследовали элементный состав (табл. 3).

Таблица 2

Показатели качества натриевого жидкого стекла

№ п/п	Наименование показателя качества	Значение показателя качества
1	Органолептические показатели (внешний вид)	Густая жидкость серого и серо-желтоватого цветов
2	Содержание оксида кремния, мас. %	29,5
3	Суммарное содержание оксидов железа и алюминия, мас. %	0,31
4	Содержание оксида кальция, мас. %	0,19
5	Содержание серного ангидрида, мас. %	0,14
6	Содержание оксида натрия, мас. %	10,5
7	Силикатный модуль	2,95
8	Плотность, г/см ³	1,38

Таблица 3

Элементный состав синтезированных смальт на основе синего тарного стекла

Жидкое стекло (водный раствор), %	Массовое содержание, мас. %							
	Na	Mg	Al	Si	S	Ca	Fe	Co
0	9,29	1,86	0,94	33,13	0,08	6,58	0,05	0,06
20	9,36	1,87	0,89	31,75	0,10	6,46	0,06	0,05
40	9,63	1,90	0,89	30,86	0,06	5,97	0,05	0,06
60	9,82	1,93	0,93	30,67	0,07	5,67	0,07	0,05

С увеличением концентрации жидкого стекла в смальте увеличивается общее содержание натрия, что способствовало снижению температуры спекания смальты.

Энергодисперсионные спектры исследуемых составов смальт представлены на рисунке 1.

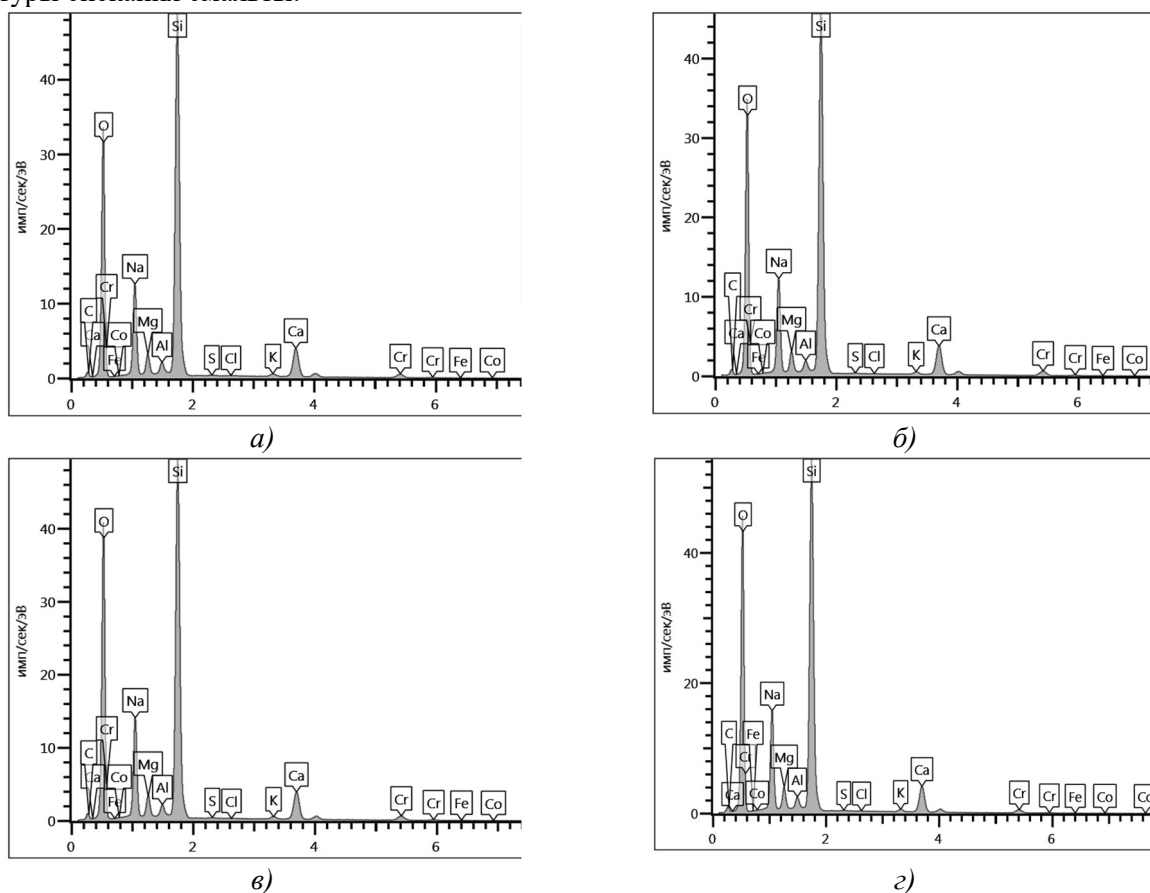


Рис. 1. Энергодисперсионные спектры смальты:

а – на основе шихты без жидкого стекла; б – на основе шихты с 20%-м водным раствором жидкого стекла; в – на основе шихты с 40%-м водным раствором жидкого стекла; г – на основе шихты с 60%-м водным раствором жидкого стекла

С использованием растровой электронной микроскопии исследовали микроструктуру оптимального состава смальты с содержанием 40-%

водного раствора жидкого стекла в исходной шихте.

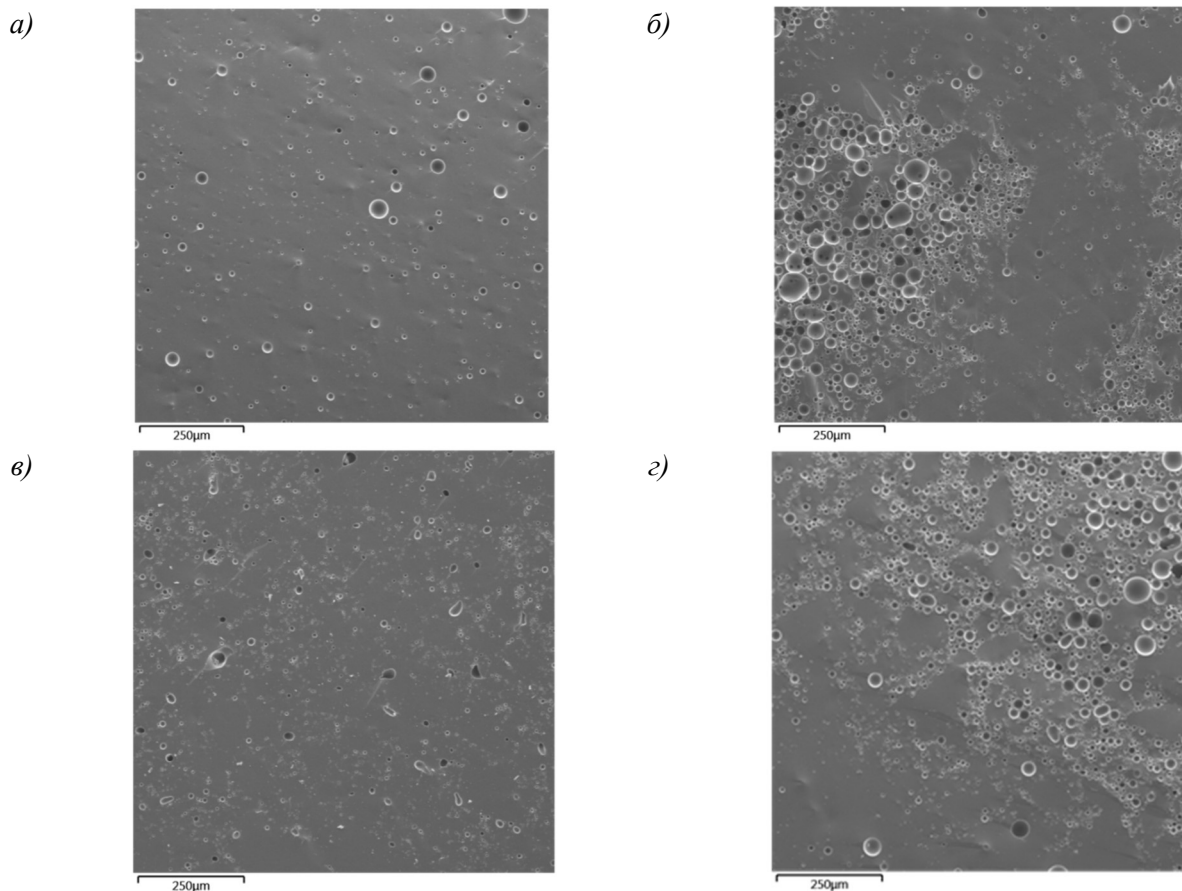


Рис. 2. Микроструктура смальты:

- a* – на основе шихты без жидкого стекла;
- б* – на основе шихты с 20-% водным раствором жидкого стекла;
- в* – на основе шихты с 40-% водным раствором жидкого стекла;
- г* – на основе шихты с 60-% водным раствором жидкого стекла

Наиболее плотной структурой с минимальным количеством газовых включений является смальта синего цвета на основе шихты с 40-% водным раствором жидкого стекла.

На заключительном этапе исследовали микротвёрдость смальты синего цвета, синтезированной

ванной из шихт с 40-% водным раствором жидкого стекла при температурах обжига 700, 725, 750 и 775 °С. На величину микротвёрдости оказывает влияние как температура обжига, так и концентрация добавляемого жидкого стекла. Результаты исследований представлены в таблице 4.

Таблица 4

Микротвёрдость смальты синего цвета, синтезированной из шихты с 40-% водным раствором жидкого стекла

№ п/п	Температура обжига, °С	Микротвердость, HV
1	700	468,45
2	725	575,52
3	750	522,14
4	775	521,18

Оптимальной является концентрация жидкого стекла 40-%. Это позволяет снизить температуру обжига с 775 до 725 °С. При температуре обжига 725 °С наблюдается максимальная микротвёрдость.

Выводы. Разработана технология получения смальты на основе боя цветных тарных стёкол, синтезированной из шихт с водным раствором жидкого стекла. Определены оптимальные технологические параметры синтеза смальты.

Показано, что при температуре синтеза 725 °С микротвёрдость смальты синего цвета, синтезированной на основе шихт с 40-% водным раствором жидкого стекла, достигает максимального значения.

Исследована микроструктура смальты синего цвета. Показано, что смальта по сравнению с другими составами обладает минимальным количеством газовых включений и максимальной плотностью.

Исследован элементный состав смальт, синтезированных из шихт с содержанием 20-%, 40-%, 60-% водного раствора жидкого стекла.

Источник финансирования. Грант Президента для научных школ НШ-2724.2018.8.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лазько Е.А., Минько Н.И., Бессмертный В.С., Лазько А.А. Современные тенденции сбора и переработки стекольного боя // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. № 2. С. 109–112.
2. Болотин В.Н., Минько Н.И. Стеклобой. Вторая жизнь // Стекло мира. 1997. №4. С. 57–62.
3. Смирнова Л.Б. Гранулированное пеностекло из боя стекла // Стекло и керамика. 1992. № 3. С. 22.
4. Lesovik V.S., Bessonov I.V., Bulgakov B.I., Larsen O.A., Puchka O.V., Vaysera S.S. Approach on improving the performance of thermal insulating and acoustic glass composites // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 463. Article number 042030.
5. Lesovik V.S., Puchka O.V., Vaisera S.S. Reduction of energy consumption of thermal insulation materials // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Vol. 10. Issue 19. Pp. 40599–40602.
6. Puchka O.V., Min'ko N.I., Stepanova M.N. Foam-glass based composite heat-insulating material with a protective-decorative coating on the front surface // Glass and Ceramics. 2009. Vol. 66. Issue 1–2. P. 43–45.
7. Бессмертный В.С., Ильина И.А., Соколова О.Н. Получение защитно-декоративных покрытий на стеновых строительных материалах автоклавного твердения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 3. С. 155–157.
8. Бондаренко Н.И., Бессмертный В.С., Ильина И.А., Гащенко Э.О. Глазурование изделий из бетона с использованием факела низкотемпературной плазмы // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. № 2. С. 124–127.
9. Бессмертный В.С., Жерновой Ф.Е., Дорохова Е.С., Изотова И.А. Методология разработки состава и прогнозирования свойств композита на основе стекольного боя // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 3. С. 130–134.
10. Dorokhova E.S., Zhernovaya N.F., Bessmertnyi V.S., Zhernovoi F.E., Tarasova E.E. Control of the structure of porous glass-ceramic material. Glass and Ceramics. 2017. Vol. 74. Issue 3–4. Pp. 95–98.
11. Dorokhova E.S., Zhernovoi F.E., Izotova I.A., Bessmertnyi V.S., Zhernovaya N.F., Tarasova E.E. Shrink-free face material based on cullet and colemanite. Glass and Ceramics. 2016. Vol. 73. Issue 3–4. Pp. 103–106.
12. Bessmertnyi V.S., Krokhin V.P., Panasenko V.A., Nikiforov V.M., Shvyrkina O.N. Glazed wall ceramics using KMA waste. Glass and ceramics. 1998. Vol. 55. Issue 7–8. Pp. 222–223.
13. Bessmertny V.S., Min'ko N.I., Bondarenko N.I., Simachev A.V., Zdorenko N.M., Rozdolskaya I.V., Bondarenko D.O. Evaluation of the competitiveness of wall building materials with glassy protective-decorative coatings obtained by plasma fusing. Glass and Ceramics. 2015. Vol. 72. Issue 1–2. Pp. 41–46.
14. Bondarenko D.O., Bondarenko N.I., Bessmertnyi V.S., Strokova V.V. Plasma-chemical modification of concrete. Advances in Engineering Research. 2018. Vol. 157. Pp. 105–110.
15. Krokhin V.P., Bessmertnyi V.S., Panasenko V.A., Drizhd N.A., Nikiforov V.M. Decoration of glass and glass articles using the plasma-spraying method. Glass and Ceramics. 1999. Vol. 56. Issue 3–4. Pp. 78–80.
16. Volokitin O., Volokitin G., Skripnikova N., Shekhovtsov V. Plasma technology for creation of protective and decorative coatings for building materials. AIP Conference Proceedings. 2016. Vol. 1698. Article number 070022.
17. Bondarenko D.O., Bondarenko N.I., Bessmertnyi V.S., Burlakov N.M. Plasma-chemical modification of concrete processed by colorific metal salts. Advances in Engineering Research. 2017. Vol. 133. Pp. 128–134.

Информация об авторах

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

Бондаренко Диана Олеговна, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры материаловедения и технологии материалов. E-mail: di_bondarenko@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Бондаренко Марина Алексеевна, студентка 5 курса кафедры защиты в чрезвычайных ситуациях. E-mail: slaviki1@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Дороганов Евгений Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии стекла и керамики. E-mail: doroganov@intbel.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в августе 2019 г.

©Бондаренко Н.И., Бондаренко Д.О., Бондаренко М.А., Дороганов Е.А., 2019

***Bondarenko N.I., Bondarenko D.O., Bondarenko M.A., Doroganov E.A.**

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

Russia, 308012, Belgorod, St. Kostyukova, 46

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

FACING AND DECORATIVE MATERIALS BASED ON GLASS DOMESTIC WASTE

Abstract. *The areas of use of glass domestic waste in the building materials industry are considered. The possibility of obtaining a facing and decorative material-smalt based on colored container and high-quality glass is considered. An innovative technology has been developed for the production of smalt based on finely ground powders of colored container glass using 20%, 40% and 60% liquid glass as a humidifier. The dependences of the influence of various concentrations of aqueous solutions of liquid glass on the degree of compaction of smalt are established. It is shown that the addition of aqueous solutions of liquid glass to the glass powder before pressing reduces the firing temperature from 775 to 725 ° C. the influence of different concentrations of aqueous solution of liquid glass in the initial charges on the chemical composition of the smalt is investigated. The elemental composition of smalt is studied using the x-ray fluorescence method. The microstructure of smalt made from a mixture with an optimum content of 40% aqueous solution of water glass is investigated. The effect of various concentrations of liquid glass on the microhardness of smalt is provided. It is shown that when the content of 40% liquid glass in an aqueous solution, the microhardness reaches maximum values.*

Keywords: *smalt, colored container and varietal glass, liquid glass, microhardness.*

REFERENCES

1. Lazko E.A., Minko N.I., Bessmertny V.S., lazko A.A. Modern tendencies of collecting and processing of glass fight [Sovremennye tendencii sbora i pererabotki stekol'nogo boya]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2011. No. 2. Pp. 109–112. (rus)
2. Bolotin, V. N., Minko N. I. Broken glass. The second life [Stekloboj. Vtoraya zhizn'] // Glass world. 1997. No. 4. Pp. 57–62. (rus)
3. Smirnova L.B. Granulated foam glass from the battle of glass [Granulirovannoe penosteklo iz boya stekla]. Glass and ceramics. 1992. No. 3. Pp. 22. (rus)
4. Lesovik V.S., Bessonov I.V., Bulgakov B.I., Larsen O.A., Puchka O.V., Vaysera S.S. Approach on improving the performance of thermal insulating and acoustic glass composites. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 463. No. 042030.

5. Lesovik V.S., Puchka O.V., Vaisera S.S. Reduction of energy consumption of thermal insulation materials. International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Vol. 10. No 19. Pp. 40599-40602.

6. Puchka O.V., Min'ko N.I., Stepanova M.N. Foam-glass based composite heat-insulating material with a protective-decorative coating on the front surface. Glass and Ceramics. 2009. Vol. 66. No 1-2. Pp. 43–45.

7. Bessmertny V.S., Ilyina I.A., Sokolova O.N. Obtaining protective and decorative coatings on wall construction materials of autoclave hardening [Poluchenie zashchitno-dekorativnyh pokrytij na stenovyh stroitel'nyh materialah avtoklavnogo tverdeniya]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2012. No. 3. Pp. 155–157. (rus)

8. Bondarenko N. I., Bessmertny V. S., Ilyina I. A., Gashchenko E. O. Glazing of concrete products using a low-temperature plasma torch [Glazurovanie

izdelij iz betona s ispol'zovaniem fakela nizkotemperaturnoj plazmy]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2012. No. 2. Pp. 124–127. (rus)

9. Bessmertny V.S., Zhernova F.E., Dorokhova E.S., Izotova I.A. Methodology of composition development and prediction of composite properties on the basis of glass fight [Metodologiya razrabotki sostava i prognozirovaniya svojstv kompozita na osnove stekol'nogo boya]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2015. No. 3. Pp. 130–134. (rus)

10. Dorokhova E.S., Zhernovaya N.F., Bessmertnyi V.S., Zhernovoi F.E., Tarasova E.E. Control of the structure of porous glass-ceramic material. Glass and Ceramics. 2017. Vol. 74. No. 3–4. Pp. 95–98.

11. Dorokhova E.S., Zhernovoi F.E., Izotova I.A., Bessmertnyi V.S., Zhernovaya N.F., Tarasova E.E. Shrink-free face material based on cullet and colemanite. Glass and Ceramics. 2016. Vol. 73. No. 3–4. Pp. 103–106.

12. Bessmertnyi V.S., Krokhin V.P., Panasenko V.A., Nikiforov V.M., Shvyrkina O.N. Glazed wall ceramics using KMA waste. Glass and ceramics. 1998. Vol. 55. No. 7–8. Pp. 222–223.

13. Bessmertny V.S., Min'ko N.I., Bondarenko N.I., Simachev A.V., Zdorenko N.M., Rozdolskaya

I.V., Bondarenko D.O. Evaluation of the competitiveness of wall building materials with glassy protective-decorative coatings obtained by plasma fusing. Glass and Ceramics. 2015. Vol. 72. No. 1–2. Pp. 41–46.

14. Bondarenko D.O., Bondarenko N.I., Bessmertnyi V.S., Strokova V.V. Plasma-chemical modification of concrete. Advances in Engineering Research. 2018. Vol. 157. Pp. 105–110.

15. Krokhin V.P., Bessmertnyi V.S., Panasenko V.A., Drizhd N.A., Nikiforov V.M. Decoration of glass and glass articles using the plasma-spraying method. Glass and Ceramics. 1999. Vol. 56. No. 3–4. Pp. 78–80.

16. Volokitin O., Volokitin G., Skripnikova N., Shekhovtsov V. Plasma technology for creation of protective and decorative coatings for building materials. AIP Conference Proceedings. 2016. Vol. 1698. No. 070022.

17. Bondarenko D.O., Bondarenko N.I., Bessmertnyi V.S., Burlakov N.M. Plasma-chemical modification of concrete processed by colorific metal salts. Advances in Engineering Research. 2017. Vol. 133. Pp. 128–134.

Information about the authors

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

Bondarenko, Diana O. PhD, Senior lecturer. E-mail: di_bondarenko@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Bondarenko, Marina A. Student. E-mail: slaviki1@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Doroganov, Evgeniy A. PhD, Assistant professor. E-mail: doroganov@intbel.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received in August 2019

Для цитирования:

Бондаренко Н.И., Бондаренко Д.О., Бондаренко М.А., Дороганов Е.А. Облицовочные и декоративные материалы на основе стеклянных бытовых отходов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 11. С. 79–85. DOI:10.34031/2071-7318-2019-4-11-79-85

For citation:

Bondarenko N.I., Bondarenko D.O., Bondarenko M.A., Doroganov E.A. Facing and decorative materials based on glass domestic waste. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 11. Pp. 79–85. DOI:10.34031/2071-7318-2019-4-11-79-85