

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

DOI: 10.12737/article_59cd0c60148053.59501281

¹Бондаренко Д.О., аспирант,¹Бондаренко Н.И., ассистент,¹Бессмертный В.С., д-р техн. наук, проф.,¹Изофатова Д.И., магистрант,²Дюмина П.С., канд. техн. наук, доц.,²Волошко Н.И., канд. техн. наук, проф.¹Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова²Белгородский университет кооперации, экономики и права

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ СИЛИКАТ-ГЛЫБЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖИДКОГО СТЕКЛА

di_bondarenko@mail.ru

Использование низкотемпературной плазмы в различных отраслях промышленности на сегодняшний день является перспективным направлением. Разработана энергосберегающая технология получения силикат-глыбы с использованием плазменной струи. Исследовано влияние предварительной термической обработки на прочностные характеристики таблеток шихты. Экспериментально подтверждено, что с увеличением температуры термообработки с 400 °С до 620 °С прочность на сжатие возросла с 0,8 МПа до 2,1 МПа.

Ключевые слова: энергосберегающая технология, силикат-глыба, плазменная струя, термообработка шихты.

В настоящее время важнейшей задачей нашего общества является развитие отечественной экономики на основе современных достижений науки, техники и технологии. Использование нетрадиционных источников энергии, в частности, низкотемпературной плазмы, позволяет не только существенно снизить энергозатраты и экологическую нагрузку на природу, но и интенсифицировать технологические процессы, повысить качество конечного продукта и снизить его себестоимость.

Низкотемпературную плазму используют в различных отраслях промышленности: при синтезе синтетических минералов и тугоплавких стекол, получении защитно-декоративных покрытий, стекломикрошариков, микросфер, оптических волокон и др. [1–8].

Индустрия строительных материалов является достаточно энергоёмкой отраслью, в том числе и в технологии получения силикат-глыбы для производства жидкого стекла.

Соли кремниевой кислоты натрия или калия представляют собой продукты производства предприятий стекольной промышленности России, общий выпуск которых более 700000 т/год. Основную долю производства, свыше 90 %, составляет натриевая силикат-глыба [9, 10].

Силикат-глыбу получают путем плавления кварцевого песка и кальцинированной соды и/или поташа, которая в зависимости от наличия солей в ее составе бывает одно- или двухкомпо-

нентной [11]. Повышенное внимание к силикатным продуктам вызвано такими характеристиками, как огнеустойчивость и нетоксичность [11]. Однако современное производство силикат-глыбы представляет собой весьма энергоёмкий, длительный и многостадийный процесс, который также требует специального оборудования.

На сегодняшний день, существует ряд технологий изготовления силикат-глыбы, вместе с тем каждая из них имеет ряд недостатков. Получение силикат-глыбы и дальнейшее её дробление на мелкие куски требует дополнительных энергетических затрат и оборудования [12]. Разработанная плазменная технология позволяет сразу получить необходимую мелкую фракцию силикат-глыбы.

Варка силикат-глыбы осуществляется в газопламенных и электростекловаренных печах представляет собой наиболее известные технологии [13–15]. Недостатком газопламенных печей является большой расход топлива, низкий КПД и ухудшение экологической обстановки в процессе производства. Снижение экологического прессинга решает использование стекловаренных печей с электрообогревом, однако не отменяет проблему энергосбережения.

Обобщая вышеуказанное, можно заключить, что современные технологии получения силикат-глыбы являются длительными во времени, требующими специализированного оборудования и энергозатрат.

Целью исследований являлась разработка энергосберегающей технологии получения силикат-глыбы с использованием низкотемпературной плазмы.

В качестве исходных материалов для подготовки шихт использовали:

– кварцевый песок марки Б-100-1 по ГОСТ 22551–77;

– сода кальцинированная марки Б по ГОСТ 5100–85;

– поташ 1-го сорта по ГОСТ 10690–73.

Для синтеза использовали кварцевый песок Грушевского месторождения (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав кварцевого песка

Наименование сырьевого материала	Содержание оксида, мас. %		
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
Песок Грушевского месторождения	98,55	1,20	0,25

В соответствии с требованиями нормативных документов в России предусмотрено получение силикат-глыбы со следующим содержанием щелочей (табл. 2).

Согласно данным, представленным в таблице 2, для плазменного синтеза выбраны четыре состава: натриевая силикат-глыба, натриево-калиевая силикат-глыба, калиево-натриевая силикат-глыба и калиевая силикат-глыба (табл. 3).

Таблица 2

Виды силикат-глыбы регламентируемые нормативными документами

Наименование глыбы	Силикатный модуль	Содержание щелочей, %
Натриевая	2,7–3,0	25,3–27,9
Калиево-натриевая 75/25	2,85–3,25	28,5–33,2
Натриево-калиевая 70/30	2,75–3,1	25,9–29,9
Калиевая	2,65–2,85	28,1–34,4

Таблица 3

Расчётные составы силикат-глыбы

№	Содержание компонентов, %		
	Na ₂ O	K ₂ O	SiO ₂
1	26	–	74
2	8	24	68
3	19	8	73
4	–	31	69

Необходимые компоненты шихты усредняли в лабораторном смесителе. Для предотвращения расслоения шихты и проведения более эффективного плазменного синтеза силикат-глыбы

прессовали таблетки диаметром 10 мм и толщиной 5–7 мм (рис. 1). Для точности и чистоты эксперимента было отпрессовано 4 партии.

После формования проводили термообработку отформованных таблеток (рис. 2).

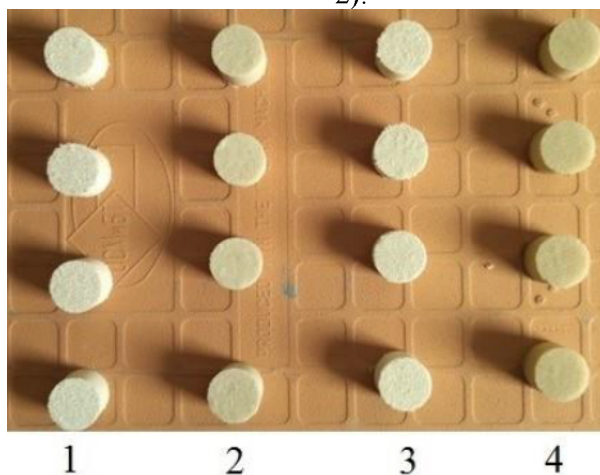


Рис. 1. Отпрессованные таблетки исследуемых шихт, четырех составов: 1 – натриевых; 2 – натриево-калиевых; 3 – калиево-натриевых; 4 – калиевых



Рис. 2. Отпрессованные термообработанные таблетки шихты

Термическую обработку таблеток производили с целью повышения их прочности, т.к. плазменные струи обладают не только высокой температурой, порядка 5000–10000 К, но и значительным динамическим напором при

скорости истечения струи 150 м/с.

Исследование прочности образцов на сжатие определяли на лабораторном прессе.

Влияние температуры термообработки на прочность образцов представлена на рисунке 3.

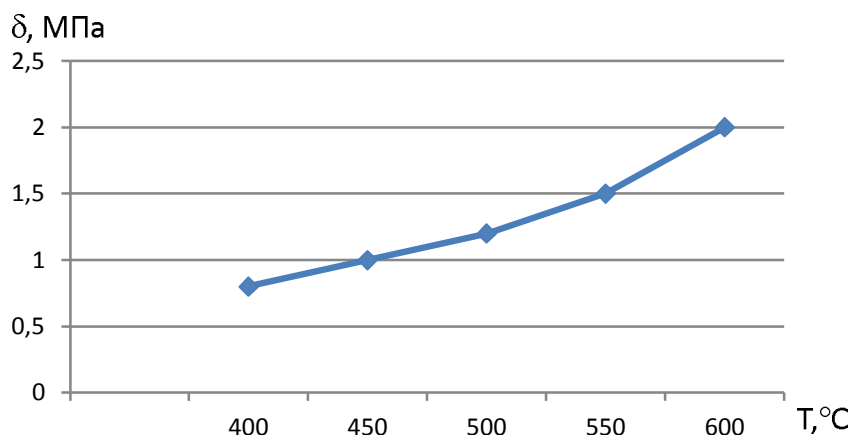


Рис. 3. Зависимость прочности образцов на сжатие от температуры термообработки

С увеличением температуры термообработки с 400 °C до 620 °C прочность на сжатие возрастала с 0,8 МПа до 2,1 МПа. При более высокой температуре образцы деформировались, растрескивались и разрушались.

Плазменный синтез силикат-глыбы проводили с использованием электродугового плазмотрона Мультиплаз 2500 и температурой плазменного факела 5000 К. Полученный силикатный расплав охлаждали в резервуаре с водой. В связи с тем, что расплав образовывался за весьма короткие промежутки времени и обладал температурой 1600 °C, низкой вязкостью, образовывался высококачественный однородный по свойствам стеклогранулят размером 750–2500 мкм. Схема синтеза силикат-глыбы представлена на рисунке 4.

После синтеза образцы извлекали из тиглей и подвергали рентгенофазовому и рентгенофлуоресцентному анализу. Силикат-глыба шихты № 1 с содержанием 26 % Na₂O, представлена на рисунке 5.

Энергозатраты на синтез 1 кг силикат-глыбы по разработанной технологии составляют 1900 кДж, что в три раза ниже, чем по традиционной технологии с использованием стекловаренных печей.

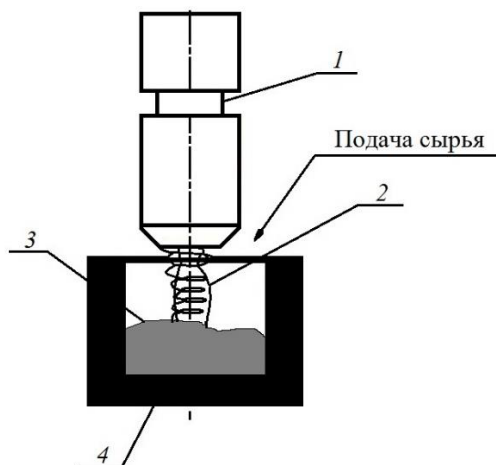


Рис. 4. Схема синтеза силикат-глыбы:
1 – плазменная горелка; 2 – плазменный факел;
3 – силикатный расплав, 4 – корпус тигля

Рис. 5. Силикат-глыба с 26 % Na₂O

Разработанная плазменная технология является не только экологически чистой, но и энерго-сберегающей, что позволяет получить конкурентоспособную продукцию.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Bessmertny V.S., Krokhin V.P., Panasenko V.A., Drichd N.F., Dyumina P.S., Kolchina O.M. Plasma rod decorating of household class // Glass and Geramics. 2001. Vol. 58. Issue 5–6. P. 214–215.
2. Bessmertnyi V.S., Minko N.I., Krokhin V.P., Semenenko S.V., Osykov A.I. Trend in contemporary methods for decoration of glass and class articles // Glass and Geramics. 2003. Vol. 60. Issue 11–12. P. 364–366.
3. Степанова М.Н. Разработка составов и технологии защитно-декоративных покрытий для теплоизоляционного пеностекла: автореф. дис. канд. техн. наук. Белгород, 2008. 20 с.
4. Бессмертный В.С., Бондаренко Н.И., Борисов И.Н., Бондаренко Д.О. Получение защитно-декоративных покрытий на стеновых строительных материалах методом плазменного оплавления. Белгород: Изд. БГТУ, 2014. 104 с.
5. Федосов С.В., Акулова М.В., Щепочкина Ю.А. Стекловидное покрытие для бетона // Строительные материалы. 2000. № 8. С. 28.
6. Федосов С.В., Акулова М.В., Щепочкина Ю.А., Подлозный Э.Д., Науменко Н.Н. Плазменное оплавление строительных композитов. М.: Изд-во АСВ, Иваново: Изд. ИГАСУ, 2009. 228 с.
7. Пучка О.В., Вайсера С.С., Сергеев С.В. Плазмохимические методы получения покрытий на поверхности пеностекла // Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 3. С. 147–150.
8. Здоренко Н.М., Ильина И.А., Бондаренко Н.И., Гащенко Э.О., Бондаренко Д.О., Изофатова Д.И. Защитно-декоративные покрытия для стеновых строительных материалов автоклавного твердения // Международный журнал экспериментального образования. 2015. № 9. С. 81–82.
9. Исследование материалов на основе силикатных вяжущих материалов (жидких стекол) [Электронный ресурс]. Систем. требования: Microsoft Word. URL: <http://allbeton.ru/upload/iblock/9eb/issledovanie-materialov-na-osnove-silikatnih-vyajuschih-materialov-ajidkih-stekolc.doc>. (дата обращения: 04.09.2017).
10. Виноградов Б.Н. Сырьевая база промышленности вяжущих веществ СССР. М.: Изд. Недра, 1971. 486 с.
11. Куатбаев К.К., Пужанов Г.Т. Строительные материалы на жидком стекле. Алма-Ата: Изд. Казахстан, 1968. 62 с.
12. Корнеев В.И., Данилов В.В. Растворимое и жидкое стекло. СПб.: Стройиздат, 1996. 216 с.
13. Пат. 2156222 Российская Федерация. МПКС 01В33/32. Способ получения «силикат-глыбы» / Дубинин Н.А., Дигонский С.В., Кравцов Е.Д., Тен В.В.; заявитель и патентообладатель ОАО МНПО «Полиметалл». – № 99104641/03, заявл. 04.03.1999, опубл. 20.09.2000. Бюл. № 26.
14. Пат. 2053970 Российская Федерация. МКИ С 03 С 6/02, С 03 В 1/02. Способ приготовления стекольной шихты / Везенцев А.И.; заявитель и патентообладатель Научно-производственное предприятие «Силиколл». – № 92014433/33, заявл. 23.12.1992; опубл. 10.02.96, Бюл. № 4.
15. Китайгородский И.И. Технология стекла. М.: Стройиздат, 1961. 564 с.

Информация об авторах

Бондаренко Диана Олеговна, аспирант 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 Надежда Ивановна, ассистент 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.

Бессмертный Василий Степанович, доктор технических наук, профессор кафедры технологии стекла и керамики.

E-mail: vbessmertnyi@mail.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Изофатова Дарья Игоревна, магистрант кафедры технологии стекла и керамики.

E-mail: izofatova94@mail.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Дюмина Полина Семёновна, кандидат технических наук, доцент кафедры товароведения непродовольственных товаров и таможенной экспертизы.

E-mail: kaf-top@buket.ru

Белгородский университет кооперации, экономики и права.

Россия, 308023, Белгород, ул. Садовая, д. 116а.

Волошко Наталья Исетовна, кандидат технических наук, доцент кафедры товароведения непродовольственных товаров и таможенной экспертизы.

E-mail: kaf-top@buket.ru

Белгородский университет кооперации, экономики и права.

Россия, 308023, Белгород, ул. Садовая, д. 116а.

Поступила в сентябре 2017 г.

©Бондаренко Д.О., Бондаренко Н.И., Бессмертный В.С., Изофатова Д.И., Дюмина П.С., Волошко Н.И., 2017

Bondarenko D.O., Bondarenko N.I., Bessmertny V. S., Izofatova D.I., Dyumina P.S., Voloshko N.I.
ENERGY-SAVING TECHNOLOGY OF PRODUCING SILICATE-CLOD FOR LIQUID GLASS
PRODUCTION

The use of low-temperature plasma in various industries today is a promising direction. An energy-saving technology for producing silicate-clod using a plasma jet has been developed. The effect of preliminary heat treatment on strength characteristics of preform furnace-charge is studied. It was experimentally confirmed that with an increase in the heat treatment temperature from 400 °C to 620 °C, the compressive strength increased from 0.8 MPa to 2.1 MPa.

Keywords: *energy-saving technology, silicate-clod, plasma jet, heat treatment of charge.*

Information about the author

Bondarenko Diana Olegovna, Research assistant.

E-mail: di_bondarenko@mail.ru

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.

Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Bondarenko Nadezda Ivanovna, Assistant.

E-mail: bondarenko-71@mail.ru

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.

Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Bessmertnyi Vasily Stepanovich, DSc, Professor.

E-mail: vbessmertnyi@mail.ru

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.

Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Izofatova Daria Igorevna, Undergraduate.

E-mail: izofatova94@mail.ru

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.

Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Dyumina Polina Semenovna, PhD, Assistant professor

E-mail: kaf-top@buket.ru

Belgorod University of Cooperation, Economics & Law.

Russia, 308023, Belgorod, st. Sadovaya, 116а.

Voloshko Natalia Ismetovna, PhD, Assistant professor

E-mail: kaf-top@buket.ru

Belgorod University of Cooperation, Economics & Law.

Russia, 308023, Belgorod, st. Sadovaya, 116а.

Received in September 2017

©Bondarenko D.O., Bondarenko N.I., Bessmertny V. S., Izofatova D.I., Dyumina P.S., Voloshko N.I., 2017