

Н.Б. Адилова¹, А.Т. Иманғали¹, А.М. Байсариева^{2*}

¹Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана,
Уральск, Казахстан

²Международная образовательная корпорация (кампус КазГАСА), Алматы, Казахстан

*Corresponding author: abajsarieva@mail.ru

Информация об авторах:

Адилова Нургуль Болатовна – кандидат технических наук, и.о. доцента Западно-Казахстанского аграрно-технического университета им. Жангир хана, Уральск, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0001-8320-7864>, email: zapkazatu@wkau.kz

Иманғали А.Т. – магистрант, Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана, Уральск, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0003-4421-9875>, email: zapkazatu@wkau.kz

Байсариева Анар Мырзакуловна – магистр технических наук, ассистент профессора, Международная образовательная корпорация (кампус КазГАСА), Алматы, казахстан

<https://orcid.org/0000-0002-7473-8820>, email: abajsarieva@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СИЛИКАТНОГО КИРПИЧА С ПРИМЕНЕНИЕМ СТЕКЛОБОЯ

Аннотация. В статье рассматривается исследования в области технологии изготовления силикатного кирпича с применением стеклобоя. Применение переработанного стекла в производстве силикатного кирпича, одно из актуальных тем для производства энергоэффективных изделий.

Ключевые слова: стекло, стеклобой, силикатный кирпич, автоклавирование.

Введение. Реализация Стратегических планов развития РК. Согласно Концепции по переходу Республики Казахстан к «зеленой» экономике, к 2030 году доля переработанных отходов должна составить 40%, а к 2050-му году – 50%.

Материалы и методы. В Республике Казахстан продолжают образовываться значительные объемы стеклобоя, которые в настоящее время не перерабатываются. Согласно химическому составу и физико-механическим свойствам стеклобоя (особенно оконного и тарного) эти материалы являются готовыми силикатными сырьевыми компонентами, которые могут быть использованы в качестве ресурсосберегающего и модифицирующего компонента в технологии производства силикатного кирпича. Как известно, технология производства силикатного кирпича относится к разряду ресурсо- и энергозатратных. Для решения этой проблемы необходимы научно-технологические разработки по их переработке с целью создания отечественных энерго- и ресурсосберегающих силикатного кирпича.

Результаты исследования. Обзор предшествующих научных исследований, проведенных в мире в области разработки технологии различных заполнителей, показали высокую актуальность данного направления. В последние годы широко проводятся исследования по использованию стеклобоя

в других перспективных направлениях.

В последнее время в странах СНГ, в частности в Казахстане, разрабатывались также составы вяжущего с применением стеклобоя. Так, например, от 50 до 80 % молотого боя оконного или бутылочного стекла и 20-50% растворимого стекла входит в состав вяжущего, разработанного Алмаатинским научно-исследовательским институтом строительных материалов. Вяжущее вещество используется для получения плотных и легких бетонов, используемых в жилищном, гражданском и промышленном строительстве.

При введении до 20 % стеклобоя, боя силикатного кирпича и хроматов щелочных металлов состав обладает высокой механической прочностью и коррозионной стойкостью, а также высокой адгезионной способностью [1].

В Европе переработка стекла – одна из самых передовых. В некоторых европейских странах почти 85% стеклянной тары – бутылок и банок – изготавливаются из вторичного сырья. К сожалению, в Польше как использованные контейнеры, так и битое стекло в основном отправляются на муниципальные или нелегальные свалки. Управление отходами, несмотря на многие попытки и начинания, до сих пор не решено должным образом [2].

В течение последних нескольких лет использование переработанного стекла в строительных материалах было предложено как один из способов утилизации этого типа отходов. По этой причине это исследование исследует судьбу стекла в силикатных кирпичах, которые образуются в гидротермальных условиях. Этот вид кирпича используется более 140 лет [3].

Особое внимание уделялось экологии и переработке материалов за счет использования битого стекла, представленного в виде стеклянного песка. Этот песок имеет аморфную структуру в силикатных кирпичах, которые, как известно, бедны содержанием извести (CaO не более 10% по массе). Использование стеклянных компонентов с высоким содержанием натрия может привести к образованию таких фаз, как натролит и гиролит. Литература раскрывает, что гиролит также может встречаться без замещения натрия. На сегодняшний день переработанное стекло в основном используется для модификации бетона [1]. Сообщалось, что первые попытки использовать стекло в бетоне были предприняты в 1973 году, но из-за отсутствия информации о долгосрочном поведении модифицированного таким образом бетона и более низкого технологического развития в то время, это исследование было прекращено [7].

Прорывным моментом в развитии технологии производства силикатов стал 1880 г., когда немецкий ученый В. Михаэлис изобрел и запатентовал технологию производства «белого кирпича» («Способ производства искусственного песчаника») [3]. Эти типы материалов, обычно называемые «силикатными изделиями», представляют собой строительные материалы, которые могут обеспечить прочную структуру и комфортный микроклимат в помещении. Кроме того, они также могут продвигать устойчивые экологические технологии [2]. Хомченко и Семейкин [3] разработали метод повышения эффективности и безопасности производства автоклавных

материалов с известью.

В производстве силикатного кирпича накоплен значительный опыт использования сланцевых зол, отличающихся высоким содержанием оксида кальция. В Эстонии выпускается так называемый сланцезолосиликатный кирпич, в производстве которого зола используется либо как самостоятельное вяжущее, либо как компонент известково-сланцезольного вяжущего [5].

Небольшое число заводов использует побочные продукты промышленности, содержащие силикаты кальция: золы, доменные шлаки и др. Расход побочных продуктов промышленности, используемых в настоящее время для автоклавного производства, составляет не более 5% [6]. При выборе состава смеси не обязательно стремиться к достижению самой высокой прочности кирпича, так как она связана с повышенными издержками производства - большим расходом вяжущего, электроэнергии, износом оборудования. Следует так подбирать состав смеси, чтобы получать кирпич со строго заданными характеристиками при наименьших затратах, то есть достигнуть высокой экономической эффективности производства [17, 18, 19].

Традиционные промышленные силикатные кирпичи состоят из кварцевого песка (90 мас. % SiO_2), извести (7 мас.% CaO) и воды (3 мас.% H_2O). Процесс закалки извести и связанное с этим образование химических связей обеспечивает их долговечность. В автоклавированных материалах существенное значение имеют химические процессы, которые происходят, когда продукт подвергается воздействию гидротермальных условий (200°C и давление 1,6 МПа).

Автоклавирование вызывает повышение давления и температуры, а также изменения влажности. Таким образом, чтобы определить связь между механическими свойствами и физико-химическими изменениями в этих материалах, был проведен ряд химических и микроскопических анализов (включая микро-структурный анализ).

Известково-песчаную массу смешивают с водой и затем помещают в реакторы из стальных силосов. Затем ее оставляют в реакторах примерно на 2–4 часа, где происходит процесс гашения извести, сопровождающийся повышением температуры примерно до 60°C. Эта повышенная температура также способствует последующему образованию продуктов реакции. Далее известково-песчаная смесь направляется в пресс (гидравлический пресс), в котором она сжимается под давлением 15–20 МПа (насыпная плотность оценивается на уровне 1,7 кг/дм³)³ и сформированы в блоки подходящего размера и формы. Водопоглощение этого вида кирпича находится на уровне 16% по отношению к весу изделия (для других материалов оно оценивается в 24%).

Основой прочности сырца является натяжение воды в менисках его микрокапилляров, создаваемых коллоидными частицами тонкодисперсной муки (вяжущего), размещенными между зёрнами песка. Для придания сырцу прочности, необходимой для устойчивой работы автоматов-укладчиков следует стремиться в первую очередь к увеличению количества микрокапилляров в его структуре. Это достигается путем улучшения гранулометрии песказаполнителя,

увеличения дисперсности вяжущего и назначения его расхода соответственно гранулометрии песка [6].

Производители силикатного кирпича при соответствующем подборе состава сырьевой смеси, используя различные добавки, могут выпускать водостойкий силикатный кирпич на имеющемся технологическом оборудовании. Как показывают результаты исследований [4] водостойкий силикатный кирпич характеризуется более высокой стойкостью против всех видов коррозионного воздействия, в результате чего снижаются также масштабы усадки. Кроме того, необходимо контролировать характер пористости силикатного кирпича, что может способствовать повышению прочности сцепления его с кладочным раствором.

На заключительном этапе прессованные кирпичи помещаются в автоклавы и подвергаются процессу закалки при температуре 200–203°C и давлении 16 бар (1,6 МПа). Процесс затвердевания занимает около 6–12 часов (зависит от класса кирпича, но обычно схема 1 + 8 + 1 означает: 1 час нагрева + 8 часов автоклавирования + 1 час охлаждения). Целью исследования было получить силикатный кирпич с аналогичными или лучшими характеристиками и оптимизировать производственные затраты за счет снижения энергопотребления и температуры автоклавирования.

Можно согласиться с точкой зрения С.А. Кражеминского [2] о том, что на самой первой стадии автоклавной обработки известково-кремнеземистых материалов образование цементирующего вещества обусловлено, по-видимому, адсорбционными процессами. При взаимодействии насыщенного раствора известии кремнезема в условиях повышенной температуры сначала образуются адсорбционные системы (комплексы), переходящие в дальнейшем в гидросиликаты кальция, характеризующиеся наибольшей возможной в данных условиях основностью. В дальнейшем процессе автоклавной обработки должны сочетаться хемосорбционный и кристаллизационный (через раствор) механизмы твердения и, наконец, когда свяжется вся известь, превращение более высокоосновных гидросиликатов кальция в низкоосновные может идти только путем растворения и перекристаллизации. Как пойдет процесс твердения, зависит от конкретных физико-химических условий автоклавной обработки силикатного кирпича [6].

В работах П.И. Боженова [7] отмечено, что различные представители минерального сырья могут быть охарактеризованы коэффициентом основности, численное значение которого показывает основности силикатов кальция и их процентное соотношение (между собой).

Для получения автоклавного строительного камня высокой прочности следует стремиться к получению гидросиликатов меньшей основности. Это открывает широкие возможности для использования побочных продуктов промышленности, содержащих силикаты и алюминаты кальция и магния [1].

Заключение. Исследование, проведенное для целей данной статьи, охватывало характеристики силикатных продуктов, в которых в качестве основного источника активного кварцевого песка использовались бытовые

переработанные стеклянные отходы из размоленных стаканов.

Силикатный кирпич – это искусственный камень, который формируется из натуральных субстратов, поэтому после использования его можно измельчить или измельчить и повторно использовать в виде силикатного заполнителя.

Производство силикатного кирпича является одним из крупных потребителей природных сырьевых ресурсов в виде глинистых пород и относится к категории энергозатратных. Поэтому разработка отечественной технологии рациональной переработки стеклобоя и использования их как энергоэффективного компонента в производстве силикатного кирпича является актуальной научно-технической задачей.

Литература:

1. Мелконян Р.Г. Экологические и экономические проблемы использования стеклобоя в производстве стекла: учеб. пособие / Р. Г. Мелконян, С. Г. Власова. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2013. – 100 с.
2. Kuśnierz A. Glass recycling. *Sci. Works Inst. Ceram. Constr. Mater.* 2010; 6:22–33
3. Kostrzewa, P.; Stępień, A.; Dziadek, K.; Szmidt, A. Technological aspect of brick production using the method of autoclaving. *Struct. Environ.* 2018, 11, 249–257.
4. Kittipong, K., Suwimol, A., Kwannate, S. *Effect of Fine Al-Containing Waste in Autoclaved-Aerated Concrete Incorporating Rice-Husk Ash* 10.1061/(ASCE), MT.1943-5533.0001149. ©; American Society of Civil Engineers: Reston, VA, USA, 2014.
5. Pytel, Z. *The Influence of Ground Limestone on the Properties of Sand-Lime Bricks; Ceramic Science, Polish Ceramic Bulletin Polish Academy of Science-Krakow Division, Polish Ceramic Society: Krakow, Poland, 2005.*
6. Taha, B.; Nounu, G. *Utilizing Waste Recycled Glass as Sand/Cement Replacement in Concrete; Cement and Concrete Composites; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2008; pp. 497–505. Available online: <https://www.researchgate.net/publication/248399903> (accessed on 17 November 2019).*
7. Хижинков, О. В. Силикатный кирпич с комплексными добавками на основе пыли-уноса цементных печей: автореф. дис. канд. технич. наук. – Барнаул, 2000. – 23 с.

References:

1. Melkonyan R.G. *Ecological and economic problems of using cullet in glass production: a tutorial* / R.G. Melkonyan, S.G. Vlasova. – Yekaterinburg: Ural Publishing House. University, 2013. – 100 p.
2. Kuśnierz A. Glass recycling. *Sci. Works Inst. Ceram. Constr. Mater.* 2010; 6:22–33.
3. Kostrzewa, P.; Stępień, A.; Dziadek, K.; Szmidt, A. Technological aspect of brick production using the method of autoclaving. *Struct. Environ.* 2018, 11, 249–257.
4. Kittipong, K.; Suwimol, A.; Kwannate, S. *Effect of Fine Al-Containing Waste in Autoclaved-Aerated Concrete Incorporating Rice-Husk Ash* 10.1061/(ASCE), MT.1943-5533.0001149. ©; American Society of Civil Engineers: Reston, VA, USA, 2014.
5. Pytel, Z. *The Influence of Ground Limestone on the Properties of Sand-Lime Bricks; Ceramic Science, Polish Ceramic Bulletin Polish Academy of Science-Krakow Division, Polish Ceramic Society: Krakow, Poland, 2005.*
6. Taha, B.; Nounu, G. *Utilizing Waste Recycled Glass as Sand/Cement Replacement in Concrete; Cement and Concrete Composites; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2008; pp. 497–505. Available online: <https://www.researchgate.net/publication/248399903> (accessed on 17*

November 2019).

7. *Khizhinkov, OV Silicate brick with complex additives based on dust-entrainment of cement furnaces: author. dis. Cand. technical sciences. – Barnaul, 2000. – 23 p.*

Н.Б.Адилова¹, А.Т.Иманғали¹, А.М.Байсариева^{2*}

¹Жәңгір хан атындағы батыс қазақстан аграрлық- техникалық университеті, Орал, Қазақстан

²Халықаралық білім беру корпорациясы, Алматы, Қазақстан

*Corresponding author: abajsarieva@mail.ru

Авторлар жайлы ақпарат:

Адилова Нургуль Болатовна – техника ғылымдарының кандидаты, доцент м.а., Жәңгір хан атындағы Батыс-Қазақстан аграрлық-техникалық университеті, Орал, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0001-8320-7864>, email: zapkazatu@wkau.kz

Иманғали А.Т. – магистрант, Жәңгір хан атындағы Батыс-Қазақстан аграрлық-техникалық университеті, Орал, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0003-4421-9875>, email: zapkazatu@wkau.kz

Байсариева Анар Мырзакуловна – техника ғылымдарының магистрі, профессор ассистенті, Халықаралық білім беру корпорациясы, Алматы, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0002-7473-8820>, email: abajsarieva@mail.ru

ШЫНЫ ҰНТАҒЫН ПАЙДАЛАНЫП СИЛИКАТТЫ КІРПІШ ӨНДІРУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Мақалада шыны ұнтақ қолдану арқылы силикат кірпіштің технологиясын зерттеуге арналған. Силикат кірпіш өндірісінде қайта өңделген әйнекті пайдалану - энергияны үнемдейтін өнім өндірудің өзекті тақырыптарының бірі.

Түйін сөздер: шыны, шыны ұнтақ, силикат кірпіш, автоклавты.

N.B.Adilova¹, A.Imangali¹, A.M.Baisariyeva^{2*}

¹Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Zhangir Khan University, Uralsk, Kazakhstan

^{23*}Corresponding author: abajsarieva@mail.ru

Information about authors:

Adilova Nurgul – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Zhangir Khan University, Uralsk, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0001-8320-7864>, email: zapkazatu@wkau.kz

Imangali A. – Master student, Zhangir Khan University, Uralsk, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0003-4421-9875>, email: zapkazatu@wkau.kz

Baisariyeva Anar – Master of Technical Sciences, Prof. assistant, International Educational Corporation, Almaty, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0002-7473-8820>, email: abajsarieva@mail.ru

RESEARCH OF TECHNOLOGY OF SILICATE BRICK PRODUCTION WITH THE USE OF GLASS

Abstract. The article discusses research in the field of technology for the manufacture of silicate bricks using cullet. The use of recycled glass in the production of silicate bricks is one of the hot topics for the production of energy efficient products.

Keywords: glass, silicate brick cullet, autoclaving.