

УДК 666:695

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИЗВЕСТИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ПРЕССОВАННЫХ СИЛИКАТНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Доктора техн. наук В. И. Винниченко, А. Ю. Крот, канд. техн. наук Н. Ю. Вищенко

ВИКОРИСТАННЯ ВАПНА ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ПРЕСОВАНИХ СИЛІКАТНИХ ВИРОБІВ

Доктори техн. наук В. І. Вінниченко, О. Ю. Крот, канд. техн. наук Н. Ю. Віщенко

USE OF LIME IN MANUFACTURING PRESSING SILICATE PRODUCTS

Doctors of Technical Sciences V.I. Vinnichenko, A.Y. Krot, PhD. tehn. Sciences N.U. Vitsenko

Выполнен анализ возможности использования доломитовой извести при изготовлении силикатных изделий. Осуществлены экспериментальные исследования. Известь обжигали во вращающейся печи при невысоких температурах. При изготовлении образцов силикатную массу механически активировали. Твердение образцов происходило при нормальных условиях без использования тепловой энергии. Показатели качества отвечают существующим государственным стандартам. Кристаллооптические исследования показали образование вокруг частиц кварца гелеподобной массы гидросиликатов кальция. Гель гидросиликатов кальция склеивает между собой частички компонентов.

Ключевые слова: доломитовая известь, автоклав, тепловая обработка, обжиг, периклаз, экспериментальные исследования, силикатные изделия, тепловая энергия, образцы изделий, энергоэффективность, негашеная известь, гашеная известь, оксид магния, песок кварцевый, прочность на сжатие, гидратация, гидросиликаты кальция, кристаллооптические исследования, механическая активация.

Виконано аналіз можливості використання доломітового вапна при виготовленні силікатних виробів. Здійснено експериментальні дослідження. Вапно випалили в обертовій печі при невисоких температурах. При виготовленні зразків силікатну масу механічно активували. Твердіння зразків відбувалось при нормальних умовах без використання теплової енергії. Показники якості відповідають існуючим державним стандартам. Кристалооптичні дослідження показали утворення навколо частинок кварцу гелеподібної маси гідросилікатів кальцію. Гель гідросилікатів кальцію склеює між собою частинки компонентів.

Ключові слова: доломітове вапно, автоклав, тепла обробка, випал, периклаз, експериментальні дослідження, силікатні вироби, тепла енергія, зразки виробів, енергоефективність, негашене вапно, гашене вапно, оксид магнію, пісок кварцовий, міцність на стиск, гідратація, гідросилікати кальцію, кристалооптичні дослідження, механічна активація.

The analysis of possible use in the manufacture of dolomitic lime silicate products. We carried out a pilot study. Lime was burned in a rotary kiln at low temperatures. In the manufacture of samples of silicate mass is mechanically activated. Curing occurred the samples under normal conditions without the use of thermal energy. Quality parameters meet current state standards. Birefringent crystal studies have shown the formation of gel-like particles around the quartz weight of calcium silicate. Gel calcium Hydrosilicates gluing together pieces of components.

Keywords: *dolomitic lime, autoclave, cooking, roasting, periclase, experimental studies, silicate products, thermal energy, samples of products, energy efficiency, quicklime, hydrated lime, magnesium oxide, silica sand, compressive strength, hydration, calcium hydrosilicates, birefringent crystal research, mechanical activation.*

Введение. В современных условиях все большую актуальность при производстве строительных материалов приобретает экономия энергоресурсов [1]. Применяемые технологии прессованных силикатных изделий включают гидротермальную обработку для обеспечения протекания реакций образования гидросиликатов кальция. Гидротермальная обработка в автоклаве является энергозатратной стадией технологического процесса. Но существуют также мнения о возможности твердения известково-песчаного сырца без запаривания в автоклаве [2], что вызывает интерес с точки зрения энергоэффективности производства силикатных изделий.

Анализ последних исследований и публикаций. В настоящее время усилия ученых всего мира направлены на снижение энергетических затрат при автоклавной обработке или на замену автоклавной обработки пропариванием в ямной пропарочной камере. Существенное снижение режимов тепловлажностной обработки позволяет реализовать механическая активация [3]. Существенным изменениям подвергаются как мелкодисперсные компоненты силикатного порошка [4], так и структура заполнителя, обеспечивая наилучшую плотность сформованного изделия [5]. Значительный вклад в развитие энергосберегающего направления внесены известными украинскими учеными [6, 7]. Научные подходы создания энергосберегающих технологий были направлены в основном на введение различных добавок, способствующих сокращению времени автоклавной обработки или проведению тепловлажностной обработки изделий в

ямной пропарочной камере. Уменьшению стадий технологического процесса за счет совмещения процесса гашения извести и образования гидросиликатов кальция внимания практически не уделялось.

Определение цели исследований. Целью статьи является анализ возможности использования кальциевой и доломитовой извести для получения образцов силикатного кирпича, набирающего прочность без применения тепловой обработки.

Основная часть исследований. В производстве силикатного кирпича, как правило, используют кальциевую известь с содержанием оксида магния не более 5%. Авторами проведен комплекс теоретических и экспериментальных исследований по использованию кальциевой негашеной извести с исключением отдельного процесса гашения. Результаты исследований доказали целесообразность данного направления [8]. Однако интересным оказалось и направление использования доломитовой извести, поскольку она содержит оксид магния.

Существующие в настоящее время ограничения по содержанию оксида магния обусловлено тем, что при обжиге магнезиальных карбонатных пород в обычно применяемых шахтных и вращающихся печах, в которых перепад между температурой газов и теоретической диссоциацией $MgCO_3$ достигает 400-600 °С, а время пребывания материала при максимальной температуре колеблется от 1-2 до 8-10 ч, образуется минерал периклаз [9-10]. Этот минерал характеризуется замедленной гидратацией с увеличением объема, что приводит к образованию в автоклавных изделиях трещин или даже к полному их разрушению [10].

Имеются разные взгляды в оценке влияния температуры обжига и соответственно в оценке влияния размеров кристаллов периклаза на скорость его гидратации. Часть исследователей, к числу которых принадлежит П.П. Будников [11], показали, что скорость гидратации оксида магния с повышением температуры ее обжига падает, хотя очень тонкое измельчение может увеличить способность MgO к гидратации. Однако другие исследователи [12] считают, что высокообожженный и высокорекристаллизованный периклаз имеет большую способность к гидратации, чем малорекристаллизованный периклаз. Предотвратить образование периклаза при обжиге магнезиальных пород (по данным работы [13]) возможно путем их обжига в интервале температур (800-900)°С, при котором происходит лишь частичная карбонизация $\text{Ca Mg}(\text{CO}_3)_2$. Сторонником пониженных температур обжига магнезиальных пород является Э.Д. Певзнер [14]. Оптимальным режимом обжига магнезиальных карбонатных пород, по данным Э.Д. Певзнера [14], должен быть кратковременный (1-3 ч) обжиг при температуре (850-900)°С с быстрым охлаждением продукта обжига.

Несмотря на положительное влияние на активацию окиси магния, присутствующей в магнезиальной и доломитовой извести, минеральных и химических добавок, они еще не нашли

производственного применения. Большинство из перечисленных выше исследователей считают, что эффективность этих добавок будет достаточна лишь в тех случаях, когда температура обжига магнезиальных вяжущих не будет превышать (900-1000)°С.

При выполнении лабораторных исследований по получению силикатного кирпича из магнезиальной извести обжиг при производстве извести осуществлялся при температурах (900-1000)°С в течение 45 мин. Известь обжигалась во вращающейся печи длиной 7 м Харьковского опытно-экспериментального цементного завода. Состав используемой силикатной смеси представлен в таблице. Смесь подвергалась механической активации в барабанно-валковом активаторе, разработанном сотрудниками кафедры механизации строительных процессов ХНУСА.

Образцы изготавливались методом полусухого прессования.

После трех суток твердения при нормальных условиях получены образцы со следующими характеристиками: морозостойкость – F50; водопоглощение – 8 %; предел прочности при сжатии – 40 МПа; средняя плотность – 1650 кг/м³.

На рис. 1, 2 приведены микрофотографии иммерсионного препарата силикатного кирпича.

Таблица

Состав смеси

Материал	Процентное содержание	Единица измерения	Количество на тысячи штук условного кирпича
Песок кварцевый	70	м ³	1,913
Доломитовая известь	10	т	0,36*
Минеральная добавка	10	т	0,28
Вода	10	м ³	0,28

* учитывая активность извести.

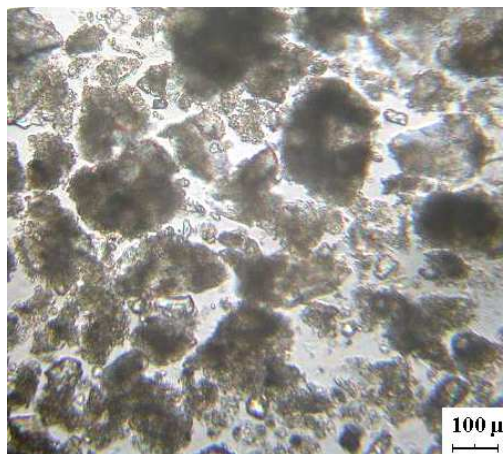


Рис. 1. Микрофотография иммерсионного препарата силикатного кирпича (общий вид). Без анализатора.

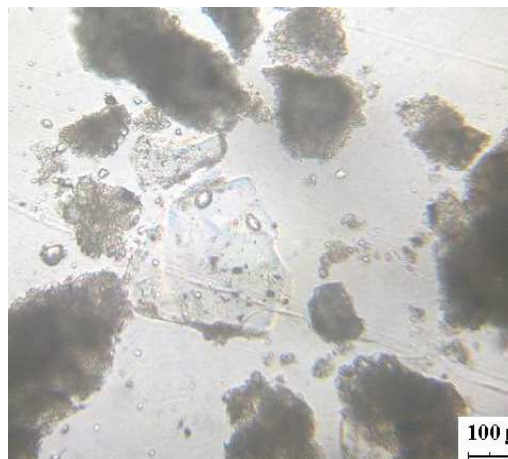


Рис. 2. Микрофотография иммерсионного препарата силикатного кирпича (крупные обломочные зерна кварца и сгустки основной цементирующей массы). Без анализатора.

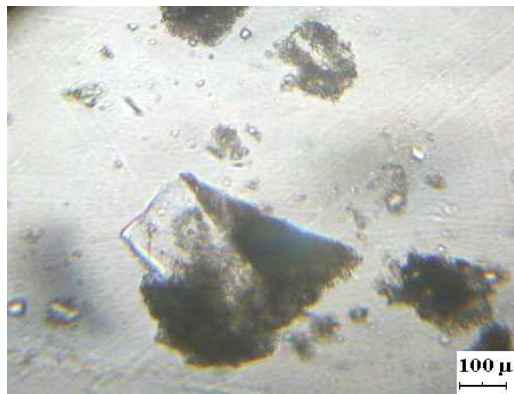


Рис. 3. Микрофотография иммерсионного препарата силикатного кирпича (обрастание зерен кварца основной массой гидросиликатов кальция)

На рис. 1 представлен общий вид тонкодисперсной агрегатной гидросиликатной основной массы с развитыми в ней мелкими зернами кальцита и обломочными зернами кварца. В центральной части рис. 2 расположено крупное прозрачное зерно кварца, окруженное сгустками гидросиликатно-карбонатной массы. На рис. 3 показано обрастание зерен кварца сгустками и пленками основной цементирующей массы. Очень четко видно, что зерна кварца окружены гелеобразной массой гидросиликатов кальция, склеивающей между собой составляющие смеси.

Таким образом, с помощью кристаллооптических исследований установлено, что в результате

взаимодействия исходных компонентов образовалась однороднозернистая мелкокристаллическая масса, состоящая из гидросиликатов кальция, на фоне которой расположены крупные зерна α -кварца и мелкие зерна кальцита.

Отмечается отсутствие исходных компонентов смеси – минеральной добавки и извести. Полученные результаты позволяют говорить о возможности применения доломитовой извести в производстве силикатного кирпича без тепловой обработки и развитии исследований в данном направлении.

Выводы из исследований и перспективы. Проведены экспериментальные исследования получения образцов силикатного кирпича с применением в

качестве вяжущего вещества мягкообожженной доломитовой извести с применением активации, но без подачи тепловой энергии при твердении. После трех суток твердения при нормальных условиях получены образцы со следующими характеристиками: морозостойкость – F50; водопоглощение –

8 %; предел прочности при сжатии – 40 МПа; средняя плотность – 1650 кг/м³.

Кристаллооптические исследования показали, что активация силикатной массы способствовала образованию вокруг зерен кварца гелеобразной связующей массы из гидросиликатов, способствующей склеиванию составляющих компонентов между собой.

Список использованных источников

1. Меркушов, В. Т. Энергоефективність та енергозбереження – основні чинники впливу на енергетичну безпеку України. Стан, проблеми, перспективи [Текст] / В.Т. Меркушов // Праці Міжнар. конф. “Енергетична безпека Європи. Погляд у XXI століття”. – К., 2001. – С. 27-31.
2. Researches and mathematic modelling structure and properties of cellular silicate composition / Shinkevich E., Lutskin E., Tchesskii Yu., Bondarenko G. // Proc. of the 2nd International Symposium Non-Traditional Cement & Concrete. – Brno, 2005. – P. 148-153.
3. Kubátová, D. The Effect of Mechanical Activation of Lime Putty on Properties of the Autoclaved Calcium Hydrosilicate Materials [Текст] / D. Kubátová, M. Boháč, R. Nečas // Procedia Engineering – 2016. – Volume 151. – P. 18–25.
4. HIEN, T.T.T. Mechanical modification of silica powders [Текст] / Tran Thi Thu HIEN, Takashi SHIRAI and Masayoshi FUJI // Journal of the Ceramic Society of Japan. – 2012. – №120. – P. 429-435.
5. Roelfstra, P.E. Le beton numerique [Текст] / P.E. Roelfstra, H. Sadouki, H. Wittman // Material Structure. – 1985. – №18. – P. 327–335. – Режим доступа: \www/ URL: https://www.researchgate.net/publication/225518224_Le_beton_numerique.
6. Shinkevich E, Lutskin Y. The Influence of Structure Modification of Silicate Materials after Hardening in Non-autoclave Conditions on Their Coefficient of Heat Conductivity // Proceeding of International Conference “Alkali Activated Materials – Research, Production and Utilization”. – Prague, 2007. – P. 621-635.
7. Shabanova G.N. Intensification of Phase Formation in the CaO – SiO₂ – H₂O System / G.N. Shabanova, S.A. Kiseleva, D.N. Shabanov // 18 International Baustofftagung. 12-15 September, 2012. – Tagungsbericht. – Band 2. – Weimar, 2012. – P. 1248 – 1253.
8. V.Vinnichenko, A. Krot, N. Vitsenko. Theoretical and experimental research into manufacturing of silicate products without thermal treatment // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Technology organic and inorganic substances, 2016. – Vol 5, No 6 (83). – P. 29-36
9. Зейфман, М. И. Производство силикатного кирпича, силикатных ячеистых блоков [Текст] / М.И. Зейфман. – М.: Стройиздат, 1990. – 184 с.
10. Воробьев, Х. С. Вяжущие материалы для автоклавных изделий [Текст] / Х.С. Воробьев. – М.: Стройиздат, 1972. – 287 с.
11. Будников, П. П. Изучение скорости гидратации окиси магния, обожженной при различных температурах [Текст] / П.П. Будников, Х.С. Воробьев // Прикладная химия. – 1959. - № 2. – С. 253-258.
12. Красс, Я. Р. Исследование влияния вида затворителей на свойства периклазового цемента [Текст] / Я.Р. Красс, А.А. Пирогов [и др.] // Сб. трудов УНИИО: Теоретические и

технологические исследования в области огнеупоров. – М.: Изд-во «Металлургия», 1971. – Вып. 15. – С. 111-121.

13. Философов, П. С. Местные доломитовые вяжущие вещества [Текст] / П. С. Философов. – М.: Промстройиздат, 1946. – 23 с.

14. Певзнер, Э. Д. Оптимальные условия обжига доломитовой извести [Текст] / Э. Д. Певзнер // Строительные материалы. – 1963. – №6. – С. 10-11.

Вінниченко Варвара Іванівна, доктор техн. наук, професор кафедри механізації будівельних процесів Харківського національного університету будівництва та архітектури. Тел.: (057) 717-80-17.
E-mail: vvinnichenko@ukr.net.

Крот Олександр Юлійович, доктор техн. наук, професор кафедри механізації будівельних процесів Харківського національного університету будівництва та архітектури. Тел.: (098) 619-691-7.
E-mail: tanko_drom@rambler.ru.

Віценко Наталія Юріївна, канд. техн. наук, старший науковий співробітник кафедри технології будівельних матеріалів, виробів та конструкцій Придніпровської державної академії будівництва і архітектури.
E-mail: vitsenko.n@ukr.net.

Vinnichenko Varvara, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of mechanization of construction processes, Kharkiv National University of Construction and Architecture. Tel.: (057) 717-80-17.
E-mail: vvinnichenko@ukr.net.

Krot Alexander, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of mechanization of construction processes, Kharkiv National University of Construction and Architecture. Tel.: (098) 619-691-7. E-mail: tanko_drom@rambler.ru.

Vitsenko natalia, phd. Tehn. Sciences, senior researcher of Department of building materials, products and structures technology of prydniprov's'ka State Academy of civil engineering and architecture. E-mail: vitsenko.n@ukr.net.

Стаття прийнята 12.12.2016 р.