

УДК 666.974.2

Т. П. КИЦЕНКО, Е. В. ЕГОРОВА, С. В. ИВАНЕНКО

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ЖИДКОСТЕКОВЫЕ ОГНЕУПОРНЫЕ АЛЮМОСИЛИКАТНЫЕ ВЯЖУЩИЕ НА ОСНОВЕ ТЕРМОАКТИВИРОВАННОГО КАОЛИНА И ШАМОТНО-КАОЛИНОВОЙ ПЫЛИ

Аннотация. Исследованы термомеханические свойства огнеупорных алюмосиликатных жидкостекловых вяжущих с отвердителями на основе термоактивированного каолина и шамотно-каолиновой пыли. Установлено, что шамотно-каолиновая пыль играет активную структурообразующую роль как при нагреве алюмосиликатных вяжущих, так и в условиях высоких температур. По сравнению с термоактивированным каолином использование шамотно-каолиновой пыли в качестве отвердителя для алюмосиликатных огнеупорных вяжущих позволяет улучшить их термомеханические свойства.

Ключевые слова: алюмосиликатные вяжущие, жидкое стекло, термоактивированный каолин, шамотно-каолиновая пыль, термомеханические свойства.

ВВЕДЕНИЕ

Алюмосиликатные бетоны являются одним из широко распространенных видов огнеупорных бетонов. Их доля в общем объеме производства в различных странах колеблется от 40 до 70 % [1, 2]. Алюмосиликатные огнеупоры отличаются невысоким и стабильным коэффициентом линейного температурного расширения при нагреве, огнеупорностью в пределах 1 580...2 000 °С, температурой деформации под стандартной нагрузкой 0,196 МПа в пределах 1 300...1 900 °С. Для этого вида огнеупоров характерна высокая механическая прочность в холодном и нагретом состояниях, отсутствие гидратации и склонность к разупрочнению при хранении в обычных воздушно-влажностных условиях, сравнительная доступность и невысокая стоимость сырья [3].

Одними из наиболее распространенных в отечественной промышленности являются жидкостекловые огнеупорные бетоны [4, 5]. Свойства бетонов во многом определяются свойствами вяжущих, используемых при их изготовлении. Как известно, носителем огнеупорных свойств бетонов являются заполнители. Роль вяжущего сводится к обеспечению прочностных свойств, необходимых для транспортирования, монтажа и первого разогрева после твердения и сушки.

Недостатком жидкостекловых вяжущих является применение отвердителей-плавней, которые образуют легкоплавкие эвтектики, что снижает термомеханические свойства бетона [6]. Поэтому разработка жидкостекловых вяжущих с использованием огнеупорных отвердителей, не содержащих плавней, будет способствовать повышению эксплуатационных свойств огнеупорных бетонов. Примером таких вяжущих являются разработанные ранее жидкостекловые композиции с термоактивированным каолином. Однако данные вяжущие характеризуются высокой водопотребностью, необходимостью предварительного обжига сырого каолина при 650...750 °С [7]. В то же время известно, что при обжиге кускового шамота образуется тонкодисперсная смесь – шамотно-каолиновая пыль (ШКП), являющаяся побочным продуктом производства. Можно полагать, что нестабильность температуры обжига пыли приводит к образованию в ней активного структурообразующего глинозема, а высокая дисперсность ее позволит получить на ее основе вяжущее с повышенными технологическими характеристиками.

Также шамотная пыль по своему химико-минералогическому составу может быть полноценным сырьем для производства многих строительных материалов и с успехом заменять традиционные сырьевые материалы, применяемые для их изготовления. При этом экономится значительное количество природного сырья и сохраняются значительные земельные площади, отводимые под карьеры и складирование пыли.

Целью исследований является определение характера влияния ШКП в сравнении с термоактивированным каолином на термомеханические свойства жидкостекольных алюмосиликатных вяжущих.

Для изготовления вяжущих композиций использовались тонкомолотый шамот марки ШКН-2 (ТУУ 322-7-00190503-083-97); муллито-корундовый шамот по ТУ 14-8-555-87; ШКП с электрофильтров вращающихся печей Владимировского огнеупорного завода (Донецкая обл.), полученная при обжиге обжига шамота марки ШКВ-1 (ТУУ 322-7-00190503-083-97). В сравнительных исследованиях использовался термоактивированный Новоселецкий каолин (ТАК) марки НК-1 (ТУУ 322-7-00190503-038-95), обожженный при температуре 700 °С до полной потери связанной воды. Шамот и термоактивированный каолин размалывались до тонкости помола, соответствующей проходу через сито 0,08 мм 90...95 % материалов.

В качестве щелочного компонента вяжущих принято стекло натриевое жидкое (ГОСТ 13078-81) с силикатным модулем $M_s = \text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O} = 3,0$. Изменение силикатного модуля жидкого стекла осуществляли добавлением соответствующего количества раствора гидроксида натрия (ГОСТ 2263-79*) с учетом данных [8, 9].

Свойства вяжущих определялись по стандартным методикам. Физико-механические испытания вяжущих производились на образцах 2×2×2 см, изготовленных из теста нормальной густоты. Уплотнение образцов производилось на стандартной лабораторной виброплощадке, время вибрации составляло 15–20 сек.

Образцы твердели в нормальных условиях и перед нагревом выше 110 °С высушивались в сушильном шкафу до постоянной массы при температуре 105...110 °С. Нагрев образцов производился согласно рекомендаций [10] со скоростью 200±20 °С/час и выдержкой при контрольных температурах в течение 4 часов, охлаждение происходило вместе с отключенной электропечью.

Фракционный состав порошков ШКП и ТАК определялись седиментационным анализом с выделением из суспензии на основе дистиллированной воды частиц размером менее 0,8 мкм с помощью мембранного фильтра «Владипор» МФА-МА № 3. Перед обработкой материалы просеивались через сито 0,08 мм и более крупная фракция удалялась. Результаты анализа приведены на рисунке.

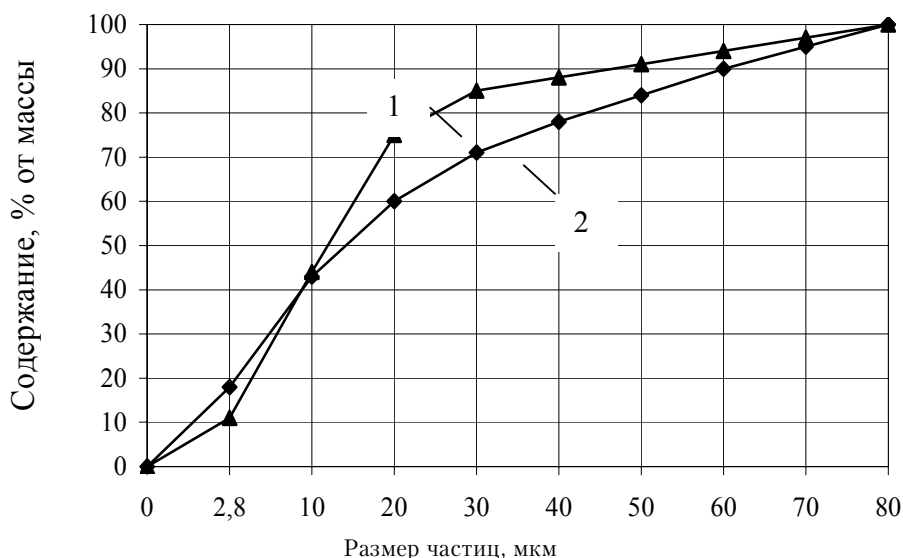


Рисунок – Гранулометрический состав: 1 – шамотно-каолиновой пыли; 2 – термоактивированного каолина.

По данным седиментационного анализа содержание частиц размером менее 20 мкм составило: для ШКП – около 75 %, для ТАК – 60 %. Однако в ТАК содержится значительно больше частиц размером менее 2,8 мкм – примерно 20 против 10 %.

Составы вяжущих композиций принятые для исследований приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Составы алюмосиликатных огнеупорных вяжущих на метасиликате натрия

№ п/п	Состав вяжущего, % от массы			
	шамот	ШКП	ТАК	муллитокорунд
1	75	25	–	–
2	75	–	25	–
3	–	–	10	90

Для приведенных составов вяжущих определялись линейные температурные деформации. Данные деформации вяжущих в процессе нагрева исследовались при помощи дилатометра с корундовой ячейкой. Исследования производились на образцах 2×2×7 см, которые выпиливались из балочек размером 4×4×7 см.

Известно [2, 3, 7], что алюмосиликатные обожженные материалы не претерпевают модификационных превращений и характеризуются примерно одинаковым коэффициентом линейного температурного расширения в температурном интервале 20...1 400 °С. Процессы дегидратации и спекания алюмосиликатной жидкостекольной связи идут сравнительно быстро и практически заканчиваются в процессе первого нагрева. Поэтому линейные температурные деформации вяжущих при первом нагреве фиксировались примерно через каждые 100 °С. Скорость нагрева составляла 200 °С/час. Конечная температура нагрева – 900 °С. Полученные данные представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Линейные температурные деформации алюмосиликатных вяжущих при первом нагреве

№№ составов по табл. 1	Температура нагрева, °С									
	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900
1	0	0,06	-3,47	-6,91	-6,95	-6,98	-7,03	-8,11	-39,53	-56,3
2	0	0,17	0,77	-5,18	-8,28	-8,92	-9,81	-11,26	-25,66	-70,77
3	0	0,03	-0,06	-4,76	-8,23	-9,50	-9,82	-11,77	-33,05	-65,69

На протяжении всего прогрева наблюдается непрерывная усадка образцов. Наиболее заметное их сокращение в температурном интервале 700...900 °С. Это связано с интенсивным спеканием композиции вяжущего. По полученным данным видно, что наименьшей усадочной деформацией (56,3 мм/м или 5,6 %) характеризуется вяжущее первого состава, т. е. на основе ШКП. Для второго и третьего составов усадка составила соответственно 70,77 и 65,69 мм/м.

При повторном и последующих нагревах алюмосиликатные вяжущие претерпевают равномерное расширение во всем температурном интервале 20...900 °С. Коэффициент линейного температурного расширения (α) исследуемых вяжущих составов составил: 5,0; 5,5 и 5,8 10^{-6} °С⁻¹ соответственно. В результате исследований установлено, что наименьшими линейными температурными деформациями характеризуются вяжущие на основе ШКП.

Также исследовано влияние условий твердения на прочность камня вяжущих (табл. 3).

Таблица 3 – Влияние условий твердения на прочность камня вяжущих

	№ № составов по табл. 1	Условия твердения образцов		
		28 сут. при нормальных условиях	Тоже + сушка при 110 °С	Тоже + обжиг при 800 °С
Предел прочности при сжатии, МПа	1	14,1	38,8	76,4
	2	16,7	45,5	48,2
	3	22,6	60,0	80,0

Установлено, что при нормальных условиях твердения прочность рассматриваемых составов примерно одинакова. Сушка образцов при температуре 110 °С приводит к резкому возрастанию прочности вяжущих. В результате обжига при 800 °С в 1 и 3 составах наблюдается значительное увеличение прочности образцов. Это связано со спеканием вяжущих композиций. Во 2 составе после обжига

прочность практически не меняется. Следует отметить, что с увеличением содержания Al_2O_3 в составе вяжущих наблюдается повышение прочности.

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования показали, что ШКП играет активную структурообразующую роль как при нагреве алюмосиликатных вяжущих, так и в условиях высоких температур. По сравнению с термоактивированным каолином, использование шамотно-каолиновой пыли в качестве отвердителя для алюмосиликатных огнеупорных вяжущих позволяет улучшить их термомеханические свойства. Установлено, что повышение термомеханических свойств огнеупорных вяжущих, наблюдается при увеличении содержания в их составе глинозема.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сенников, С. Г. Состояние Российской металлургии и огнеупорной промышленности на рубеже третьего тысячелетия [Текст] / С. Г. Сенников, С. Н. Фокин // Огнеупоры и техническая керамика. – 2000. – № 1. – С. 49–56.
2. Кашеев, И. Д. Огнеупоры: материалы, изделия, свойства и применение [Текст] / И. Д. Кашеев, М. Г. Ладыгичев, В. Л. Гусовский // Каталог-справочник в 2 кн. – Книга 1. – Москва : Теплоэнергетик, 2003. – 336 с.
3. Химическая технология керамики и огнеупоров [Текст] / [П. П. Будников, В. Л. Балкевич, И. А. Булавин, Д. Н. Полубояринов, А. С. Бережной, Г. В. Куколев, Р. Я. Попильский] / Под. общ. ред. ак. АН УССР, чл.-корр. АН СССР П. П. Будникова и док. техн. наук, проф. Д. Н. Полубояринова. – М. : Стройиздат, 1972. – 552 с.
4. Абызов, В. А. Выбор рациональной области применения промотходов в керамики жаростойких бетонов [Текст] / В. А. Абызов // Вестник ЮУрГУ. – 2008. – № 25. – С. 29–34.
5. Кашеев, И. Д. Огнеупоры для промышленных агрегатов и топок [Текст] / И. Д. Кашеев, В. Г. Алфеева, М. Г. Ладыгичев, М. З. Нагинский и др. ; под ред. д-ра тех. наук, проф. И. Д. Кашеева // Производство огнеупоров : справочное издание в 2 кн. – Книга 1. – М. : Интернет Инжиниринг, 2000. – 663 с.
6. Шлакощелочные бетоны на мелкозернистых заполнителях [Текст] / Под ред. В. Д. Глуховского. – Киев : Вища шк., 1981. – 224 с.
7. Деркач, М. В. Алюмосиликатные и кремнеземистые огнеупорные бетоны с повышенными термомеханическими свойствами [Текст] : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.23.05 / М. В. Деркач. – Макеевка : ДонГАСА, 2002. – 22 с.
8. Корнеев, В. И. Растворимое и жидкое стекло [Текст] / В. И. Корнеев. – Санкт-Петербург : Стройиздат, 1996. – 216 с.
9. Корнеев, В. И. Производство и применение жидкого стекла [Текст] / В. И. Корнеев, В. В. Данилов. – М. : Стройиздат, 1999. – 176 с.
10. СН 156-79. Инструкция по технологии приготовления жаростойких бетонов [Текст]. – Введ. 1979-07-01 / НИИЖБ Госстроя СССР. – М. : Стройиздат, 1979. – 40 с.

Получено 12.12.2018

Т. П. КИЦЕНКО, О. В. ЄГОРОВА, С. В. ІВАНЕНКО РІДКОСКЛЯНІ ВОГНЕТРИВКІ АЛЮМОСИЛІКАТНІ В'ЯЖУЧІ НА ОСНОВІ ТЕРМОАКТИВОВАНОГО КАОЛІНУ І ШАМОТНО-КАОЛІНОВОГО ПИЛУ ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Досліджено термомеханічні властивості вогнетривких алюмосиликатних рідкоскляних в'язучих з отверджувачами на основі термоактивованого каоліну і шамотно-каолінового пилу. Встановлено, що шамотно-каоліновий пил відіграє активну структуротвірну роль як при нагріванні алюмосиликатних в'язучих, так і в умовах високих температур. У порівнянні з термоактивованим каоліном використання шамотно-каолінового пилу як отверджувача для алюмосиликатних вогнетривких в'язучих дозволяє поліпшити їх термомеханічні властивості.

Ключові слова: алюмосиликатні в'язучі, рідке скло, термоактивований каолін, шамотно-каоліновий пил, термомеханічні властивості.

TATYANA KITSSENKO, ELENA YEGOROVA, SERGEY IVANENKO
LIQUID-GLASS REFRACTORY ALUMINOSILICATE BINDERS BASED ON
THERMALLY ACTIVATED KAOLIN AND CHAMOTTE-KAOLIN DUST
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. Thermomechanical properties of refractory aluminosilicate liquid-glass binders with hardeners based on thermally activated kaolin and chamotte-kaolin dust were investigated. It is established that the chamotte-kaolin dust plays an active structure-forming role both at heating of aluminosilicate binders, and at high temperatures. Compared with thermally activated kaolin, the use of chamotte-kaolin dust as a hardener for aluminosilicate refractory binders allows improving their thermomechanical properties.

Key words: aluminosilicate binders, liquid glass, thermally activated kaolin, chamotte-kaolin dust, and thermomechanical properties.

Киценко Татьяна Петровна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: огнеупорные вяжущие и бетоны.

Егорова Елена Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: самоуплотняющиеся бетоны.

Иваненко Сергей Владимирович – магистрант кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: огнеупорные вяжущие и бетоны.

Киценко Тетяна Петрівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: вогнетривкі в'язучі та бетони.

Егорова Олена Володимирівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: бетони, що самоупільнюються.

Иваненко Сергій Володимирович – магістрант кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: вогнетривкі в'язучі та бетони.

Kitsenko Tatyana – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: refractory binders and concretes.

Yegorova Elena – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: self compacting concrete.

Ivanenko Sergey – Master's student, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: refractory binders and concretes.