

УДК 666.974.2

Канд. техн. наук Т.П. Киценко (ДонНАСА)

Kitsenko T.P.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИНЕЙНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ
АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ И КРЕМНЕЗЕМИСТЫХ ОГНЕУПОРНЫХ
БЕТОНОВ НА ОСНОВЕ ЖИДКОГО СТЕКЛА**

**RESEARCH OF LINEAR THERMAL DEFORMATIONS OF ALUMINA-
SILICATE AND SILICA REFRACTORY CONCRETES ON THE BASIS OF
LIQUID GLASS**

Представил д-р техн. наук, профессор А.А. Плугин

В странах СНГ доля бетонов в общем объеме потребления огнеупоров составляет примерно 15-20 % [1-3]. Одним из основных направлений современной технологии огнеупорных бетонов является разработка низко- и особонизкоцементных бетонов [1, 4-7].

В отечественной промышленности накоплен большой положительный опыт использования жидкостекольных огнеупорных бетонов. С жидким стеклом в бетоны вводится, обычно, не более 2 % Na_2O . Недостатком жидкостекольных

бетонов является то, что отвердители жидкого стекла (кремнефторид натрия, металлургические шлаки) содержат 0,5-5 % плавней. Поэтому щелочные алюмосиликатные и кремнеземистые огнеупорные бетоны на основе растворимых силикатов и алюминатов натрия со структурообразующими компонентами (отвердителями), не содержащие оксидов-плавней, являются одними из наиболее перспективных огнеупоров потому, что позволяют вводить в состав бетонов не более 2 % активного

плавня – Na_2O . Это практически не снижает огнеупорность наполнителей и заполнителей – основных носителей огнеупорных свойств бетонов.

В известных жидкостекольных композициях таких бетонов в качестве структурообразующих компонентов применяют термоактивированный каолин, или незначительную часть доменного гранулированного шлака, а в бетонах на основе алюмината натрия – тонкомолотый шамот. Однако термоактивированный каолин требует обжига при $600\text{--}750\text{ }^\circ\text{C}$ и характеризуется высокой водопотребностью, что увеличивает расход жидкого стекла, Na_2O и как следствие стоимость бетона. Жидкостекольные кремнеземистые бетоны с низким расходом доменного граншлака (1-2% CaO – активного плавня) имеют незначительную прочность после твердения в нормальных условиях и при пропаривании, что ограничивает их применение.

В Донбасской национальной академии строительства и архитектуры разработаны жидкостекольные вяжущие композиции с отвердителями, не являющимися плавнями по отношению к алюмосиликатным и кремнеземистым наполнителям и заполнителям. В качестве структурообразующих компонентов используется шамотнокаолиновая пыль-унос (ШКП) и ультрадисперсный аморфный кремнезем.

На основе разработанных вяжущих с использованием в качестве заполнителя шамота ШКН-2 и муллитокорунда подобраны составы виброформованных бетонов.

Цель настоящих исследований – определить линейные температурные деформации алюмосиликатных и кремнеземистых огнеупорных бетонов на основе жидкого стекла.

В качестве щелочных компонентов вяжущих и бетонов приняты: стекло натриево 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].

Линейные температурные деформации вяжущих и бетонов в процессе нагрева исследовались при помощи dilatометра с кварцевой ячейкой. Исследования производились на образцах $1 \times 1 \times 7$ см, которые выпиливались из кубов с ребром 7 см. Нагрев образцов при испытании производился со скоростью $200\text{ }^\circ\text{C}/\text{час}$.

Общие линейные температурные деформации огнеупорных бетонов при нагреве суммируются из деформаций дегидратационной усадки камня вяжущего, усадки или роста, сопровождающих спекание или модификационные превращения компонентов бетона, а также их линейного температурного расширения.

Алюмосиликатные обожженные материалы не претерпевают модификационных превращений и характеризуются примерно одинаковым коэффициентом линейного температурного расширения в температурном интервале $20\text{--}1400\text{ }^\circ\text{C}$ [9, 10]. Процессы дегидратации и спекания алюмосиликатной и кремнеземистой жидкостекольных связей идут сравнительно быстро и практически заканчиваются в процессе первого нагрева [11]. Поэтому линейные температурные деформации алюмосиликатных бетонов при первом нагреве фиксировались примерно через каждые $100\text{ }^\circ\text{C}$.

Результаты исследования температурных деформаций шамотного бетона с ШКП приведены на рис. 1. Их анализ показывает, что при первом нагреве в области температур $20\text{--}200\text{ }^\circ\text{C}$ шамотный бетон претерпевает незначительное расширение, равное $0,18\text{ мм/м}$. В области температур $200\text{--}400\text{ }^\circ\text{C}$ расширение увеличивается до $1,05\text{ мм/м}$. В температурном интервале $40\text{--}600\text{ }^\circ\text{C}$ происходит скачкообразный рост

расширения. Только в этом интервале оно равно $3,26 - 1,05 = 2,21$ мм/м, что связано, вероятно, с модификационным превращением остаточного кварца. В температурном интервале $800 - 1050^{\circ}\text{C}$ бетон претерпевает заметную усадку,

связанную с появлением жидкой фазы, интенсивным спеканием и уплотнением связки. По разности между линейной деформацией при третьем и первом нагреве эта усадка при 1050°C составляет $2,27$ мм/м или $0,227\%$.

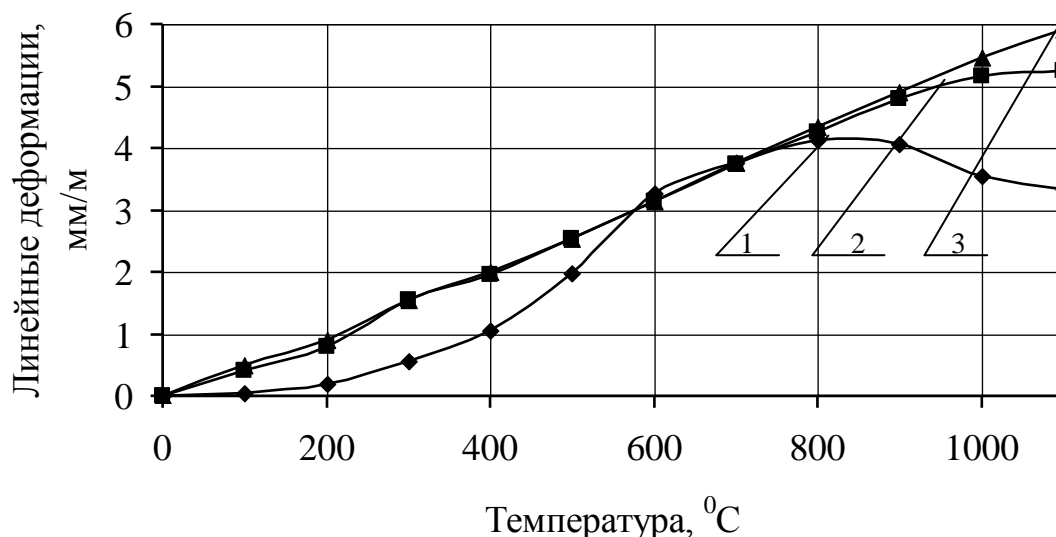


Рис. 1. Лінійні температурні деформації шамотного бетону з ШКП: 1, 2, 3 – відповідно номери прогрева стержня бетону

При втором нагріві шамотний бетон в інтервалі температур $20 - 900^{\circ}\text{C}$ підвержен рівномірному, прямопропорціональному температурі розширенню, що відповідає розширенню при третьому нагріві. При подальшому підвищенні температури до 1050°C розширення бетону практично не спостерігається. При третьому нагріві шамотний бетон претерпує рівномірне розширення, прямопропорціональне температурі, уже в усьому інтервалі випробування. Коефіцієнт лінійного температурного розширення бетону, розрахований за деформації зразка при третьому нагріві, дорівнює $5,8 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.

Аналогічний характер деформацій проявляє мулітокорундовий бетон з додаванням мікрокремнезема (рис. 2). Для нього характерна підвищена усадка при

температурі $100 - 300^{\circ}\text{C}$, що складає різницю деформацій з 3 нагрівом $2,4 - 1,08 = 1,32$ мм/м. При подальшому нагріві практично до температури 1050°C бетон претерпує порівняльно рівномірне розширення, що відстає від розширення при наступних нагріві. По різниці між деформаціями при третьому і першому нагріві загальна усадка бетону становить $9,00 - 5,78 = 3,22$ мм/м або $0,32\%$.

Коефіцієнт лінійного температурного розширення мулітокорундового бетону, розрахований за деформації зразка, при третьому нагріві становить $8,7 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.

Для кремнеземистих бетонів з додаванням мікрокремнезема, прогретих до температури 900°C , характерен необоротний ріст, що складає після охолодження $0,30 - 0,44\%$ (рис. 3).

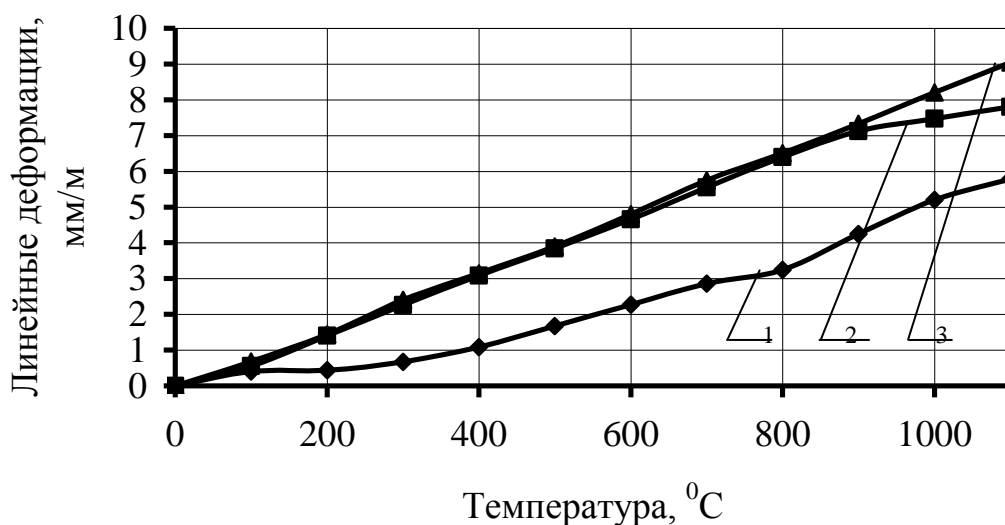


Рис. 2. Линейные температурные деформации муллитокорундового бетона с микрокремнеземом: 1,2,3 – соответственно номера прогрева

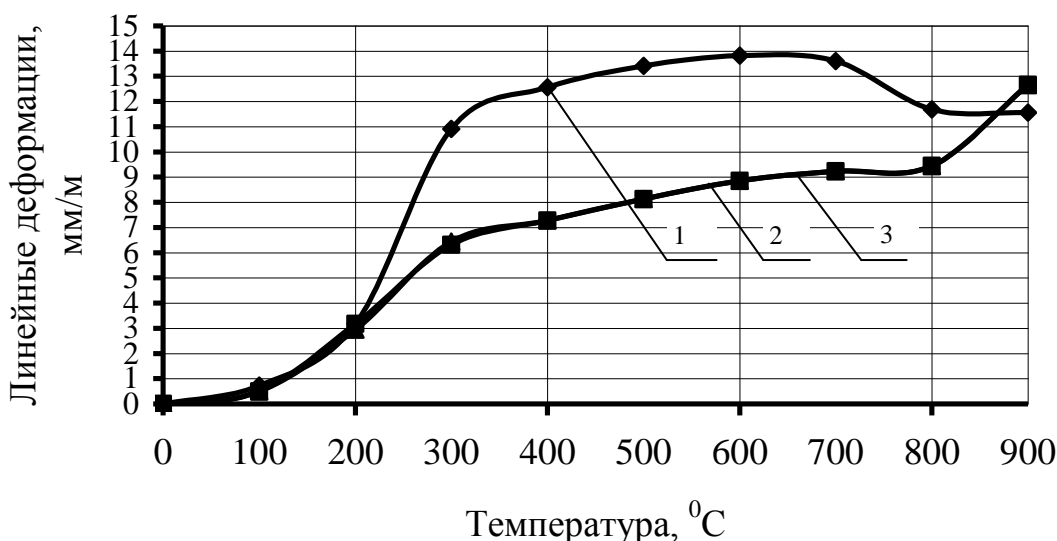


Рис. 3. Линейные температурные деформации кремнеземистого бетона с микрокремнеземом: 1,2,3 – соответственно номера прогрева бетона

Этот рост связан с разрыхлением камня вяжущего, т.к. происходит в результате обратимого модификационного превращения β -кварца в α -кварц при температуре $573\text{ }^{\circ}\text{C}$ [12].

При повторном нагреве кремнеземистые бетоны претерпевают, в основном, обратимые деформации вследствие перехода низкотемпературных

модификаций кремнезема в высокотемпературные и обратно. Наиболее существенное их расширение при нагреве и сокращение при охлаждении происходит в температурном интервале $20\text{-}400\text{ }^{\circ}\text{C}$. При этом коэффициент линейного температурного расширения бетонов, рассчитанный по данным рис. 3, составляет $21,7 \cdot 10^{-6}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$. При температурах $600\text{-}900\text{ }^{\circ}\text{C}$

коэффициент линейного температурного расширения бетонов значительно ниже и составляет $2,3 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

Результаты исследований показали, что разработанные алюмосиликатные бетоны с ШКП и кремнеземистые бетоны с

микрокремнеземом характеризуются низкими коэффициентами линейного температурного расширения. Это позволяет их эффективно использовать в огнеупорной отрасли.

Список литературы

1. Кононов, В.А. Производство огнеупорных материалов в России и перспективы его развития. Ч. 1. Структура и сырьевая база огнеупорных предприятий [Текст] / В.А. Кононов // Огнеупоры и техническая керамика. – 2001. – №12. – С. 30-41.
2. 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.
3. Хорошавин, Л.Б. Огнеупорная промышленность России и ее развитие [Текст] / Л.Б. Хорошавин. – Екатеринбург: ЦНТИ, 1998. – 52 с.
4. Аксельрод, Л.М. Огнеупорные бетоны нового поколения в производстве чугуна и стали [Текст] / Л.М. Аксельрод // Огнеупоры и техническая керамика. – 1999. – № 8. – С. 35-42.
5. Eguchi T., Takita J., Yoshito J. Et. Al. Low-cement-bonded castable refractories // Taikabutsu. Overseas. – 1989. – V.9. - №1. – P.10-25.
6. Пивинский, Ю.Е. Новые огнеупорные бетоны и вяжущие системы – основополагающее направление в разработке, производстве и применении огнеупоров в XXI веке. Ч. I. Тенденции развития, вяжущие системы [Текст] / Ю.Е. Пивинский // Огнеупоры и техническая керамика. – 1998. – № 2. – С.4-13.
7. Yuan S. Selfflowing castables with ultra-low cement-content // Interceram. – 1996. – V. 45. – № 4. – P.244, 246, 248.
8. Григорьев, П.Н. Растворимое стекло [Текст] / П.Н. Григорьев, В.И. Матвеев. – М.: Промстройиздат, 1989. – 97 с.
9. Химическая технология керамики и огнеупоров [Текст] / ред. П.П. Будников, Д.Н. Полубояринов. – М.: Стройиздат, 1972. – 552 с.
10. Стрелов, К.К. Теоретические основы технологии огнеупорных материалов [Текст] / К.К. Стрелов, И.Д. Кащеев. – М.: Металлургия, 1996. – 602 с.
11. Стрелов, К.К. Структура и свойства огнеупоров [Текст] / К.К. Стрелов. – М.: Металлургия, 1972. – 216 с.
12. Кайнарский, И.С. Динас [Текст] / И.С. Канарский. – М.: Metallurgizdat, 1961. – 469 с.

Ключевые слова: огнеупорные бетоны, жидкое стекло, температурные деформации, микрокремнезем.

Аннотации

Наведено результати досліджень лінійних температурних деформацій алюмосилікатних і кремнеземистих вогнетривких бетонів на основі рідкого скла з добавками шамотно-каолінового пилу і мікрокремнезему. Встановлено, що розроблені модифіковані алюмосилікатні і кремнеземисті бетони характеризуються низькими коефіцієнтами лінійного температурного розширення.

Приведены результаты исследований линейных температурных деформаций алюмосиликатных и кремнеземистых огнеупорных бетонов на основе жидкого стекла с добавками шамотно-каолиновой пыли и микрокремнезема. Установлено, что разработанные модифицированные алюмосиликатные и кремнеземистые бетоны характеризуются низкими коэффициентами линейного температурного расширения.

The results of the research of linear thermal deformations of alumina-silicate and silica refractory concretes on the basis of liquid glass with additives of chamotte-kaolin dust and microsilica. It is established, that the developed modified alumina-silicate and silica concretes are characterized by low coefficients of linear thermal expansion.