

7. Волокитин Г.Г. Оптимизация состава сырьевой смеси и технологического режима плазмохимического синтеза цементного клинкера с использованием методов математического планирования эксперимента / Г.Г. Волокитин, Н.К. Скрипникова, Н.А. Сазонова // Вестник ТГАСУ, 2011. – №4. – С. 146–151.
8. Гольдштейн Л.Я. Комплексные способы производства цемента / Л.Я. Гольдштейн. – Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1985. – 160 с.
9. Скрипникова Н.К. Особенности наноструктурированной матричной модели цементного клинкера при плазмохимическом синтезе / Н.К. Скрипникова, Н.А. Сазонова // Вестник ИрГТУ, 2013. – №8. – С. 33–37.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДОМЕННЫХ ШЛАКОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЖАРСТОЙКИХ БЕТОНОВ

**И.В. Фахретдинов**

Научный руководитель профессор В.М. Погребенков

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Перспективным направлением, отвечающим возросшим эксплуатационным требованиям и повышению экономической эффективности футеровки тепловых агрегатов предприятий промышленности строительных материалов, нефтехимической промышленности, черной и цветной металлургии и др., является совершенствование жаростойких бетонов, на основе которых можно изготовить сборные крупноразмерные изделия или монолитные конструкции [1].

Одним из экономически выгодных источников шлака, для производства шлакощелочного вяжущего, является утилизация отходов металлургической промышленности вблизи крупных металлургических комплексов. Шлакощелочные вяжущие представляют собой гидравлические вяжущие вещества, получаемые путем тонкого измельчения шлака совместно со щелочным компонентом или затворением молотого шлака растворами ряда соединений щелочных металлов: натрия, лития или калия. Экономическая эффективность данного сырья обусловлена большими объемами, доступностью отходов металлургической промышленности и минимальными затратами на транспортировку до строительного производственного комплекса [2].

Шлакощелочные бетоны имеют ряд существенных преимуществ, таких как паро- и водонепроницаемость, высокая морозостойкость и жаростойкость, устойчивость к действию агрессивных сред и, самое главное, существенно сниженные энергозатраты на производство. Применение жаростойких бетонов на основе шлакощелочных вяжущих при строительстве и ремонте тепловых агрегатов дает возможность механизировать производство, снизить трудоемкость процесса, применить более энергоэффективную безобжиговую технологию и повысить срок службы и производительность самих агрегатов.

Однако наиболее эффективным является использование металлургических шлаков в составе бетонов специального назначения: жаростойких, кислотоупорных и других бетонов, стойких к воздействию агрессивных сред [3].

Целью исследования является разработка составов и технологии жаростойких бетонов на основе шлакового вяжущего, активированного жидким стеклом.

Для достижения поставленной цели в работе решались следующие задачи:

- разработка составов жаростойких бетонов на основе шамотных заполнителей и шлакощелочного вяжущего;
- изучение влияния добавок доменного шлака на физико-механические и огневые свойства жаростойких композиций;
- разработка технологии безобжиговых жаростойких бетонов для футеровки печных вагонеток.

Для проведения исследования по улучшению характеристик жаростойких бетонов на основе шамотных заполнителей и шлакощелочного вяжущего были выбраны следующие компоненты: доменный шлак, бой шамотного кирпича, жидкое стекло. В качестве тонкомолотой добавки (отвердителя) применяли доменный шлак ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» с удельной поверхностью  $S_{уд} = 3100-3250 \text{ см}^2/\text{г}$ , химический состав шлака приведен в таблице 1.

**Таблица 1**

**Химический состав доменного шлака ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК»**

Содержание оксидов, мас. %						
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	MnO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O
37,84	13,41	37,82	8,69	0,54	-	-

Заполнителем является бой шамотного кирпича с гранулометрическим составом, представленным в таблице 2, в качестве активатора связки - натриевое жидкое стекло с модулем  $n = 1,5, 1,8, 2,0$  и плотностью  $\rho = 1,55 \text{ г/см}^3, 1,52 \text{ г/см}^3, 1,48 \text{ г/см}^3$  соответственно при соотношении компонентов, представленным в таблице 3.

Таблица 2

*Гранулометрический состав заполнителя*

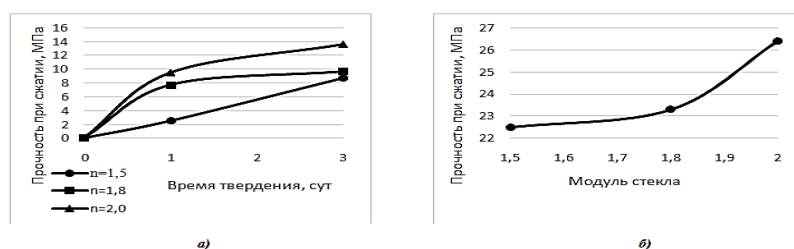
Заполнитель	Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	
	Фракция 0-1 мм	Фракция 1-3,25 мм
Бой шамотного кирпича	1,18	1,01

Таблица 3

*Содержание компонентов в бетонной композиции, мас. %*

Обозначение состава	Шамот фр. 1-3,25 мм	Шамот фр. 0,14-1 мм	Шлак S <sub>уд</sub> = 3100-3250 см <sup>2</sup> /г	Жидкое стекло
ЖБ	39,0	16,9	18,8	25,2

Шамотный кирпич был измельчен в щековой дробилке для получения необходимых фракций. В качестве вяжущего был использован тонкомолотый доменный шлак, затворенный жидким стеклом с разными модулями. Образцы в виде кубов со стороной 3 см готовили методом виброуплотнения, и испытывали после 3-х суточного твердения в воздушно-влажных условиях при t=25 °С.



**Рис. 1. Зависимость прочности образцов: а) от продолжительности твердения б) от модуля стекла после обжига при температуре 1000 °С**

Анализируя графики, представленные на рис.1, следует отметить, что предел прочности на сжатие образцов, твердеющих в воздушно влажных условиях, зависит от времени твердения и модуля жидкого стекла. Наилучшие результаты по пределу прочности показали образцы после 3 суточного твердения с n = 2,0 и составило 14,2 МПа. Показания прочности после обжига, также подтвердили о том, что при увеличении модуля жидкого стекла увеличивается прочность полученных образцов жаростойкого бетона 26,2 МПа.

Таблица 3

*Прочность образцов от содержания жидкого стекла (n=2,0, p=1,48 г/см<sup>3</sup>) и шлак*

Процентное отношение жидкого стекла к шлаку	Предел прочности при сжатии после 3 сут твердения, МПа	Предел прочности при сжатии после обжига при 1000°С, МПа
58:42	14,5	26,2
68:32	6,8	22,4
78:22	1,8	20,1
88:12	0,4	11,5

При увеличении количества жидкого стекла и уменьшении шлака образцы получились менее прочные, как после воздушно влажного твердения так и после обжига, что говорит о недостаточном количестве отвердителя, для связывания стекла и стягивания зерен заполнителя. Многократное увеличение прочности после обжига, по видимому, результат спекания, который способствует упрочнению структуры.

Таблица 4

*Прочность образцов от содержания заполнителя и шлака*

Процентное отношение заполнителя к шлаку	Предел прочности при сжатии после 3 сут твердения, МПа	Предел прочности при сжатии после обжига при 1000°С, МПа
56:44	14,5	26,2
54:46	17,0	25,1
49:51	19,4	24,3

До обжига более прочны образцы с большим исходным содержанием связки. После обжига более прочны образцы с меньшим исходным содержанием связки. Это обусловлено термическим разупрочнением связки в процессе обжига и относительно большей прочностью шамотного заполнителя по сравнению со связкой

Таблица 5

## Механические свойства полученного жаростойкого бетона

Прочность после 3 сут твердения, МПа	После обжига 1000°C			
	Прочность при сжатии, МПа	Прочность на изгиб, МПа	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Огневая усадка, %
14,5	26,2	7,0	1830	1,2

В результате эксперимента был получен легкий жаростойкий бетон класса В10, что соответствует строительной марке М150, с механическими свойствами, представленные в таблице 5.

## Литература

1. Очагова И.Г. Направления развития задачи огнеупорной промышленности / И.Г. Очагова// Новые огнеупоры., 2008. – №3. – С. 12.
2. Ахтямов Р.Р. Жаростойкий бетон повышенной термостойкости на шлакощелочном вяжущем / Р.Р. Ахтямов // Огнеупоры и техническая керамика., 2010. – N 3. – С. 46.
3. Глуховский В.Д., Пахомов В.А. Шлакощелочные цементы и бетоны. – К: Будивельник, 1978. – С.184 .

### КОМПЛЕКСНАЯ ОБРАБОТКА АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА

**И.Ю. Юрьев, А.А. Заяц, П.В. Космачев**

Научный руководитель профессор Н.К. Скрипникова

*Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск, Россия*

Промышленное производство стеновых материалов – керамического кирпича все больше сталкивается с нехваткой доброкачественных сырьевых материалов, обеспечивающих выпуск продукции, отвечающей требованиям рынка.

Разработка и внедрение новых эффективных материалов, обладающих высокими физико-механическими и теплофизическими характеристиками, является актуальной задачей современного материаловедения. Повсеместное применение технологий по утилизации промышленных отходов в производстве строительных материалов не только снимет обременяющие бюджет расходы на утилизацию, но и станет серьезным источником пополнения бюджетных средств, стимулом к расширению производства строительных материалов.

Уровень утилизации золошлаковых отходов (ЗШО) в России составляет около 4–5 %; в ряде развитых стран – около 50 %, во Франции и Германии – 70 %, а в Финляндии – около 90 % их текущего выхода [4].

Известно большое количество исследований по использованию зол в строительстве [1, 2], но практическое применение носит лишь эпизодический характер. Это связано, в основном, с различными исходными свойствами техногенного сырья. Даже при использовании угля одного месторождения на тепловых электростанциях, получаемая зола может значительно отличаться по своим свойствам – химическому и, особенно, гранулометрическому составу.

В связи с этим, не теряет актуальность разработка новых технологических решений, позволяющих производить эффективный керамический кирпич. Основной целью при этом является установление оптимального гранулометрического состава золы для получения керамического кирпича с требуемыми физико-механическими характеристиками. Обработанная должным образом зола ТЭС может позиционироваться, как полноценный сырьевой материал для получения керамического кирпича различной номенклатуры.

Учитывая то, что зола ТЭС, является отощителем, наиболее практично использовать полусухой способ производства кирпича для достижения максимального содержания алюмосиликатного отхода в зологлиняной шихте. Одним из способов достижения поставленной цели является использование комплекса мер по подготовке золы ТЭС, основными из которых является сушка и помол (диспергирование) сырья.

Ранее проведенные исследования [6] показали, что основным фактором, формирующим физико-механические свойства кирпича-сырца после прессования, являются силы сцепления частиц, величина которых в свою очередь зависит от минерального состава, структуры и гранулометрического состава зол, а также особенностей прессования (скорость прессования, время прессования и др.). Поэтому увеличить прочность изделий (сырца и готового изделия) можно путем нацеленного воздействия на механизм сцепления частиц.

При проведении исследований использовали золы ТЭС городов Томск и Северск и глину Верхового месторождения Томской области. Учитывая, что золы ТЭС в большинстве своем являются инертными по отношению к глине, а именно не вступают в химическую реакцию с глинистыми частицами с образованием новых соединений, одной из главных их характеристик является гранулометрический состав (табл.) и содержание негоревшего топлива. Количество углистых остатков в томской золе варьируется в пределах 4–6 %, в северской – доходит до 16–18 %.

Результаты гранулометрического ситового анализа (табл.) алюмосиликатного сырья показали, что томская зола более чем на 98 % состоит из частиц менее 63 мкм. Это может характеризовать её как сырья высокого качества для производства керамического кирпича. Анализируя зерновой состав северской золы, видим, что она представлена частицами различного размера, большая часть которых относится к пылеватой