

логический процесс включает однократный скоростной обжиг исходных смесей при температуре 1200-1220 °С с выдержкой 1 ч при максимальной температуре обжига. Выход кордиерита в получаемом продукте превышает 75–80 %.

#### Литература

1. Терещенко И.М., Попов Р.Ю. Исследования влияния гидрослюды на синтез кордиеритовой керамики //Тез. докл. III междунар. межвуз. науч. – техн. конфер. студентов, аспирантов и магистрантов, Гомель, 24-25 апреля 2003 г. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2003. – С. 138-141.
2. Влияние минерализующих добавок на свойства кордиеритсодержащей керамики /Л.Д. Зобина, Р.А.Тарнопольская, Я.Г. Белик, Т.В. Писарева //Огнеупоры. – 1983. – № 9. – С. 22.

## АНГИДРИТОВЫЕ ЦЕМЕНТЫ НА ОСНОВЕ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ

Я.В. Габрусева

*Учреждение образования «Белорусский государственный  
технологический университет», г. Минск*

Научный руководитель А.А. Сакович

В последнее десятилетие широко стали использоваться различные виды сухих смесей. В настоящее время уровень организации строительства определяется уровнем применения сухих смесей заводского производства. К числу перспективных сухих смесей, предназначенных для покрытий полов общественных и промышленных зданий, относятся самовыравнивающие мелкозернистые бетоны на ангидритовых цементах, сырьем для производства которых может служить фосфогипс Гомельского химического завода.

Известные в настоящее время технологии переработки фосфогипса на вяжущие материалы ( $\alpha$ - и  $\beta$ -полугидраты) не обеспечивают эффективного решения проблемы его утилизации. Они громоздки, требуют предварительной подготовки фосфогипса, а именно, сушки и отмывки от примесей, после чего образуется значительное количество сточных вод. Их необходимо подвергать нейтрализации и упариванию, что связано со значительными энергетическими затратами. Эти вяжущие материалы имеют низкую водостойкость и невысокие прочностные характеристики, что существенно ограничивает их применение.

Получение ангидритовых цементов осуществлялось с использованием фосфогипса Гомельского химического завода, железосодержащих отходов Белорусского металлургического завода (смесь пыли газоочистки и окалины) и местных карбонатных пород.

Предлагаемая технология ангидритового цемента проста и включает следующие пределы: приготовление сырьевого шлама на основе фосфогипса и добавок, его обжиг при 800–1000 °С, помол клинкера, хранение и отгрузку ангидритового вяжущего.

Приготовление сырьевого шлама для производства ангидритового цемента производилось в лабораторной мешалке с целью максимально имитировать заводские условия по приготовлению сырьевых шламов, т. к. наиболее реальным предпочтением для осуществления производства ангидритового цемента является ОАО «Керамзит», где в качестве основного оборудования для размучивания и перемешивания является болтушка.

Основные характеристики ангидритового цемента представлены в таблице 1.

Таблица 1

## Основные характеристики ангидритового цемента

Наименование свойств	Значение показателей
Водопотребность, %	20–25
Сроки схватывания, минут:	
начало	30–45
конец	80–180
Предел прочности при сжатии, МПа:	
через 3 суток твердения	23–30
через 28 суток твердения	30–38
Коэффициент размягчения	0,8–0,9
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1800–2000
Полная растекаемость с созданием самонивелирующейся поверхности, %	36–38

Вяжущее характеризуется высоким темпом набора прочности в ранние сроки. Приведенные показатели свидетельствуют о том, что ангидритовый цемент существенно отличается по своим свойствам от строительного гипса, для которого характерны водопотребность на уровне 60 %, коэффициент размягчения – менее 0,35, время твердения не более 15 мин. Предлагаемый цемент по своим свойствам, однозначно превосходя известные гипсоангидритовые вяжущие, имеет ряд преимуществ и перед портландцементом в некоторых областях его применения. Это прежде всего высокая подвижность при относительно малом обводнении. Получение на основе портландцемента высокоподвижных растворов, способных растекаться, образуя самонивелирующую поверхность, например, при изготовлении полов, подготовке под линолеум или паркет, сопряжено со значительными трудностями. Обводнение не может быть более 60 %, так как далее наступает расслоение воды и теста. При этом тесто еще недостаточно подвижно, для дальнейшего увеличения его подвижности необходимо применять суперпластификаторы.

Ангидритовый цемент образует высокоподвижное тесто уже при содержании 38 % воды. Это обусловлено кристалличностью его структуры, тогда как растворы портландцемента представляют собой аморфную силикатную систему, образующую структурированные водные гели. Тесто ангидритового вяжущего при обводнении на уровне 38 % полностью растекается, создавая самонивелирующуюся поверхность. Добавки пластификаторов не требуется. Высаливание водной фазы составляет менее 2 %, вяжущее является быстротвердеющим, причем высокая прочность, как уже говорилось, набирается в ранние сроки твердения.

Проведенный комплекс физико-химических исследований позволил установить образование при синтезе гидравлически активной фазы двухкальциевого феррита. Из литературы известно [1-2], что вместе с присоединением воды двухкальциевого феррита, процесс его гидратации сопровождается гидролитическим разложением. Причем, гидролиз данного соединения идет с выделением СаО. Таким образом, ускорение гидратационных и кристаллизационных процессов при твердении ангидритового цемента заключается в целенаправленном синтезе двухкальциевого феррита при термообработке исходной сырьевой шихты, который является не только носите-

лем прочности, но и выполняет роль активатора в процессе твердения за счет гидролиза данного соединения, идущего с выделением оксида кальция.

Исследование процесса гидратации двухкальциевого феррита ( $2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) в присутствии ангидрита ( $\text{CaSO}_4$ ) проводили с использованием модельных смесей.

Для исследования использовали два состава модельных смесей:

1 состав – двухкальциевый феррит;

2 состав – двухкальциевый феррит + 10 % сульфата кальция.

Результаты по определению физико-механических свойств исследуемых составов представлены в таблице 2.

Таблица 2

### Влияние ангидрита на прочность двухкальциевого феррита

Состав смеси	Предел прочности при сжатии (МПа), в возрасте			
	1 сут.	3 сут.	7 сут.	28 сут.
$2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	7,3	13,2	18,3	24,0
$2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaSO}_4$	15,8	21,1	22,8	29,1

Как видно из результатов, приведенных в таблице 2, присутствие ангидрита оказывает существенное влияние на процессы гидратации и структурообразование камня двухкальциевого феррита. Состав, содержащий ангидрит, характеризуется более высоким темпом набора прочности по сравнению с препаратом, где он отсутствует, что подтверждают результаты дифференциально-термического анализа. На дериватограмме образца  $\text{C}_2\text{F}$  (двухкальциевый феррит), гидратированного в течение трех суток, на кривой ДТА появляется ряд сильных эндотермических эффектов. Эндозффект с минимумом при температуре  $165^\circ\text{C}$  связан с дегидратацией гексагонального тринадцативодного четырехкальциевого гидроферрита ( $4\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 13\text{H}_2\text{O}$ ). Эндозффекты при  $340$ ,  $450$  и  $515^\circ\text{C}$  свидетельствуют о ступенчатой дегидратации кубического шестиводного гидроферрита кальция ( $3\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ). Эндозффект на кривой ДТА при  $800^\circ\text{C}$  обусловлен разложением безводных ферритов кальция и декарбонизацией карбоната кальция ( $\text{CaCO}_3$ ), который образовался за счет карбонизации гидроксида кальция в процессе гидролиза  $\text{C}_2\text{F}$ . На дериватограмме  $\text{C}_2\text{F}$  с 10 % ангидрита ( $\text{CaSO}_4$ ) отмечаются отличия. Здесь нет четкого разделения эндотермических эффектов в низкотемпературной области. Перегиб на кривой ДТА при  $115^\circ\text{C}$  и эндозффект с минимумом при  $220^\circ\text{C}$  характерен для твердого раствора и гидросульфферрита кальция. Присутствие эндозффектов при температурах  $310$ ,  $440$  и  $490^\circ\text{C}$  вызвано ступенчатой дегидратацией  $3\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Указанные эффекты имеют значительно меньшую эффективность и идут с незначительной потерей массы.

Следовательно, присутствие ангидрита меняет направленность процессов гидратации  $\text{C}_2\text{F}$  и способствует образованию гидратов другой структуры и морфологии. В результате активации процессов гидратации происходит значительное увеличение прочности по сравнению с чистым минералом. Связано это с образованием твердых растворов гидросульфферрита кальция и гидроферритами.

Ряд составов ангидритового цемента может быть рекомендован для разработки рецептур сухих строительных смесей шпаклевочного и штукатурного назначения. Штукатурка на основе ангидритового цемента является декоративной, хорошо окрашивается пигментами как минеральными, так и органического происхождения. Подобный результат может быть получен только на белом цементе, стоимость кото-

рого соответственно в несколько раз выше и который в Республике Беларусь не производится.

Введение в состав сырьевой шихты определенного количества карбонатных пород интенсифицирует темп набора прочности твердеющей системы и обеспечивает получение составов вяжущих композиций, пригодных для создания рецептур сухих смесей различного назначения.

К достоинствам предлагаемой технологии следует отнести следующее:

- обширный рынок сбыта ангидритового цемента, что обусловлено отсутствием в Республике Беларусь достаточного количества гипсовых вяжущих;
- использование в качестве основного сырья (до 90 %) практически «бесплатного» фосфогипса, а в качестве добавок – других отходов промышленности и дешевого минерального сырья, что вместе с низкой температурой обжига ангидритового цемента, при примерно одинаковой отпускной цене на качественные гипсовые вяжущие и портландцемент, делает его производство высокорентабельным;
- возможность внедрения технологии на простаивающем производстве ОАО «Керамзит», оснащенного всеми необходимыми коммуникациями и готовыми производственными мощностями.

#### Литература

1. Тейлор Х. Химия цемента: Пер. с англ. – М.: Мир, 1996. – 560 с.
2. Горшков В.С., Тимашев В.В., Савельев В.Г. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ. – М.: Высшая школа, 1981. – 335 с.

## ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ БЫТОВЫХ ИЗДЕЛИЙ ВЫСОКОЙ ТЕРМОСТОЙКОСТИ

О.В. Кичкайло

*Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», г. Минск*

Научный руководитель И.А. Левицкий

В настоящее время термостойкие керамические материалы пользуются повышенным спросом на мировом рынке изделий бытового назначения (кофеварки, жаровни для тушения, сковородки и т. п.), а их производство является перспективным и экономически целесообразным.

Целью настоящего исследования является разработка керамических масс для производства универсальной термостойкой посуды, предназначенной для приготовления пищи на любых источниках нагрева: открытый огонь, электроплита, духовой шкаф, печь СВЧ и т. д.

По сравнению с аналогичными видами продукции, изготавливаемыми из алюминия и чугуна, термостойкие керамические изделия являются более конкурентоспособными ввиду безвредности их составов, а также экологической чистоты производства. Данная разработка является особенно актуальной в связи с увеличением спроса на качественные жаростойкие керамические изделия, которые в настоящее время импортируются небольшими партиями из Нидерландов, Бразилии и других стран. В Республике Беларусь и странах ближнего зарубежья производство подобных термостойких керамических изделий хозяйственного назначения отсутствует.