

Н.М. Шалухо, канд. техн. наук
М.И. Кузьменков, проф., д-р техн. наук
Д.И. Ратомский, студ.
(БГТУ, г. Минск)

МАЛОЭНЕРГОЕМКИЕ СМЕШАННЫЕ ЦЕМЕНТЫ С РАЗЛИЧНЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ НАСЫЩЕНИЯ

Одним из перспективных направлений по снижению тепловых затрат в производстве портландцемента является частичная замена высокоосновного на низкоосновный клинкер, т. е. переход на смешанные цементы.

Перспективность смешанного цемента, получаемого совместным помолом клинкеров различного коэффициента насыщения базируется на том, что получение низкоосновного клинкера менее энергоемкое, а, следовательно, можно достичь снижения расхода топлива за счет меньшего содержания в сырьевой смеси CaCO_3 , разложение которого является сильно эндотермическим процессом. Достаточно указать, что высокоосновный клинкер, производимый в настоящее время обжигается при 1450°C , в то время как низкоосновный – при $1300\text{--}1350^\circ\text{C}$ [1]. Кроме того, при получении низкоосновного клинкера увеличивается компания печи вследствие более низких температур обжига и сокращается длина печи на 15%, снижается эмиссия NO_x в связи с уменьшением количества сжигаемого топлива [2].

Для производства низкоосновного клинкера использовали мел (карьер «Старовина» Гродненский р-н), полиминеральную глину (месторождение «Криница» Волковысский р-н), пиритные огарки (ОАО «Фосагро», г. Череповец, Россия).

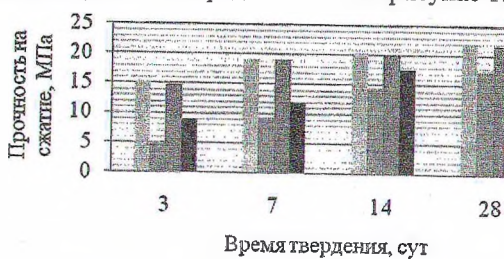
В качестве высокоосновного клинкера использовали промышленный клинкер ОАО «Белорусский цементный завод».

Гранулы, приготовленные из указанных сырьевых материалов с коэффициентом насыщения KH , определяемым из выражения $\text{KH} = \text{CaO} - 1,65\text{Al}_2\text{O}_3 - 0,35\text{Fe}_2\text{O}_3 / 2,87\text{SiO}_2$ имели значения 0,67, 0,70 и 0,73. Обжиг их производили при температуре 1300°C с выдержкой в течение 90 мин в лабораторной муфельной печи со скоростью подъема температуры $10^\circ\text{C}/\text{мин}$.

Помол клинкеров осуществлялся в лабораторной вибрационной мельнице RetschRM 100 совместно с природным гипсом, вводимом в количестве 3% от массы клинкера в течение одинакового времени, при котором достигалась тонина помола, контролируемая по остатку на сите № 008 (не более 8–10%).

Контроль качества обжига клинкера осуществляли по содержанию в нем свободного оксида кальция.

Прочность на сжатие образцов смешанного цемента, твердевших в воздушных условиях представлены на рисунке 1.



■ КН=0,92 ■ КН=0,67 ■ КН=0,70 ■ КН=0,73

Рисунок 1 – Зависимость прочности образцов смешанных цементов, содержащих 10% низкоосновного клинкера от времени твердения

Анализ гистограммы показал, что величина КН низкоосновных клинкеров существенно влияет на прочностные свойства смешанных цементов.

Из рисунка 1 видно, что прочность высокоосновного цемента (контрольного образца) и смешанного цемента с КН = 0,70, практически одинакова на протяжении всего времени твердения и к 28 сут составила 22 МПа. Прочность смешанного цемента с КН = 0,67 ниже на 4,5 МПа прочности контрольного образца, а прочность смешанного цемента с КН = 0,73 составила 20,2 МПа.

Следовательно, оптимальным значением величины КН низкоосновного клинкера можно считать равным 0,70. Такой же вывод следует из анализа результатов исследования прочности вышеуказанных образцов, твердевших в водной среде. Однако в этом случае наблюдается значительное превышение прочности смешанного цемента по сравнению с контрольным в ранние сроки твердения, достигающее в 14-суточном возрасте 14 МПа.

Введение в состав смешанных цементов низкоосновных клинкеров в количестве 20% от массы высокоосновного оказывает существенно различное воздействие на прочностные свойства образцов, твердевших в воздушных условиях (рисунок 2).

Из рисунка 2 видно, что прочность смешанного цемента, с заменой 20% высокоосновного клинкера низкоосновным с КН = 0,70, практически соответствует прочности контрольного образца и составила 21,5 МПа. Однако, прочность на сжатие смешанных цементов с

КН = 0,67 и КН = 0,73 в первые 7 сут. ниже практически в 2 раза, а к 28 сут. снижается на 20% и 12%, по сравнению с контрольным соответственно.

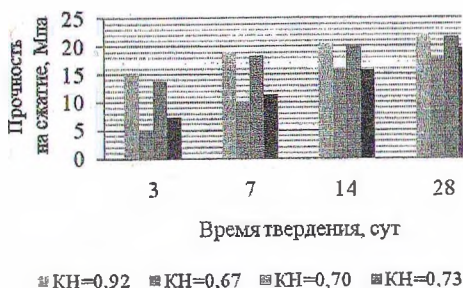


Рисунок 2 – Влияние величины КН клинкера смешанных цементов на прочность

Следовательно, при 20%-ной замене высокоосновного клинкера на низкоосновный, наилучшие прочностные показатели у смешанного цемента наблюдаются также на образцах со значением КН = 0,70.

При твердении образцов смешанного цемента в водной среде характер влияния величины КН сохраняется с той разницей, что оптимальный состав обладает более высокой прочностью в ранние сроки твердения по сравнению с контрольным вплоть до 28-суточного возраста.

При увеличении дозировки низкоосновных клинкеров в составе смешанных цементов до 30% характер влияния значения КН на прочностные свойства образцов сохраняется (рисунок 3).

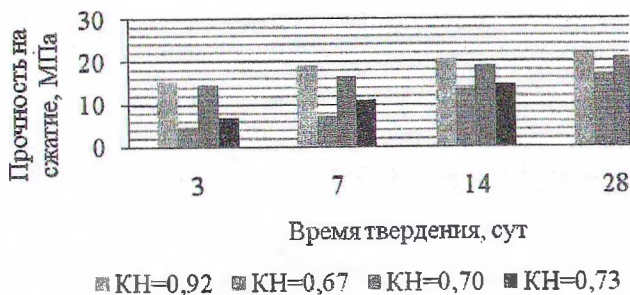


Рисунок 3 – Влияние времени твердения на прочность высокоосновного и смешанных цементов в воздушных условиях

Из рисунка 3 видно, что смешанный цемент с низкоосновным клинкером с $KH = 0,70$ во все сроки твердения в воздушных условиях проявлял прочностные свойства, не уступающие практически тем, что присущи контрольному образцу, т. е. состоящему из высокоосновного клинкера.

Дальнейшее увеличение содержания в составе смешанных цементах низкоосновного клинкера до 40% приводит к снижению примерно в два раза прочности на сжатие образцов по сравнению с контрольным, что свидетельствует о нецелесообразности введения в цемент такого количества низкоосновного клинкера.

Рентгенофазовое исследование минералогического состава смешанных цементах показало, что в них присутствуют C_3S , C_2S , C_3A и C_4AF , т. е. те же фазы, что и в высокоосновном цементе, с той лишь разницей, что интенсивность основных рефлексов C_3S заметно меньше, а C_2S , наоборот, большая. Это согласуется с данными [2] об отличии минералогического состава низкоосновного клинкера, а следовательно, и смешанных цементах. Изучение водопотребности, времени начала и конца схватывания цементного теста показало, что их значения соответствуют требованиям ГОСТ 310.1–76.

Таким образом, данное поисковое исследование, выполненное с использованием отечественных сырьевых материалов, дает основание считать, что производство малоэнергоёмких смешанных цементах целесообразно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гольдштейн, Л.Я. Энергосбережение при одновременном повышении качества цемента / Л.Я. Гольдштейн // ALITinform. Цемент. Бетон. Сухие смеси. – 2009. – № 4–5. – С. 34–42.
2. Судакас, Л.Г. Проблема низкоосновных клинкеров / Л.Г. Судакас // Цемент, 1992. – № 2. – С. 65–70.

УДК 691.002.5

Э.И. Левданский, проф., д-р техн. наук
И.В. Дробов, студ.
И.А. Левданский, студ.
(БГТУ, г. Минск)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПОДГОТОВКИ СИЛЬВИНИТОВОЙ РУДЫ ПЕРЕД ФЛОТАЦИЕЙ

Одним из главных показателей работы обогатительных фабрик является степень извлечения хлористого калия из руды. Этот показа-