

УДК 625.821.5:658.567

Базаянц Г.В., д.т.н.

АДИ ДонНТУ, г. Горловка

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА БЕТОНА НА ОСНОВЕ ПРОДУКТОВ СУХОЙ ДЕСУЛЬФУРИЗАЦИИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ УГОЛЬНЫХ ТЭС

Показано, что сырьевая смесь, включающая 85% продуктов сухой десульфуризации дымовых газов украинских угольных ТЭС и 15% цемента, обеспечивает плотность бетона 1,76 г/см³, прочность при сжатии 35 МПа, водопоглощение 0,5% и морозостойкость более 50 циклов.

Постановка проблемы

Сухая очистка от оксидов серы дымовых газов угольных ТЭС пылевидным известняком достаточно широко распространена за рубежом [1]. Выбор этого метода газоочистки зачастую определяется наличием внешнего потребителя образующейся мелкодисперсной золовой смеси, включающей значительную долю кальцийсодержащих продуктов. Учитывая огромный выход этой смеси, одним из массовых ее потребителей в Украине могла бы стать строительная отрасль. Однако из-за отсутствия на отечественных ТЭС десульфуризационных установок этого типа опыта массовой утилизации продуктов газоочистки не имеется. Ситуация усложняется тем, что составы продуктов газоочистки за рубежом значительно отличаются от составов планируемых к внедрению отечественных установок, поскольку украинские ТЭС сжигают гораздо более зольные и сернистые угли.

Целью исследования является изучение возможности использования пылевидного продукта сухой десульфуризации дымовых газов украинских угольных ТЭС в качестве основного сырьевого компонента бетона, пригодного для промышленного и гражданского строительства.

Результаты опытов

Эксперименты выполнены на модельных смесях следующего состава, % масс.: зола и инертные примеси известняка 67 – 70; $CaCO_3$ 4 – 5; $CaSO_3$ и $CaSO_4$ (суммарно) 12 – 13; $Ca(OH)_2$ 12 – 17. Летучую золу отбирали из электрофильтров пылеугольных котлов энергоблоков мощностью 300 МВт Зуевской ГРЭС-2 при их работе на донецких углях марки АШ. Остальные компоненты модельной смеси вводили в виде химических реактивов. В качестве добавки к смеси использовали портландцемент марки 400.

Отработка технологии и изучение свойств бетона выполнены на лабораторных образцах диаметром и высотой 50 мм. Санитарно-гигиенические свойства бетона исследованы Донецким государственным областным объединением защиты здоровья населения с оформлением токсиколого - гигиенического паспорта и сертификата радиационного качества.

На первом этапе исследований пылевые продукты газоочистки смешивали с цементом в соотношении 85:15, смесь увлажняли водой (18 – 25% сверх 100%) и прессовали образцы при давлении 22 – 27 МПа с последующей выдержкой в течение 28 суток до набора прочности. Никакие заполнители (песок, щебень и пр.) не использовались. Их роль выполняла зола, содержащаяся в продуктах газоочистки. При этом предполагали, что имеющиеся в сырьевой смеси карбонат, сульфит, сульфат и гидроксид кальция в присутствии воды реагируют с кремнеземсодержащими компонентами золы и минеральными составляющими цемента. Известно [2], например, что сульфат кальция активно взаимодействует с гидроалюминатом, а гидроксид кальция – с углекислотой воздуха с образованием карбоната и одновременным

гидратным твердением, в ходе которого кристаллы гидроксида кальция срастаются, образуя твердое камнеподобное тело.

Применение сравнительно высокого процессового давления при формовании образцов объясняется жесткостью бетонной смеси исследуемого состава и необходимостью обеспечения достаточной прочности отформованных образцов при последующих их перемещениях.

Плотность образцов после 28 суток твердения составила $1,76 \text{ г/см}^3$, а их прочность при сжатии (при 15% - ном содержании цемента в сухой массе сырьевой смеси) оказалась равной 35 МПа , водопоглощение готовых образцов составило 0,5%, а морозостойкость превысила 50 циклов. Токсиколого-гигиенические свойства и радиационное качество бетона оказались приемлемыми для его использования во всех видах строительства без ограничений.

Следующей серией экспериментов была показана возможность сокращения сроков твердения бетона. Это было достигнуто тепловлажностной обработкой (ТВО) в пропарочной камере, что, как известно, является основным способом интенсификации процесса набора прочности цементных систем. При этом учитывали, что прочность изделий зависит от марки и дозировки цемента, влажности сырьевой смеси, давления прессования при формовании изделий, температуры и длительности ТВО.

При оптимизации технологии получения бетона использовали метод математического планирования эксперимента. В качестве варьируемых использовали три фактора:

- x_1 – содержание цемента в сырьевой смеси, %;
- x_2 – температура изотермической выдержки, °C;
- x_3 – длительность изотермической выдержки, час.

Выходными параметрами оптимизации являлись, во-первых, прочность образцов после ТВО в возрасте одних суток R^{III_1} и 28 суток твердения $R^{III_{28}}$, а во-вторых, коэффициенты эффективности ТВО для тех же сроков твердения K^{TBO_1} и $K^{TBO_{28}}$. В качестве этих коэффициентов принимали соотношения:

$$K^{TBO_1} = R^{III_1} / R^{HT_{28}},$$

$$K^{TBO_{28}} = R^{III_{28}} / R^{HT_{28}},$$

где $R^{HT_{28}}$ - прочность образцов нормального твердения (температура 20°C, влажность среды 98 – 100%) в возрасте 28 суток.

Показатель $R^{HT_{28}}$ является стандартным для цементных систем и характеризует марку бетона по прочности.

В результате получены следующие зависимости, МПа:

$$R^{III_1} = 5,09 + 1,7x_1 + 2,7x_2 + 0,61x_1x_2,$$

$$R^{III_{28}} = 12,94 + 3,35x_1 + 2,46x_2 - 2,58x_2x_3.$$

Анализ полученных зависимостей для выбранных диапазонов измерения варьируемых факторов $x_1 = 10 \pm 5$; $x_2 = 80 \pm 20$; $x_3 = 6 \pm 2$ позволяет сделать следующие выводы:

1. На прочность образцов в возрасте одних суток влияют только два фактора: дозировка цемента x_1 и температура твердения в пропарочной камере x_2 , при этом влияние второго фактора проявляется сильнее.

2. На прочность в возрасте 28 суток (марочную для цементных систем) наибольшее влияние оказывает расход цемента x_1 и температура пропаривания образцов x_2 , тогда как длительность пропаривания x_3 сказывается косвенно через коэффициент при x_2x_3 , причем для низких температур 60-70°C максимальная прочность соответствует образцам, выдержан-

ным в камере в течение 4 часов. Можно предположить, что этот эффект является следствием деструкционных процессов, протекающих при твердении образцов в течение 28 суток после ТВО, так как на прочность образцов в возрасте одних суток после ТВО совместное влияние факторов x_2 и x_3 не отмечено. Длительная выдержка образцов в пропарочной камере при температуре выше 80°C , вероятно, оказывает активирующее воздействие на дальнейшее развитие внутренних напряжений, снижающих прочность бетона.

Для коэффициентов эффективности тепловлажностной обработки бетона получены следующие зависимости:

$$K^{TBO_1} = 0,425 + 0,235x_1,$$

$$K^{TBO_{28}} = 1,106 + 0,224x_2 - 0,235x_2x_3.$$

Их анализ приводит к следующему заключению:

1. Эффективность ТВО определяется главным образом температурой обработки в пропарочной камере (фактор x_1).

2. Для образцов в возрасте одних суток коэффициент K^{TBO_1} изменяется в пределах 0,19-0,66, что соответствует доле их прочности от марочной; для достижения величины K^{TBO_1} не менее 0,6 необходимо в пропарочной камере поддерживать температуру не ниже 95°C .

3. Для образцов в возрасте 28 суток коэффициент эффективности ТВО изменяется в пределах 0,65-1,57, то есть в зависимости от температуры и продолжительности ТВО бетон длительного твердения может иметь прочность как ниже марочной (например, при $T = 60^\circ\text{C}$ и $t = 8$ часов), так и значительно выше ($T = 100^\circ\text{C}$ и $t = 4$ часа), причем коэффициент совместного влияния x_2 , x_3 , так же, как и для $R^{III_{28}}$, имеет отрицательное значение. Таким образом, совместное влияние температуры и длительности ТВО на величину $K^{TBO_{28}}$ идентично.

Выводы

Продукты сухой десульфуризации дымовых газов украинских угольных ТЭС с добавкой цемента являются перспективным материалом для дорожного строительства. Сырьевая смесь, включающая 85% таких продуктов и 15% портландцемента марки 400, обеспечивает плотность бетона $1,76 \text{ г/см}^3$, прочность при сжатии 35 МПа , водопоглощение 0,5% и морозостойкость более 50 циклов. Тепловлажностная обработка бетона сокращает цикл его твердения до 4-8 час.

Список литературы

1. Сигал И.Я., Домбровская Э.И., Дулак А.С. Методы снижения выбросов оксидов азота и серы в атмосферу электростанциями США. – К.: Науч.-техн. союз энергетиков и электротехников Украины, 1992. — 37 с.
2. Баженов Ю.М. Технология бетона: Учеб. пособие для технол. спец. строит. вузов. — 2-е изд., перераб. – М.: Высш.шк., 1987. — 415 с.

Стаття надійшла до редакції 31.01.06

© Базаянц Г.В., 2006