

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»
(ПГУАС)

УСКОРЕННЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СВОЙСТВ ВЯЖУЩИХ СТРОИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Методические указания
по выполнению самостоятельных работ

Под общей редакцией доктора технических наук,
профессора Ю.П. Скачкова

Пенза 2013

УДК 691.5.58 (075.8)
ББК 38.3 я 73
У75

*Методические указания подготовлены в рамках проекта
«ПГУАС – региональный центр повышения качества подготовки
высококвалифицированных кадров для строительной отрасли»
(конкурс Министерства образования и науки Российской Федерации –
«Кадры для регионов»)*

Рецензенты: кандидат технических наук, профессор кафедры «Техническое управление качеством», проректор по непрерывному образованию В.А. Худяков (ПГТА);
кандидат технических наук, доцент кафедры «Стандартизация, сертификация и аудит качества» Л.В. Макарова (ПГУАС)

Ускоренные методы определения свойств вяжущих строительного назначения: метод. указания по выполнению самостоятельных работ / М.О. Коровкин, А.В. Зоткин; под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Ю.П. Скачкова. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 16 с.

Изложены ускоренные методы исследования прочностных свойств некоторых вяжущих веществ. Приведены рекомендации по использованию количественных и качественных критериев комплексной оценки свойств вяжущих материалов для корректировки технологических режимов и рецептурных составов.

Методические указания направлены на овладение технологией, методами доводки и освоение технологических процессов строительного производства, производства строительных материалов, изделий и конструкций, машин и оборудования.

Методические указания подготовлены на кафедре «Технологии строительных материалов и деревообработки» и базовой кафедре ПГУАС при ОАО «ЖБК-1» и предназначены для использования обучающимися по программе переподготовки «Технология производства строительных материалов и изделий» при выполнении самостоятельных работ.

© Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, 2013
© Коровкин М.О., Зоткин А.В., 2013

1. ЭКСПРЕСС-МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЯ АКТИВНОСТИ ЦЕМЕНТА

Для эффективного использования цемента необходима точная и своевременная информация о его свойствах. Стандартный метод определения активности цемента не отвечает этим требованиям прежде всего из-за длительности испытаний – 28 суток. Получение результатов в столь поздние сроки не обеспечивает своевременного назначения составов цементных бетонов. Поэтому для получения оперативной и достоверной информации об активности цемента необходимо использовать экспресс-методы, позволяющие в течение нескольких часов получать результаты, сопоставимые с результатами стандартных испытаний цемента.

Цель работы: испытать несколько партий цементов экспресс-методами и определить сходимость результатов, полученных с использованием экспресс-методов и стандартного метода.

Приборы и материалы:

1. Прибор из серии «Рapid» для определения времени разогрева цементного теста.
2. Термометр.
3. Емкости для цементного теста.
4. Колбы вместимостью 1 л.
5. Мерные цилиндры на 50, 100 и 250 мл.
6. Штатив с бюреткой для титрования.
7. Три-пять партий портландцемента одного цементного завода.
8. Консистентная смазка.
9. Раствор соляной кислоты (0,1 нормальный).

Методика выполнения работы

1. Термокинетический метод определения свойств цемента «РАПИД»

Часть воды при затворении цемента адсорбируется на частицах цемента и гидратных новообразованиях в виде пленочной воды. Теория метода «РАПИД» основывается на предположении зависимости активности цемента от количества адсорбированной на поверхности частиц цемента воды. Для количественного определения адсорбции в данном методе используют различие в свойствах объемной и пленочной воды.

Для определения активности цемента необходимо установить статистическую зависимость между временем разогрева или охлаждения цементного теста до определенной температуры и активностью цемента, определенной по стандартной методике.

Для реализации метода существуют приборы различной конструкции. В лабораторной работе используется упрощенный вариант термокинетического метода [1], когда об активности цемента судят по скорости остывания цементного теста от 70 °С до комнатной температуры.

Для проведения испытаний 150 г цемента и 45 мл воды разогревают до $t = 80$ °С. Цемент тщательно и быстро перемешивают с водой, после чего цементное тесто помещают в специальную емкость и в него погружают термометр, предварительно смазанный консистентной смолой (солидоллом, циатимом и др.). С помощью секундомера определяют время остывания цементного теста от 70 до 25 °С.

Методика построения градуировочного графика и определения погрешности. Зависимость активности цемента от скорости остывания цементного теста рассчитывается по линейному уравнению

$$R_H = A + B \cdot \tau_0, \quad (1)$$

где R – активность цемента, МПа;

τ_0 – время остывания цементного теста, с;

A, B – эмпирические коэффициенты

Коэффициенты уравнения находятся по формулам:

$$A = \bar{R} - B \cdot \bar{\tau};$$

$$B = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{R} - R_i) \cdot (\bar{\tau} - \tau_i)}{\sum_{i=1}^n (\bar{\tau} - \tau_i)^2};$$

здесь \bar{R}, R_i – соответственно среднее значение и значение в i -м опыте активности цемента, определенного по методике ГОСТ 310.3–81;

$\bar{\tau}, \tau_i$ – соответственно среднее значение и значение в i -м времени остывания цементного теста.

Погрешность градуировочной зависимости оценивается величиной среднего квадратичного отклонения и определяется по формуле

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{R}_i - R_i)^2}{N - 1}}.$$

Градуировочная зависимость должна иметь среднеквадратичное отклонение S , не превышающее 12 % от $R_{ср}$, то есть должно выполняться следующее условие: $(S / \bar{R}) \cdot 100 \% \leq 12 \%.$

Градуировочная зависимость может быть найдена с помощью программы Microsoft Excel. Для этого полученные данные по определению прочности стандартным методом и ее косвенной характеристики (время нагревания и остывания цементного теста) вводятся в таблицу (рис. 1).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2		t, сек	R, Мпа							
3		224	37,4							
4		296	43,4							
5		272	41,3							
6		254	40,4							
7		244	39,4							
8		281	42,4							
9		240	38,4							
10										
11										
12										
13										

Рис. 1. Таблица зависимости прочности от ее косвенной характеристики

Затем с помощью мастера диаграмм строят точечный график зависимости прочности R от времени нагревания (остывания) цементного теста t (рис. 2).

На полученный график добавляют линию тренда линейного типа, выбирая в закладках «Параметры» опции «Показать уравнение на диаграмме» и «Поместить на диаграмму величину достоверности аппроксимации (R^2)». После выполнения этого действия на графике появится уравнение, в котором первый и второй коэффициенты – коэффициенты B и A уравнения (1), соответственно (рис. 3).

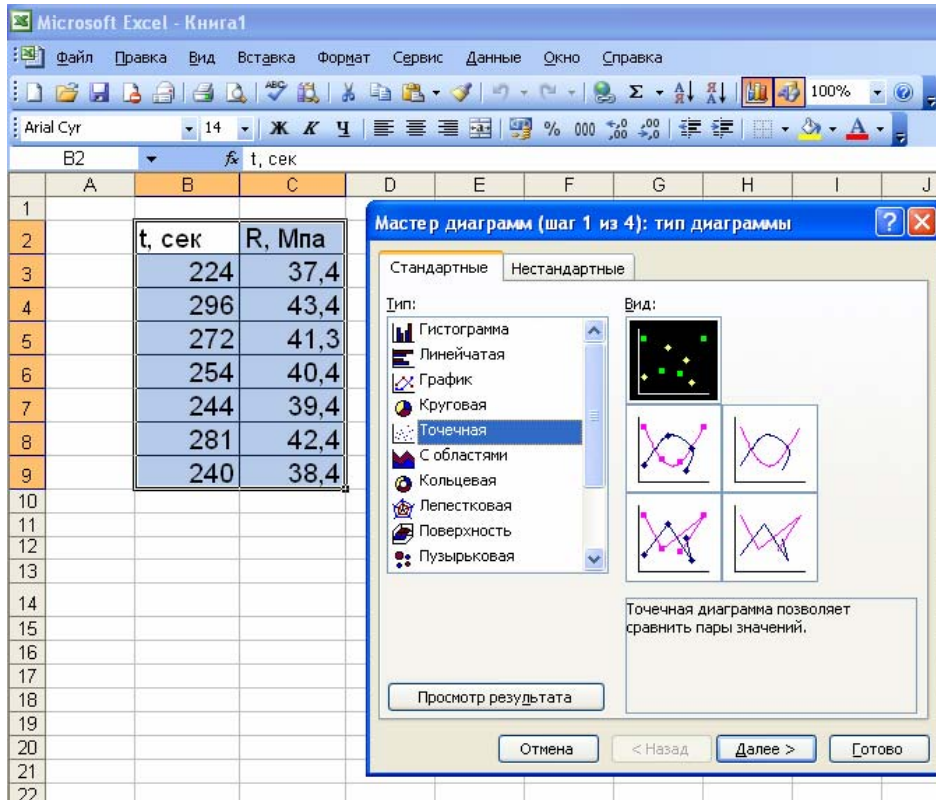


Рис. 2. Построение графика зависимости прочности от ее косвенной характеристики

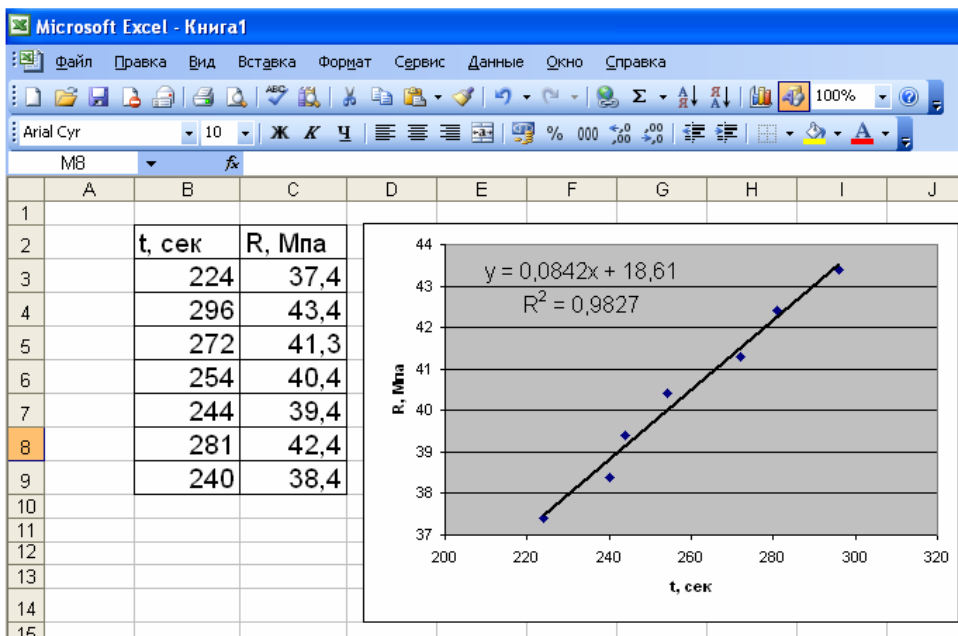


Рис. 3. Таблица, график и уравнение зависимости прочности от времени нагрева (остывания) цементного теста

2. Определение активности цемента по концентрации гидролизной извести

Метод определения активности цемента основан на выявлении действующего количества силикатных фаз – главных носителей его прочности. В качестве показателя этого количества используется концентрация гидролизной извести $\text{Ca}(\text{OH})_2$, выделяемой цементом после 5-часовой гидратации цементной суспензии при $t = 20\text{ }^\circ\text{C}$. По интенсивности гидролиза силикатов в суспензии можно судить о химическом потенциале цемента.

Определение активности цемента по этому методу производят в такой последовательности:

1. В стеклянную колбу вместимостью 1 л с притертой пробкой заливают дистиллированную воду в количестве, рассчитанном по формуле

$$V = 8 \cdot K,$$

где K – нормальная густота цементного теста, %.

2. Отвешивают 10 г цемента, высыпают его в воду и отмечают в лабораторном журнале время затворения.

3. Колбу закрывают и при постоянном взбалтывании гидратируют цемент в течение 5 минут, после чего суспензии дают отстояться в течение последующих 5 минут. Осветленную жидкость осторожно сливают в мерный цилиндр вместимостью 250 мл.

4. Заливают в колбу дистиллированную воду в количестве, равном объему воды, слитой из колбы, и добавляют 0,5 г тонкомолотого полуводного гипса.

5. Колбу плотно закрывают и выдерживают в течение 5 часов при постоянном взбалтывании с интервалом в 15 минут. Суспензия должна иметь температуру 19...22 $^\circ\text{C}$.

6. Через 5 часов часть суспензии (60...70 мл) быстро пропускают через бумажный фильтр, отбирают 25 мл фильтрата и переносят в колбу с 25 мл дистиллированной воды, добавляя 2–3 капли метилоранжа, затем титруют децинормальным раствором HCl до перехода желтой окраски в оранжевую. Активность цемента $R_{\text{ц}}$, МПа, рассчитывают по формуле

$$R_{\text{ц}} = 8 \cdot (n - 3,3),$$

где n – количество кислоты, израсходованной на титрование, мл.

Порядок выполнения работы

1. Определить активность не менее 3-х партий цемента в соответствии с ГОСТ 310.3–81 «Цементы. Методы определения пределов прочности при изгибе и сжатии» ускоренными методами.

2. Рассчитать отклонения результатов, полученных экспресс-методом, от результатов стандартного метода.

Оформление работы:

1. Изложить теорию экспресс-методов определения активности цемента и последовательность выполнения работы.

2. Результаты определения активности стандартным и ускоренным методами, а также погрешность ускоренных методов записать в табл. 1.

3. Сделать выводы о погрешности экспресс-методов и возможности их использования в практической работе инженера строительной лаборатории.

Т а б л и ц а 1

Результаты определения активности цементов экспресс-методами

Номер партии цемента	Активность по стандартному методу	Активность по методу «Рапид»			Активность по концентрации гидролизной извести		
		τ_i , с	R , МПа	δ , %	n , мл	R , МПа	δ , %
1							
2							
3							

Контрольные вопросы

1. Почему стандартный метод определения активности цемента не имеет практического значения для назначения составов строительных растворов и бетонов?

2. В чем преимущества и недостатки экспресс-методов определения активности цемента?

3. На чем основана теория метода «Рапид» по определению активности цемента?

4. Почему теплотехнические характеристики цементного теста зависят от активности цемента?

5. Опишите методику построения тонирующей зависимости для определения активности цемента по ее косвенной характеристике.

6. На чем основана методика определения активности цемента по концентрации гидролизной извести?

7. Что может повлиять на точность определения количества гидролизной извести в цементной суспензии?

8. Каким показателем оценивается погрешность ускоренных методов определения активности цемента?

2. УПРОЩЕННАЯ МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СВОЙСТВ БЕСКЛИНКЕРНЫЕ ВЯЖУЩИЕ

Бесклинкерные гидравлические вяжущие в современной строительной индустрии представлены в основном вяжущими щелочной активации. Основным сырьем для производства таких вяжущих являются гранулированные доменные или электротермофосфорные шлаки. После измельчения такие шлаки твердеют при активации их щелочами – NaOH, KOH, кальцинированной содой, жидким стеклом, известью и гипсом.

Химический и минералогический состав доменных шлаков

Доменные шлаки имеют сходный с портоландцементом химический состав, но в них меньше содержится CaO и больше SiO₂ (рис. 4). Минеральный состав шлаков зависит не только от валового содержания оксидов. На образование минералов значительное влияние оказывает скорость охлаждения шлака. При медленном охлаждении образуются так называемые отвалы шлаки, а при быстром – гранулированные.

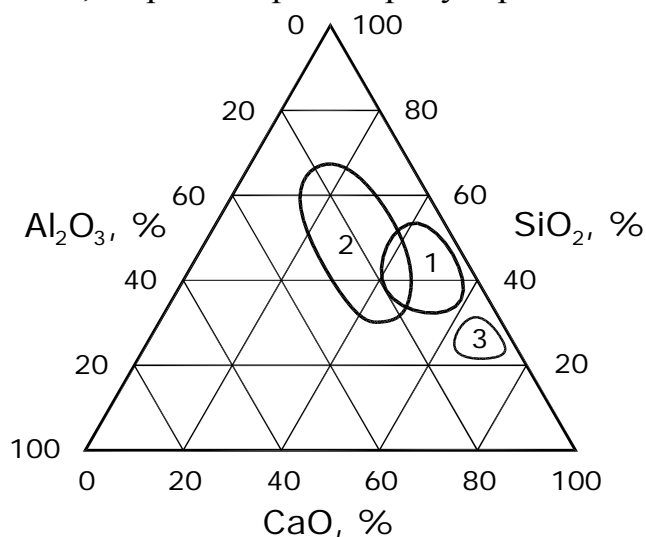


Рис. 4. Химический состав шлака (1) золы-уноса (2) и портландцемента (3) на диаграмме CaO–SiO₂–Al₂O₃

Степень гидравлической активности шлаков характеризуется модулем основности M_0 и коэффициентом качества K :

$$M_0 = \frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3}; \quad K = \frac{\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO}}{\text{SiO}_2 + \text{TiO}_2},$$

где CaO, MgO, SiO₂, Al₂O₃, TiO₂ – содержание в шлаке оксидов, %.

Оксид магния в шлаках связывается преимущественно в устойчивые соединения (окерманит и др.) и поэтому не может вызывать неравномерных объемных изменений.

Оксид магния при обычном содержании его в шлаке (до 8...10 %) является в известной мере заменителем CaO и благоприятно влияет на гидравлическую активность шлаков. Ряд исследований свидетельствует о возможности использования доменных шлаков, содержащих до 15...20 % MgO, в производстве шлакопортландцемента, но с увеличением его содержания активность вяжущих снижается.

Кремнезема в шлаках всегда больше, чем в портландцементном клинкере. Шлаки с большим содержанием SiO₂ при охлаждении почти не кристаллизуются и застывают в виде стекла.

Расплавы кислых шлаков даже при медленном охлаждении из-за быстрого возрастания их вязкости кристаллизуются в незначительной мере и после отвердения представляют собой вещество со стекловидной структурой. При быстром охлаждении водой, водяным паром или воздухом расплавы основных шлаков кристаллизуются не полностью и имеют смешанную структуру.

В закристаллизованных доменных шлаках, содержащих до 4...6 % MgO и до 5...10 % Al₂O₃, обнаруживают обычно двухкальциевый силикат (β C₂S, γ C₂S), раикинит и мелилит с преобладающим содержанием гелеитовой составляющей.

Главными фазами в шлаках, содержащих 6...8 % MgO и 15...20 % Al₂O₃ (шлаки уральских металлургических заводов), являются преимущественно мелилит с преобладанием окерманитовой составляющей, а также ларнит C₂S и анортит CaO·Al₂O₃·SiO₂. Кроме того, в шлаках встречаются псевдоволластонит α CaO·SiO₂, мервинит 3CaO·MgO·2SiO₂, монтичеллит CaO·MgO·SiO₂, CaS, MnS.

По современным представлениям, стекло, в том числе и шлаковое, не является аморфным, полностью изотропным веществом, как полагали раньше, представляя его в виде затвердевшей бесструктурной жидкости. В действительности, как показывают исследования, стекло характеризуется микронеоднородностью.

В соответствии с ионной теорией, жидкий шлак – это микронеоднородный расплав, состоящий из простых катионов (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, Mn²⁺ и других катионов-модификаторов), анионов кислорода и серы, а также устойчивых комплексных анионов. Последние возникают при взаимодействии атомов кремния, алюминия, фосфора и других, так называемых стеклообразующих катионов с атомами кислорода, которые связываются с первыми ковалентными связями.

Комплексные анионы вида $(\text{SiO}_4)^{4-}$, $(\text{AlO}_4)^{3-}$ и т.д. представляют собой тетраэдр, в углах которого находятся центры атомов кислорода. В центре же тетраэдра между четырьмя атомами кислорода располагается атом кремния или алюминия. Своими свободными кислородными связями комплексные анионы могут взаимодействовать как друг с другом, так и с катионами-модификаторами. Например, тетраэдры $(\text{SiO}_4)^{4-}$ могут образовывать политетраэдрические цепи типа $[(\text{SiO}_3)^{2-}]_n$, $[(\text{Si}^2\text{O}^5)^{2-}]_2$ и т.п. В них кремнекислородные тетраэдры могут замещаться тетраэдрами $(\text{AlO}_4)^{5+}$ и др. Катионы-модификаторы и комплексные силикатные анионы с общей формулой $(\text{Si}_x\text{O}_w)^{z-}$ образуют группировки, встречающиеся в расплавах. Эти сложные образования по своему строению приближаются к соответствующим кристаллическим веществам, например к Ca_2SiO_4 , CaSiO_3 и др.

Наибольшей активностью характеризуются группы, состоящие из простейших анионов $(\text{SiO}_4)^{4-}$, $(\text{AlO}_4)^{6-}$, разобщенных катионами кальция, как в структуре ортосиликата. Образованию ортосиликатной структуры способствует присутствие в расплаве магния. Наличие марганца, снижающее активность групп, нарушает эту структуру.

С повышением температуры расплава происходит разрыв связей, группировки ионов становятся более мелкими и менее упорядоченными по строению и вместе с тем более реакционноспособными вследствие термодинамической неустойчивости. Подобные микронеоднородные ионные группы в шлаковых расплавах при быстром охлаждении могут быть в той или иной степени зафиксированы в шлаковом стекле (гранулированные шлаки), а при достаточно медленном охлаждении из этих групп могут путем некоторой перегруппировки и агрегации образоваться кристаллические фазы затвердевшего шлака.

Шлаковые стекла, как и всякое стекло, не имеют определенной температуры плавления; при нагревании они постепенно размягчаются и переходят в жидкое состояние. Находясь в термодинамически неустойчивом состоянии, они проявляют способность кристаллизоваться. Однако кристаллизация тормозится высокой вязкостью при обычных температурах и малой подвижностью крупных анионных радикалов; поэтому при обычной температуре шлаковые стекла сохраняются в термодинамически неустойчивом состоянии неопределенно долгое время.

Шлакощелочные вяжущие

Щелочная активизация гранулированных доменных шлаков может достигаться не только введением в них извести, но и добавкой щелочей (NaOH и KOH), а также щелочных солей слабых кислот (сода, поташ, жидкое стекло).

Исследования показали возможность получения шлакощелочных бетонов высокой прочности на основе основных и кислых доменных шлаков. При этом выяснилось, что чем выше их основность, тем лучше прочностные и другие характеристики бетонов. Использование в качестве активизаторов едких щелочей экономически нецелесообразно, что предопределило применение на практике соды, содовых и содово-поташных отходов некоторых отраслей промышленности, а также жидкого стекла.

Основной компонент этих вяжущих – гранулированный доменный шлак – используют в виде тонкоизмельченного порошка, подобного цементу. Щелочи вводят в виде водных растворов в бетонные смеси непосредственно при их изготовлении. Растворимое стекло целесообразно применять с повышенным модулем n , равным отношению числа молекул кремнезема к молекулам R_2O . Растворимое стекло в сочетании с основными шлаками дает наилучшие результаты при химическом составе, характеризуемом молекулярным отношением $n = SiO_2/R_2O$ в пределах 1,7...2,2. При кислых шлаках целесообразно применять растворимое стекло с меньшим модулем $n = 1,2...1,5$. В бетонные смеси растворимое стекло обычно вводят в виде раствора плотностью 1,2...1,25 кг/л. Сода и содово-поташные материалы применяют в виде водных 15 %-х растворов плотностью 1,14...1,16 кг/л.

Твердение шлакоцементных комбинаций обусловлено гидратацией шлакового стекла под влиянием гидроксильных ионов с образованием низкоосновных гидросиликатов кальция группы CSH (В), а также гидрогранатов и гидроалюмосиликатов натрия (при использовании соды и натриевого жидкого стекла).

Растворы пластичной консистенции состава 1:3 при нормальных условиях твердения достигают прочности при сжатии 20...25 МПа. При пропаривании в течение 8...12 ч при 90...95 °С прочность растворов и бетонов возрастает до 35...60 МПа, в зависимости от свойств шлаков, расхода шлакощелочного вяжущего и щелочного компонента. В частности, при применении растворимого стекла стеклошлаковое отношение достигает 0,3...0,35. Значительный расход растворимого стекла делает особо актуальной задачу всемерного использования для изготовления шлакощелочных бетонов отходов различных производств. Рассматриваемые вяжущие и бетоны (в особенности мелкозернистые на песках с повышенным содержанием глинистых частиц) применяют в производстве строительных изделий различного назначения.

Контрольные вопросы

1. На основе каких материалов могут быть получены бесклинкерные вяжущие?
2. Охарактеризуйте химический и минералогический состав шлаков, использующихся для производства шлакощелочных вяжущих.
3. По каким формулам рассчитываются модуль основности и коэффициент качества шлака?

4. Чем отличаются медленно и быстроохлажденные шлаки?
5. Почему оксид магния в шлаках не вызывает неравномерного изменения объема в вяжущих?
6. Какие Вы знаете активаторы твердения шлаковых вяжущих?
7. В чем преимущества активаторов на основе соды и поташа?
8. Чем обусловлено твердение шлакощелочного вяжущего?

3. ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ТВЕРДЕНИЯ ШЛАКОЩЕЛОЧНОГО ВЯЖУЩЕГО

Шлакощелочное вяжущее получают на основе отходов производства – шлаков и щелочесодержащих побочных продуктов промышленности, свойства которых зависят от технологических процессов, при которых они образуются. Для определения пригодности промышленных отходов для производства строительных материалов на основе шлакощелочного вяжущего необходимо провести исследования различных свойств материалов, их способности достаточно быстро набирать высокую прочность.

Цель работы: исследовать влияние различных факторов на темпы твердения и прочность шлакощелочного вяжущего.

Приборы и материалы:

1. Чаши для затворения с лопатками.
2. Мерные цилиндры на 100 и 200 мл.
3. Лабораторная мельница.
4. Лабораторная виброплощадка.
5. Встряхивающий столик с формой-конусом.
6. Прибор ПСХ-2.
7. Машина МИИ-100 для испытания образцов.
8. Гидравлический пресс.
9. Формы 40×40×160 мм.
10. Шлак металлургический или электротермофосфорный молотый.
11. Раствор едкого натра, соды кальцинированной или других соединений щелочных металлов, в том числе в виде отходов производства.
12. Песок кварцевый или шлаковый песок, щебень.

Шлакощелочное вяжущее – гидравлическое вяжущее вещество, состоящее из двух компонентов: измельченного шлака и водных растворов соединений щелочных металлов – натрия и калия.

Для производства шлакощелочного вяжущего применяются доменные, ваграночные и электротермофосфорные шлаки, отвечающие требованиям ГОСТ [2], гранулированные шлаки цветной металлургии, в которых содержатся: SiO_2 – не более 40 %, $\text{CaO}+\text{MgO}$ – не менее 15 %, $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ – не более 40 %, а также смеси перечисленных шлаков. Тонкость помола шлаков должна соответствовать 300...350 m^2/kg . В целях ускорения набора прочно-

сти при твердении в нормальных условиях в состав шлака при помоле вводят портландцемент в количестве 1...7 % от массы шлака.

В качестве щелочного компонента применяют:

- едкий натр, гидрат окиси калия;
- соду кальцинированную, калий углекислый (поташ);
- силикат натрия растворимый, натрий кремнефтористокислый;
- смеси перечисленных веществ и промышленные отходы, содержащие эти соединения.

Количество щелочного компонента составляет 2,5...6,5 % в пересчете на Na_2O и 3,5...10 % в пересчете на K_2O от массы шлака.

Методы испытаний шлакощелочного вяжущего

Сроки схватывания и нормальную густоту теста определяют в соответствии с методикой [3]. При этом вместо воды затворения используют растворы соединений щелочных металлов.

Физико-механические испытания проводят по [4] со следующими изменениями:

- для определения прочностных характеристик вяжущего изготавливают образцы-балочки $40 \times 40 \times 160$ мм из раствора, состоящего из трех весовых частей песка $M_{кр}$ 1...2,8 и одной весовой части шлака, при растворошлаковом отношении, обеспечивающем расплыв стандартного конуса на виброплощадке за 20 секунд в пределах 165...175 мм;
- образцы после изготовления твердеют в течение трех суток в воздушно-сухих условиях, а затем распалубливаются и хранятся в воде до испытаний.

Испытание твердения вяжущего при тепловлажностной обработке проводят по следующей методике. Образцы-балочки не ранее чем через 4 часа и не позднее чем через 12 часов с момента изготовления пропаривают в формах с прикрытой верхней поверхностью по режиму 3+6+3 часа при температуре изотермии 90...100 °С. Испытания предела прочности проводят через сутки после пропаривания.

Порядок выполнения работы

1. По заданию преподавателя исследовать влияние следующих факторов на кинетику твердения шлакощелочного вяжущего в нормальных условиях и его прочность после пропаривания: разновидности и тонкости помола шлака, количества и вида щелочного компонента, содержания в шлаке цемента.

2. Изготовить из каждого состава вяжущего по 6 образцов $40 \times 40 \times 160$ мм для испытаний в возрасте 1,3,7 и 28 суток нормального твердения и через 1 и 28 суток после тепловлажностной обработки.

Оформление работы:

1. Изложить порядок выполнения работы.
2. Результаты испытаний записать в табл. 16.
3. Построить графики зависимости прочности различных составов шлакощелочного вяжущего от времени твердения.
4. Сделать выводы о влиянии различных факторов на кинетику твердения шлакощелочного вяжущего.

Т а б л и ц а 16

Влияние количества щелочного компонента на свойства шлакощелочного вяжущего

№ п/п	Количество щелочного компонента, %	Норм. густо- та, %	Сроки схваты- вания, ч-мин		В/Ц рас- твора 1:3	Прочность образцов, МПа, через					
			начало	конец		3 суток		7 суток		28 су- ток	
						$R_{и}$	$R_{сж}$	$R_{и}$	$R_{сж}$	$R_{и}$	$R_{сж}$
1											
2											
3											

Контрольные вопросы

1. Чем отличается методика определения прочности раствора на основе шлакощелочного вяжущего от методики определения свойств цемента?
2. В течение какого времени должны твердеть образцы на основе шлакощелочного вяжущего в воздушно-сухих условиях?
3. По какому режиму необходимо проводить тепловлажностную обработку шлакощелочных вяжущих?
4. Почему на шлакощелочные вяжущие не оказывает влияния непродолжительное замораживание?
5. Что можно ввести в шлак при помоле для ускорения его твердения?
6. Растворами каких веществ затворяют шлакощелочное вяжущее?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 30744–2001. Цементы. Методы испытаний с использованием полифракционного песка – М.: ГУП ЦПП, 2001. – 30 с.
2. ГОСТ 3476–74. Шлаки доменные и электротермофосфорные гранулированные для производства цементов. – М., 1974.
3. ГОСТ 310.3–76. Цементы. Методы определения нормальной плотности, сроков схватывания и равномерности изменения объема.
4. ГОСТ 310.4–81. Цементы. Методы определения пределов прочности при изгибе и сжатии.

Учебное издание

Коровкин Марк Олимпиевич
Зоткин Алексей Владимирович

УСКОРЕННЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СВОЙСТВ ВЯЖУЩИХ СТРОИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Методические указания
по выполнению самостоятельных работ

Под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Ю.П. Скачкова

Р е д а к т о р Н.Ю. Шалимова
В е р с т к а Н.А. Сазонова

Подписано в печать 24.12.13. Формат 60×84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл.печ.л. 0,93. Уч.-изд.л. 1,0. Тираж 80 экз.
Заказ №343

Издательство ШУАС.
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.