

Шлакощелочные вяжущие на основе доменных гранулированных шлаков центробежно-ударного измельчения

РЕФЕРАТ. Исследованы возможности центробежно-ударного измельчения доменного шлака и свойства шлакощелочных вяжущих на его основе. Установлено, что центробежно-ударное измельчение позволяет достичь необходимой степени дисперсности шлака, при которой максимальная прочность вяжущего соответствует наименьшим энергетическим затратам на измельчение, и получать качественные высокомарочные шлакощелочные вяжущие со стабильными свойствами.

Ключевые слова: доменный шлак, шлакощелочное вяжущее, центробежно-ударное измельчение.

Keywords: blast furnace slag, slag binder, centrifugal-impact grinding.

В настоящее время в строительстве наблюдается тенденция к снижению материал- и энергоемкости изделий, расширению минерально-сырьевой базы, созданию принципиально новых строительных материалов, главным образом в связи с расширением объемов строительства. Производство портландцемента, который на данный момент является основным гидравлическим вяжущим, связано с высоким потреблением природных минеральных и энергетических ресурсов и сопровождается высокими объемами выбросов в окружающую среду. Поэтому несомненна необходимость разработки и развития производства бесклинкерных гидравлических вяжущих, по свойствам альтернативных портландцементу.

Последней разновидностью бесклинкерных гидравлических вяжущих, к которым относятся известково-шлаковое, сульфатно-шлаковое, известково-зольное, известково-кремнеземистое вяжущие и т. д., являются так называемые «геоцементы», получаемые на основе алюмосиликатов техногенного и природного происхождения

путем затворения их водными растворами щелочей. Наиболее исследованы по свойствам, составам и структуре из геополлимерных материалов шлакощелочные вяжущие, разработанные В.Д. Глуховским в 1957 году и по ряду причин не нашедшие широкого применения в строительстве. Различные разработки и развитие производства таких вяжущих и строительных материалов на их основе — актуальная задача в условиях современных мировых тенденций, направленных на производство и применение композиционных разновидностей вяжущих веществ и материалов с наполнителями из местного природного и техногенного минерального сырья [1].

Наиболее энергоемкая операция при производстве шлакощелочного вяжущего — его помол. Недостатком шаровых мельниц, которые традиционно используют для помола шлака, является высокое потребление электроэнергии вследствие агрегирования частиц при помолу, налипания их на рабочие поверхности и недостаточного воздействия мелющих тел на материал. Это снижает не только производительность таких мельниц, но

и влияет на качество получаемого материала — его гранулометрический состав и тонкость помола.

Применение эффективных измельчителей центробежно-ударного действия позволяет устранить перечисленные недостатки. При центробежно-ударном способе измельчения материал характеризуется узким зерновым составом и изометрической формой частиц, не склонных к агрегации. Измельчающие воздействия в центробежно-ударной мельнице приводят не только к интенсивному измельчению шлака, но и изменению его физико-химического состояния и структуры, механо-химической активации поверхностного слоя шлака, повышению его химической активности, аморфизации поверхности инертных кристаллов [2].

В связи с изложенным сформулирована цель работы, которая заключается в разработке рационального способа измельчения шлака и исследовании свойств шлакощелочных вяжущих на основе доменных гранулированных шлаков.

В качестве исходного сырья в работе использовали шлак доменного производства ОАО «ММК» следующего химического состава (в процентах по массе): SiO_2 — 35,7; CaO — 40,1; Al_2O_3 — 14,4; MgO — 5,5; MnO — 1,0; SO_3 — 1,2; Fe_2O_3 — 0,9; модуль основности $M_o = 0,91$; модуль активности $M_a = 0,4$; коэффициент качества $K_x = 1,68$.

Минералогический состав шлака представлен в основном рентгеноаморфной стеклообразной фазой и включает типичные для доменных шлаков минералы окерманит ($2\text{CaO}\cdot\text{MgO}\cdot2\text{SiO}_2$) и геленит ($2\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$).

При определении рациональных видов измельчения помол шлака осуществляли в лабораторном измельчительном комплексе

замена и оптимизация КОМПОНЕНТОВ МЕЛЬНИЦ И ПЕЧЕЙ



Jumborex - редукторы для
центрального привода



ERmaster - взаимозаменяемые редукторы



Rollerex - вертикальные
редукторы



полное проектирование
всех приводов



технический совет на месте



гибкие и зубчатые муфты



зубчатые венцы



крышки мельниц



www.ferrycapitain.fr

тел. : +33 (0)1.34.63.12.03
факс : +33 (0)1.34.63.12.45

Мы говорим по-русски.

Франция



www.cmdgears.com

КИ-0,36 ЗАО «Урал-Омега» и шаровой мельнице «Магнитогорского цементно-огнеупорного завода», работающей по открытому циклу. В исследованиях применяли шлак с одинаковой тонкостью помола ($S_{уд} = 183 \text{ м}^2/\text{кг}$). В качестве активизатора использовали раствор NaOH, как наиболее известный щелочной активизатор при производстве шлакощелочных вяжущих.

Результаты влияния способа измельчения на свойства шлакового вяжущего приведены в табл. 1. Из нее следует, что шлак, измельченный в центробежно-ударной мельнице (ЦУМ) и активированный щелочью, имеет более высокие прочностные показатели по сравнению с измельчением в шаровой мельнице. Сокращение сроков схватывания при измельчении в шаровой мельнице обусловлено наличием большого содержания тонкой фракции, что не характерно для центробежно-ударного измельчения, характеризующегося узким зерновым составом.

В табл. 2, 3 приведены показатели работы помольной системы с использованием трубной мельницы (ТМ), работающей по открытому циклу, и системы, включающей центробежно-ударную мельницу.

Таким образом, технология измельчения с использованием ЦУМ является энергосберегающей по сравнению с традиционной. Применение технологической системы измельчения на основе ЦУМ позволяет экономить до 30% энергии по сравнению с системой, включающей в себя ТМ. У помольной системы на основе ЦУМ значительно снижены металлоемкость и удельный уровень износа.

Задачей дальнейшей работы являлась разработка качественного шлакового вяжущего со стабильными свойствами из доменных гранулированных шлаков центробежно-ударного помола. Исследования проводились с использованием в качестве алюмосиликатного компонента шлакощелочного вяжущего шлака, размолотого в измельчительном комплексе КИ-0,36, включающем в себя ЦУМ.

Определяющим фактором, от которого зависят свойства получаемого вяжущего, является вид активизатора. При исследовании вяжущих свойств шлака в качестве щелочных активизаторов использовали известь CaO, натриевое жидкое стекло $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,5\text{SiO}_2$, гидроксид натрия NaOH и водный раствор триполифосфата натрия $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$. Известь и триполифосфат натрия вводили в систему в виде предварительно приготовленных растворов с их содержанием 16,6, 28,0 и 37,5%.

Влияние вида и количества активизатора на гидравлические свойства шлака изучали по методике испытания вяжущих в малых образцах, что обусловлено дефицитом отдельных компонентов. Данную методику применяют для сравнительных испытаний свойств различных вяжущих веществ, имеющих в ограниченном количестве, а также для сравнительного исследования влияния различных факторов на свойства исследуемого вяжущего.

Методика испытания вяжущих на прочность в малых образцах заключалась в том, что из теста нормальной густоты, в состав которого входили шлак, вода, активизатор, готовили образцы-кубы со стороной ребра 4 см, которые впоследствии испытывали на сжатие. При этом водошлаковое отношение оставляли постоянным, а количество активизатора изменяли в процентах от массы шлака. В случае применения NaOH состав определяли, меняя плотность ρ (концентрацию) раствора NaOH, оставляя одинаковым растворо-шлаковое отношение, равное 0,25.

Основным критерием оценки вяжущих свойств шлака являлась прочность камня при сжатии. Выбор вида и оптимальное количество активизатора устанавливали в зависимости от показателей прочностных характеристик с учетом технической и экономической целесообразности того или иного состава. Для каждого испытания готовили не менее трех образцов. На основе результатов, полученных по методике малых образцов, строительные-технические свойства шлаковых вяжущих оптимального состава проверяли на стандартных образцах-балочках по методике, принятой для портландцемента, в соответствии с ГОСТ 310.1—81.

В табл. 4 приведены результаты по исследованию влияния вида активизатора на свойства вяжущего. По данным табл. 4, из рассмотр-

Таблица 1
Результаты испытания образцов $4 \times 4 \times 4$ см шлакощелочного вяжущего при активации раствором NaOH $\rho = 1200 \text{ кг/м}^3$

Способ измельчения	Нормальная густота, %	Сроки схватывания, час-мин		Предел прочности при сжатии, МПа, после ТВО
		начало	конец	
Центробежно-ударный	0,32	0–45	1–58	28,40
Шаровая мельница	0,36	0–32	1–41	23,44

Таблица 2
Удельные энергозатраты при работе различных помольных систем, кВт·ч/т

Производственный процесс	ТМ ЦУМ	
	Измельчение	44,6
Классификация, внутрисистемный транспорт и пылеочистка	0,9	8,8
Общие удельные энергозатраты,	45,5	35,1

Таблица 3
Удельная металлоемкость, т/(т·ч)

Производственный процесс	ТМ ЦУМ	
	Измельчение	9,7
Классификация и внутрисистемный транспорт и пылеочистка	0,5	1,6
Общая металлоемкость	10,2	3,3

Таблица 4
Прочность шлаковых вяжущих в зависимости от вида активизатора ($S_{уд} = 183 \text{ м}^2/\text{кг}$)

Активизатор	Плотность, кг/м^3	Добавка, %	Предел прочности при сжатии, МПа	
			через 28 сут	после ТВО по режиму (3 + 6 + 3) ч, $t_{из} = 90 \text{ }^\circ\text{C}$
NaOH	1150	—	21,10	23,27
	1170	—	23,48	26,33
	1200	—	23,51	27,55
	1230	—	26,76	28,00
	1250	—	27,21	32,82
CaO	—	5	6,12	7,83
		10	7,35	8,65
		15	8,51	9,71
$\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$	—	5	3,87	23,55
		10	6,92	42,73
$\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,5\text{SiO}_2$	1200	15	4,71	26,49
		29	53,7	49,6

Таблица 5
Зерновой состав шлака

«Мелкий» шлак		«Крупный» шлак	
Дифференциальная характеристика		Дифференциальная характеристика	
Размер частиц, мкм	Содержание частиц, %	Размер частиц, мкм	Содержание частиц, %
0–5	20,6	0–20	5,4
5–10	26,0	20–30	27,3
10–15	26,1	30–40	23,7
15–20	17,7	40–50	15,9
> 20	9,6	> 50	27,7

Таблица 6
 Удельная поверхность шлаков различных составов

№ состава	Содержание «крупного» шлака с $S_{уд} = 182,9 \text{ м}^2/\text{кг}, \%$	Содержание «мелкого» шлака с $S_{уд} = 700,1 \text{ м}^2/\text{кг}, \%$	Удельная поверхность, $S_{уд}, \text{ м}^2/\text{кг}$
1	100	0	182,9
2	80	20	298,1
3	60	40	455,2
4	40	60	570,7
5	20	80	620,5
6	0	100	700,1

 Таблица 7
 Влияние удельной поверхности и зернового состава на свойства шлакощелочного вяжущего

Состав №	$S_{уд}, \text{ м}^2/\text{кг}$	Н.Г., %	Сроки схватывания, ч-мин		Rсж, МПа, после	
			начало	конец	ТВО	28 сут.
1	182,9	29	0–43	2–28	41,65	59,98
2	298,1	33	0–32	1–36	58,58	72,74
3	455,2	41	0–31	1–28	48,29	60,79
4	570,7	46	0–29	1–08	47,80	57,33
5	620,5	52	0–21	0–55	36,97	60,35
6	700,1	59	0–10	0–47	64,52	72,80

ренных выше добавок-активизаторов наибольшее активизирующее воздействие достигается в случае применения натриевого жидкого стекла как при хранении в нормальных условиях, так и после тепловлажностной обработки.

Помимо вида активизатора на качество шлакощелочных вяжущих влияют такие факторы, как удельная поверхность и зерновой состав шлаков, которые в значительной степени определяют свойства вяжущих на их основе [3]. Для различных видов вяжущих существует такая оптимальная тонкость помола, при которой необходимые свойства вяжущего соответствуют оптимальному расходу энергоресурсов. Существуют различные мнения относительно влияния частиц разных фракций на свойства вяжущего. Результаты работ разных авторов по определению оптимальной тонкости помола, соответствующей максимальной активности шлакощелочного вяжущего, в различных случаях не схожи. В связи с этим были проведены исследования влияния зернового состава на свойства шлакощелочного вяжущего. При этом использовали шлак двух фракций: «мелкий», содержащий в своем составе фракции преимущественно 0–20 мкм, и «крупный» – фракции 20–100 мкм. В качестве активизатора использовали наиболее эффективный из рассмотренных выше активизаторов твердения – натриево жидкое стекло. Зерновой состав шлаков приведен в табл. 5.

Для данной двухфракционной системы определяли оптимальный зерновой состав путем добавления «мелкого» шлака к «крупному» с шагом 20%, постепенно замещая его «мелким» шлаком. Данные исследуемых составов представлены в табл. 6.

Результаты исследований свойств вяжущих различного состава приведены в табл. 7. Из этих данных следует, что увеличение удельной поверхности ведет к росту нормальной густоты и сокращению сроков схватывания за счет увеличения содержания «мелкой» фракции в составе вяжущего.

По прочностным характеристикам оптимальными составами являются состав 2 (80% «крупного»: 20% «мелкого») и состав 6 (100% «мелкого»). Повышение прочностных характеристик в первом случае в значительной степени может быть связано с получением более

плотной упаковки зерен состава 2 путем перераспределения частиц в объеме таким образом, что пустоты, создаваемые более крупными зернами, заполняются зернами меньшего размера. Повышение прочностных характеристик во втором случае в значительной мере связано с содержанием тонкой фракции шлака, а именно – с высокой степенью гидратации этих частиц, которая обусловлена главным образом увеличением поверхности взаимодействия этих частиц с жидкой фазой и увеличением числа контактов между ними. Однако с точки зрения энергозатрат на измельчение шлака, состав 6 является менее выгодным при идентичных прочностных показателях. Следовательно, состав 2 наиболее приемлем с технологической точки зрения.

Однако, как следует из данных табл. 7, сроки схватывания шлакощелочного вяжущего при использовании в качестве активизатора жидкого стекла слишком малы (начало схватывания – 32 мин), что не дает возможности качественно формировать смесь, поэтому необходимо замедлять процесс схватывания.

Одним из способов замедления сроков схватывания является введение в систему гидроксида натрия, которое способствует не только увеличению сроков схватывания, но и улучшению вяжущих свойств, а также снижению вязкости жидкого стекла, так как щелочь приводит к разрушению кремнекислородных связей в последнем [4, 5].

Исходя из изложенного, в жидкое стекло добавляли NaOH. Экспериментально установлено, что оптимальное количество щелочи, при котором начало схватывания соответствуют 45 мин, составляет 6%.

Минеральный состав шлакового камня исследовали при помощи термического анализа и дифференциальной сканирующей калориметрии, в результате чего выявлено, что в составе новообразований шлаковых вяжущих предположительно присутствуют $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, CaCO_3 и $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (рис. 1).

При температуре 95–110 °C наблюдается эндотермический эффект, свидетельствующий об образовании низкоосновных гидросиликатов кальция $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

При температуре 680–700 °C наблюдается эффект, подтверждающий наличие кальцита CaCO_3 , который образуется в результате карбонизации извести и гидросиликатов кальция.

При температуре 770–800 °C наблюдается эффект, подтверждающий наличие гидроалюмосиликатов кальция и натрия [6].

При использовании в качестве активизатора модифицированного гидроксидом натрия жидкого стекла на поверхности образцов образуются высолы. Связано это с тем, что в системе остается часть щелочи в свободном состоянии, которая, мигрируя к поверхности образцов, карбонизируется. Из литературных источников [3, 7] известно, что снижению высолообразования и повышению прочности системы способствует введение в шлакощелочные вяжущие алюмо-

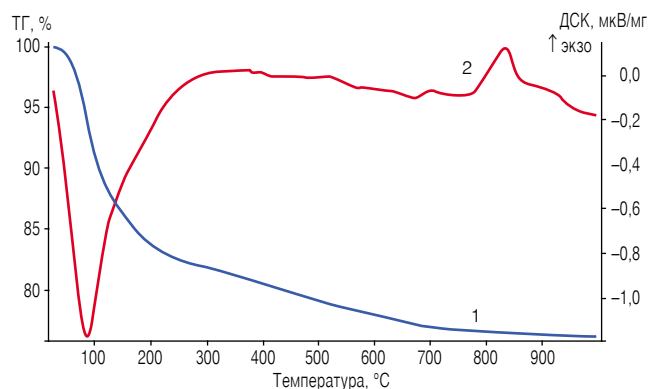


Рис. 1. Термогравиметрическая кривая (1) и кривая дифференциальной сканирующей калориметрии (2) образца шлакового камня при использовании в качестве активизатора растворимого натриевого стекла

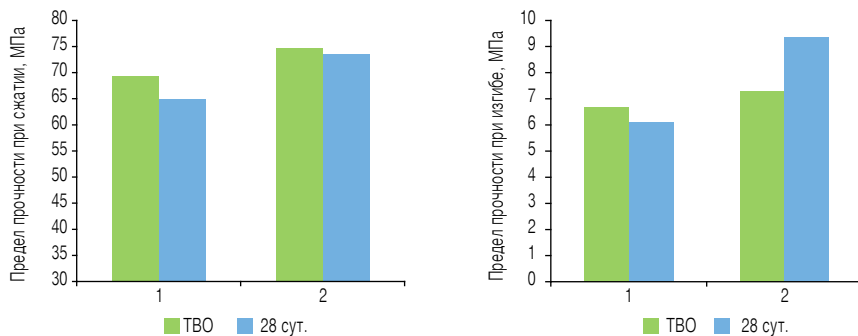


Рис. 2. Зависимость прочностных характеристик вяжущего от содержания в нем алюмосиликатной добавки: 1 – без добавки; 2 – с 5% цеолита

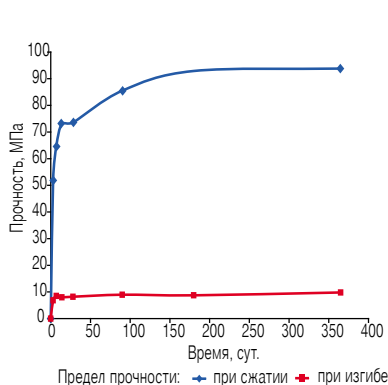


Рис. 3. Кинетика набора прочности вяжущего при твердении в нормально-влажностных условиях

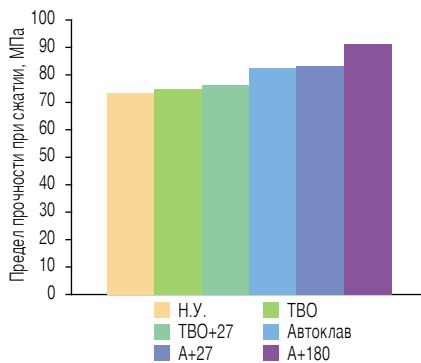


Рис. 4 – Влияние условий твердения на прочность шлакощелочного вяжущего, где: ТВО+27 – тепловлажностная обработка с последующим твердением в нормальных условиях в течение 27 сут; А+27 – автоклавная обработка образцов с последующим твердением в нормальных условиях в течение 27 сут.

ли отдельно, его добавляли к сухой смеси и тщательно, в течение 3 мин перемешивали до получения однородной массы. Растворотвердое отношение, при котором диаметр распыла конуса находился в пределах 106–115 мм, составило 0,38. Часть образцов подвергалась тепловлажностной обработке в пропарочной камере по режиму 3+6+3 ч с температурой изотермического прогрева 90 °С; другая часть помещалась в ванну для хранения в нормально-влажностных условиях до испытания на прочность при сжатии и изгибе в возрасте 28 сут.

Полученный прирост прочности (11%) вызван способностью алюмосиликатов вступать в химическое взаимодействие со щелочами благодаря особенностям своего строения и составу, образуя дополнительное количество гидроалюмосиликатов, которые, являясь центрами кристаллизации, участвуют в создании новой структуры и благоприятно влияют не только на прочностные характеристики вяжущего, но и позволяют устранить образование высолов на поверхности образцов [7].

Изучение кинетики твердения шлакового вяжущего, представленной на рис. 3, проводилось на образцах из шлакопесчаного раствора состава 1:3 на вяжущем оптимального состава в различные сроки твердения. Из рис. 3 следует, что наиболее интенсивный набор прочности идет в период до 28 сут. Скорость набора прочности на начальном этапе обусловлена быстрым образованием гидросиликатов кальция вследствие взаимодействия геля кремниевой кислоты с оксидом кальция с образованием гидросиликатов кальция. В результате реакции взаимодействия растворимые полисиликаты натрия переходят в труднорастворимые гели, а щелочь высвобождается и участвует в дальнейшем переводе ионов Ca^{2+} в раствор.

Способность к наращиванию прочности с течением времени объясняется длительностью реакций структурообразования, наличием в системе свободной щелочи, обеспечивающей протекание процессов структурообразования, а также наличием в составе вяжущего породообразующего минерала цеолитсодержащей добавки (клиноптилолита), который благодаря кристаллохимическим особенностям своего строения выступает в качестве «аккумулятора» воды затворения с растворенными в ней ионами гидратирующей системы, обеспечивая поступление воды на поздних сроках твердения и тем самым создавая условия для дополнительного образования гидратных фаз, более глубокой гидратации зерен.

Известно, что вяжущие вещества на основе шлаков характеризуются высокой чувствительностью к воздействию повышенной температуры. Тепловая обработка способствует не только увеличению прочности большинства шлаковых вяжущих, но и ускорению набора прочности. Влияние условий твердения на прочность шлакового вяжущего иллю-

Таблица 8

Показатель	Предел прочности при изгибе при хранении в средах:			
	нормально-влажностные условия	вода	5%-й раствор NaCl	5%-й раствор $MgSO_4$
Время твердения, сут				
14	22,05	-	-	-
14+90	24,90	20,70	19,05	23,70
14+180	23,55	19,35	19,65	18,15
14+365	22,80	20,55	18,75	12,00
Коэффициент стойкости:				
6 мес.		0,82	0,83	0,77
1 год		0,90	0,82	0,53

силикатных добавок. Поэтому в работе использовали природную цеолитсодержащую породу Сибайского месторождения, которую вводили в шлак до его затворения щелочным компонентом.

Экспериментально установлено, что введение цеолитсодержащей добавки не только позволяет устранить высолообразование, наличие которого на открытой поверхности образцов отмечали визуально по появлению выцветов или налету соли, но также благоприятно влияет на прочностные характеристики вяжущего. Выявлено, что оптимальное содержание добавки составляет 5% массы шлака.

Результаты испытания стандартных образцов-балочек из шлакопесчаного раствора состава 1:3 с оптимальным содержанием добавки, изготовленных по ГОСТ 310.4—81 с применением монофракционного вольского песка, приведены на рис. 2, где в качестве эталона использован состав вяжущего без добавки.

Для приготовления раствора нормальной густоты последовательно взвешивали вольский песок, шлак состава 2 (табл. 7), добавку, всыпали их в предварительно увлажненную сферическую чашу и перемешивали в течение 1 мин.

Раствор щелочного компонента (жидкое стекло с гидроксидом натрия) приготавлива-

стрирует рис. 4. Тепловлажностную обработку (ТВО) проводили по режиму (3 + 6 + 3) ч при температуре 90 °С. Автоклавленную обработку (А) проводили в лабораторном автоклаве при давлении 0,8 МПа по режиму (2 + 6) ч с температурой изотермии 125 °С.

Из рис. 4 следует, что автоклавленная обработка значительно ускоряет процессы твердения и повышает активность вяжущего. При запаривании наиболее интенсивно и полно происходит разрыв силоксановых связей Si—O—Si и алюмосилоксановых связей Al—O—Si под действием давления, высокой температуры и щелочи, входящей в состав шлакощелочного вяжущего, в результате чего образуется большое количество высокодисперсных соединений, связывающих систему в монолит.

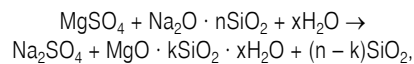
Исследована стойкость шлакощелочного вяжущего в агрессивных средах по методике [8], в результате чего установлено, что полученное вяжущее обладает стойкостью против действия коррозии I и II видов. Коэффициент стойкости вяжущего в возрасте 1 год составляет 0,90 и 0,82 для I и II видов коррозии соответственно (табл. 8).

Испытания в растворе MgSO₄ показали, что стойкость шлаковых вяжущих в этой среде значительно ниже, чем стойкость в раство-

ре NaCl. Процесс коррозии шлакового вяжущего в растворе MgSO₄ происходит аналогично коррозионному процессу, происходящему в цементном камне, и имеет три стадии:

- 1) упрочнение образцов;
- 2) появление трещин, в основном перпендикулярных продольной оси образцов, искривление образцов, увеличение их линейных размеров и объема;
- 3) разрушение образцов, распад на отдельные части.

Низкую коррозионную стойкость образцов можно объяснить следующим. При взаимодействии шлака с затворителем определенной плотности (в нашем случае затворитель — жидкое стекло $\rho = 1,2 \text{ г/см}^3$) происходит взаимодействие поровой жидкости с агрессивной средой. Накопление продуктов коррозии в порах шлакового камня сверх определенного количества приводит, по-видимому, к возникновению растягивающих усилий и разрушению материала. Происходящую реакцию в данном случае можно приближенно описать уравнением:



т. е. осадок состоит из гидросиликатов магния и кремнегеля.

Таким образом, проведенные исследования позволили установить, что центробежно-ударное измельчение позволяет достичь не только необходимой степени дисперсности шлака, при которой максимальная прочность вяжущего наряду с максимально плотной упаковкой частиц соответствует наименьшим энергетическим затратам на измельчение, но и получать на его основе качественные высокомарочные шлакощелочные вяжущие со стабильными свойствами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рахимова Н.Р. Состояние и перспективные направления развития исследований и производства композиционных шлакощелочных вяжущих, растворов и бетонов // Строительные материалы. 2008. № 9. С.77—80.
2. Ильген З. и др. Поглощение энергии твердыми телами при измельчении в калориметрической мельнице // Тез. Докл. VIII Всесоюз. симп. по механоэмиссии и механохимии твердых тел (Таллин). 1981. С. 155—156.
3. Глуховский В.Д., Пахомов В.А. Шлакощелочные цементы и бетоны. Киев, 1978. 184 с.
4. Сычев М.М. Неорганические клеи. Л.: Химия, 1986. 152 с.
5. Григорьев П.Н., Матвеев М.А. Растворимое стекло: получение, свойства, применение. М.: Гос. изд-во литературы по строительным материалам, 1956. 443 с.
6. Горшков В.С. и др. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ. М.: Высш. шк., 1981. 335 с.
7. Овчаренко Г.И. Цеолиты в строительных материалах. АлтГТУ, 2000. 320 с.
8. Ю.М. Бутт, В.В. Тимашев. Практикум по химической технологии вяжущих материалов. — М.: Высш. шк., 1973. 503 с.

ИНТЕНСИФИКАТОРЫ «InCem»

ЛУЧШЕЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ПОМОЛА ЦЕМЕНТА



- ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ
- ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ
- КАЧЕСТВО


Синтез ОКА-Интенсив
общество с ограниченной ответственностью
 г. Дзержинск Нижегородской области
 Тел.: +7 (8313) 27-25-70, доб. 46-87
 Факс: +7 (8313) 27-25-72
 e-mail: si.savilov@sintez-oka.ru

АСУ ТП Электроснабжение Электромонтаж



Системы управления для:

- производства цемента «сухим» способом
- линий помола цементной мельницы
- линий упаковки цемента
- процесса помола цемента по замкнутому циклу
- линий производства клинкера
- цементных силосов
- процесса перевода печей производства клинкера с газового на пылеугольное топливо
- цеховых подстанций и распределительств
- освещения технологических комплексов
- наружного освещения
- испытания, измерения на подстанциях

www.elaks.kharkov.com

ЗАО «ЭЛАКС»

ИНЖЕНЕРНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА



УКРАИНА • г. ХАРЬКОВ • +38 057 719 46 02