

1. Копылова В.Д., Астанина А.Н. Ионитные комплексы в катализе. – М., 1987.
2. Linden G.L., Farona M.F. // Inorg. Chem.– 1977.– V.16.– P.3170-3179.
3. Linden G.L., Farona M.F. // J.Catal.– 1977.– V.48.– P.284-289.
4. Bhatia R.K., Rao G.N. // J.Mol.Catal.– 1994.– V.93.– P.29-36.
5. Шатаева Л.К., Кузнецова Н.Н., Элькин Г.А. Карбоксильные катиониты в биологии. – Л., 1979.

УДК 546

БЕСКЛИНКЕРНОЕ ВЯЖУЩЕЕ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНОГО И ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

В.М.Стариков, Т.А.Шульга

*Научный руководитель – д-р техн. наук, проф. М.И.Кузьменков
(Белорусский государственный технологический университет)*

В последнее время получают распространение безобжиговые вяжущие материалы на основе отходов промышленности. Это позволяет получать дешевые строительные материалы, создавать и реализовывать ресурсосберегающие технологии и существенно уменьшать скапливающиеся отходы промышленности, отрицательно воздействующие на окружающую среду.

Среди многочисленных видов побочных продуктов особое место занимают шлаки.

Целью настоящей работы является получение и исследование свойств, а также процессов, происходящих при гидратации и твердении шлаковых вяжущих.

Анализ имеющихся способов получения шлаковых вяжущих показал, что весьма убедительной альтернативой их выпуска может служить технология производства путем управления свойствами шлаков на стадии их твердения специально синтезированными добавками, которые вводятся при помоле в заводских условиях [1-2].

Одним из наиболее эффективных методов активации шлака является сульфатная активация, которая достигается путем введения сульфатсодержащих добавок [3-4], что является наиболее перспективным направлением для Республики Беларусь.

Химический анализ сырьевых материалов на содержание основных оксидов проводился по общепринятым стандартным методикам [5].

Для определения фазового состава сырьевых материалов и полученных продуктов, а также продуктов гидролиза и гидратации шлаковых фаз использовались инструментальные методы: дифференциально-термический анализ (ДТА) и рентгенофазовый анализ (РФА).

Определение нормальной плотности и сроков схватывания бесклинкерных вяжущих проводилось по ГОСТ 310.3-78.

Изготовление образцов для испытания предела прочности при сжатии бесклинкерных вяжущих проводилось по ГОСТ 310.4-78. Для этого готовили раствор (1 часть вяжущего и 3 части стандартного песка), затем формовали образцы-балочки 40x40x160 мм, которые подвергали испытанию через установленные интервалы времени.

Испытание физико-механических свойств вяжущих веществ проводилось по ГОСТ 310-81. Прочность при сжатии определялась с помощью машины для испытания на сжатие типа ИП-6010-100-1.

В работе использовался доменный гранулированный шлак. В качестве активатора твердения применяли воздушную строительную известь III сорта и специально синтезированную сульфалоюминатную добавку (САД). САД синтезировали при температуре 900°C из тонкомолотой смеси – глина месторождения «Погораны» (Гродненская область, Волковысский район) и фосфогипс Гомельского химического завода (ГХЗ).

Химические составы фосфогипса и глины представлены в табл. 1.

Химические составы доменного шлака и извести, используемых в нашей работе, приведены в таблице 1.

Таблица 1. Химический состав компонентов

Компоненты	Химический состав, мас. %										Примеси п.п.п
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO ₂	R ₂ O	SO ₃	P ₂ O ₅	TiO ₂	
Доменный гранулированный шлак	37,52	5,62	0,93	46,8	4,89	0,46	-	0,35	-	0,32	остальное
Глина	68,72	14,71	5,12	1,4	1,01	-	1,29	-	-	-	остальное
Фосфогипс	0,6	0,17	0,17	38,64	0,21	-	0,36	55,2	-	0,1	остальное
Известь	0,93	0,02	0,96	86,9	0,2-	-	-	-	-	-	остальное

Данные РФА глинистого компонента показали, что основу глины составляют гидрослюдистые, каолининовые минералы, а также кальцит и доломит.

На основании РФА можно считать установленным, что основ-

ными фазами САД на глине месторождения «Погораны» являются ангидрит CaSO_4 , сульфосиликат кальция $[\text{2}(\text{CaOSiO}_2)\text{CaSO}_4]$, метасиликат кальция $[\text{CaOSiO}_2]$, сульфоалюминат кальция $3(\text{CaOAl}_2\text{O}_3)\text{CaSO}_4$, диоксид кремния.

На основании РФА можно считать, что основными фазами доменного гранулированного шлака является геленит $(\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot \text{SiO}_2)$, окерманит $(2\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot \text{SiO}_2)$, волластонит $(\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2)$, мервинит $(3\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2)$, монтичеллит $(\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot \text{SiO}_2)$, диопсид $(\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2)$, двухкальциевый силикат, а также FeO , FeS , MnS , MgO .

Получение бесклинкерного вяжущего осуществлялось путем совместного помола доменного гранулированного шлака с небольшим количеством сульфоалюминатной добавки (САД) и извести. Тонкость помола составов вяжущего контролировалась по остатку на сите №008 и не превышала 15%. Образцы для испытания на прочность при сжатии изготавливались по методике [5]. Результаты физико-механических испытаний приведены в табл. 2.

Таблица 2. Влияние состава бесклинкерного вяжущего на прочность образцов

Температура обжига	Состав добавки (фосфогипс-глина) мас. %	Состав вяжущего, мас. %			Предел прочности при сжатии/изгибе (МПа) за время твердения, сутки	
		известь	шлак	продукт обжига фосфогипса с глиной	7	28
800	80:20	5	90	5	9,7/2,4	23,7/5,4
		10	80	10	8,81/2,2	17,81/3,9
		15	80	5	8,95/2,2	19,2/5,2
800	70:30	5	85	10	18,5/6,1	24,8/6,1
		10	85	5	20,4/6,3	25,04/6,7
		15	80	5	20,1/6,2	26,5/6,7
800	60:40	5	85	10	13,1/3,3	19,5/6,4
		10	85	5	10,4/3,1	20,1/6,5
		15	75	10	9,23/2,8	18,5/6,2
900	80:20	5	90	5	16,2/4,7	25,3/6,8
		10	80	10	12,5/3,1	21,5/6,4
		15	80	5	14,7/3,4	23,8/6,6
900	70:30	5	85	10	22,1/6,8	28,7/7,1
		10	85	5	27,9/6,9	34,1/7,3
		15	80	5	24/6,7	30,3/7,1
900	60:40	5	85	10	12,2/3,4	19,81/6,6
		10	85	5	14,3/4,1	20,3/6,7
		15	75	10	10,4/2,8	16,2/6,2
контрольный					15,1/4,2	23,7/6,7

Анализ результатов испытаний образцов на прочность при сжатии показал, что наибольшая прочность принадлежит составу: гранулированный шлак – 85%, САД – 5%, известь – 10%.

Исследование продуктов гидратации шлакового вяжущего оптимального состава с помощью инструментальных методов позволил установить, что рост прочности обусловлен образованием высокосульфатной формы гидросульфоалюмината кальция ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{CaSO}_4\cdot 32\text{H}_2\text{O}$) и низкоосновных гидросиликатов кальция типа тобермарита ($5\text{CaO}\cdot 6\text{SiO}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

На основании результатов проведенной нами работы можно сделать следующие выводы.

Введение в состав вяжущего продукта обжига фосфогипса с глиной вызывает ускорение процесса гидратации стекловидных фаз доменного гранулированного шлака за счет:

- высокой степени формирования трехсульфатной формы гидросульфоалюмината кальция ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{CaSO}_4\cdot 32\text{H}_2\text{O}$) и образование его оптимального количества, игольчатые кристаллы которого армируют твердеющую систему;

- изменения морфологии и состава продуктов гидратации силикатных фаз доменного гранулированного шлака, которое достигается за счет высокой гидравлической активности продукта обжига (фосфогипс + глина), приводящей к раннему развитию процессов гидратации;

- образования низкоосновных гидросиликатов кальция, сопровождающееся появлением пространственного каркаса, тем самым увеличивая механическую прочность твердеющей системы.

Список литературы

1. Ицкович М.С., Балашевич В.А. Отходы металлургии – строительству – М.: Стройиздат, 1973. – 54 с.
2. Мусин В.Г. Состав и свойства смешанных вяжущих на основе металлургических шлаков и полиминеральных добавок // Строительные материалы. – 1991, №2. – С.7-8.
3. Патент 2041/75 Россия, МКИ С 04 В 7/14. Способ получения строительных материалов из шлака металлургического производства / М.В. Бородянская. – № 5062785/33; Заявл. 23.09.92; Опубл. 09.08.95.
4. Заявка 2463755 Франция, МКИ С 04 В 23/00. Гидравлическое вяжущее на основе извести и высушенного шлака / Panis Rene. – № 7921323; Заявл. 24.08.79; Опубл. 27.02.81.
5. Бутт Ю.М. Практикум по химической технологии вяжущих материалов. – М.: Высшая школа, 1980. – 532 с.