

ЦЕМЕНТНО-ЗОЛЬНЫЕ ВЯЖУЩИЕ И БЕТОНЫ НА ИХ ОСНОВЕ

Сушицкий Э.Б. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры), Арутюнян К.Л. (ООО «Цемент»)

Приведенные в статье сведения о свойствах пылевидных отходов промышленности позволяет утверждать, что утилизация техногенных продуктов является весьма актуальной задачей.

Введение золы ТЭС в цемент существенно сказывается как на водопотребности, так и на прочности и других свойствах вяжущего.

Данные о реологических характеристиках и прочностных свойствах цементно-зольных композиций противоречивы. В ряде исследований добавка золы к портландцементу увеличивает нормальную плотность и незначительно изменяет сроки схватывания вяжущего. Так, по данным Г.Н. Бачева, введение в состав вяжущего до 27% золы повышает нормальную плотность теста с 25 до 29% и, несмотря на это, подвижность цементно-песчаной смеси, оцениваемая расплывом конуса, при одном и том же количестве воды повышается с 174 до 200 мм (таблица 1).

Таблица 1

Реологические и прочностные характеристики цементно-зольных композиций (по данным Г.Н. Бачева)

№ пробы	Состав вяжущего, %		Подвижность смеси, мм	Сроки схватывания, час-мин		Характеристики цементно-песчаного раствора состава 1:3		
	цемент	зола		начало	конец	Нормальная плотность, %	Прочность, МПа	
							R _{сж}	R _н
1	100	-	174	2-15	3-00	25,0	46,0/100%	7,45/100%
2	87	13	191	2-20	3-20	27,0	55,7/121%	7,72/104%
3	80	20	203	2-30	3-40	27,5	48,9/106%	7,59/102%
4	73	27	200	2-35	3-35	29,0	47,2/103%	7,28/98%

В этих исследованиях цемент и золу дополнительно доизмельчали и смешанное вяжущие тщательно гомогенизировали. Автор считает,

что хорошо выраженное пластифицирующее действие золы объясняется увеличением числа мелких сферических частиц при доизмельчении золы. Эти данные подтверждаются в таблице 2.

Таблица 2

Влияние количества золы на свойства цементно-золяного вяжущего (по данным Г.Н. Бачева)

№ пробы	Состав вяжущего, %		Проход через сито 0,063, %	Нормальная густота, %	Сроки схватывания, ч-мин		Свойства цементно-песчаного раствора		
	цемент	зола			начало	конец	Расп-льв конуса, мм	Прочность, МПа в возрасте, сутки	
								28	60
Смешивание компонентов без домолы вяжущего									
1	100	—	79,0	25,0	2-05	3-45	150	43,0/100	47,1/100
2	85	15	80,0	28,5	3-50	5-05	160	43,7/102	53,9/114
3	75	25	83,3	32,0	6-00	7-00	139	39,6/92	54,5/116
4	65	35	85,0	35,5	6-40	7-40	143	38,8/90	53,5/114
Дополнительное измельчение смешанного вяжущего									
5	100	—	84,2	26,0	1-55	3-10	172	51,0/100	58,0/100
6	85	15	89,4	30,0	3-55	4-50	183	57,3/112	72,9/126
7	75	25	91,1	31,5	3-50	5-00	170	56,8/111	72,7/7
8	65	35	90,2	34,5	4-45	5-55	166	52,7/103	64,7/11

Примечание: под чертой – прочность в % по сравнению с цементом без золы.

По данным Ю.М. Лещинского (1987г) водопотребность цементно-песчаного раствора постоянной консистенции при содержании золы Ладыженской ГРЭС в цементно-золяном вяжущем в количестве 25-30 % уменьшается на 10-75% – на 15-225 по сравнению с цементом без золы.

С.А. Высоцкий и В.П. Смирнов (1987г) изучили свойства цементно-золяных композиций на их основе с использованием золы Ладыженской ГРЭС ($S_{уд}=1900\text{см}^2/\text{г}$) и клинкерного бездобавочного цемента Каменец-Подольского завода. Вяжущее получили смешиванием размолотого клинкера и немолотой золы. Результаты экспериментов приведе-

ны в таблице 3. Как видно, нормальная густота цементного теста при введении 40% золы уменьшалась с 24 до 22,5%, водопотребность стандартного цементно-песчаного раствора (В/Ц) с 0,4 до 0,35 (на 12,5%, а водопотребность раствора с ОК=2-3см со 170 до 160 г/м³ (на 6%).

Таблица 3

Реологические свойства и прочность цементно-золевых композиций
(по данным НИИЖБ)

№ п/п	Состав цемента, %		Нормальная густота, %	Сроки схватывания, ч-мин		В/Ц раствора	Прочность стандартного раствора, МПа	
	клинкер	зола		начало	конец		R _н	R _{сж}
1	95	0	24,5	2-20	3-25	0,40	7,2	49,5
2	75	20	24,5	3-35	4-35	0,37	6,0	40,1
3	55	40	22,5	3-40	5-00	0,35	4,9	30,9

Примечание: В составе цемента 5% гипса. Прочность в возрасте 28 суток нормального твердения.

В Одесской государственной академии строительства и архитектуры в течение нескольких лет изучали особенности использования зол Ладыженской ГРЭС, применение которой особенно актуально для предприятий стройиндустрии юга Украины.

Исследования выполнены с целью расширения использования золы для получения малоцементных растворов, используемых при изготовлении изделий, твердеющих в условиях пропаривания.

Балочки размером 4×4×16 формовали на виброплощадке из смеси с предельной крупностью зерен 5мм, расплыв конуса 105-110 мм (жесткость 10-20 секунд), затем пропаривали по режиму 3+6+3 при температуре 95°С и испытывали в возрасте 1 и 28 суток после пропаривания. Результаты испытания показали, что возможно получение весьма эффективных составов, обеспечивающих при сравнительно низких расходах цемента растворов марок 50-200. Так, раствор марки 50 может быть получен при расходе цемента 70-80кг/м³, марки 100 – при 100-105 кг/м³, марки 150 – при 130-140 гк/м³ и марки 200 – при расходе цемента 160-170 кг/м³. Получение без золы таких результатов практически невозможно. Следует обратить внимание на то, что в возрасте 1 суток после пропаривания достигается 85-90% от 28-дневной прочности.

Еще более эффективно применение цементно-золевого вяжущего при совместном помоле цемента и золы в шаровых и вибромельницах,

о чем свидетельствуют результаты экспериментов, проведенных с использованием золы-уноса Ладыжинской ГРЭС и портландцемента марки 400 Ольшанского завода.

Цементно-зольное вяжущее активировали помолом в вибромельнице в течение 40 мин. В состав вводили 25, 40, 55 и 70% золы (остальное цемент). Из полученного вяжущего формировали образцы-балочки, которые пропаривали при температуре 95°C и испытывали через 1 сутки после пропаривания. Состав мелкозернистого раствора 1:3, В/Ц=0,4. Результаты испытаний приведены в таблице 4.

Таблица 4

Прочность активированного цементно-зольного вяжущего после пропаривания

№ серии	Состав вяжущего, %		Прочность, МПа		R _{сж} , %	Примечания
	цемент	зола	R _{из}	R _{сж}		
1	100	–	7,7	32	100	Цемент без помола
2	75	25	8,5	39,5	124	Домол цемента с золой 40 мин
3	60	40	7,4	38,4	120	
4	45	55	7,2	37,0	115	
5	30	70	6,9	31,0	97	

Как видно, при тонком помоле цементно-зольного вяжущего можно заменить 60-65% цемента золой без изменения прочности, а введение 25-30% золы позволяет повысить прочность вяжущего почти на марку. Эти выводы справедливы для условий пропаривания при повышенной температуре (95°C).

Учитывая, что в производственных условиях тонкий помол вяжущего в шаровых мельницах, эквивалентный помолу в вибромельнице в течение 40 мин, трудно осуществим из-за высоких энергозатрат и низкой производительности мельниц при тонком помоле, на следующем этапе цементно-зольное вяжущее домалывали в шаровой мельнице в течение 1,5 и 3 часов, что эквивалентно производительности промышленной шаровой мельницы, соответственно, около 4-5 т/час и 2-2,5 т/час.

Исследования проводили на вяжущем, состоящем из 60% цемента и 40% золы. На основе полученного вяжущего формировали образцы-кубы с размером ребра 10см из растворной смеси с осадкой конуса 2-4 см.

Образцы пропаривали по режиму 3+6+3 часа при температуре 85°C и испытывали в возрасте 1 и 28 суток после пропаривания. В качестве заполнителя использовали мелкий песок с модулем крупности 1,2, что предопределило несколько повышенную водопотребность бетонной смеси. Как показывает анализ результатов экспериментов использование активированного цементно-золяного вяжущего путем домола в течение 2-3 часов позволяет обеспечить экономию 45-50% портланд-цемента для растворов, твердеющих в условиях пропаривания.

Особенно благоприятно цементно-золяное вяжущее сказывается на прочности сразу после пропаривания (повышение отпускной прочности на 50-60% по сравнению с раствором на цементе без золы).

В таблице 5 приведены рекомендуемые расходы цемента и золы для растворов марок 100-300 при использовании цементно-золяного вяжущего, активированного домолом в шаровой мельнице. Как видно, в этом случае достигается экономия цемента в количестве 50%.

Таблица 5

Оптимальные составы бетонов на цементно-золяном вяжущем, активированном помолом в течение 2-3 часов

№ п/п	Класс (марка) раствора	Осадка конуса или жесткость смесь	Расход воды, л/м ³	Расход, ЦЗВ, кг/м ³			Расход цемента М400 без домола, кг/м ³	Экономия цемента, кг/м ³ (%)
				всего	цемент	зола		
1	В 7,5 (М100)	11-20 см	170	200	100	100	200	100(50%)
2		2-4см	200	200	100	100	200	100(50%)
3		8-12 см	220	220	110	110	220	110(50%)
4	В15 (М200)	11-20см	170	230	138	92	272	134(49%)
5		2-4см	200	270	162	108	300	158(49%)
6		8-12см	220	297	177	120	352	175(49%)
7	В22,5 (М300)	11-20см	170	306	184	122	357	173(49%)
8		2-4см	200	360	216	144	420	204(49%)
9		8-12см	220	396	238	158	460	224(49%)

Выводы

1. Использование активированного цементно-золяного вяжущего путем домола в течение 2-3 часов позволяет обеспечить экономию 45-50 % портландцемента для растворов, твердеющих в условиях пропаривания.
2. Особенно благоприятно цементно-золяное вяжущее сказывается на прочности сразу после пропаривания (повышение отпускной прочности на 50-60 % по сравнению с раствором на цементе без золы).

Литература

1. Бачев Н. Золяы и шлаки в производстве строительных материалов: Пер. с болгарского. - К.: Будівельник, 1987. - 136 с.
2. Высоцкий Н.А., Смирнов В.П. (НИИЖБ) Экономия портландцемента при изготовлении бетонов с добавками зол ТЭС // Бетон и железобетон. - 1987. - С. 17-19.
3. Состав и свойства золы и шлака ТЭС : справочное пособие / Под редакцией В.А.Пантелеева - Л.: Энергоатомиздат, 1985. - 228 с.
4. Волженский А.В., Буров Ю.С., Колокольников В.С. Минеральные вяжущие вещества. 3-е изд. - М.: Стройиздат, 1979. - 473 с.