

МЕДНЫЙ ГРАНУЛИРОВАННЫЙ ШЛАК – МИНЕРАЛЬНАЯ ДОБАВКА В СОСТАВЕ ОБЩЕСТРОИТЕЛЬНЫХ ЦЕМЕНТОВ

*Афанасьева М.А., Капустин Ф.Л., Пьячев В.А.
УрФУ, m.a.afanasyeva@mail.ru*

Медные шлаки образуются в качестве попутного продукта при выплавке медных и колчеданных руд, а также при переплавке медного лома. После грануляции они в основном складываются на отвале, загрязняя окружающую среду, и частично используются в составе сырьевой смеси портландцементного клинкера на некоторых цементных заводах, а также для получения абразивного порошка. Он имеет высокую плотность и твердость, состоит в основном из стекла, фаялита и магнетита.

Исследованиями показано, что медный гранулированный шлак (МГШ) можно использовать при помоле общестроительных цементов в качестве минеральной добавки в количестве 10-20 % без существенного снижения активности цементов [1, 2]. В портландцемент рекомендуется вводить не более 10 % шлака, так как прочность вяжущего уменьшается на 7-8 %. При более высоком содержании добавки прочность цемента снижается прямо пропорционально ее количеству, что указывает на низкую гидравлическую активность МГШ. При пропаривании цементы с добавкой шлака твердеют значительно эффективнее и по прочности практически не уступают твердеющему в этих условиях бездобавочному цементу. Оптимальное содержание шлака при этом составляет 20 %. В соответствии с ГОСТ 31108-2003 в состав общестроительных цементов для улучшения технологии помола или физико-механических свойств допускается введение вспомогательного компонента минеральной добавки в количестве до 5 %.

Цель исследовательской работы – установить возможность использования МГШ в качестве вспомогательного компонента минеральной добавки при помолу цементов общестроительного назначения.

Для получения цементов использовали клинкер ЗАО «Невьянский цементник», доменный гранулированный шлак (ДГШ) 2 сорта ОАО «Мечел» и зола-уноса (ЗУ) Рефтинской ГРЭС – в качестве основных минеральных добавок, МГШ ОАО «Святогор» – в качестве вспомогательного компонента, гипсоангидритовый камень Ергачинского месторождения – для регулирования схватывания цементов.

Исследована размалываемость МГШ в сравнении с портландцементным клинкером, ДГШ и гипсоангидритовым камнем. Установлено, что медный шлак размалывается значительно труднее. Так при тонкости помола 5 % продолжительность измельчения МГШ больше на 20 и 40 % по сравнению с доменным шлаком и клинкером, соответственно, и в 2,5 раза в сравнении с гипсовым камнем.

Подобраны одиннадцать составов общестроительных цементов пяти типов с добавкой МГШ в количестве 5 % в качестве вспомогательного компонента минеральной добавки вместо клинкера (табл. 1).

Состав исследованных цементов

Номер состава	Вид цементов	Тип цементов	Вещественный состав, мас. %				
			Клинкер	ДГШ	ЗУ	МГШ	Гипс
1	Портландцемент	ЦЕМ I	100	-	-	-	4
2			95	-	-	5	4
3	Портландцемент с минеральными добавками	ЦЕМ II/A-III	85	15	-	-	4
4			80	15+5	-	-	4
5			80	15	-	5	4
6	Шлакопортландцемент	ЦЕМ III/A	60	40	-	-	4
7			55	40	-	5	4
8	Пуццолановый цемент	ЦЕМ IV/A	75	-	25	-	4
9			70	-	25	5	4
10	Композиционный цемент	ЦЕМ V/A	70	15	15	-	4
11			65	15	15	5	4

Помол цементов проводили в лабораторной шаровой мельнице до остатка на сите № 008 5,7-6,7 %. Установлено, что добавка МГШ ускоряет помол портландцемента состава № 2 по сравнению с составом № 1 при равной дисперсности на 6,8 %, цемента состава № 5 по сравнению с составом № 3 – на 5,3 %. Использование ДГШ в качестве вспомогательного компонента (состав № 4) вместо МГШ ускоряет помол цемента на 6,4 %. Введение медного шлака в состав шлакопортландцемента сокращает продолжительность помола на 1,5 %, пуццоланового цемента – на 9,1 %, композиционного цемента – увеличивает продолжительность помола на 5,3 % при равной дисперсности вяжущих.

Исследование гранулометрического состава цементов показало, что добавка МГШ изменяет их зерновой состав: снижает количество крупных частиц фракции 30-80 мкм и увеличивает содержание более мелких частиц размером менее 30 мкм, что повышает удельную поверхность цементов. Добавка медного шлака незначительно увеличивает содержание SO₃ в цементах. Все цементы удовлетворяют требованиям ГОСТ 31108-2003 по началу схватывания (табл. 2). Прочность цементов определяли через 7 и 28 сут. твердения образцов в воде, а также после пропаривания. Установлено, что добавка МГШ уменьшает прочность, как при нормальном твердении, так и после пропаривания, как при изгибе, так и при сжатии, что указывает на отсутствие гидравлической активности шлака, т.е. МГШ является наполнителем. Добавка МГШ в ранние сроки твердения снижает предел прочности при сжатии цементов в меньшей степени, чем в поздние сроки. Так, прочность при сжатии портландцемента ЦЕМ I через 7 сут. водного твердения уменьшается на 7,5 %, а через 28 сут. – на 12,1 %, у портландцемента ЦЕМ II соответственно – на 23,0 и 10,4 %, шлакопортландцемента типа ЦЕМ III – на 8,5 и 7,4 %, пуццоланового цемента ЦЕМ IV – на 25,2 и 24,8 %, композиционного цемента ЦЕМ V – на 8,7 и 7,0 %. Показано, что

все цементы по прочностным характеристикам удовлетворяют требованиям ГОСТ 31108-2003 (табл. 2).

Таблица 2

Результаты испытаний цементов по ГОСТ 30744-2001

Номер состава	НГ, мас. %	Сроки схватывания, ч-мин.		Предел прочности, МПа, через, сут.				Предел прочности после пропаривания, МПа, при	
				при изгибе		при сжатии			
		начало	конец	7	28	7	28	изгибе	сжатии
1	25,94	2-50	4-00	3,66	7,58	22,8	40,3	3,69	27,3
2	25,94	3-15	4-30	2,95	7,14	21,1	35,4	3,94	24,0
3	26,15	2-25	3-40	4,97	7,17	23,9	36,6	4,06	26,8
4	26,67	2-55	3-30	4,86	6,97	19,0	35,4	4,79	30,0
5	27,44	3-00	4-00	4,35	6,49	18,4	32,8	3,88	22,3
6	25,47	1-40	4-00	3,34	5,46	12,9	24,4	4,92	28,3
7	25,56	2-00	4-20	3,13	5,40	11,8	22,6	4,42	26,9
8	30,31	2-30	4-00	4,07	6,87	15,5	31,9	5,04	33,6
9	29,69	2-30	5-10	2,74	5,78	11,6	24,0	5,41	28,8
10	28,44	2-20	4-10	3,95	5,78	13,8	25,6	4,49	27,2
11	27,81	2-20	5-20	3,08	4,86	12,6	23,8	4,42	26,2

Таким образом, показана возможность применения МГШ в качестве:

- минеральной добавки без существенного снижения активности цементов;
- вспомогательного компонента минеральной добавки в составе портландцемента типа ЦЕМ I, шлакопортландцемента типа ЦЕМ III и композиционного цемента типа ЦЕМ V.

Библиографический список

1. Пьячев В.А. Использование шлаков цветной металлургии в производстве цемента: Обзорная информация. М.: ВНИИЭСМ, 1985. Вып. 1. С. 53.
2. Пьячев В.А. Состав цементов для пропариваемых бетонов / В.А Пьячев, М.Ф. Чебуков, Г.Е. Пьячева // Цемент. 1972. № 11. С. 22-23.

**ИНЖЕНЕРНАЯ МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЭЖЕКТОРА
ДЛЯ ПОДАЧИ ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

*Бараковских Д.С., Шишкин С.Ф.
УрФУ, dimc.bar@gmail.com*

Эжекторы для подачи дисперсных материалов используются в различных устройствах, например, в струйных мельницах, системах пневмотранспорта сыпучего материала, для вдувания дисперсных частиц в печь и т.д. Правильно спроектированный эжектор позволяет получить заданные параметры двухфазного потока и при этом минимизировать расход энергоносителя.

Рассмотрим упрощенную инженерную методику расчета на примере эжектора для подачи оксида циркония в плазматрон. Необходимая производительность по твердой фазе должна быть до 400 кг/ч.