

Д. С. Цыплаков, А. В. Корнилов, Т. З. Лыгина,
Е. Н. Пермяков

МЕХАНОАКТИВАЦИЯ ЦЕМЕНТНЫХ СЫРЬЕВЫХ СМЕСЕЙ И КЛИНКЕРА В ПЛАНЕТАРНОЙ МЕЛЬНИЦЕ «АКТИВАТОР -2SL»

Ключевые слова: активация, цементная шихта, клинкер, прочность.

Установлено, что активация цементной шихты в планетарной шаровой мельнице «Активатор -2SL» приводит к увеличению прочности портландцемента при сжатии на 20-47%, при изгибе – на 11-30%; клинкера - соответственно на 19,7-42,5% и 5,3-30,6%.

Keywords: activation, cement mix, clinker, strength.

The activation cement mix in a planetary spherical mill «the Activator-2SL» leads to improving of strength properties. Compressive strength of Portland cement increase on 20-47%, flexural strength - on 11-30 %; compressive strength of clinker increase - on 19,7-42,5 % and flexural strength on 5,3-30,6 %.

Введение

Одним из эффективных способов влияния на структуру и свойства вяжущих веществ является механоактивация сырья или активационное измельчение, состоящее в диспергировании вещества при механических усилиях, превышающих нагрузки в обычных шаровых мельницах.

Разрушение минералов в мельницах повышенной энергонапряженности сопровождаются многогранными структурно-химическими преобразованиями – изменяются длины и углы межатомных связей, электронная структура и химический состав веществ. Возникают точечные дефекты, дислокации, деформации и искажения решетки, в результате чего происходит разрыв связей между фрагментами структуры и их распад, завершающийся переходом части вещества в рентгеноаморфное высокореакционное состояние.

С позиций технологической минералогии наиболее информативными характеристиками внутренних дефектов являются размеры микрокристаллитов (блоков когерентного рассеяния) и величины микроискажений, рассчитываемые на основе рентгенографических данных.

Фундаментальной основой выбора измельчающего устройства, обеспечивающего оптимальную плотность энергии, может служить закономерность возрастания удельных затрат энергии при уменьшении масштаба разрушения (динамический размерный эффект) [1, 2].

Интенсификация механического диспергирования, в результате чего протекают активационные процессы, возможна только за счет увеличения работы мелющих тел, масса которых серьезно не меняется в течение всего процесса. Данное условие отчасти реализуется в вибрационных, планетарных и центробежно-эллиптических шаровых мельницах, используемых для тонкого помола минерального сырья. Принцип действия этих машин основан на интенсивном побуждении мелющих тел, когда взамен сил гравитации, вызывающей падение шаров, используется инерция, центробежные силы и т.д.

Достаточно эффективно активационные процессы протекают при механоактивации цементных шихт в режиме трибоэлектрического образования га-

зопылевой «плазмы». В результате их обработки в электромассклассификаторе улучшаются эксплуатационные характеристики портландцемента [3].

Экспериментальная часть

В данной работе исследовалась возможность увеличения прочностных характеристик портландцемента при активации двух цементных шихт (№Ш-1 и Ш-2), отличающихся химическим составом и, соответственно, значениями коэффициента насыщения и модулей, в планетарной шаровой мельнице «Активатор -2 SL» (производитель ЗАО «Активатор»). Мощное воздействие ускоренных измельчающих шаров на материал позволяет в данной мельнице получать порошок с размером частиц несколько нанометров, проводить механохимические реакции и активацию материалов. Продолжительность обработки шихт варьировалась от 3 до 10 минут.

Портландцементный клинкер из исходных и механоактивированных цементных шихт получали в лабораторных условиях сухим способом при температуре обжига 1450°C. Минеральный состав исследуемых клинкеров практически одинаковый. Прочностные характеристики портландцемента, полученного из них, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Влияние механоактивации цементной шихты на прочностные характеристики портландцемента

№ шихты	Время обработки, мин	Прочность при сжатии (МПа) образцов после выдержки, суток		Прочность при изгибе (МПа) образцов после выдержки, суток	
		7	28	7	28
Ш-1	-	29,5	45,2	6,2	7,6
Ш-1	5	33,1	54,2	6,1	8,6
Ш-1	10	39,8	66,3	7,5	9,9
Ш-2	-	35,6	38,8	5,4	6,2
Ш-2	3	39,3	48,3	7,1	7,3
Ш-2	6	41,1	49,5	7,8	6,9

После 28 суток выдержки прочность образцов, приготовленных из активированной шихты №

Ш-1, повысилась: при сжатии – на 20-47%. при изгибе – на 13-30%. С увеличением продолжительности обработки шихты с 5 до 10 минут прочностные характеристики возрастают. Обработка сырьевой шихты № Ш-2 приводит к увеличению прочности образцов при сжатии на 25%, при изгибе – на 11-17%. Изменение времени обработки с 3 до 6 минут практически не влияет на прочностные свойства.

Увеличение прочностных характеристик портландцемента, по-видимому, происходит за счет более полного взаимодействия активированных частиц сырьевой шихты в процессе обжига, вследствие чего интенсифицируется процесс минералообразования и качество клинкера повышается в результате оптимизации его кристаллической структуры. Об этом свидетельствуют данные электронной микроскопии.

Химический и фазовый составы клинкера, полученного из активированной шихты, практически остались без изменения.

В таблице 2 приведены результаты исследования по влиянию измельчения в планетарной мельнице «Активатор – 2SL» цементного клинкера, полученного из исходных сырьевых шихт (№ Ш-1 и № Ш-2). Продолжительность процесса совместного измельчения клинкера и гипса составляла 1 (№ пробы Ш-1-К-1 и Ш-2-К-1) и 3 (№ Ш-1-К-3 и Ш-2-К-3) минуты.

Таблица 2 – Влияние механоактивации клинкера на прочностные характеристики портландцемента

№ п/п	№ пробы цемента	Предел прочности, МПа, после выдержки			
		7 суток		28 суток	
		при изгибе	при сжатии	при изгибе	при сжатии
1	Ш-1-К-1	7,6	46,8	8,3	57,3
2	Ш-1-К-3	6,8	36,6	8,0	54,1
3	Ш-2-К-1	6,9	43,2	8,1	55,3
4	Ш-2-К-3	6,8	45,6	7,9	54,2

В результате такой обработки увеличивается удельная поверхность портландцемента и повышается

активность цементных частиц, что проявляется в улучшении прочностных характеристик. При активации клинкера, полученного из смеси Ш-1, прочность цемента при сжатии после 28 суточной выдержки увеличилась на 19,7-26,8%, при изгибе - на 5,3-9,2%. Прочность активированного цемента из шихты Ш-2 при сжатии возросла на 39-7-42,5%, при изгибе - на 27,4-30,6%.

Выводы

Таким образом, повышение прочности портландцемента возможно путем использования механоактивированных сырьевых шихт и клинкера. В результате активации цементной шихты и клинкера в планетарной шаровой мельнице «Активатор – 2SL» увеличение прочности при сжатии может достигать 42-47%, при изгибе – 30%.

Литература

1. Е.Г. Авакумов, В.В. Болдырев *Фундаментальные основы механической активации, механосинтеза и механохимических технологий*, Изд-о СО РАН, Новосибирск, 2009. 343 с.
2. Д.С. Цыплаков, А.В. Корнилов, Т.З. Лыгина, Е.Н. Пермяков, Вестник Казанского технологического университета, 16, С. 86-90 (2011).
3. Т.З. Лыгина, А.В. Корнилов, А.А. Панина, Е.Н. Пермяков, Цемент и его применение, 5, С. 124-126 (2010).

© Д. С. Цыплаков – науч. сотр. ФГУП ЦНИИгеолнеруд, асп. каф. технологии неорганических веществ и материалов КНИТУ, dmitriiucplako@mail.ru; А. В. Корнилов – д-р техн. наук, вед. науч. сотр. ФГУП ЦНИИгеолнеруд, проф. каф. технологии неорганических веществ и материалов КНИТУ, technology-geolnerud@yandex.ru; Т. З. Лыгина – д-р геол.-мин. наук, зам. ди. по науке ФГУП ЦНИИгеолнеруд, проф. каф. технологии неорганических веществ и материалов КНИТУ; Е. Н. Пермяков – канд. техн. наук, зам. зав. отдела технологических испытаний ФГУП ЦНИИгеолнеруд, technology-geolnerud@yandex.ru.