

Использование горелой породы для производства стеновых блоков

д.т.н., проф. Лотош В.Е.

Исследования возможности использования горелой (ГЗ) и негорелой (НГЗ) земель шахтных терриконов для производства стеновых блоков выявили существенную зависимость качества последних от крупности земель, их соотношения и других факторов. Уже при 15% НГЗ прочность изделий снижалась на 30% и более, а при 40% НГЗ она падала в 2-3 раза. Резко отрицательное влияние НГЗ объяснено с физико-химических позиций наличием в ней углерода.

Стеновые блоки на основе ГЗ по качеству превышают изделия на основе зол ТЭС. В оптимальных условиях изготовления и расходе портландцемента 25% от массы изделий их прочность достигает 100 кг/см² и более за 6-9 ч пропаривания при температуре 90°C. Приведены основные операции разработанной технологии получения стеновых блоков.

Горно-обоганительный комплекс России является одним из основных продуцентов крупнотоннажных отходов. В отвалы поступает ~ 2 млрд м³ различных пород и вскрыши, затраты на хвостохранилища составляют 10% общих капитальных вложений на строительство горнорудных предприятий [1]. Утилизируется не более 10% вскрышных пород [2], некоторые отходы, в частности, горелые (ГЗ) и негорелые земли (НЗ) шахтной добычи угля, практически не используются. Вместе с тем близкие по составу золошлаковые отходы ТЭС достаточно широко применяют для производства строительных материалов [2].

В данном сообщении изложены результаты исследования возможности использования горелой и негорелой земли для производства стеновых блоков. Работа выполнена по заказу управления по монтажу, демонтажу и ремонту горно-шахтного оборудования ПО "Челябинскуголь" (г. Копейск). Существующая на этом предприятии технология производства стеновых блоков предусматривает их изготовление из золы ТЭС и портландцемента, взятых в соотношении 70:30 (по массе). Однако зола отличается нестабильным составом и приобретает у ТЭС за плату.

Химический анализ показал, что ГЗ является кислой породой, представленной преимущественно оксидами кремния и алюминия, а также гематитом в количестве до 10% (табл. 1). Гранулометрический состав пробы был следующим:

фракция, мм	+15	-15+10	-10+5	-5+3	-3
содержание, мас%	10,6	6,9	28,3	10,1	44,1

Максимальная капиллярная влагоемкость ГЗ в крупности 0,1-0 мм составила 15,6% при максимальной капиллярной влагоемкости 10,0%.

Негорелая земля резко отличалась от горелой повышенной долей углерода, потерей массы при прокаливании (ПМП) и содержанием серы, меньшей степенью окисления железорудной части. Указанные различия состава свидетельствуют о значительном окислении пустой породы на поверхности террикона и о том, что свойства строительных материалов из ГЗ и НЗ могут заметно различаться.

Химический анализ исходных материалов, применяемых для изготовления блоков по базовой технологии, показал, что зола по содержанию углерода, ПМП, оксидов кремния и алюминия занимает промежуточное положение между ГЗ и НЗ, а портландцемент М400 по составу соответствует обычному для этого типа вяжущего.

Сравнительные исследования базовой и новой технологии проводили следующим образом. Исходные компоненты шихты, при необходимости дробленые или измельченные до заданной крупности, смешивали и увлажняли до максимальной влажности, еще позволяющей выталкивать сформированные образцы без их деформации и замазывания формы. Такая подготовка имитирует перемешивание компонентов шихты в производственных условиях, где влажность, с целью повышения удобоукладываемости смеси, поддерживают максимально возможной, но не допускают зарастания смесителя. Образцы-кубы с размером ребра 70 мм получали последовательной укладкой нескольких слоев сырьевой смеси толщиной по 10-15 мм, притрамбовывая их с усилием 2 кг/см². Изготовленные образцы упрочняли по режиму 20+1,5+7,5+2, что соответственно означает продолжительность (в часах) предварительной выдержки образцов при обычной температуре, последующий их нагрев до 90°С во влажной среде, изотермическую выдержку при этих температуре и влажности (пропарку), охлаждение пропаренных изделий до температуры окружающей среды (20°С). Определение прочности брикетов на сжатие (кг/см²)

проводили через 6 и 9 ч с начала разогрева и пропарки ($P_{6,9}$), 1 и 7 суток естественной сушки при нормальных температурах ($P+\varepsilon_{1,7}$) пропаренных брикетов. Испытывали обычно три образца, прочность рассчитывали по двум наибольшим значениям (ГОСТ 310-60).

При испытании зольных брикетов выявлено, что их прочность после пропарки составляет 33-62 кг/см² (табл. 2, строки 4-6) с последующим ее повышением при сушке. В одном из опытов (табл. 2, стр. 3) отмечено снижение прочности после пропарки, что можно объяснить общей причиной – нестабильностью состава зольных брикетов, в частности, по углю, отрицательное влияние которого объясняется далее.

Замена золы ТЭС равным количеством ГЗ позволила минимум в 1,5-2 раза повысить прочность образцов или, при одинаковой прочности, снизить расход цемента в полтора раза (табл. 2, строки 4-6).

Более высокое качество формовок с использованием ГЗ объясняется двумя основными причинами. Первая, как уже отмечалась, состоит в том, что в ГЗ незначительно содержание углерода, а в золе ТЭС он присутствует в заметных (более 8%) количествах. Его влияние на процесс гидратации до недавнего времени практически не исследовалось. В последние годы этот вопрос изучен нами, результаты изложены в ряде публикаций, обобщены в работе [3]. Установлено, что уголь поглощает высокодисперсные продукты гидратации вяжущего и твердеющие структуры формируются в этой хрупкой матрице. Последнее резко снижает прочность образцов. Вторая причина заключена в более развитой удельной поверхности ГЗ, поскольку она, в отличие от золы, не прошла стадии высокотемпературной обработки. Развитая поверхность заполнителя при его взаимодействии с продуктами гидратации вяжущего обычно способствует синтезу имеющих повышенную прочность контактных зон [3].

Рассмотренные далее результаты получены на образцах с 25%-ным содержанием портландцемента.

Найдено, что прочность образцов при снижении крупности ГЗ с 10-0 до 0,5-0 мм возрастает более, чем вдвое (табл. 3, строки 1-4). Использование смеси мелкой и крупной фракций также уменьшает прочность образцов по сравнению с фракцией 0,5-0 мм (там же, строки 5-8). Повышение толщины помола этой фракции заметно

увеличивает прочность образцов в период пропарки. При содержании во фракции 0,5-0 мм 95% кл. - 0,063 мм прочность брикетов уже через 6 ч пропарки составляла 126 кг/см² (табл. 4).

Резко отрицательное влияние на качество образцов оказало добавление НГЗ (табл. 5). Брикеты из этого материала имели очень низкую прочность (табл. 5, строка 5). Очевидно, что его введение в наполнитель недопустимо, так как уже при 15% НГЗ прочность брикетов снижается на 30% и более, а при 40% НГЗ она падает в 2-3 раза (табл.5, строки 2-4). Исключение НГЗ из шихты необходимо не только из-за снижения прочности, но также из-за ухудшения долговечности изделий, содержащих углерод. Последний, как и в отвале, будет окисляться, что приведет к фазовым превращениям и связанным с ними изменению объема и саморазрушению изделий.

Основанная на данных исследований технологическая схема производства стеновых блоков включает ноу-хау и следующие операции. Горелая земля из отвалов поступает на дробление с выдачей материала крупностью не более 10 мм. Часть его (20-40%) направляется на измельчение до фракции 0,5-0 м при содержании в ней не менее 60% кл. - 0,063 мм. Измельченную и неизмельченную части горелой породы смешивают с цементной связкой, сырьевая смесь формируется и поступает на пропарку, по окончании которой блоки сразу или, с целью повышения прочности, после выдержки в течение нескольких суток могут быть использованы в качестве стеновых блоков.

9 июня 1997 г.

Таблица 1

Химический состав (мас%) и физические свойства исходных материалов

Материал	Fe	FeO	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	S	C	ПМПП	другие	Влажность, %	Насыпная плотность, т/м ³	Кажущаяся плотность, т/м ³
Горелая земля	7,28	<0,50	1,47	2,25	59,7	19,1	0,27	0,62	2,52	5,91	12,3	1,04	2,05
Негорелая земля	5,60	2,06	1,02	1,80	42,1	14,4	0,84	19,2	28,8	3,38	2,5	1,02	2,23
Зола ТЭС	4,90	2,96	2,19	2,12	53,2	18,8	0,19	8,56	12,0	3,64	24,0	0,84	1,87
Портландцемент	2,94	0,50	57,3	3,61	25,1	5,17	0,73	н.д.	н.д.	4,65	сух.	1,27	2,2

Таблица 2

Прочности брикетов при различном расходе портландцемента

№	Шихта, мас%			П, ч		П+ЕС, сут		
	W	цемент	зола	Г.З	6	9	1	7
1.	32	20	80		32	33	46	56
2.	35	25	75		28	62	82	83
3.	30	30	70		31	47	46	39
4.	30	20		80	74	65	92	87
5.	30	25		75	80	90	96	137
6.	30	30		70	84	109	115	130

Примечание. Крупность золы и ГЗ 0,5-0 мм.

Таблица 3

Результаты упрочнения с использованием горелой земли различной крупности и гранулометрического состава.

№	ГЗ		П, ч		П+ЕС, сут	
	Крупность, мм	содержание, %	6	9	1	7
1.	10-0	100	17	29	н.д	51
2.	3-0	100	19	39	н.д	40
3.	1-0	100	62	62	55	55
4.	0,5-0	100	80	90	96	137
5.	0,5-0	80	53	80	н.д	96
6.	0,5-0	60	49	82	93	107
7.	0,5-0	40	49	53	78	89
8.	0,5-0	20	49	51	91	108

Примечания:

1) Влажность шихты 23-27%.

2) В опытах 5-8 смесь фракций 0,5-0 и 10-0 мм.

Таблица 4

Прочность брикетов при различной степени измельчения фракции 0,5-0 мм горелой
земли

Крупность		П, ч		П+ЕС ₇
S, м ² /кг	кл+0,063 мм	6	9	
488	41	68	76	75
1000	12	88	113	119
1300	5	126	118	116

Примечание. Содержание фракции 10-0 мм 60%, фракции 0,5-0 мм 40%.

Таблица 5

Прочность брикетов при различном соотношении горелой и негорелой земли.

№	ГЗ,	НГЗ,	П, ч		П+ЕС, сут	
	%	%	6	9	1	7
1.	100	0,0	88	113	н.д	119
2.	85	15	79	65	85	92
3.	75	25	50	70	н.д	61
4.	60	40	37	46	39	39
5.	0,0	100	6	6	9	13

Примечание: крупность ГЗ и НГЗ 100 м²/кг.

Библиографический список.

1. Уткин Ю.В. Вторичные ресурсы – важный резерв черной металлургии. – Сталь, 1994. – №3. – с. 1-6.
2. Рыбьев И.А. Современное строительное материаловедение в решении экологических проблем. – Изв. вузов. Строительство, 1992. – №9-10. – с.121-125.
3. Лотош В. Е. Процессы структурообразования и упрочнения в комкуемых металлургических шихтах с минеральными вяжущими. – Дисс... докт. техн. наук, Свердловск, 1991. – 517 с.