

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.