

УДК 622.271.4: 624.12

Л. И. КОВАЛЕНКО (канд. техн. наук, доц.), Н. П. ОМЕЛЬЧЕНКО (канд. техн. наук, доц.)
Донецкий национальный технический университет

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГОРЕЛЫХ ПОРОД ШАХТНЫХ ОТВАЛОВ

Проведен анализ данных о возможности использования горелых пород шахтных отвалов в качестве техногенного сырья при производстве строительных материалов. Показана возможность применения горелых пород в качестве заполнителя бетонов, сырья для керамических изделий, активных добавок к вяжущим. Самым реальным в существующих условиях является использование пород в дорожном строительстве.

шахтный отвал, порода, заполнитель бетона, строительные материалы

Постановка проблемы. Из недр Украины ежегодно извлекается свыше 1,5 млрд. т горной массы, из которой после извлечения полезных компонентов 60...70% общей массы сырья переводится в отвалы. Для размещения отвалов отводится ежегодно до 1,5...2,0 тыс. га сельскохозяйственных земель. В Украине в отвалах находится более 20 млрд. т горнопромышленных и других отходов, занимающих более 500 тыс. га земли. Особенно остро стоит проблема утилизации техногенного сырья в индустриально развитом Донбассе, в структуре хозяйственного комплекса которого угольная промышленность является одной из ведущих отраслей.

Специфика подземной добычи угля состоит в том, что на каждые 1000 т. добытого угля на поверхность выбрасывается до 12 кг угольной и породной пыли, 50...570 тыс. м³ метана, 7,5...15 тыс. м³ углекислого газа, около 5,5 тыс. м³ окислов, образующихся при взрывных работах, 1,5...9 тыс. м³ шахтных вод, 210...300 т. (а в Донбассе до 800 т) породы. На территории Донбасса расположено свыше 1200 отвалов шахт (терриконов), площадь которых составляет 5,0 тыс. га, а с учетом санитарно-защитной зоны около 30 тыс. га. При этом ежегодный объем горной массы, выдаваемой в отвалы, составляет около 30 млн. м³, а их общий объем в регионе превышает 2 млрд. м³, что, безусловно, создает существенную экологическую напряженность.

Анализ последних исследований и публикаций. Исследования последних лет отечественных и зарубежных ученых [11, 12] показывают, что проблема использования отходов угледобычи и углеобогащения в производстве строительных материалов и изделий остается актуальной, и требует дальнейшей проработки в этом направлении.

Цели и задачи. Поставлена цель наметить пути решения экологической проблемы, связанной с накоплением пород в шахтных отвалах.

Разработка мероприятий по комплексной переработке пород шахтных терриконов позволит решить ряд актуальных задач:

- нормализовать экологическую обстановку устранением источника загрязнения окружающей среды с сохранением сельскохозяйственных угодий;
- заменить экономить дорогостоящее природное сырье;
- использовать трудовые ресурсы, здания и сооружения, оборудование и технику, высвобождающиеся в связи с закрытием нерентабельных шахт;
- снизить социально-экономическую напряженность созданием рабочих мест на предприятиях по комплексной переработке техногенного сырья.

В частности, промышленность строительных материалов и изделий характеризуется высокой материалоемкостью и может обеспечить утилизацию крупнотоннажных техногенных отходов. В то же время объемы использования промышленных отходов не превышают 110...120 млн. тонн в год, что составляет всего 15...20% их годового выхода.

Материалы и обсуждения. Твердые отходы, образующиеся при добыче и обогащении углей, разнообразны по свойствам, что обусловлено минералогическим составом угля и видом его переработки [1]. Неоднородность свойств шахтных пород обусловлена также различной степенью их обжига в терриконах [2] и гранулометрическим составом, который более стабилен у отходов углеобогащения, чем отвальных шахтных пород [3], в то время как минеральная часть практически идентична и представлена преимущественно породами осадочного происхождения. По содержанию органики, % (в основном свободный углерод), "пустые" шахтные породы разделяются на следующие группы: Г1 – до 2; Г1а – 2...4; Г2 – 4...8; Г3 – 8...12; Г4 – 12...20; Г5 – более 20. Под действием кислорода воздуха органика пород окисляется и самовозгорается, при этом порода подвергается

естественному обжигу, а органические примеси при этом частично выгорают. Горелыми породами считают “пустые” шахтные породы с содержанием до 5% остаточных углистых примесей [4]. В результате повышения температуры минеральная составляющая изменяет свою структуру и состав. При горении пород в аэрируемых условиях образуются кислородосодержащие вещества: гематит, ангидрит, известь, периклаз и др. Прокаливание породы в восстановительной неаэрируемой среде дает следующие минералы: карбиды железа, моносulfиды железа, ольдгалит, флюорит, анортиты и др. Преобладающим вещественным составом горелых пород являются аргиллиты, песчаники и алевролиты [5]. Породы Донецко-Макеевского района состоят более чем на 60% из аргиллитов и глинистых сланцев, содержание песчаника составляет 3-5%, остальное – алевролиты и алевролитовые сланцы.

Аргиллит – продукт дегидратации глинистых пород, не размокающий в воде. Он образуется в результате уплотнения и цементации глинистых пород. Основную массу аргиллита составляют гидрослюда, каолинит и монтмориллонит. В качестве примесей встречаются кварц, полевые шпаты, слюды и хлориды. Породы, в которых содержание частиц размером свыше 0,01 мм составляет более 50%, называют алевролитами. В алевролитах часто наблюдаются прослойки, отражающие сланцевую слоистую текстуру и ее лещадность. Принято считать, что вещественный состав горелых пород имеет аргиллитово-алевролитовое происхождение.

В зависимости от структуры горелые породы делят на четыре группы [6]: наиболее слабые – отходы шахт, разрабатывающих тощие угли; цвет этих пород темно-серый, они слабо обожжены и имеют аморфную структуру; рыхлые – породы шахт, отрабатывающих газовые угли, слабо обожжены, имеют светло-розовый цвет; твердые – породы шахт, разрабатывающих коксующиеся угли, имеют плотную структуру, хорошо обожжены, цвет их изменяется от темно-коричневого до коричневого; очень твердые – породы шахт, разрабатывающих антрацитовые угли; обжиг их доведен до оплавления. Химический состав усредненных проб горелых пород различных шахт Донбасса колеблется в широких пределах: SiO_2 (48,3...57,9%); Al_2O_3 (30,7...46,6%); Fe_2O_3 (0,44...12,1%); CaO (1,4...4,7%); MgO (0,8...2,5%); SO_3 (1,1...2,4%) [7].

Широкие пределы изменения содержания различных оксидов и минералов свидетельствует о том, что для оценки горелых пород как технологического сырья необходим индивидуальный (по каждому террикону) подход. В определенной мере позволяет сделать обобщение химико-минералогического состава горелых пород классификация:

- по содержанию серы: E1 – не более 0,5%; E2 – 0,5...1,5%; E3 – 1,5...3,0%; E4 – более 3%;
- по содержанию железа (Fe_2O_3 , %): B1 – низкожелезистые – менее 1,5; B2 – маложелезистые – 1,5...5; B3 – среднежелезистые – 5...12; B4 – железистые – 12...18; B5 – высокожелезистые – более 18;
- по литолого-минералогической характеристике: B1а – глинистые каолинитовые; B1б – гидрослюдистые; B1в – монтмориллонитовые; B2 – песчаные; B3а – карбонатные кальцитовые; B3б – карбонатные сидеритовые.

Горелые породы шахтных терриконов Донбасского угольного бассейна могут относиться к различным группам по перечисленным классификационным признакам, что подтверждает необходимость комплексного подхода при определении рационального направления их использования. Для выбора направления использования каждый вид промышленного отхода должен пройти несколько уровней оценки по различным критериям: по токсичности; химико-минералогическому составу; агрегатному состоянию, объемам образования. После такой многоуровневой оценки определяется направление утилизации и номенклатура продукции, получаемая на основе конкретного техногенного сырья.

Физико-механические свойства горелых пород зависят от их исходного состава и степени обжига. В настоящее время нет надежной методики прогнозирования и оценки степени обжига горелых пород в шахтных терриконах, так как она зависит от многих факторов: содержания угля в исходной породе и скорости его горения, глубины зоны горения в терриконе, среды горения и др.

При обжиге породы в алюмосиликатных минералах происходят глубокие изменения, прежде всего в каолините, что во многом определяет физико-механические свойства и химическую (гидравлическую) активность горелой породы. Результатом самообжига шахтных пород является преобразование порообразующих минералов, прежде всего, каолинита с образованием метакаолинита, который с повышением температуры частично превращается в муллит и распадается на окислы. Кроме того, обжигу подвергаются также песчаники, представляющие собой цементированные зерна кварца. При этом известна способность окислов кремния (β -кварц) к

полиморфным превращениям при нагревании. Так, при температуре 573⁰С происходит переход β -кварца в α -модификацию, которая при повышении температуры до 870⁰С претерпевает изменение кристаллической решетки с переходом в тридимит, а затем при температуре более 1000⁰С в кристобалит. При температуре обжига более 1200⁰С образуются соответствующие стекла, что значительно снижает химическую активность горелых пород.

Среди перспективных направлений переработки горелых пород можно выделить производство керамических стеновых материалов на их основе. Обладая высокой теплотворной способностью (2500...9200 кДж/кг), они используются также в качестве исходного сырья или выгорающей добавки при производстве искусственных пористых заполнителей бетона, например, аглопорита.

Значительные объемы породы шахтных терриконов могут быть утилизированы в дорожном строительстве, в частности при устройстве подстилающих слоев дорожных одежд.

В связи с удорожанием природных сырьевых ресурсов для производства бетонных и железобетонных изделий и конструкций, а в некоторых регионах с их дефицитом, возникла необходимость поиска различных техногенных отходов, приближающихся по свойствам к кондиционным природным материалам. Так, проведено множество исследований по применению горелых шахтных пород в качестве заполнителей бетона.

Перегоревшая шахтная порода, в большинстве случаев, содержит небольшой процент угля (0,9...2,6%), серы и других органических примесей. Эти примеси находятся в основном в мелочи, которая может отсеиваться через сито с отверстиями 5 мм. Таким образом, хорошо перегоревшую породу после дробления и классификации можно использовать в качестве крупного заполнителя бетонов. При этом в качестве щебня предпочтительнее применять горелые породы, имеющие в основе алевролиты, мелкозернистые песчаники и твердые сланцы. Установлено также, что чем выше содержание кремнезема в щебне, тем выше его марка по прочности, истираемости и морозостойкости [7]. Заполнители из горелых пород имеют среднюю плотность от 800 до 1450 кг/м³ и предел прочности при сжатии в цилиндре до 40 МПа, что позволяет применять их в производстве бетонов марок М100...200. Большинство минералов заполнителя представлено алюмосиликатами, и находящийся на их поверхности обменный ион алюминия с водой образует комплексы, способные проявлять каталитическую активность и интенсифицировать коагуляционное и кристаллизационное структурообразование поверхности раздела «заполнитель – вяжущее».

Фракции горелой породы с размером 0,16...5 мм можно использовать в качестве мелкого заполнителя бетонов. Установлено более высокую активность известково-горелопородных вяжущих в растворах с горелопородным песком по сравнению со стандартным вольским песком. Это объясняется более развитой поверхностью и активностью горелопородного заполнителя, в результате чего повышается адгезия, а также происходит вакуумное всасывание теста вяжущего в капилляры зерен горелой породы, образующиеся в результате выгорания углистых примесей.

Молотую горелую породу можно использовать взамен части портландцемента, при производстве пуццоланового цемента или в качестве пуццолановой добавки к бетонным смесям.

Исследования горелых пород угольных бассейнов Донецка, Кузнецка, Москвы, Караганды и др., проведенные институтом ВНИИОМПромжилстрой (г. Киев), показали возможность их использования при производстве местных вяжущих, песка и щебня [8], а институтом ЦНИИС (г. Москва) определена номенклатура изделий, которые могут быть изготовлены на основе горелопородного заполнителя: лотковые элементы, элементы заборов, фасадная плитка, перегородки и другие изделия. При этом стоимость изделий на основе горелопородного сырья не превышает 30...50% стоимости таких же изделий из обычного бетона, кирпича или дерева. По данным ВНИИОМПромжилстроя стоимость горелопородного цемента даже при вибропомоле составляет только 60% стоимости шлакопортландцемента [8].

Однако, для использования отходов угледобычи при производстве вяжущих рекомендуется использовать только хорошо перегоревшую породу. В то же время, известно, что даже в пределах одного террикона степень обжига породы крайне неоднородна, что значительно ограничивает объемы ее утилизации. В литературе практически отсутствуют сведения о влиянии содержания различных вредных примесей в отвальных породах (сернистые соединения, глина, несгоревшие угольные частицы) на свойства вяжущих на их основе.

Основными факторами, обеспечивающими качество бетонных и железобетонных изделий на основе горелых пород средней кондиции, являются состав сырьевых смесей, дисперсность компонентов, водо-вяжущее отношение, способы механического перемешивания, характер уплотнения и гидротермальной обработки.

В угленосных регионах бывшего СССР осуществлялись попытки комплексной переработки отвальных пород. Так, в Донбассе, согласно налаживалось опытное производство бетонов на основе горелой породы на Алчевском шлакоблочном заводе. На шахтах “Стахановец”, “Криничная Южная”, Михайловская №12”, “Мария-Глубокая”, 1–2 им. Свердлова и др. такие бетоны использовали для крепления подземных выработок. Обследование бетонной крепи через 10...15 лет показало, что изделия находятся в хорошем состоянии.

В то же время увеличению объемов производства бетонов, а также расширению номенклатуры изделий на их основе препятствует ряд факторов, среди которых первостепенное значение имеет крайняя неоднородность состава и свойств пород шахтных отвалов.

Выводы. Анализ многочисленных литературных источников по проблеме утилизации породных отвалов угледобывающих предприятий показывает, что достигнуты положительные результаты по использованию горных горелых пород в производстве керамических стеновых материалов, искусственных пористых заполнителей бетона, местных вяжущих, песка и щебня. Значительные объемы шахтных терриконов могут быть утилизированы в дорожном строительстве, в частности при устройстве подстилающих слоев дорожных одежд.

Неизменной проблемой, препятствующей широкой утилизации горелых пород, остается разнообразие состава и свойств пород шахтных отвалов, что требует проведения обширных трудоемких исследований для каждого террикона и даже отдельных его частей.

Библіографічний список:

1. Певзнер М.Е. Экология горного производства / М.Е. Певзнер, В.П. Костовецкий. – М.: Недра, 1990. – 376 с.
2. Подвиженский С.В. Рациональное использование природных ресурсов в горнопромышленном комплексе / С.В. Подвиженский, В.И. Чалов, О.П. Кравчина. – М.: Недра, 1990. – 237 с.
3. Дворкин Л.И. Строительные материалы из промышленных отходов / Л.И. Дворкин, И.А. Пашков. – Киев: Вища шк., 1980. – 143 с.
4. Чистяков Б.З. Использование отходов промышленности в строительстве / Б.З. Чистяков. – Л.: Лениздат, 1989. – 116 с.
5. Элинзон М.П. Производство искусственных пористых заполнителей / М.П. Элинзон. – М.: Стройиздат, 1988. – 217 с.
6. Уткин Ю.В. Перспективы использования отходов добычи и обогащения углей для производства пористых заполнителей / Ю.В. Уткин, М.Я. Спирт, М.П. Элинзон. – М.: ЦНИЭИУголь, 1987. – 185 с.
7. Эффективность использования промышленных отходов в строительстве / под ред. Я.А. Рекитара. – М.: Стройиздат, 1978. – 172 с.
8. Глушнев С.В. Использование отходов угольной промышленности в дорожном строительстве / С.В. Глушнев. – М.: ЦНИЭИУголь, 1983. – 218 с.
9. Ботнарева Н.П. Подготовка пород углеобогащения для производства обжиговых строительных материалов / Н.П. Ботнарева, Р.Ф. Горбач, В.Н. Бейзер // Уголь. – 1978. – № 9. – С. 18-21.
10. Бунивер Л.И. Стеновые панели из поризованного керамзитобетона с фактурным слоем из горелой породы / Л.И. Бунивер, А.Д. Лазько, И.В. Грибачев // Инф. листок о научно-техн. дост. - 1982. – № 82-15. – С. 4. – Донецкий ЦНТИ.
11. Зайченко Н.М. Тонкозернистые бетоны с высокими эксплуатационными свойствами на основе наполнителей из отходов промышленности / Н.М. Зайченко // Сб. научн. тр. / ПГАСА. – Днепропетровск. – 2004. – вып. 30. – С. 110-116.
12. Naik T.R. Use of industrial by-products in cement-based materials / T.R. Naik // Creating and Concrete Research. – 2004. – Vol.34. – No. 11, P. 2057-2060.

Надійшла до редакції 15.06.09

Л. І. Коваленко, М. П. Омельченко

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ГОРЕЛИХ ПОРІД ШАХТНИХ ВІДВАЛІВ

Проведений аналіз літературних даних про можливість використання горілих порід шахтних відвалів в якості техногенної сировини при виробництві будівельних матеріалів. Показана можливість застосування горілих порід у якості заповнювача бетонів, сировини для керамічних виробів, активних добавок до в'язучих речовин. Найбільш доцільним в існуючих умовах є використання горілих порід в дорожньому будівництві.

шахтний відвал, порода, заповнювач бетону, будівельні матеріали

L. Kovalenko, M. Omelchenko

THE PROSPECTS OF USING BURNT ROCKS OF MINE DUMPS

The article analyzes the literature devoted to the prospects of using the burnt rocks from mine dumps in building materials production. It has been shown that burnt rock can be used as concrete aggregate, raw material in ceramics and active admixture in binding materials. Nowadays burnt rocks are most likely to be used in highway construction.

mine dump, rock, concrete aggregate, building materials

© Л. І. Коваленко, М. П. Омельченко, 2009