

УДК 622.7

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДРОБЛЕНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ШЛАКА

А.А. Новиков, В.Г. Самойлик, А.Н. Корчевский
ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
г. Донецк, ДНР

Аннотация. В статье приведены результаты исследования процесса дробления металлургического шлака. Выданы рекомендации по технологической схеме его переработки.

Annotation. The article presents the results of a study of the crushing process of metallurgical slag. Recommendations on the technological scheme of its processing.

Ключевые слова: дробление, шлак, раскрытие сростков, металлическая фаза.

Key words: crushing, slag, disclosure of intergrowths, metal phase.

В результате деятельности металлургических предприятий накоплены огромные запасы шлаков, которые составляют основную часть отходов и хранятся в отвалах. Отходы производства могут и должны стать тем резервом, который позволит замедлить расходование природных сырьевых ресурсов, а в некоторых случаях и заменить их.

На металлургическом комбинате для освобождения площадей складирования и выделения металлической части и огнеупорного лома, а также шлака для строительства необходимо более интенсивно производить переработку существующих шлаковых отвалов с использованием лома в собственном переделе, огнеупорного лома для сдачи на переработку, а шлаков определенной фракции для строительства.

Предварительно проведенные исследования показали, что распределение металлизированных включений в массиве металлургических шлаков характеризуются определённой специфичностью. Данное свойство не имеет аналогов среди первичных полезных ископаемых. Поэтому первым этапом при разработке технологии обогащения шлаков должна быть отработка режимов раскрытия сростков в процессе дробления.

В качестве исходного материала для исследований использовалась проба металлургического шлака, имеющая следующий химический состав (табл. 1).

Таблица 1 – Химический состав металлургического шлака

| | | | | | | | | | |
|------------------|--------------------------------|-------|------|-------|-----|-----------------|------|----------------|----------------|
| SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | FeO | MnO | CaO | MgO | SO ₃ | S | M ₀ | M _f |
| 36,0 | 7,8 | 18,95 | 1,55 | 27,02 | 3,3 | 0,77 | 1,64 | 0,99 | 0,13 |

Твёрдость исходной пробы по шкале Мооса – 6. Объёмная насыпная масса шлака – 1000-2000 кг/м³. Металлическая фаза шлака представлена металлическими корольками, различными по химическому составу, форме, магнитной восприимчивости, цвету и абразивными свойствами. В основном она содержится в виде включений в кусках шлака.

Ситовая характеристика исследуемой пробы приведена в табл. 2.

Таблица 2 – Ситовая характеристика исследуемой пробы

| Класс крупности, мм | Средний диаметр куска, мм | Выход, % | Выход, % | |
|---------------------|---------------------------|----------|----------|-------|
| | | | Сверху | Снизу |
| +300 | 400 | 4,13 | 4,13 | 100 |
| 150-300 | 175 | 10,85 | 14,98 | 95,87 |
| 150-100 | 125 | 7,91 | 22,89 | 85,02 |
| 100-50 | 75 | 10,47 | 33,36 | 77,11 |
| 50-25 | 38 | 9,37 | 42,73 | 66,64 |
| 25-13 | 18 | 4,90 | 47,63 | 57,27 |
| 13-6 | 8 | 2,97 | 50,6 | 52,37 |
| 6-3 | 4 | 10,41 | 61,01 | 49,4 |
| 1-3 | 2 | 10,64 | 71,65 | 38,99 |
| 1-0,5 | 0,75 | 3,05 | 74,7 | 28,35 |
| 0,5-0,25 | 0,38 | 2,22 | 76,92 | 25,3 |
| 0,25-0,125 | 0,18 | 4,47 | 81,39 | 23,08 |
| 0,125-0,063 | 0,8 | 10,52 | 91,91 | 18,61 |
| -0,063 | 0,033 | 8,09 | 100 | 8,09 |
| Итого | - | 100,00 | - | - |

Важнейшей частью технологии обогащения шлаков является раскрытие сrostков. Раскрыть сrostки необходимо для полного извлечения полезного компонента из массива исходного материала [1, 2].

Предварительные исследования по дробимости исходной пробы

шлака проводились на различном оборудовании с целью определения оптимальной схемы дробления. Проба подвергалась избирательному дроблению в различных дробилках по выбранным стадиям дробления (испытания проводились в дробилках ударного действия – МПЛ-150 с разгрузочной решеткой 3 мм, 6 мм, 12 мм; щековых лабораторных дробилках типа ЩДС-250х400, ЩДС-150х200, ЩДС-75х150, валковой с гладкими валками типа ВДВ-250х200).

В процессе сокращения крупности кусков особое внимание обращалось на способность данного материала формировать линию трещиноватости по пятнам контактов минеральных составляющих: шлакообразующих и металлических корольков. Это свойство является определяющим при настройке дробящего оборудования с различным энергетическим воздействием на материал. Соотношение размеров кусков исходного питания и дробленого материала также является параметром настройки для безопасной и безаварийной эксплуатации дробящего оборудования.

В результате проведенных предварительных исследования было выявлено, что дробилки ударного типа не рационально использовать из-за возникающих сложностей разгрузки корольков через контрольное сито дробилки. Корольки будут оставаться в дробилке и накапливаться, потому что они почти не подлежат дроблению. Накопление металофазы в дробилке приведет к постоянным остановкам оборудования из-за необходимости выгрузки остатков корольков из дробилки.

Таким образом, наиболее пригодным оборудованием для дробления пробы шлака являются щековые дробилки. Крупнокусковое шлаковое сырье является прочным и хрупким материалом. Следовательно, сжатие между щеками дробилки приводит к обильного образования трещин между корольками и шлаком, что приводит к раскрытию сростков материала.

Предварительные исследования показали необходимость применения 3-х стадий дробления пробы. В первых двух стадиях приняты к использованию щековые дробилки, а в третьей стадии принята валковая дробилка.

Ситовые характеристики проб после трёх стадий дробления представлены в табл. 3.

На основании данных ситового состава исходного и дроблёного материала были рассчитаны средние диаметры кусков до и после дробления и определены коэффициент сокращения.

Таблица 3 – Ситовые характеристики проб после дробления

| Класс крупности, мм | Выход, % | | |
|------------------------|----------|----------|----------|
| | 1 стадия | 2 стадия | 3 стадия |
| +50 | 10,01 | - | - |
| 50-25 | 13,56 | - | - |
| 25-13 | 7,06 | 6,85 | - |
| 13-6 | 8,23 | 11,08 | - |
| 6-3 | 14,62 | 18,48 | - |
| 1-3 | 12,89 | 18,01 | - |
| 1-0,5 | 4,81 | 10,52 | 4,86 |
| 0,5-0,25 | 3,35 | 7,08 | 14,78 |
| 0,25-0,125 | 5,48 | 5,67 | 12,12 |
| 0,125-0,063 | 11,35 | 12,70 | 26,55 |
| -0,063 | 8,64 | 9,61 | 19,82 |
| Итого | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

Средневзвешенный диаметр кусков материала определялся по формуле:

$$D_{ср.взв.} = (\gamma_1 d_1 + \gamma_2 d_2 + \dots + \gamma_n d_n) / (\gamma_1 + \gamma_2 + \dots + \gamma_n), \quad (1)$$

где γ_i , d_i – соответственно, выход и средний диаметр зёрен в i -ом классе.

Степень сокращения среднего диаметра куска рассчитывалась по формуле:

$$i = D_{ср.взв.} / d_{ср.взв.}, \quad (2)$$

где $D_{ср.взв.}$ и $d_{ср.взв.}$ – средние диаметры зёрен в исходном и дробленом продуктах.

Для исходной пробы $D_{ср.взв.} = 54,56$ мм, для дробленого продукта первой стадии $d_{ср.взв.} = 13,08$ мм.

Степень сокращения среднего диаметра куска в первой стадии дробления составила:

$$i = 54,56 / 13,08 = 4,17.$$

Для второй стадии $i = 4,22$, для третьей стадии $i = 6,01$.

В процессе проведения исследований контролировались также качественные характеристики дробленых продуктов.

Выводы.

1. Предварительное дробление исходного шлакового сырья необходимо проводить в три стадии с последующей классификацией дробленого продукта и возвратом надрешетного продукта в качестве циркулирующей нагрузки на предыдущую стадию дробления.

2. Крупность дробления (размер отверстий сит на классификации) на каждой стадии должна определяться на основании характеристик ситового состава исходного продукта и требуемой степени сокращения среднего диаметра куска шлака.

3. После каждой стадии дробления необходимо предусматривать операцию извлечения освободившихся из сростков металлических частиц при помощи магнитной сепарации, электростатической сепарации или гравитационного обогащения.

Перечень ссылок

1. Подготовительные процессы при обогащении полезных ископаемых. Дробление, измельчение, грохочение и классификация [учебное пособие] / А.Н. Корчевский, Е.И. Назимко, Л.И. Серафимова, В.Г. Науменко – Донецк: ДонНТУ, 2017. – 180 с.

2. Пластовец А.В., Корчевский А.Н. Технологические испытания шлаковых отходов металлургии. /. Фундаментальные и прикладные проблемы в горном деле. Материалы всероссийской научно-практической конференции. 2016. С. 110-113.