$$R = \frac{1}{S_c} \int_{S_c} \frac{\delta(x, y, z)}{\delta_{\min}} \cdot dS_c, \quad (1)$$

где S_c – поверхность детали-катода; $\delta(x, y, z)$ – толщина покрытия в точке с координатами (x, y, z) .

К факторам, оказывающим наибольшее влияние на неравномерность наносимого покрытия, относится плотность тока. Неоднородное распределение потенциала в электролите обычно приводит к неравномерному распределению тока на поверхности катода. Однородность плотности тока на катоде в этом случае зависит от геометрии ячейки и от величины электродной поляризации.

К наиболее перспективным способам улучшения равномерности гальванического покрытия относится применение ванн со многими анодами, каждый из которых подключен к общему источнику питания через устройство, способное регулировать величину силы тока [1]. Значение величины силы тока для каждой анодной секции подбирается из условия минимизации критерия (1).

На рисунке 1 демонстрируются результаты моделирования гальванического никелирования с $\delta_{\min} = 10$ мкм на катоде ступенчатой формы с использованием монолитного анода (традиционный способ) и системы из 3-х анодных секций с оптимальными значениями силы тока на каждой.

Рисунок 1. Распределение толщины покрытия:
а) монолитный анод; б) многоанодная ванна

В первом случае величина (1) составила 1,968821, а во втором – 1,396218. Эффективность предложенного способа для рассмотренного примера составляет 29%.

1. Соловьев Д.С., Мукина И.А., Литовка Ю.В. Особенности оптимального управления гальваническими процессами в многоанодной ванне с различными значениями силы тока // Мехатроника, автоматизация, управление. 2017. Т. 18, № 9. С. 631 – 636.

Сошина Т.О., Богданов С.В., Табаков А.Ю.

Рекультивация зольно-шлаковых отвалов металлургического производства

ФГБОУ ВО Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Лысьвенский филиал
(Россия, Лысьва)

doi: 10.18411/lj-10-2018-201

ids: 000001:lj-10-2018-201

Аннотация

Разработаны мероприятия по рекультивации зольно-шлаковых отвалов на территории Пермского края и Уральского федерального округа, включающие в себя разработку плана рекультивации, сортировку отходов, переработку и брикетирование. Изготовлен опытный образец сортировочной установки «СУ-6000». Отличительным

преимуществом сортировочной установки является разделение перерабатываемого грунта на большое число фракций: бутовый камень, щебень, скрап средней фракции, скрап мелкой фракции, отсев. Окончательная переработка отходов сортировочной установки производится на производственной линии по брикетированию. Предложенная концепция рекультивации отвалов это полный цикл переработки всех видов отходов, позволяющая вторично использовать отходы действующих производств.

Ключевые слова: рекультивация отвалов, план рекультивации, схема рекультивации, сортировочная установка, брикетирование металлургической окалины.

1. Введение

Урал является одной из уникальных железорудных провинций России. Уже с 16 века вдоль Уральского хребта существовал железный промысел, что повлекло за собой создание множества металлургических заводов. Экологической проблемой современности, как следствие, является проблема создания большого числа отвалов металлургического производства. Одним из возможных путей решения этой проблемы является рекультивация зольно-шлаковых отходов, складированных металлургическим производством, то есть экономическое и экологическое восстановление земель, которые утратили своё плодородие из-за деятельности человека [1, 2].

Целью работы является разработка мероприятий по рекультивации зольно-шлаковых отвалов на территории Пермского края и Уральского федерального округа.

2. Результаты и обсуждение

Разработанная концепция рекультивации зольно-шлаковых отвалов металлургического производства включает 4 этапа: разработка плана рекультивации, сортировка отходов, переработка и брикетирование. Разработка плана рекультивации включает в себя разработку схемы (рис. 1) и карты рекультивации (рис. 2). Схема рекультивации создается для оптимизации процессов сортировки и переработки отходов, увеличения производительности сортировочного оборудования. Карта рекультивации разрабатывается для организации логистики производственного процесса, определяя последовательность переработки участков, участки складирования отходов.

Рисунок 1 – План рекультивации: H – высота отвала; B – ширина разрабатываемого квадрата; 1 – рабочая площадка; 2 – переработанный грунт; 3 – грунт для переработки

Рисунок 2 – Карта рекультивации отвала: 1-28 – нумерация квадратов разработки отвала

Сортировка отходов производится с помощью сортировочной установки «СУ-6000» (рис. 3). Преимущество установки в ее мобильности, что позволяет снизить затраты на ее транспортировку и значительно расширить географию работ. Сортировочная установка «СУ-6000» состоит из семи сборочных узлов, которые представляют собой взаимосвязанную сеть транспортеров [3].

Посредством экскаватора грунт с зольно-шлакового отвала засыпается в первый транспортер - питатель 1, который равномерно подает грунт в грохот вибрационный 2. Питатель – наиболее нагруженный транспортер, так как на него подается весь грунт сепарируемый СУ-6000. Максимально в питателе может находиться до 2 тонн грунта, поэтому у данного транспортера самое большое число несущих роликов, расположенных под транспортерной лентой. Питатель оснащен бортами для более удобного засыпания грунта и для исключения попадания грунта на другие транспортеры. После равномерной подачи грунта на грохот вибрационный он просеивает его путем вибрации, создаваемой кручением дебаланса. В данной установке представлен двухдековый грохот, что позволяет разделять грунт на большое число фракций. Подобное конструктивное решение является отличительным преимуществом установки СУ-6000 в сравнении с аналогами.

Отходы, которые не просеялись через сетки грохота, попадают на верхний транспортер 3. Транспортер содержит барабанный магнит, откидывающий отходы в заранее установленную мульду, формируя скрап средней фракции (рис. 4, а). Отходы с верхнего транспортера не притянутые магнитом попадают в яму, составляя бутовый камень (рис. 4, б). Отходы, которые просеялись через верхнюю сетку грохота, попадают на нижнюю сетку меньшей фракции.

а)

б)

Рисунок 3 – Сортировочная установка СУ-6000: а) модель: 1 - питатель; 2 – грохот вибрационный; 3 – конвейер верхний; 4 – конвейер нижний; 5 – магнит; 6 – рама; б) опытный экземпляр

Грунт снова делится на две части. Часть грунта попадает на нижний транспортер 4, подающий грунт к транспортерному магниту 5. Притянутые магнитом отходы откидываются в мульду, формируя скрап мелкой фракции (рис. 4, в). Не притянутые магнитом отходы уходят в яму, формируя щебень (рис. 4, г). Отходы, прошедшие через нижнюю сетку грохота составляют отсев.

Промышленные предприятия, занимающиеся рекультивацией отвалов посредством сортировочных установок, оставляют после себя промышленные отходы в виде металлургической окалины, скрапа и отсева. Разработанная концепция рекультивации включает в себя этап переработки этих отходов путем их брикетирования. Принцип работы производственной линии по брикетированию заключается в следующем: отсев, полученный от переработки отходов в сортировочной установке «СУ-6000» засыпается в сортировочную установку «СУБ-3000», которая через сетку мелкой фракции (5 мм) перерабатывает отсев в металлургическую окалину. Полученные брикеты отправляются в газовую печь для дальнейшей сушки.

Рисунок 4 – Отходы металлургического производства: а) скрап средней фракции; б) бутовый камень; в) скрап мелкой фракции; г) щебень

Химический анализ полученных брикетов показал, что содержание в них железа не уступает скрапу и находится на уровне 95% (рис. 5, а). Готовая продукция в виде брикетов поставляется на литейные производства для последующей переработки (рис. 5, б).

Рисунок 5 – Брикетирование металлургической окалины и отсева: а) химический анализ брикетов; б) внешний вид брикетов

3. Заключение

Разработаны мероприятия по рекультивации зольно-шлаковых отвалов на территории Пермского края и Уральского федерального округа. Использование для переработки металлургических отходов сортировочной установки «СУ-6000» обеспечивает конкурентное преимущество на рынке вторичной переработки. Отличительным преимуществом предлагаемой концепции рекультивации отвалов является полный цикл переработки всех видов отходов, включающий брикетирование металлургической окалины и отсева.

Концепция рекультивации направлена на эффективное использование земель, на которых расположены отвалы, вторичное использование отходов действующих производств.

1. Мищенко О.В., Филимонов В.И. Разработка песчаных карьеров. – Ульяновск: УлГТУ, 2011. – 234 с.
2. Кезин В.Г., Богданов С.В. Проблемы экологии и экологического образования в городе Лысьва // Наукоедение. – 2015. – Т.7, №5. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/183PVN515.pdf>.
3. Целиков А.И. Машины и агрегаты металлургических заводов: учебник в 3 т. – М.: Металлургия, 1981. – 576 с.

Хохолов Ю.А., Киселев В.В.

Оценка влияния водной среды на формирование температурного режима барьерных целиков россыпных шахт криолитозоны

*Институт горного дела Севера им. Н.В.Черского СО РАН
(Россия, Якутск)*

doi: 10.18411/lj-10-2018-202

idsp: 000001:lj-10-2018-202

Аннотация

Для выявления особенностей формирования температурного поля в мерзлом массиве дисперсных пород отработанной россыпной шахты, барьерном целике и толще воды разработана двухмерная математическая модель процессов теплообмена. Модель позволяет определить основные исходные данные необходимые для расчета нагрузок на породный барьерный целик с учетом протаивания и одновременно оценить время замерзания воды в затопленной выработке.

Ключевые слова: Россыпная шахта, барьерный целик, горные породы, температура, криолитозона

В практике подземной разработки мёрзлых россыпных месторождений криолитозоны были нередкими случаи прорыва воды в действующие шахты из отработанных и затопленных смежных шахт в результате протаивания и тем самым снижения несущей способности междушахтных (барьерных) целиков. В связи с этим, оценка растепляющего влияния водной среды на формирование температурного режима барьерных целиков имеет важное значение в определении их несущей способности и оптимальных параметров, которые во многом определяют безопасность ведения горных работ.

Необходимо отметить, что при подземной отработке россыпей арктических регионов камерно-лавыми системами, при которых в условиях хронического дефицита крепежного леса, для поддержания выработанного пространства оставляются междуканальные целики значительных размеров, отработанные шахты затапливались специально в период паводков в надежде на быстрое замерзание воды и образования, таким образом, искусственных ледяных целиков, равных по размерам отработанным очистным камерам. В этом случае представлялась возможной и безопасной повторная отработка ранее оставленных породных целиков отработанной россыпной шахте (РШ), восполнив тем самым существенные (до 15%) потери полезного ископаемого. Однако на практике оказалось, что, несмотря на низкую температуру заливаемой воды (3-5°C), наличия сплошной мерзлоты и крайнюю суровость климата, замораживание залитой отработанной РШ естественным путем длилось годами, что не давало возможности использования существующих вскрывающих выработок, т.к. они изначально не были рассчитаны на длительный срок эксплуатации.