Записки Санкт-Петербургского горного института.
Т. 132 СПб, 1992

Е.И.АЗБЕЛЬ, В.П.БУШЕВ,
Л.М.СОСИНСКИЙ, Л.Г.ТУРОВСКАЯ

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРИГОТОВЛЕНИЯ ШИХТЫ НА РУДНОМ СКЛАДЕ

Одной из важных задач повышения эффективности горных предприятий является обеспечение высокой степени однородности формируемых потоков руды. В работе рассмотрен метод оптимизации процесса приготовления шихты на рудном складе ПО "Севуралбокситруда". Оптимизация производится для перспективной двухстадийной схемы складирования, которую предлагается внедрить вместо существующей одностадийной схемы.

Боксит, добываемый на рудниках ПО "Севуралбокситруда", поступает, в основном, на Богословский и Уральский алюминиевые заводы. Перед отгрузкой на заводы руда предварительно усредняется на шихтовальном складе. Руда из отдельных шахт транспортируется на склад железнодородными составами. На складе потоки боксита из разных рудников объединяются, формируя многослоевые штабеля. После трех-четырех перевалок штабеля, в процессе которых происходит перемешивание руды, образуется штабель товарной руды, который железнодорожными маршрутами транспортируется потребителям. Отгрузка одного штабеля осуществляется примерно в течение двух суток, т.е. в течение этого времени на входе процесса приготовления глинозема поддерживается стабильное качество бокситового сырья. Указанный промежуток носит название периода стабилизации.

Как показали исследования, проведенные на Богословском заводе, для эффективного протекания байеровского процесса необходимо поддерживать постоянство качественного состава товарной шихты в течение более длительного периода стабильности - 5-6 суток.

Для формирования потока руды стабильного качества и для повышения точности прогноза качества боксита, поступающего на переработку, предложена новая технология обработки на шихтовальном складе потоков руды из шахт. Вначале на специальных площадках железнодорожными составами формируются индивидуальные штабеля для руды, транспортируемой из каждой шахты (шахтные штабеля).

После того, как шахтные штабеля сформированы, их перевалывают экскаватором на новую группу площадок. Штабеля, образующиеся в результате этих перевалок и естественного перемешивания, будем называть сортовыми. Затем из сортовых штабелей с помощью составов формируется четыре-пять последова-

но отгружаемых штабелей товарной руды, имеющих обычную емкость. Руда в них подается из сортовых штабелей в определенной пропорции. Можно показать, что содержание контролируемых компонентов во всех отгружаемых штабелях остается почти постоянным.

Если качество шихты, полученной смешиванием всех сортовых штабелей, удовлетворяет требованиям по отдельным компонентам (Al_2O_3, CO_2, S, Fe_2O_3, CaO, SiO_2), то содержимое этих штабелей полностью используется для шихтовки. При этом руда в отгружаемые штабели подается в пропорции $q_1 : q_2 : \ldots : q_n$, где q_i – количество руды в i-м сортовом штабеле; n – количество шахт. Если же содержание какого-то компонента в отгружаемой руде выходит за требуемые пределы, то указанную пропорцию следует изменить. В этом случае после отгрузки боксита из сортовых штабелей в некоторых из них остается часть руды, которая составами может быть возвращена в соответствующие шахтные штабеля, причем если пропорция заранее определена, то возврат может быть выполнен до окончания расформирования сортовых штабелей. Это можно сделать, например, когда есть свободные порожние составы и очередной штабель товарной руды подготовлен к отгрузке.

Перейдем к формальной постановке задачи перегрузки, введя предварительно следующие обозначения: x_i – количество руды, возвращаемой из i-го сортового штабеля в i-й шахтный штабель; $\alpha_{i1}, \alpha_{i2}, \alpha_{i3}, \alpha_{i4}, \alpha_{i5}, \alpha_{i6}$ – содержание в руде i-го сортового штабеля соответственно Al_2O_3, CO_2, S, Fe_2O_3, CaO и SiO_2; $\underline{\alpha}_j$ и $\bar{\alpha}_j$ – границы содержания j-го компонента в товарной руде, $j = 1, 2, \ldots, 6$.

В соответствии с техническими условиями, на содержание отдельных компонентов в потоке руды, отгружаемой из сортовых штабелей, накладываются следующие ограничения:

1) содержание Al_2O_3 не должно быть ниже заданной величины:

$$\frac{\sum_{i=1}^{n} \alpha_{i1}(q_i - x_i)}{\sum_{i=1}^{n}(q_i - x_i)} \geq \underline{\alpha}_1 ;$$

2) содержание CO_2, S, Fe_2O_3, CaO в товарной руде не должно превышать заданных величин:

$$\frac{\sum_{i=1}^{n} \alpha_{ij}(q_i - x_i)}{\sum_{i=1}^{n}(q_i - x_i)} \leq \bar{\alpha}_j, \quad j = 2, 3, 4, 5;$$

3) кремниевый модуль (отношение Al_2O_3/SiO_2) должен лежать в заданных пределах:

$$\underline{\alpha}_6 \leq \frac{\sum_{i=1}^{n} \alpha_{i1}(q_i - x_i)}{\sum_{i=1}^{n} \alpha_{i6}(q_i - x_i)} \leq \bar{\alpha}_6 .$$

Кроме того, естественно, из штабеля сортовой руды нельзя перегрузить руды больше, чем там имеется, т.е. $0 \leq x_i \leq q_i$, $i = 1, 2, \ldots, n$.

Количество руды, отгружаемой из сортовых штабелей, может меняться непрерывно и дискретно (в составах). Первый вариант приводит к более сложной технологической реализации, т.е. к необходимости отгружать неполные составы, а второй, как правило, к большему количеству перегружаемой руды. Последнее обстоятельство связано с более "бедным" множеством допустимых решений.

В качестве критерия оптимальности может быть взят общий объем руды, возвращаемой из сортовых штабелей на шахтные. Целью решения задачи является минимизация критерия, т.е. $\sum_{i=1}^{n} x_i \to min$.

Сформулированная оптимизационная задача является задачей линейного программирования и может быть решена известными методами, разработанными как для непрерывного, так и для дискретного случаев. При дискретном подходе приближенное решение может быть также получено сравнением различных вариантов округления решения непрерывной задачи.