

В.И. КРИВОЩЕКОВ, канд. техн. наук,

Т.Ю. МАШКОВА

(Украина, Днепропетровск, Государственное ВУЗ "Национальный горный университет")

НЕКОТОРЫЕ ФАКТОРЫ ЭФФЕКТИВНОЙ РАБОТЫ УГЛЕБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

Товарная угольная продукция, в соответствии с целью ее применением, должна отвечать предъявленным требованиям по крупности, зольности, коксуемости, выходу летучих веществ, содержанию серы, фосфора, калорийности, влажности. Наиболее общей характеристикой угля и антрацита, определяющей возможность и целесообразность их использования для различных целей, является зольность.

Общепринято дифференциальную оценку топлива по какому-либо показателю ориентировочно определять отношением

$$K_i = P_i / P_{i \text{ баз}} \text{ либо } K_i = P_{i \text{ баз}} / P_i,$$

где K_i – уровень качества продукции по какому-либо показателю; P_i – фактический показатель оцениваемой продукции, например A^d , %; $P_{i \text{ баз}}$ – аналогичный показатель качества продукции, принятый за базовый (эталон для сравнения).

Из двух формул в каждом конкретном случае рекомендуется выбирать ту, которая с увеличением относительного показателя отвечает условию улучшению качества. Однако применительно к оценке качества топлива по зольности эти формулы непригодны, так как одно и то же количество посторонних примесей приводит к различной количественной оценке качества. При этом чем выше зольность угля, тем выше его качество, что противоречит физическому смыслу. Потому для дифференциальной оценки качества угольной продукции по зольности предложена следующая формула, смысл которой заключается в том, что сравнивается качество фактической органической массы с теоретически возможным для данного продукта.

$$K = \frac{100 - A_1^d}{100 - A_2^d},$$

где A_1^d – фактическая зольность оцениваемой продукции, %; A_2^d – теоретическая зольность концентрата или чистых угольных пачек, принятых за базу сравнения, %.

Установлено [1], что снижение уровня качества топлива по низшей теплоте сгорания от содержания породы в нем имеет прямолинейную зависимость. При этом изменение уровня качества топлива по зольности (1) имеет такую же зави-

Загальні питання технології збагачення

симість. Незначительные расхождения в оценке качества по этим показателям позволяют считать, что для дифференциальной оценки уровня качества угольной продукции целесообразно применять формулу (1).

Минимизация безвозвратных потерь при обогащении углей определяется условиями максимального извлечения полезной части угля в товарные продукты обогащения.

При экономической оценке потерь, связанных с погрешностью разделения, необходимо учитывать не только потери, вызванные попаданием полезной части в отходы, но и засорение отходами полезной части углей. В оценке засорения породными фракциями можно учитывать только по низкосортному продукту, имея в виду фактическую возможность предотвращения засорения этими фракциями высокосортных продуктов при разделении полезной части на сорта по видам потребления. Любое засорение продуктов разделения приводит к уменьшению реализационной стоимости продуктов обогащения угля.

В соответствии с этим, в качестве экономической оценки технологической эффективности обогащения углей, целесообразно отношение реально полученной реализационной стоимости продуктов обогащения с учетом потерь от их засорения посторонними фракциями к максимально возможной реализационной стоимости продуктов обогащения, в каждый из которых попали только свои, присущие ему фракции.

Учитывая, что попадание полезной части угля в отходы связано с безвозвратными потерями при определении режимов разделения и методов обогащения, приоритет должен отдаваться минимизации потерь концентратных и промежуточных фракций в отходы.

Общим для всех технологических схем является то, что затраты на обогащение углей всегда находятся в обратной зависимости от крупности обогащаемого угля. Чем меньше размер частиц перерабатываемого угля, тем больше требуется капитальных и эксплуатационных затрат. В соответствии с этим с увеличением глубины обогащения затраты растут, так как обогащение крупных классов осуществляется по более простым технологическим схемам по сравнению с обогащением мелких классов и особенно шлама.

Сравнение общих затрат на процессы обогащения и обезвоживания показывает, что обезвоживание угля более дорогой процесс. Особенно дорогостоящими операциями являются обезвоживание и сушка продуктов флотации. Сравнительный анализ основных обогатительных операций показывает, что самым дешевым процессом обогащения является отсадка. Флотация в 4-5 раз дороже отсадки и поэтому должна применяться только для обогащения тех классов углей, которые не поддаются обогащению другими методами. Обогащение в тяжелых средах по общим расходам в 2 раза дешевле процесса флотации, но намного дороже отсадки. Технологические потери при обогащении угля в тяжелых средах самые низкие, при этом в гидроциклонах в высокой точностью обогащаются мелкие классы (до 0,3 мм) угля.

В практике проектирования параметры технологического оборудования углеобогатительных фабрик определяются по часовой производительности с

Загальні питання технології збагачення

учетом коэффициента неравномерности загрузки. Этот коэффициент по нормам технологического проектирования составляет 1,15. Однако при таком расчете параметров не учитываются показатели надежности, безотказности, технологичности, стандартизации и унификации, качества создания и эффективности использования (эксплуатации) технологического оборудования.

Показатели надежности являются количественной характеристикой оборудования и связаны с понятиями его работоспособного состояния, при котором объект способен выполнять заданные функции, сохраняя параметры, установленные НТД. Отказ – это событие, заключающееся в нарушении работоспособности объекта (оборудования).

Вероятность безопасной работы оборудования определяется как

$$P(t) = 1 - F(t),$$

где $F(t)$ – функция распределения времени работы оборудования до отказа.

Показатели безотказности следующие: наработка на отказ (отношение суммарной наработки восстановленных объектов к суммарному числу отказов этих объектов) и среднее значение параметров потока отказов (величина обратная наработке на отказ).

Ремонтопригодность объекта (оборудования) характеризуется средним временем восстановления и вероятностью восстановления работоспособности в течении определенного интервала времени.

Коэффициент готовности K_g и коэффициент использования K_u объектов определяются так [2]:

$$K_g = T_o / (T_o + T_g);$$

$$K_u = T / (NT_s),$$

где T_o – наработка на отказ; T_g – среднее время восстановления; T – суммарное время объектов в работоспособном состоянии; N – число наблюдаемых объектов; T_s – заданное время эксплуатации.

Показатели технологичности объектов подразделяют на основные и дополнительные. Для всех видов промышленной продукции (без исключения) основными являются показатели трудоемкости и материалоемкости. Для технологических объектов к дополнительным показателям относят показатели унификации конструктивных элементов, коэффициент сборности (блочности) изделия и др.

Показатели стандартизации и унификации характеризуют насыщенность объектов стандартами, унифицированными и оригинальными составными частями, а также уровень унификации с другими изделиями. Составляющие (составные) части изделия являются стандартными, если они изготовлены по государственным и отраслевым стандартам, а унифицированными – по стандартам данного предприятия и используются хотя бы в двух различных изделиях, получены со стороны или заимствованы. Оригинальными являются составные ча-

Загальні питання технології збагачення

сти, разработанные для данного изделия.

К группе показателей стандартизации и унификации относят коэффициенты: применяемости K_n , повторяемости K_t и унификации для группы изделий K_y , определяемые по формулам [2]

$$K_n = (n - n_o)100/n;$$

$$K_t = N/n;$$

$$K_y = \left(\sum_{i=1}^H n_i - z \right) 100 / \left(\sum_{i=1}^H n_i - n_{\max} \right),$$

где n – общее количество составных частей изделия; n_o – количество типоразмеров оригинальных частей изделия; N – общее количество составных частей в изделии, z – общее количество неповторяющихся типоразмеров составных частей, из которых состоит группа; H – общее количество рассматриваемых изделий в группе; n_{\max} – максимальное количество типоразмеров составных частей одного из изделий группы.

Спроектированная без учета фактора надежности система технологического оборудования нередко не обеспечивает стабильной работы предприятия и при его эксплуатации практически не поддается улучшению без значительных дополнительных затрат.

Одним из направлений повышения надежности работы технологического оборудования является резервирование, при котором дублируется все оборудование или отдельные элементы технологической схемы. Это позволяет повысить надежность ее реализации, однако при этом значительно увеличивается капитальные и эксплуатационные затраты. Поэтому наиболее рациональным является параметрическое резервирование, заключающееся в использовании оборудования избыточной производительности. При этом, решая вопросы выбора производительности технологического оборудования в каждом конкретном случае, следует сопоставлять затраты на надежность работы оборудования с эффектом, который она дает.

Следовательно, рациональный вариант технических решений будет соответствовать минимуму приведенных затрат [3]

$$Z = E_H \sum_{t=1}^T K_t (1 + E_n)^{T-t} + U_H + M_H \rightarrow \min,$$

где E_H – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений; T – продолжительность ввода в работу оборудования; K_t – капиталовложения в объект за год; E_n – нормативный коэффициент приведенных затрат; U_H – ежегодные эксплуатационные издержки при нормальной эксплуатации; M_H – дополнительные издержки, обусловленные отказами оборудования обогатительной фабрики. Эти издержки складываются из прямых и косвенных убытков.

Прямые убытки определяются необходимостью проведения внеплановых

Загальні питання технології збагачення

ремонтных работ или в некоторых случаях заменой неисправного оборудования и в укрупненных расчетах могут быть определены как произведение математического ожидания числа отказов и средней стоимости устранения одного отказа.

Косвенные убытки складываются из ущерба от недоиспользования основных и обратных фондов и потери прибыли из-за снижения выпуска продукции предприятия. Убытки от недоиспользования основных и обратных фондов рассчитываются на основании суммарного времени вынужденных простоев предприятия из-за отказов технологического оборудования.

Таким образом, за счет применения 100%-ной избыточной производительности технологического оборудования обогатительной фабрики может быть повышена надежность его работы и снижение затрат на ремонт и обслуживание.

Выводы

1. Незначительные расхождения в оценке качества топлива по низшей теплоте сгорания и зольности позволяют принять зольность за основной качественный показатель, а прогноз обогатимости углей должен осуществляться на основе исследований плотности угольных частиц, зольности, сернистости, химического состава золы и содержания элементов – примесей в продуктах обогащения с определением их размеров как фактора, влияющего на степень раскрытия органической и минеральной фаз угля.

2. За счет применения 100%-ной избыточной производительности технологического оборудования углеобогатительной фабрики может быть повышена надежность его работы и снижены затраты на ремонт и обслуживание.

Список литературы

1. Справочник по обогащению углей / Под ред. И.С. Благова, А.М. Коткина, Л.С. Зарубина. – М.: Недра, 1984. – 614 с.
2. Кривощек В.И. Стандартизация и качество продукции. – Д.: НГА Украины, 2001. – 144 с.
3. Методика определения экономической эффективности использования в угольной промышленности новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. – М.: ЦНИЭИуголь, 1979. – 120 с.

© Кривощек В.И., Машкова Т.Ю., 2015

*Надійшла до редколегії 12.02.2015 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. О.Д. Полуляхом*