МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ РУДЫ

Жумаев Завқиёр Исматиллоевич
Навоийский государственный горно-технологический университет, старший преподаватель кафедры "Электроэнергетика"
Tel. +998976840001
Қаршибаев Асқар Илашович
Навоийский государственный горно-технологический университет, доктор технических наук, профессор, декан факультета Энерго-механика,
Tel: +998906205055

Аннотация. В данной статье анализируются основные методы и современные подходы к эффективному использованию электроэнергии в процессе измельчения руды. Рассматриваются пути снижения энергопотребления мельничного оборудования, оптимизации режимов работы, контроля различных технологических параметров и внедрения энергосберегающих технологий. Результаты исследований дают практические рекомендации, направленные на повышение эффективности процесса измельчения руды и сокращение производственных затрат.

Ключевые слова: Измельчение руды, энергоэффективность, Мельничное оборудование, оптимизация режимов работы, энергосберегающие технологии, технологический процесс.

Annotatsiya. Ushbu maqolada rudani maydalash jarayonida elektr energiyasini samarali ishlatishning asosiy usullari va zamonaviy yondashuvlar tahlil qilinadi. Maqolada maydalash uskunalarining energiya sarfini kamaytirish, ish rejimlarini optimallashtirish, turli texnologik parametrlarni nazorat qilish va energiya tejovchi texnologiyalarni joriy etish yo'llari ko'rib chiqilgan. Tadqiqotlar natijalari rudani maydalash jarayonining samaradorligini oshirish va ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirishga qaratilgan amaliy tavsiyalarni beradi.

Kalit so'zlar: rudani maydalash, elektr energiya samaradorligi, maydalash uskunalari, ish rejimini optimallashtirish, energiya tejovchi texnologiyalar, texnologik jarayonlar.

Abstract. This article analyzes the main methods and modern approaches for the efficient use of electrical energy in the ore grinding process. It examines ways to reduce the energy consumption of milling equipment, optimize operating modes, control various technological parameters, and implement energy-saving technologies. The research results provide practical recommendations aimed at improving the efficiency of the ore grinding process and reducing production costs.

Keywords: ore grinding, energy efficiency, milling equipment, operating mode optimization, energy-saving technologies, technological process.

Введение

Все производители шаровых мельниц понимают, что целью процесса измельчения является механическое уменьшение размера измельчаемого материала. Измельчение можно проводить разными способами. Выбор конструкции мельницы зависит от распределения частиц по размерам в сырье и желаемом продукте. Часто измельчение является более экономичным, когда выполняется на первичном этапе, за которым следует вторичный этап, с получением продукта мелкого размера.

Эффективность операций измельчения традиционно оценивается на основе эксплуатационных затрат и энергопотребления. Традиционно самые низкие эксплуатационные расходы достигаются при многостадийном полностью автогенном шлифовании благодаря исключению затрат на стальные мелющие тела, которые могут составлять до 50% стоимости измельчение. Значительное снижение затрат, связанных с измельчением, достигалось на протяжении многих лет за счет увеличения размера и улучшения конструкции дробилок и мельниц, однако не было значительного прорыва в повышении энергоэффективности процесса измельчения.

Основная часть. Для горнодобывающей промышленности процесс измельчения, как известно, является самым дорогим и энергоемким. Любые усилия по снижению потребления и стоимости оборудования для измельчение приведут к экономии. Поэтому особое внимание следует уделить повышению эффективности установки мельницы. Необходимо понимать механизмы износа, возникающие в процессе измельчения, и учитывать детали такого процесса, например, взаимодействие между рудами и измельчающей средой. Следующие параметры следует учитывать для повышения эффективности мельницы.

1. Скорость вращения барабана:

Энергопотребление и режим измельчения - это скорость вращения барабанной мельницы. Известно, что режим работы шаровой мельницы может быть каскадным или водопадным, в зависимости от скорости вращения. В зависимости от режима работы мельницы определяется характер изменения потребляемой мощности. Как правило, величина затрачиваемой мощности при прочих равных условиях пропорциональна скорости вращения барабана. Однако в действительности мощность увеличивается немного быстрее, чем скорость барабана в этих условиях. Более того, это увеличение не одинаково и зависит от значения шарика, выраженного в процентах от размера мельницы. В режиме работы с водопадом мощность, потребляемая мельницей, определяется работой, выполняемой для подъема шариков по круговым траекториям, и некоторая

ISSN 3030-3907

часть кинетической энергии соединяется с шариками для полета по параболическим траекториям. Приведены кривые электрической энергии, потребляемой скоростью заполнения шара и скоростью вращения (в виде критического процента).

При низкой скорости мощность увеличивается пропорционально скорости вращения. При переходе в режим водопада с увеличением скорости вращения сила первоначально немного увеличивается, при определенной скорости, в зависимости от уровня наполнения шара, достигает максимума и постепенно уменьшается при приближении к критической скорости. На соответствующей критической скорости все слои шаров центрифугируются, а энергопотребление снижается до холостого хода. Граница между режимами измельчения зависит от уровня загрузки барабана мельницы, поэтому необходимо постоянно регулировать скорость при постоянно меняющейся загрузке. Использование регулируемого привода в мельничных установках позволяет существенно влиять на количество потребляемой мощности и качество измельчения. Кроме того, для измельчающих комплексов можно выбрать комбинацию скоростей различных объектов стадии измельчения, чтобы обеспечить минимальное энергопотребление во всем комплексе.

Полунезависимый режим измельчения, используемый в мельнице МШЦ 55х75, имеет один существенный недостаток. Это чрезмерная скорость вращения барабана мельницы, которая составляет 80% критической скорости, что отрицательно влияет на расход шариков, долговечность вкладыша, энергопотребление и производительность мельницы. Динамика износа гильзы и шариков, а также внешнее прослушивание мельниц ГМК во время работы указывают на то, что критические шарики и руды (загружаемые материалы) части зоны элеватора попадают в грунтовочную руду со скоростью 80%. Однако естественные условия естественным образом создают благоприятные условия для отделения шариков, интенсивного износа шариков и грунтования, поскольку шарики видят голые руды под углом к футеровке, а пленки и футеровки пульпы в шариках изумрудны. служит. С точки зрения энергии, отливка материалов зоны подъема не позволяет эффективно использовать кинетическую энергию измельчающей среды, что снижает эффективность процесса измельчения из-за «холостой» работы шариков. В результате было обнаружено, что оптимальная скорость вращения барабана составляет 65-70% от критического значения. на практике $0{,}65n_{кр} \le n \le 0{,}8n_{кр}$ реализуется смешанная работа мельницы.

Удельная скорость измельчения в мельнице отражает как эффективность среды измельчения при измельчении крупных частиц, так и

ISSN 3030-3907

характеристику измельчаемости руды в определенном диапазоне уменьшения размера.

Чтобы прийти к условию, которое отражает только эффективность среды на мельнице, мы должны учесть измельчаемость руды. Это даст удельную скорость измельчения в шаровой мельнице. Соотношение скоростей измельчения можно считать неконтролируемые, поскольку каждый оборот испытательной мельницы требует определенного количества энергии. Он основан на разрушении только грубого материала как в шаровой мельнице. Поэтому предлагается, чтобы коэффициент скорости измельчения был прямой мерой относительной общей эффективности разрушения в шаровой мельнице.

2. Размер шары и размер руды.

Размер шара является одним из решающих факторов в определении производительности шаровой мельницы. Известно, что крупные частицы необходимы для эффективного разрушения крупных частиц, тогда как мелкие частицы более эффективны для разрушения мелких частиц. Поэтому смесь шариков, а не шариков одинакового размера широко используется в промышленности для обеспечения эффективного измельчения материалов разных размеров на мельнице.

Соотношение между объемом подачи и производительностью шаровой мельницы зависит от свойств руды. Чем выше количество руды при измельчении руд, тем выше эффективность шаровой мельницы. Руды, как правило, приводят к селективному измельчению, поскольку легко измельчаемые частицы обычно измельчаются грубым измельчением, тогда как другие износостойкие частицы снижают производительность мельницы. Поэтому большие размеры подачи влияют на эффективность шаровой мельницы. Здесь мы рассмотрим дифференциальные функции распределения по размеру:

Дифференциальные функции распределения по размерам указывают урожай зерна или массы каждого класса измерений в данном материале. В качестве статистического примера можно рассмотреть материал, разделенный на классы измерений, состоящие из смеси зерен разных размеров. Размер зерна является аргументом выборки, а общее количество зерен в образце материала или его общая масса равна количественному или массовому объему статистической выборки. Количество зерен в каждом классе или их масса называется размером, частотой или абсолютной частотой класса, а частоты классов, соответствующие размеру выборки, называются относительными частотами классов.

ISSN 3030-3907

Если в прямоугольных координатах на оси абсцисс мы отложим размер классов и построим прямоугольники, размеры которых пропорциональны соответствующим частотам, то получим гистограмму распределения зерен. Для прямоугольников этой высоты интервал в единицах равен структуре, частота которой равна частоте в длине. Ступенчатая линия, соединенная в верхней части прямоугольника, приближается к убывающей прямой линии; на границе он обеспечивает дифференциальную функцию распределения

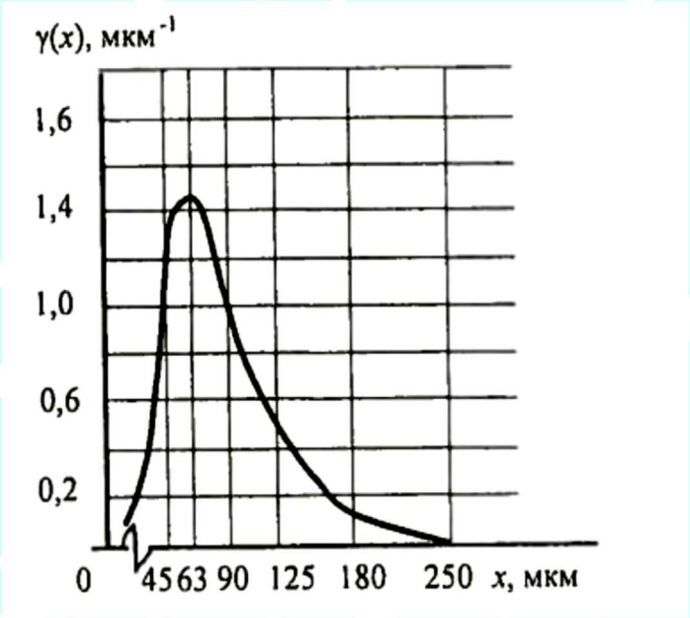


Рисунок 1. Дифференциальная функция распределения по крупности

Ординаты функции распределения $\gamma(x)$ выражают частость на единицу длины бесконечно узкого интервала по оси абсцисс, а площадь под кривой определяет число объектов (число зерен, их массовый выход) в соответствующих промежутках. [4]

Зерна с диаметрами меньше x и больше, чем x_{n-1}, образуют n-класс x_n+x_{n-1} с диапазоном размеров частиц $\Delta x = x_n+x_{n-1}$. Если количество зерен в этом классе равно *Nn*, а их масса В случае *Gn* относительная частота с точки зрения их количества зерен составляет *Nn/n*.

и *Gn/G* по массе, где N - общее количество зерен в образце материала, а G - их общая масса.

Таким образом, чтобы построить функцию распределения по числу зерен, следуйте по абсциссе в диапазоне x_n-x_{n-1}, постройте прямоугольник высотой $N_n/N\Delta x_n$, затем создайте прямоугольник для всех других классов и постройте верхние стороны прямоугольника. вам нужно соединить изогнутые точки посередине. Относительное количество *dx* в бесконечном минимальном интервале *dx*

$$dN = \frac{N_n}{N\Delta x_n} dx$$

ISSN 3030-3907

и в классе x_n-x_{n-1}

$$N_{x_n-x_{n-1}}=\lim \sum_{dx\to 0} dN = \frac{1}{N}\int_{x_{n-1}}^{x_n} \frac{N_n}{\Delta x_n} dx$$

Аналогично имеем для массовых выходов зерен класса x_n-x_{n-1}

$$G_{x_n-x_{n-1}} = \frac{1}{G}\int_{x_{n-1}}^{x_n} \frac{G_n}{\Delta x_n} dx$$

$$y = f(x) = dF(x)/dx\,.$$

Последнее выражение соответствует уравнению

$$y = f(x) = dF(x)/dx\,.$$

в следующей записи:

$$F(x) = \int_0^{\infty} f(x)dx$$

В этом уравнении границы интегрирования определяют границы класса измерения, который представляет собой массовый выход, а интеграл представляет собой дифференциальное распределение величин *f(x)*. [5]

Его физико-математическая интерпретация. Кривые распределения показывают гранулометрический состав громоздких материалов более визуально, чем общие размерные свойства. В классах с наивысшей урожайностью кривая показывает максимальное значение, и если в материале нет зерен любого размера, оно падает до нуля. Результаты класса на кривой распределения пропорциональны областям, ограниченным кривой, и двум орбитам, нарисованным в диаметрах, соединяющих этот класс. Дифференциальные функции распределения и общие свойства размера частиц полностью описывают гранулометрическое распределение материала в терминах математической статистики.

3. Плотность, подаваемая руды.

При мокром измельчении время перехода материала, эффективность производства и прочность шаровой мельницы зависят от плотности руды. Когда объем руды большой и вращательная нагрузка велика, соответствующая плотность близка к 80%.

Помимо повышения эффективности процесса измельчения в шаровой мельнице, связаны следующие параметры: геометрия барабана, соотношение нагрузки барабана, соотношение и распределение, а также физико-механические свойства измельчаемого материала и эффективность процесса измельчения. Впервые в расчеты был включен параметр, описывающий процент энергии, необходимой для ударного измельчения. Термин, определяющий эффективность процесса измельчения, имеет следующий вид:

ISSN 3030-3907

$$\eta(\psi)=\frac{8\pi m_{\text{M}}\varphi}{E\rho m_{\text{ш}}\omega(\psi)^3 R^2 t\left(1-k(\psi)^2\right)c(\psi)^2}\times$$
$$\times\left(\sigma_{\text{пр}}^2\frac{1-p(\psi)^{10\lg\frac{s_{\text{к}}}{s}+1}}{1-p(\psi)}+\sigma_{\text{т}}^2\left(1-p(\psi)^{10\lg\frac{s_{\text{к}}}{s}}\right)\right),$$

Где η-эффективность процесса измельчения; режим шлифования ψ - коэффициент; $m_{ш}$ - масса мяча, кг; мм - масса подземного материала, кг; с - коэффициент скорости измельчающей среды; R- радиус внутренней поверхности мельничного барабана, м; ω -угловая скорость барабана мельницы, рад / с; Е - модуль упругости измельченного материала, Па; ρ - плотность измельчаемого материала, кг/м^3; $\sigma_{пр}$ - практическая величина прочности материала на растяжение, Па; $\sigma_{т}$ - теоретическое значение конечной силы, Па; $s_{к}$ -удельная поверхность материала, подаваемого на мельницу, м^2/кг; ск удельная площадь поверхности измельчаемого материала, м^2/кг; р-параметр, который описывает долю энергии, которая рассеивается от удара; t-время измельчения материала, с; k - отношение радиуса внутренней петли этой нагрузки к радиусу внешней петли; Степень загрузки мельничного барабана.

4. Потребление электроэнергии.

Проведено анализ потребления электроэнергии в Навоинском горно-металлургическом комбинате (ГМЗ №1) что уровень общего и удельного потребления электроэнергия колеблется. Как показывают исследования, уровень общего и удельного потребления электроэнергии на руды определяется большим рядом факторов (физико-механические свойства обогащаемой руды, схема технологического процесса обогащения руды, тип, размер, производительность и энергоемкость применяемых технологических машин и механизмов, режимы их работы и многие другие), большинство из которых при осуществлении процесса обогащения руды изменяются в той или иной степени. Характер изменения годовых и значений производительности удельного потребления электроэнергии приведен на рис.

ISSN 3030-3907

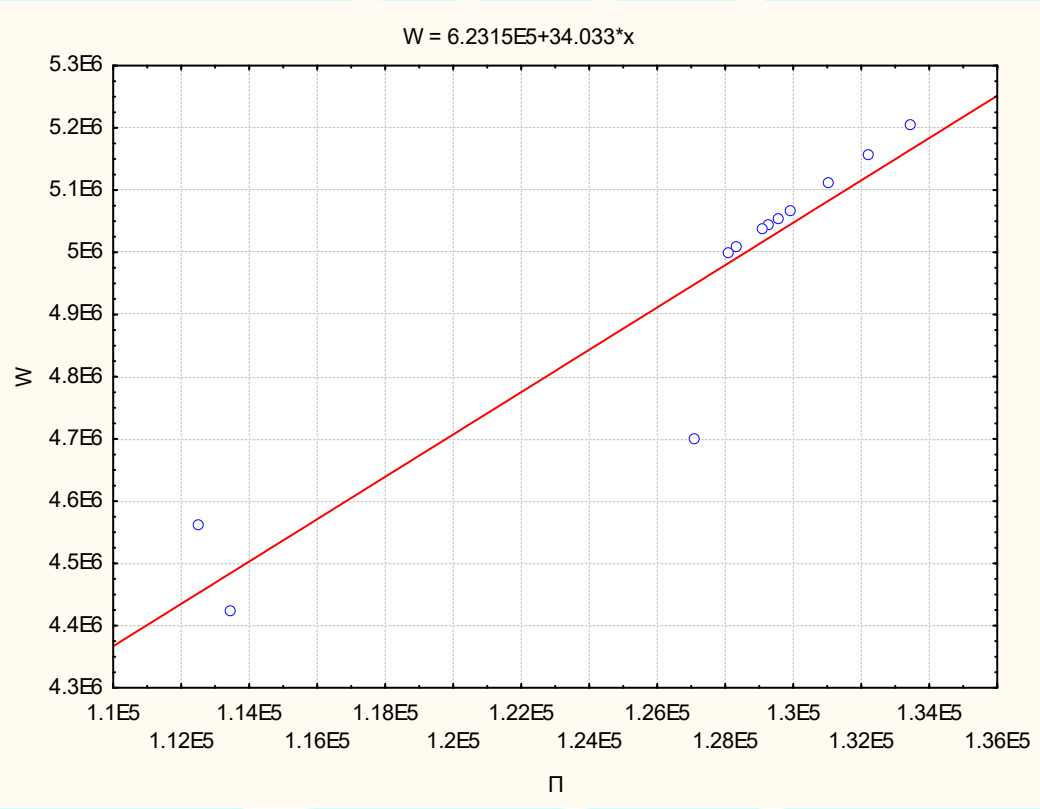


Рисунок 2. Годовой удельного потребления электроэнергии определение методом регрессионные математические модели.

Из рисунка видно, что уровень общего и среднего удельного потребления электроэнергии на обогащение руды изменяется во времени, причем значение этих величин за одинаковые последовательные интервала календарного времени существенно отличаются. Изменения имеет среднегодовой удельный расход электроэнергии на обогащение руды, причем разница между значениями $\omega_г$ может достигать еще большего значения. Хотя относительное расхождение в значениях ω , равное 10 %, можно было бы считать незначительным, однако в абсолютных значениях электроэнергии *W*, израсходованной гидрометаллургическим заводе за соответствующие периоды времени расхождения выражаются весьма существенной величиной (десятки и сотни тысяч кВт-ч). Наличие значительных расхождений *W* свидетельствует порой о нерациональном, неэкономичном расходовании электроэнергии.

Заключение

С учетом этого можно сделат вывод:

- эффективность использования электроэнергии на обогащение руды за равные промежутки времени имеет колебательное характер;
- наличие увеличений величины ω свидетельствует о том, что потребление электроэнергии в гидрометаллургическим заводе бывает неэффективным, а также о наличии на заводе реальных возможностей повышения эффективности использования электроэнергии.

ISSN 3030-3907

- различные факторы, влияющие на работы шаровой мельнице завесить, ожидаемым результатам с точки зрения размера сырья, размера продукта и от диаметра мельницы. Чем больше размер подачи, тем больше необходимая часть больших шариков. Чем мельче размер продукта, тем больше доля маленьких шариков, которая требуется.
- А также завесить соотношение и распределение загрузки барабана, физико-механические свойства измельчаемого материала, скорость вращения барабана плотность и подаваемая руды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Asqar I. Karshibayev, and Zavqiyor I. Jumayev* Expanding the level of forecasting and operational planning of electric consumption at mining enterprise E3S Web of Conferences 417, 03015 (2023) GEOTECH-2023.
2. A.I. Karshibayev, Z.I. Jumayev, Sh.Sh. Abdullayev, Konchilik korxonalarida elektr energiyasidan foydalanish samaradorligini oshirishning zamonaviy usullarini ishlab chiqish // Journal of Advances in Engineering Technology 2022. – С. 39-42.
3. Қаршибаев А.И. Прогнозирование электропотребления технологических машин и механизмов карьеров (на примере навоийского горно-металлургического комбината) // Диссертация 2018. – С. 40-47.
4. Каршибаев А.И. Повышение эффективности электропотребления в условиях горных предприятий Узбекистана // “Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук”. Москва, 2011. – С.124.
5. A.I. Karshibayev, Z.I. Jumayev, Sh.Sh. Abdullayev, Konchilik korxonalarida elektr energiyasidan foydalanish samaradorligini oshirishning zamonaviy usullarini ishlab chiqish // Journal of Advances in Engineering Technology 2022. – С. 39-42.
6. Қаршибаев А.И. Прогнозирование электропотребления технологических машин и механизмов карьеров (на примере навоийского горно-металлургического комбината) // Диссертация 2018. – С. 40-47.
7. A.I. Karshibayev, Z.I. Jumayev, Sh.Sh. Abdullayev, Konchilik korxonalarida elektr energiyasidan foydalanish samaradorligini oshirishning zamonaviy usullarini ishlab chiqish // Journal of Advances in Engineering Technology 2022. – С. 39-42.

ISSN 3030-3907