

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ТОНКОГО И СВЕРХТОНКОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ СЫРЬЯ

Выбор и расчет мельниц для доизмельчения и ультратонкого измельчения не может быть основан на обычных методиках. Необходим более вдумчивый подход, который рассматривает не только мельницу, но и применение мельницы в процессе. Выбор перемешивающих мельниц ультратонкого измельчения требует уникальных подходов, связанных с выбором конфигураций типа мельницы, среды и условий работы.

Selection and sizing of mills for regrinding and ultrafine grinding applications cannot be based on conventional techniques. This requires a more careful approach that considers not only the mill but also the application of the mill in the process. Selection of stirring mills for ultrafine grinding requires unique approaches that are able to answer the questions related to the selection of the circuit configuration, type of mill, media and operating conditions.

Минералы с тонким взаимным прорастанием частиц, либо с другими минералами или минералами пустой породы добываются в возрастающем количестве. Эти руды создают новые проблемы на обогатительных фабриках, требуя тонкого и ультратонкого измельчения, для того чтобы получить необходимые качество и извлечение. Прогресс флотационных технологий теперь позволяет эффективно флотировать минералы крупностью менее 10 мкм, делая возможным сепарацию тонко диссоциированных с пустой породой ценных минералов. Это часто требует тонкого или ультратонкого измельчения для улучшения кинетики реакций до уровня, при котором эти процессы промышленно осуществимы. Экономически процессы ультратонкого измельчения также становятся реальными для прямого выщелачивания тугоплавких золотых руд. Это выгоднее, чем обжиг или автоклавные процессы при высоком давлении [4, 5].

Время и инновации, произведенные в конструкциях различных мельниц, в состоянии произвести тонкие и ультратонкие продукты. Мельницы для тонкого и сверхтонкого измельчения можно разделить на четыре категории:

- шаровые мельницы;

- мельницы с перемешиваемой средой;
- центробежные мельницы;
- струйные мельницы.

Башенная мельница. Это мельница с перемешиваемой средой, состоящая из вертикального цилиндра со шнековым агитатором, имеющим относительно малую скорость вращения. Башенная мельница является наиболее часто используемым аппаратом для доизмельчения концентрата, который обычно применяется для питания от 100 до 300 мкм с получением продукта от 100 до 15 мкм. Эти мельницы преимущественно используют измельчающую среду из стальных шаров в диапазоне от 40 до 6 мм, а также галечное литье. Наиболее тонкие помолы, полученные в промышленных условиях, составляют 80 % класса –12 мкм, но с подходящей средой возможен помол на pilotных установках до класса –5 мкм.

Стержневая мельница. Эти мельницы имеют вертикальный вал импеллера, на котором закреплены стержни. Корпус мельницы заполняется сферической средой, обычно стальной или керамической в диапазоне от 3 до 12 мм. Измельчающая среда может быть у галечных мельниц и у мельниц самоизмельчения. Мельницы могут работать в сухом и мокром режимах.

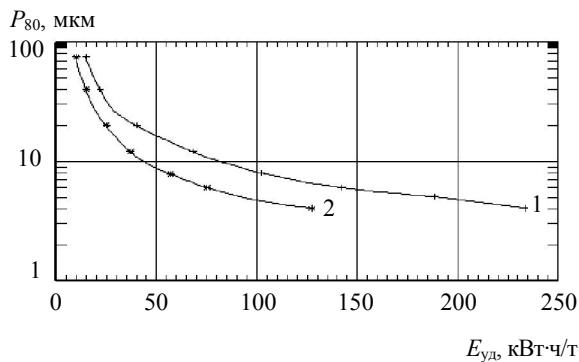


Рис.1. Сравнение работы мельниц с перекатываемой (1) и перемешиваемой (2) средой

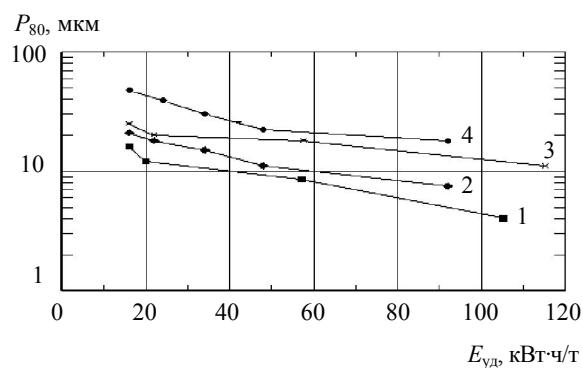


Рис.2. Зависимость крупности помола от удельного расхода энергии

1, 2 – замкнутый и открытый цикл P_{80} ; 3, 4 – замкнутый и открытый цикл P_{95}

The Netzch (Isa Mill). Isa Mill использует горизонтальный вал-агитатор с насаженными на нем дисками. В качестве среды используют тонкий шлак, песок и керамику в диапазоне от 1 до 3 мм. Isa Mill снабжается центробежным грохотом, закрепленным на импеллере для возврата среды [2].

Центробежные мельницы. Эта категория мельниц генерирует высокую энергетическую интенсивность внутри мельницы благодаря движению корпуса мельницы вокруг центральной оси с высокой скоростью. Поэтому возможно образование сил, превышающих 1 г в обычных вращающихся мельницах. Данные мельницы могут работать с обычной средой или самоизмельчением, сухим или мокрым способом. Мельницы оперируют с крупным питанием (ограничиваемым диаметром входного колошника) и в состоянии измельчать до класса –10 мкм. Сохранение среды становится проблемой, когда требуется мелкая среда.

Струйные или гидроэнергетические мельницы. Это стационарные мельницы, которые используют энергию, содержащуюся в быстро движущемся флюиде, для осуществления разрушения путем удара или трения частиц. Используются две главных разновидности: либо параллельного типа, когда воздух вводится в циркуляционную измельчающую камеру, или путем столкновения двух потоков флюида, направляемых из противоположно направленных сопел. В качестве флюида, несущего частицы питания, может выступать сжатый воздух, инертный газ или пар. Струйные мельницы никакой измельчающей среды не используют; питающий материал и флюид обеспечивают разрушающие силы [1, 4].

Типичная зависимость удельной энергии от тонины помола для шаровой мельницы и мельницы с перемешиваемой средой показана на рис.1. При самых крупных помолах мельницы с перемешиваемой средой требуют приблизительно на 30 % меньше энергии, чем шаровая мельница. Для ультратонких помолов это преимущество более 50 %. Крупность среды и питания были идентичны в обеих мельницах. Эти соотношения выдерживаются для мельниц промышленного масштаба и являются типичными при относительной работе мельниц с перемешиваемой средой при сравнении с обычными шаровыми мельницами.

Данные на рис.2 описывают зависимость помола от удельных затрат энергии при открытом и замкнутом циклах измельчения (для крупностей P_{80} и P_{95}). В замкнутом цикле удельные затраты энергии при той же самой крупности помола составляют от 30 до 50 % в сравнении с открытым. Приводя стоимостные различия между схемами открытого и замкнутого циклов (как капитальные, так и эксплуатационные), при этих крупностях продукта можно рассмотреть приемлемый дополнительный удельный расход энергии.

Измерение крупности продукта также создает дополнительные сложности (особенно для ультратонких продуктов) в отличие от обычного помола до крупности класса –38 мкм, где обычно применяется грохочение.

Не существует «абсолютных» стандартов, по которым измеряли гранулометрическую характеристику ультратонких частиц. Текущие методы измерения крупности включают лазерную дифракцию, отмучивание, циклонирование, оптику и т.д. Каждый из этих методов различается характеристиками и подвержен влиянию формы, плотности и проницаемости среди прочих свойств частиц. Кроме того, потенциально значительные отличия в «измеренных» крупностях продукта при разных методиках, машинах того же типа и класса могут дать разные результаты. Тип и модель анализатора крупности, место установки машины, обслуживание, стандартные рабочие процедуры и квалификация оператора – все это очень важно. В период измерения также оказывается агломерация частиц, и добавление дисперсантов вносит дополнительный вклад в погрешность [4].

По различным методикам измерения по восьми пробам получены следующие гранулометрические характеристики:

	1	2	3	4	5	6	7	8
Сито, P_{80}	64,3	49,7						
Microtrac, P_{80}	80,6	61,8	13,5	7,4	4,1			
Malvern, P_{80}			13,6	10,2	6,5			
Malvern, P_{50}				3,6	5,6	7,9		
Sedigraph, P_{50}					0,83	4,1	4,7	

Крупность среды важна для работы мельницы при тонком и ультратонком измельчении. Часто первичное ограничение в тонине помола связано с типом мельницы. Крупность питания и продукта, энергия для разрушения частиц снижаются, а частота актов разрушения на единицу массы возрастает. Количество среды на единицу объема возрастает обратно пропорционально крупности среды в третьей степени. Поскольку число событий разрушения в мельнице пропорционально числу среды, серьезные улучшения возможны через выбор правильной крупности среды [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Акунов В.И. Струйные мельницы. М.: Наука, 1967.
2. Кваша В.Б. Мельницы тонкого измельчения / В.Б.Кваша, И.К.Ермолин. Тверское региональное отделение РХО им. Менделеева. Тверь. 2001. Интернет-ресурс. <http://ttizm.narod.ru/index.html>.
3. Олевский В.А. Размольное оборудование обогатительных фабрик. М.: Наука, 1963.
4. Krause C. Evaluation of Ultrafine Wet Mineral Milling Using Carboceramics Proppant product for Attrition Grinding media / C.Krause, M.Pickering. 1998.
5. Jankovic A. Scale-Up of tower Mill Performance using Modelling and Simulation. JKMR // Amira P9M project. Third progress report. 2001.

Научный руководитель к.т.н. доц. Е.Е.Андреев