

Алаззех Ахмад Омар

магистрант

Матвеев Юрий Николаевич

д-р техн. наук, профессор

Богатилов Валерий Николаевич

д-р техн. наук, профессор

Клюшин Александр Юрьевич

канд. техн. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Тверской государственный

технический университет»

г. Тверь, Тверская область

ОСНОВНЫЕ МОДЕЛИ ПРОЦЕССОВ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ И РАЗРУШЕНИЯ ТВЕРДОГО МИНЕРАЛА В ХИМИКО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВАХ

***Аннотация:** как отмечают исследователи, рассмотренная технологическая схема многостадийного измельчения в цикле подготовки питания флотации достаточно широко распространена в различных отраслях промышленности, и в связи с этим возможна к рассмотрению для определения возможностей оптимизации управления для получения максимально возможной производительности отдельно взятого агрегата.*

***Ключевые слова:** управление технологическими процессами, процесс измельчения, системы автоматизации, база данных, база знаний.*

Существуют основные способы измельчения и разрушения твердого минерала до необходимых частиц: удар; истирание; раскалывание; размалывание. В мельнице происходят различные комбинации способов [1].

В цикле подготовки питания флотации доизмельчение в шаровых барабанных мельницах является операцией, связанной с уменьшением крупности исходного материала, обновлением, и раскрытием минеральных зерен. Крупность измельченных частиц в шаровой барабанной мельнице, как правило, не превышает

1 мм, при этом определяющим классом служит крупность -0,071 мм. Существует как минимум четыре типа циклов измельчения: открытый, замкнутый, замкнутый с предизмельчением и замкнутый, с использованием двух гидроциклонов [2].

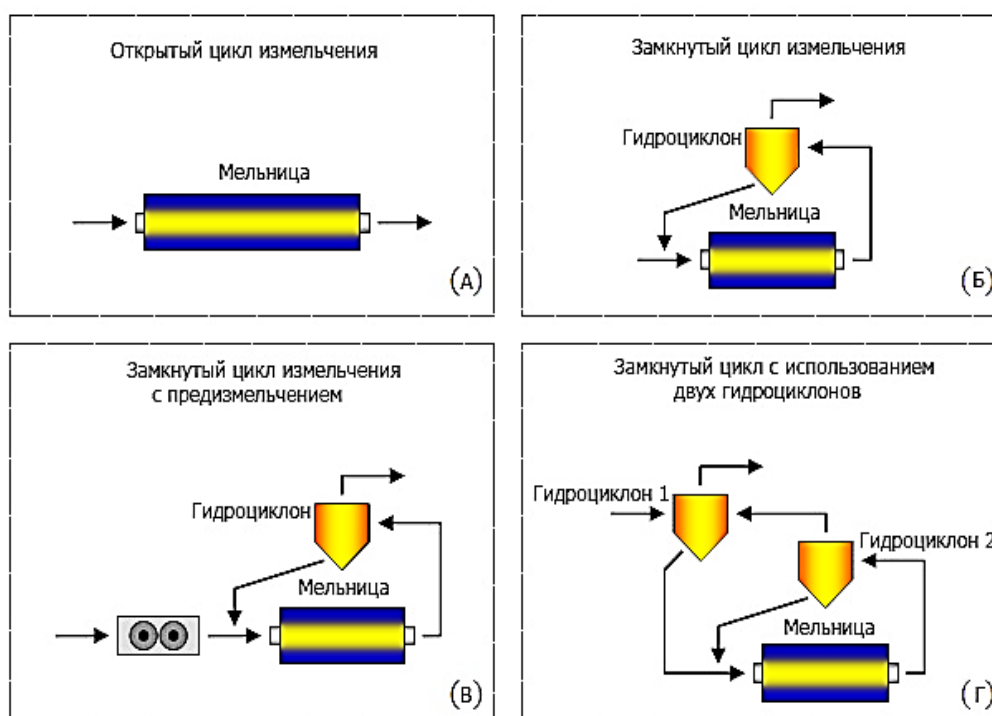


Рис. 1. Типы циклов измельчения

Мельница состоит из полого барабана, который вращается на торцевых цапфах, вокруг своей горизонтальной оси. Во время вращения барабана загруженная внутри дробящая среда, за счет центробежной силы поднимается на определенную высоту, затем перекатываясь и падая, измельчает находящуюся внутри руду раскалыванием, ударом и истиранием.

Способ мокрого измельчения применяют при потребности в получении мелкодисперсных фракций минералосодержащих материалов для дальнейших операций обогащения [3]. Траектории движения мелющих тел, в шаровой мельнице являются разнонаправленными, при этом основным движением принято считать водопадное, каскадное и смешанное движения тел.

Наиболее общим способом определения производительности мельниц служит число тонн исходной руды (материала) пропущенной в единицы времени

через мельницу, при этом масса материала расчетной крупности, является искомым значением. На обогатительных фабриках производительность мельниц по классу $-0,071$ мм на 1 м^3 составляет $0.9\text{--}1.5$ т/ч [4]. Размеры и тип мельниц определяются их геометрическими характеристиками, и способом вывода из мельницы готового продукта измельчения, как например, через решетку или сквозь полую цапфу, в случае центральной разгрузки. Существуют переделы измельчения, где после нескольких стадий дробления, руда направляется сначала в стержневую мельницу, имеющую как правило более равномерное измельчение, а далее в шаровую мельницу для доизмельчения, перед стадией, например, мокрой магнитной сепарации. Использование шаровых барабанных мельниц возможно, как в открытом, так и закрытом циклах, в последнем случае она работает с классификатором. Механика измельчения в мельнице, как правило, выглядит как воздействие внешних сил на рудный материал, направленное на различные его дефекты, такие как трещины, ослабленные сечения, по которым разделение происходит наиболее эффективно. Под степенью измельчения понимают отношение размеров кусков (среднее значение) исходного материала к размеру кусков продукта выхода из мельницы:

$$i = \frac{D_{\max}}{d_{\max}} - \frac{D_{cp}}{d_{cp}} \quad (1)$$

где D_{\max} и d_{\max} – диаметры кусков материала, до и после измельчения; D_{cp} и d_{cp} – величины диаметров кусков материала до и после измельчения.

В случае измельчения сырья на нескольких стадиях, степень измельчения будет равна перемноженным в отдельных стадиях степеням измельчения:

$$i_n = \prod_{k=1}^n i_k, k=1..n \quad (2)$$

где n – количество стадий измельчения.

Рассмотрим технологию измельчения на одной из секций отделения подготовки питания флотации для постановки задачи оптимального управления процессом измельчения [5]. Технологические хвосты мокрой магнитной сепарации магнитообогатительной фабрики (МОФ) являются исходным сырьем апатито-

бадделиитовой обогатительной фабрики (АБОФ) и подаются на АБОФ по пульпопроводу с использованием аккумулярующей емкости и далее на батарею гидроциклонов для первичного обесшламливания. Пески с гидроциклонов проходят две стадии грубой классификации на стационарных и вибрационных грохотах и самотеком поступают в пульподелитель цикла доизмельчения и затем распределяются по мельничным зумпфам. Далее пульповая смесь из мельничного зумпфа насосами ГрАК 1400/40 подается на гидроциклоны ГЦ-710 «Кавекс», пески с которых идут на измельчение в шаровые мельницы МШР 3600x5000, работающие в замкнутом цикле с данными гидроциклонами. Пески гидроциклонов ГЦ-710 в свою очередь образуют циркулирующую нагрузку для мельниц. Слив гидроциклонов ГЦ-710 потом проходит еще две стадии гидравлической классификации, после чего объединяется с подрешетным продуктом грохотов и направляется на сгущение, где сгущенный продукт будет являться исходным питанием флотации.

Эффективность работы гидроциклона контролируется по классу $-0,071$ мм. Основными входными факторами, влияющими на работу флотации, являются крупность и плотность питания флотации, содержание ценного компонента и обогатимость питания, а также колеблемость этих показателей. Сам пробоотборник для отбора проб пульпы на обогатительных фабриках может использоваться в системах автоматизированного отбора и транспортирования проб в экспресс-лабораторию.

Если при открытом цикле при формировании оптимизирующего управляющего воздействия для текущей скорости вращения мельницы и минералогического состава исходного рудного продукта следует учитывать только расходы исходного и выходного продуктов мельницы, то при замкнутом цикле дополнительно необходимо учитывать еще и величину расхода возврата (песков), возвращаемого после классификатора на доизмельчение. Причем, учитывая значительную инерционность процесса измельчения, величина скорости изменения расхода возврата более оперативно характеризует изменение текущей производительности измельчающих агрегатов.

Теоретические особенности работы шаровых и стержневых мельниц представлены в исследованиях профессора Фишера еще в 1904 г, когда он показал, что руда, находящаяся в мельнице, измельчается в основном за счет удара падающих шаров или стержней, а не истиранием [6; 7]. В более поздних исследованиях Л.Б. Ливенсона и Г.А. Хана было определено, что основная энергия разрушения материала производится падающими, шарами или стержнями, а на долю истирания приходится не более 10% от всей энергии измельчения. Основные элементы баллистики движения дробящих тел изложены профессором Девисом. Современные представления теоретических основ работы барабанных мельниц даны в работах В.А. Перова, С.Е. Андреева, В.А. Олевского и др.

Список литературы

1. Туз А.А. Построение модели процесса измельчения в агрегате непрерывного действия с замкнутым циклом ОАО «Ковдорский ГОК» с применением нейросетевых моделей / А.А. Туз, В.Н. Богатилов // Труды Кольского научного центра РАН. – 2013. – №5 (18).
2. Туз А.А. Математическая модель технологического процесса измельчения апатито-бадделеитового концентрата в закрытой шаровой мельнице участка подготовки питания флотации Ковдорского ГОКа / А.А. Туз, В.Н. Богатилов // Фундаментальные проблемы системной безопасности: Материалы школы-семинара молодых ученых (20–22 ноября 2014 г.) / Елецкий ГУ им. Бунина. – 2014.
3. Богатилов В.Н. Исследование агрегата мокрого измельчения с замкнутым циклом как объекта автоматического управления / В.Н. Богатилов, А.Г. Кулаков // Информационные технологии в региональном развитии. Вып. IV: Сборник научных трудов ИИММ КНЦ РАН. – Апатиты, 2004. – С. 80–91.
4. Евменова Г.Л. Дробление, измельчение и подготовка сырья к обогащению: Пособие по курсовому проектированию / Г.Л. Евменова, Г.В. Иванов, А.А. Байченко; ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2005. – 96 с.
5. Бармин И.С. Повышение эффективности флотации апатита из тонкозернистой части техногенного месторождения на основе применения оксиэтилированных моноалкилфенолов: Дис. ... канд. техн. наук – 25.00.13. – М., 2011.

6. Богданов О.С. Справочник по обогащению руд. Т. 1. Подготовительные процессы. – М.: Недра, 1982. – 367 с.

7. Богданов О.С. Справочник по обогащению руд. Т. 2. Основные процессы. – М.: Недра, 1983. – 381 с.