

РАЗУПРОЧНЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ СВЧ-ВОЛН

Султаналиева Р.М., Конушбаева А.Т.

КГТУ им. И. Раззакова

В процессе рудоподготовки, механическое измельчение руды, необходимое для дальнейшей флотации, является наиболее энергоемким и дорогостоящим процессом в технологической цепи извлечения полезных компонентов (металлов, полезных минералов). При этом, КПД процесса механического измельчения составляет всего 5-10% остальная часть, приложенной для разрушения (образование новой поверхности) руды энергии, рассеивается в виде диссипативных потерь (энергия теплоты, звука, колебаний окружающей среды). Поэтому большой практический интерес представляют разработка новых способов разрушения или разупрочнения руд и минералов, новых энерго- и ресурсосберегающих технологий измельчения руд. Воздействие электрических, электромагнитных полей на горные породы приводит к изменению их механических свойств, формированию и изменению структурных остаточных напряжений на границах и внутри зерен, нарушению структурных связей, приводящие к разупрочнению крепких руд и минералов.

Из всех известных и в определенной мере изученных видов энергии, наиболее перспективна энергия электромагнитного поля сверхвысокочастотного (СВЧ) диапазона. Преимущество

разупрочнения в СВЧ электромагнитных полях - это объемный характер влияния СВЧ энергии на структурное состояние руд [3].

Известно, что при воздействии СВЧ волнами на рудосодержащие минералы металлов, как (пирит, никелит, магнетит и т.д.) и минералы пустой породы (кварц, кальцит, и т.д.), в первых - происходит значительное поглощение энергии СВЧ волн, чем во вторых. Поэтому в СВЧ поле рудные минералы нагреваются, а пустая порода в начале остается холодной. Неравномерное нагревание приводит к появлению термомеханических напряжений и образованию микротрещин, а также формированию остаточных напряжений, которые, в свою очередь, тоже обуславливает изменение прочности [1].

Метод исследования. Нами, проведены экспериментальные исследования изменения энергоемкости измельчения горных пород и руд, с целью управления их прочностными свойствами, путем воздействия на них сверхвысокочастотными электромагнитными волнами - СВЧ облучением.

Следует отметить, что длительность воздействия СВЧ волн определяет не только эффект разупрочнения и упрочнения, но и величину потребляемой энергии.

Целью наших исследований является- снижение энергоемкости измельчения руд и минералов, уменьшение износа металлических частей мельниц и увеличение выхода полезных компонентов. Для определения коэффициента крепости пород , используют энергию свободно падающего груза. В одном опыте 5 кусков руды измельчается свободно падающим грузом по известной методике определения коэффициента крепости по толчению [5].

Отбирают пробу руды, из которого изготавливают навески (куски со средним размером 2 см по 25 штук для каждого режима СВЧ воздействия). Опыты для каждого режима повторяется 5 раз.

Для исследований, из рудного месторождения отбирают необходимое количество минералов или руд и изготавливают навески размером в 20-25 мм в поперечнике каждый. Для получения средней величины коэффициента крепости и удельной энергоемкости измельчения, производится по 5 определений для каждой продолжительности СВЧ воздействия на одной и той же пробе породы. Коэффициенты крепости определяется на специальном приборе ПОК (прибор для определения крепости), состоящий из трубчатого копра, измерителя мелкой фракции. Каждая отдельная навеска дробится в стакане вертикально трубчатого копра прибора ПОК гирей массой 2,4 кг, сбрасываемой с высоты 600 мм. В случае необходимости изменение величины работы разрушения при толчении, целесообразно варьировать число ударов падающей гири по навеске.

Вес гири и высоту ее сбрасывания следует оставлять постоянным. Выходившая после толчения мелочь высыпается из стакана копра на сито с отверстиями 0,5 мм, и по отдельности 5 навесок, раздробленных в копре прибора, просеивается. Фракция размером мельче 0,5 мм (прошедшая через сито с этим размером) собирается и насыпается в стакан объемометра диаметром 23 мм, при помощи которого определяется высота столбика этой пылевой фракции. Величина коэффициента крепости исследуемой горной породы вычисляется по отношению затраченной на дробление работы к вновь образованной поверхности по эмпирической формуле М.М. Протоdjяконова [5].

Обычно, для руд с низкой и средней прочности производят в зависимости от прочности руды от 3 до 15 ударов. Для подавляющего большинства руд кривая зависимости выхода пыли, характеризуемого величиной I , зависящей от затраченной на дробление работы A имеет тенденцию к выполаживанию при больших значениях A . Поэтому

рекомендуется подбирать число ударов для каждой испытываемой руды, соответствующее определенной работе A , для разрушения навески, чтобы выход пыли / был примерно в пределах от 20 до 70 мм.

Исследованиями установлено, что вновь образованная при дроблении хрупкого материала поверхность, складывается в основном (примерно на 90%) из поверхности мельчайших кусочков величиной менее 0,5 мм. Поэтому для значительного упрощения метода, после дробления определяется поверхность только мелких фракций - менее 0,5 мм – т. е. величина высоты столбика пыли в объемомере при этом пропорциональна вновь образованной поверхности полученных при дроблении кусочков [5].

По установленному коэффициента крепости - определяется удельная энергоемкость измельчения для исходного состояния (не подвергнутых к облучению), и после воздействия СВЧ-волн, для разное время длительности СВЧ воздействия. Определяется оптимальное значение продолжительности времени воздействия СВЧ волн, соответствующее минимальному значению удельной энергоемкости измельчения данной руды. Образцы подвергаются воздействию СВЧ-волн в микроволновой печи. Для облучения используется СВЧ- печь (микроволновая печь). В печи электричество, проводимое магнетрону, используется для генерации микроволновой энергии. Микроволны проникают в зону воздействия через отверстия внутри печи и не могут проникать через металлические стенки печи, в печи можно выбирать 5 уровней микроволновой мощности. Использовалась уровень мощности – 700 Вт. Частота микроволн – 2450 МГц. Полезный объем печи составляет 0,03 м³. Образцы руд навесками по 200–250 г и средними размерами 20-25 мм помещались вовнутрь печи и облучались СВЧ – импульсами.

Режим выдержки в печи следующее: от одного до девяти минут через интервал 1 минуты, а в некоторых случаях от одного до двадцати минут, через каждые 2-5 минут.

Оптимальное значение продолжительности времени воздействия СВЧ волн принимают для обработки всей руды данного типа и размера кусков подлежащих к измельчению в производственных условиях. Как видно из рисунков 1,2,3,4 оптимальное значение времени воздействия СВЧ волн для известняка (карьер Ак-Татыр, Баткенская область), диорита (месторождение Токтозан), филлита серого (рудник Кумтор) составляет 3 минуты, а для кварца (рудник Восточный Коунрад) – 5 минут.



Рис. 1. Зависимость удельной энергоемкости измельчения от времени воздействия



Рис. 2. Зависимость удельной объемной энергоемкости
измельчения диорита

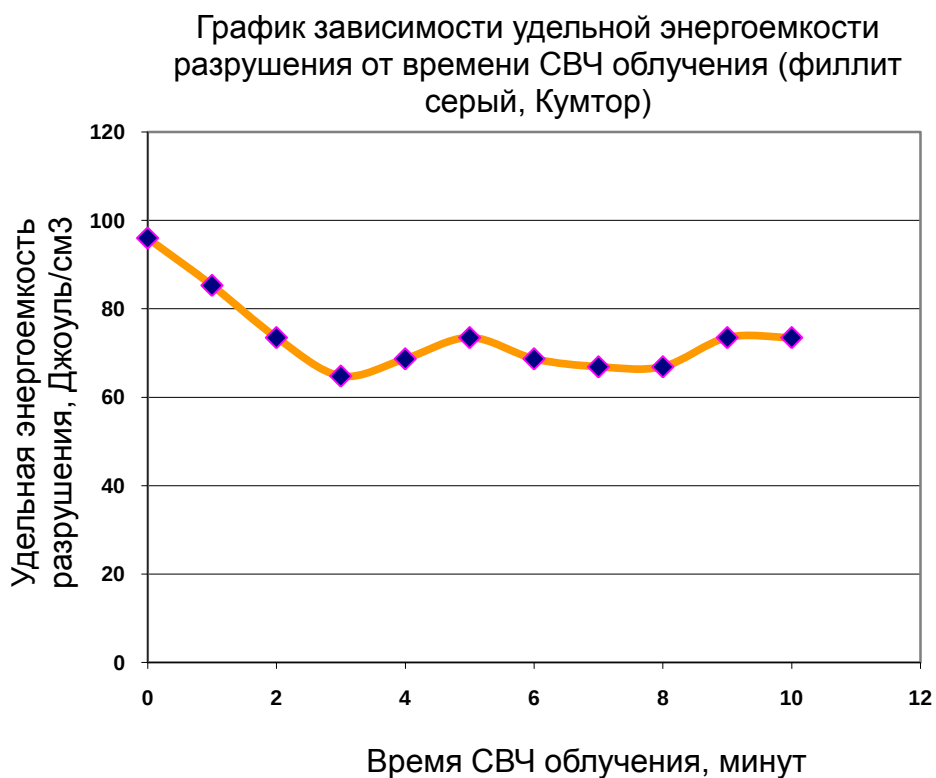


Рис. 3 График зависимости удельной энергоемкости разрушения

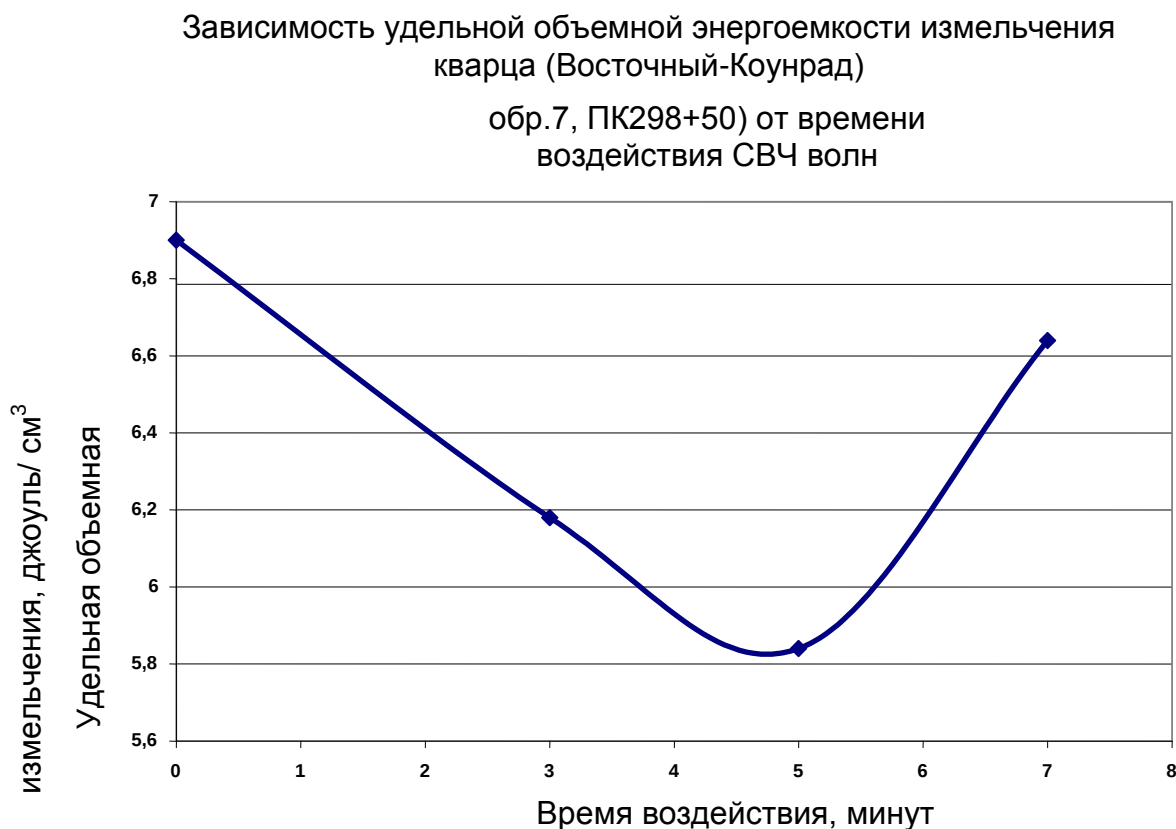


Рис. 4. Зависимость удельной объемной энергоемкости измельчения кварца (Восточный-Коунрад)

Следует отметить, что экономия энергии на помоле при предварительном воздействии СВЧ волнами должно не только компенсировать энергозатраты на нагрев при предварительном СВЧ воздействии, но и обеспечить существенную экономию энергии. Судя по снижению прочности можно отметить, что уменьшение износа, следовательно, расхода металла в мельницах тоже будет значительным. Структурный анализ показывает, что при воздействии СВЧ волн улучшается раскрываемость зерен извлекаемых металлов и минералов. Например, как показывают наши опыты и расчеты, для диорита месторождения Токтозан удельная энергоемкость измельчения в исходном состоянии составляет 87 Дж/см^3 , а после 3 минуты воздействия СВЧ волн – 30 Дж/см^3 (рис. 2). Расход энергии при мощности печи $0,7 \text{ кВт}$ и в течении 3 минуты составляет $0,7 \cdot 0,05 \text{ ч}$

= 0,035 кВт час или 35 Вт час * $3,6 \cdot 10^3$ = 126000 Дж. При полезном объеме печи 30000 см³ удельный расход энергии на 3 минутное СВЧ облучение составляет 126000 / 30000 = 4,2 Дж/см³. С учетом расхода энергии на СВЧ облучение общая удельная энергоемкость измельчения составляет 30+4,2 = 34,2 Дж/см³. Таким образом, экономия энергии при оптимальном СВЧ облучении, по сравнению с необлученным (исходным) состоянием, составляет 87-34,2 = 52,8 Дж/см³, или экономия энергии при измельчении диорита после СВЧ облучения составляет 60,7%.

Также для известняка (карьер Ак-Татыр) удельная энергоемкость измельчения в исходном состоянии составляет 120 Дж/см³, а после 3 минуты воздействия СВЧ волн – 73 Дж/см³ (рис. 1). С учетом расхода энергии на СВЧ облучение общая удельная энергоемкость измельчения составляет 73+4,2 = 77,2 Дж/см³. Экономия энергии при оптимальном СВЧ облучении, по сравнению с необлученным (исходным) состоянием, для известняка составляет 120-77,2 = 42,8 Дж/см³ или экономия энергии при измельчении после СВЧ облучения составляет 35,7 %.

Следует отметить, что чем больше неоднородность руды, тем больше эффект разупрочнения и экономия энергии при измельчении.

Применение предлагаемого метода обеспечит экономию энергии за счет уменьшения удельной энергоемкости измельчения, а также увеличение выхода полезных компонент (извлекаемого металла), за счет улучшения раскрываемости минеральных зерен, так как при оптимальной длительности воздействия на руду СВЧ волн происходит существенное разупрочнение руд.

ЛИТЕРАТУРА

1. Москалев А.Н. и др. Способ разрушения горных пород электромагнитными волнами. Авт. св. СССР № 724731, кл. E21C 37/18, 1977г.).

2. Абкин Е.Б. и др. Измельчение руд с применением электромагнитной энергии СВЧ. Обогащение руд. Ленинград, 1986, № 6, с 2-5.
3. Новик Г.Я., Зильбершмидт М.Г. . Управление свойствами пород в процессах горного производства. М., Недра, 1994.
4. Зецер Ю.И. и др. Применение СВЧ - нагрева для рудоподготовки железистых кварцитов Михайловского горно-обогатительного комбината перед их обогащением. //Всес. У1 научно-практич. конф. "Применение СВЧ-энергии в технологич. процессах и научных исследованиях". Тезисы докл., Саратов, 1991, -с. 98-100.
5. Ильницкая Е.И., Тедер Р.И., Ватолин Е.С., Кунтыш М.Ф. Свойства горных пород и методы их определения. -М.: Недра. - 1969. – 452 с.