

УДК 921.726

**Г.Г. Пивняк, В.И. Кириченко, П.И. Пилов,
В.В. Кириченко, В.А. Бородай**

СОЗДАНИЕ ЭНЕРГОНАПРЯЖЕННОЙ БАРАБАННОЙ МЕЛЬНИЦЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Приведены сведения об экспериментальной мельнице принудительного самоизмельчения. Описана ее конструкция и преимущества, оценены перспективы промышленного использования.

Ключевые слова: мельница, самоизмельчение, конструкция, преимущества.

На горно-обогатительных комбинатах расходуется до 20% всей электроэнергии страны, из них до 70% — на операцию измельчения. Среди причин этого — низкая селективность помола и низкий (0,4...2%) КПД традиционных барабанных мельниц, несовершенная технология обогащения, которая в классическом варианте требует трехстадиальной схемы шарового измельчения. Удельный расход электроэнергии на измельчение железных руд составляет от 14 до 21,7 кВт·ч/т. При мощности комбината 40 млн т в год необходимо количество электроэнергии порядка 800 млн кВт·ч при годовой потребности в шарах около 60, а футеровки — 4 тыс. т. Причем финансовые затраты на их оплату непрерывно увеличиваются из-за ярко выраженной тенденции к удорожания стоимости энергоносителей. К тому же металлоемкость традиционных барабанных мельниц высока и близка к 4,3 т/м³ полезного объема барабана, а их скорости — докритические, на уровне 0,85 от критической, что обуславливает низкие скорости двигателей и их высокую удельную цену. В конечном итоге это приводит к снижению конкурентно-

способности продукции горно-обогатительных комбинатов, себестоимость концентрата которых сегодня уже практически на 30% выше мировых цен.

Следовательно, поиск и внедрение эффективных направлений экономии материальных и энергетических ресурсов приобретает стратегическое значение, непосредственно определяя конкурентоспособность предприятий ГМК.

Для повышения конкурентности продукции отечественных предприятий горно-металлургического комплекса до мирового уровня предлагается усовершенствование как собственно технологии обогащения, так и используемого для измельчения оборудования, в частности, барабанных мельниц. При этом учитываются основные факторы, определяющие уровень затрат на электроэнергию и материальные ресурсы. В частности, ставится задача усовершенствования собственно процесса помола в направлении усиления его селективности и эффективности при получения готового для обогащения продукта как действенного фактора снижения удельного расхода энергии. При этом важным фактором является переход

на принудительное самоизмельчение, самофутерование рабочих поверхностей мельницы, непосредственно участвующих в процессе дезинтеграции исходного сырья, создание условий для переноса энергии разрушения раздавливанием, истиранием и скалыванием в его внутренние слои. При этом исключаются необходимость в использовании шаров и соответствующих потерь на их износ.

Среди направлений повышения экономичности мельниц учет известных путей увеличения их полезной мощности для снижения размеров мельниц и создание условий для их работы на сверхкритических скоростях, что, в конечном итоге, существенно — в 1,5...2 раза увеличивает скорость их приводных двигателей, а значит практически пропорционально снижает их массу, цену и размеры. Увеличивается при этом и общий КПД привода.

Желание совместить в одной конструкции преимущества перечисленных выше направлений усовершенствования конструкций и режимов использования барабанных мельниц обусловило разработку в Государственном ВУЗ «Национальный горный университет» (Украина) нового типа измельчительного оборудования — ресурсосберегающей мельницы принудительного самоизмельчения (рис. 1).

При разработке мельницы использованы следующие основные положения, а именно: увеличение удельной полезной мощности и переход на самоизмельчение, принудительное разновекторное интенсивное сжатие, раздавливание, истирание и скалывание сырья, перенос работы селективного разрушения во внутренние слои сырья благодаря усилению эффекта поперечной сегрегации загрузки барабана,

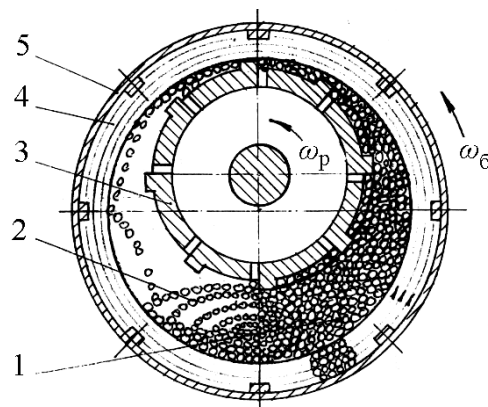


Рис. 1. Поперечный разрез мельницы принудительного самоизмельчения:
1 – малоподвижная клинообразная зона; 2 – обрушающийся слой; 3 – вращающийся интенсивфикатор с угловой скоростью ω_p ; 4 – центрифугирующий слой; 5 – барабан с угловой скоростью ω_b

самофутерование рабочих поверхностей мельницы и ее повышенные — сверхкритические скорости вращения, оптимизация типа и режимов работы привода мельниц. Дополнительное повышение удельной полезной мощности мельницы достигается размещением внутри барабана вращающегося интенсивфикатора, рабочую поверхность которого от износа защищают крупные куски сырья.

Комплексное использование указанных положений обеспечивает более полное раскрытие полезного компонента, резко снижает удельный расход металла и энергии на единицу конечного продукта. При этом создаются условия для сокращения количества стадий измельчения и дробления, сопутствующего технологического оборудования, уменьшаются требуемые площади и объемы производственных помещений и создаются

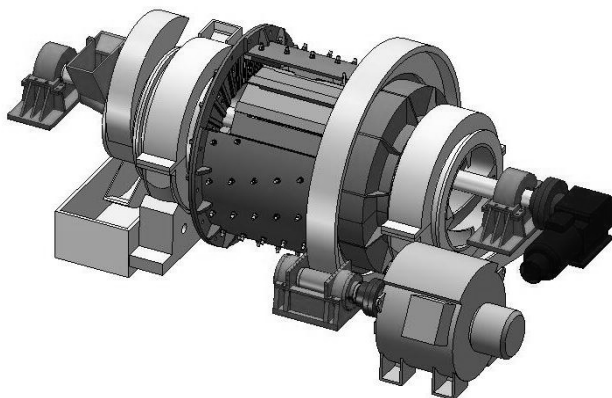


Рис. 2. Эскиз общего вида экспериментальной мельницы принудительного самоизмельчения МПС(Р)-1500x1200

предпосылки для увеличения мощности комбината.

Перспективность выбранных направлений усовершенствования технологии и измельчительного оборудования подтверждена результатами экспериментальных исследований процесса принудительного измельчения различных материалов. При помоле руды с содержанием золота и прочностью до 18 единиц по Протодьяконову в четыре раза уменьшился удельный расход футеровки, а при измельчении андезитовой руды с содержанием алмазов установлена повышенная сохранность их природной формы.

При получении графита для электротехнической промышленности удельный расход энергии снизился на 81, а при измельчении дробленого диопсида — на 66 %. В режиме принудительного измельчения обезвоженного мела содержание классов минус 16; 9 и 3 мкм в готовом продукте составило 100; 96,1 и 54 % соответственно при удельной поверхности готового про-

дукта $0,83 \text{ м}^2/\text{г}$. При измельчении промпродуктов и талька достигнута экономия электроэнергии 45 и 50 % соответственно.

При мокром помоле железорудных материалов первой стадии шарового помола РОФ-1 ОАО «Ингулецкий ГОК» установлено, что при достижении идентичных показателей обогащения при принудительном одностадийном самоизмельчении по сравнению с трехстадийным шаровым снижение удельных энергозатрат составляет около 23,3 %, содержание железа в кон-

центрате выше на 0,85 %, а выход концентрата — на 1,08 %. И это только за счет оптимизации технологии разрушения. Сделан вывод, что даже при одностадийном помоле возможно получение более качественных концентратов при более грубом помоле исходной руды. При этом одностадийное принудительное самоизмельчение позволит использовать более короткую, малооперационную технологическую схему и существенно снизит себестоимость передела и концентрата.

На основе анализа полученных результатов измельчения и обогащения и протокола технического совещания специалистов ОАО «Ингулецкий ГОК» и Государственного ВУЗ «Национальный горный университет» разработано техническое предложение по созданию экспериментальной мельницы принудительного самоизмельчения МПС(Р)-1500x1200 с производительностью по исходной руде РОФ-1 ОАО «Ингулецкий ГОК» до 5 т/ч. Эскиз об-

Техническая характеристика мельницы

Производительность по исходному питанию	до 5 т/час
Крупность исходного питания	минус 30 мм
Скорость мельницы	41 об/мин
Масса мельницы без приводов	до 20 т
Приводной двигатель барабана	СД2-85/18-12
Мощность приводного двигателя	132 кВт
Номинальная скорость двигателя	500 об/мин
Масса двигателя	1540 кг
Мотор редуктор фирмы Danfoss привода интенсификатора ВК700-.../D16	
Габаритные размеры мельницы (с учетом привода)	5120x2820x2200 мм

шего вида этой мельницы приведен на рис. 2.

Мельница содержит загрузочное устройство в виде воронки для подачи исходного питания и воды, а также улиткового питателя с криволинейным профилем подающих профилей для замыкания циркулирующей нагрузки мельницы в виде песков спирального классификатора, подаваемых в накопитель коробчатого типа.

Разгрузочное устройство мельницы состоит из решетки со щелями и специального профиля криволинейных элеваторов, обеспечивающих надежную работу этого узла при сверхкритической скорости мельницы. Слив мельницы транспортируется разгрузочной спиралью задней цапфы мельницы.

На барабане расположено колесо открытой зубчатой передачи его привода от синхронного двигателя, момент вращения от которого передается колесу через подвенцовую шестерню, связанную с валом двигателя посредством упругой муфты. Привод интенсификатора индивидуальный от мотор редуктора с асинхронным короткозамкнутым двигателем.

Вал интенсификатора опирается на жестко закрепленные опоры и

соединен с валом мотор редуктора посредством упругой муфты. На рабочих поверхностях мельницы установлены специального профиля футеровки, усиливающие поперечную сегрегацию внутримельничной загрузки и селективное самоизмельчение материала. Благодаря таким профилям футеровок обеспечивается и равномерность нагрузки мельницы в установившемся режиме мокрого помола.

При помоле железной руды 1-й фабрики ОАО «Ингулецкий ГОК» с содержанием железа ожидаются экономия электроэнергии до 20...23, а футеровок — до 50...75 % соответственно. При этом качество концентрата ожидается выше на 1 %. Расчетная цена мельницы без электрооборудования близка до \$ 200 тыс. Мельница хорошо сопрягается с укороченным спиральным классификатором 1КСН-7,5 с производительностью по пескам до 30 т/час (рис. 3).

Для предприятий черной металлургии мельница может быть использована как экспериментальная с целью получения исходных данных для разработки мельницы МПС(Р) промышленного размера. Для цветной и других отраслей — как промышленная. При этом возможно ис-

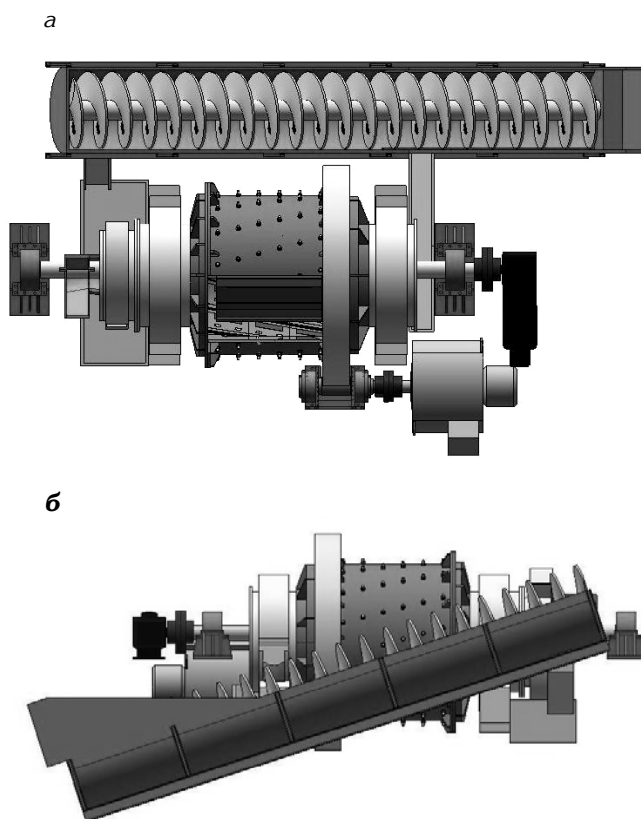


Рис. 3 Вид сверху (а) и сбоку (б) измельчительной установки с экспериментальной мельницей МПС(Р)-1500х1200 и спиральным классификатором 1 КСН-7,5 с углом наклона 18 град. (угол наклона желоба слива мельницы 10 град, а наклона желоба классификатор – 27 град)

пользование сухого метода помола, с использованием или без мелющих тел.

При определении перспектив промышленного освоения мельниц МПС(Р) получены экспертные оценки технико-экономических преимуществ от их использования для конкретных предприятий, в частности, для ОАО «Михайловский горно-обогатительный комбинат». К использованию предлагается мельница МПС(Р)-3600х3100, адаптированная к фундаментам заменяемой

мельницы МШРГУ-4500х6000. Для новой мельницы применен привод с существующей мощностью 2500 кВт. Использование предлагаемой мельницы обеспечит годовой экономический эффект \$ 0,85 млн при сроке окупаемости 1,5 года.

При оценке преимуществ от использования принудительного самоизмельчения промпродуктов РОФ-2 «ИнГОК» выполнен расчет ожидаемого экономического эффекта от использования МПС(Р)-3600х3100А вместо двух заменяемых рудногалечных мельниц мельниц МГР-4000-7500. Использование новой мельницы обеспечит годовой экономический эффект \$ 0,86 млн при сроке окупаемости 3,6 года даже при увеличении на 60% цены 1 т новой мельницы по сравнению с ценой серийных мельниц (при одинаковой цене экономический эффект возрастает до \$ 1,25 млн, а срок

окупаемости снижается до 1,7 года). Также выполнено технико-экономическое обоснование и определен ожидаемый экономический эффект от использования 2-х мельниц МПС(Р)-3600х3100 вместо секции из четырех шаровых мельниц, используемых на ОАО «Ингулецкий ГОК», который составил \$ 2,6 млн при сроке окупаемости 2 года.

Выводы

На сегодня для предприятий горной промышленности весьма ак-

туальна проблема энерго- и ресурсосбережения на основе использования закономерностей интенсификации и управления измельчительным оборудованием. Радикальное уменьшение энергетических и материальных расходов обеспечивает замена морально устаревших барабанных мельниц на более современные. Эффективным решением этой проблемы является широкое внедрение в промышленность энергонапряженных ресурсосберегаю-

щих мельниц принудительного самоизмельчения. Ожидается экономия электроэнергии до 20...23, а футеровок — до 50...75 % соответственно. При этом качество концентрата выше на 1 %. Дополнительная экономия за счет снижения мощности привода и его цены, уменьшения требуемых площадей и объемов производственных зданий, сокращения технологической цепочки и количества стадий измельчения и дробления. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Пивняк Геннадий Григорьевич – академик Национальной академии наук Украины, ректор Государственного высшего учебного заведения «Национальный горный университет», заведующий кафедрой систем электроснабжения, доктор технических наук, профессор. E-mail: rector@nmu.org.ua, <http://www.nmu.org.ua>

Кириченко Виталий Иванович – профессор кафедры электропривода, доктор технических наук, профессор. E-mail: ViKirichenko@nmu.org.ua

Пилов Петр Иванович – первый проректор, заведующий кафедрой обогащения полезных ископаемых, доктор технических наук, профессор. E-mail: PilovP@nmu.org.ua

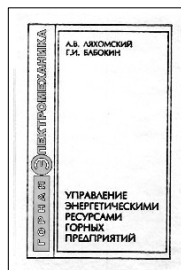
Кириченко Владислав Витальевич – доцент кафедры систем электроснабжения, кандидат технических наук. E-mail: kirichenko_vv@mail.ru

Бородай Валерий Анатольевич – доцент кафедры электропривода, кандидат технических наук. E-mail: boroday_va@mail.ru

Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет». Украина.



ГОРНАЯ КНИГА



Управление энергетическими ресурсами горных предприятий

А.В. Ляхомский, Г.И. Бабокин

2012 г.

232 с.

ISBN: 978-5-98672-326-6

UDK: 622:65.2902:620.91

Описаны основные функции и элементы деятельности энергоменеджеров. Даны определения, цели, задачи, структура, мотивационные, информационные, маркетинговые и инвестиционные аспекты энергоменеджмента, функции всех элементов структуры менеджмента.

Приведены основные методы и средства, повышающие эффективность использования электрической и тепловой энергии в технологических процессах предприятий.

Описана методика и приведены основные этапы технико-экономического обследования систем энергогенерирования, энергораспределения и энергопотребления, позволяющего обосновать направления и разработать мероприятия по повышению энергоэффективности и снижению затрат на энергоресурсы предприятий минерально-сырьевого комплекса.