

1.Надутый В.П., Ягнюков В.Ф. Перспективные направления интенсификации переработки минерального сырья / Наук.-техн. зб "Збагачення корисних копалин". Національна гірнича академія. – Вип.14(55). – Дніпропетровськ. – 2002. – С.110–113.

2.Надутый В.П., Ягнюков В.Ф., Прокопишин Л.Н. Определение влияния конструктивных параметров вибрационного валкового классификатора на технологические показатели / Матер. междунар. XI науч.-техн. конф. "Теория и практика процессов дробления, разделения, смешения и уплотнения материалов". Одесса – п. Затока. – Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". Зб. наук. праць. – Харків: НТУ "ХПІ". - 2003. - № 17. – С.75-78

3.Надутый В.П., Эрперт А.М., Ягнюков В.Ф. Обобщенная модель работы валково-го вибрационного классификатора с учетом режимных и конструктивных параметров / Геотехническая механика: межвед. сб. научн. работ. Институт геотехнической механики НАН Украины. – Днепропетровск. – Вып.48. – 2004. – С.286–290.

© Надутый В.П., Ягнюков В.Ф., 2006

*Надійшла до редколегії 28.04.2006 р.  
Рекомендовано до публікації*

**А.Б. РТИЩЕВ**, канд. техн. наук,

**М.Н. БОРИСОВА, Ю.Н. ВАРЧЕНКО**

(Украина, Кривой Рог, Криворожский технический университет)

### ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

Важнейшим вопросом, требующим решения, является доведение качества железорудных концентратов к современным требованиям металлургического передела, которые обусловлены необходимостью снижения энергозатрат при производстве чугуна.

Повышение качества железорудных концентратов при обогащении магнетитовых кварцитов традиционно связывали с эффективностью последних операций измельчения и обогащения.

Измельчение труднораскрываемых материалов, массовая доля которых значительно повышается к последним стадиям, в барабанных (горизонтальных) шаровых мельницах характеризуется высокими циркуляционными нагрузками, увеличением энергопотребления и лавинообразным шламообразованием.

Процесс тонкого мокрого измельчения с твердой измельчающей средой наиболее эффективно протекает при истирании минеральных зерен в каскадном режиме движения мелющих тел, характеризующегося разрушением касательными усилиями, нежели ударом при водопадном режиме и разрушением нормальными усилиями. Однако в центральной части измельчающей среды, как при каскадном, так и при водопадном

режимах есть зона или "ядро", которое остаётся малоподвижным. В "ядре" не происходит процесса измельчения, что приводит к увеличению времени нахождения материала в мельнице и к увеличению энергозатрат [1].

В связи с этим, как альтернатива традиционному измельчению в барабанных (горизонтальных) мельницах, в настоящее время внимательно изучаются варианты измельчения с использованием вертикальных мельниц.

Основные отличия процессов измельчения в горизонтальной и вертикальной мельницах – это кинетика. В вертикальной мельнице материал измельчается преимущественно истиранием и частично раздавливанием, поскольку смесь материала и измельчающей среды находится в непрерывном движении в слое между лопастями вращающегося шнека и корпусом, а также на самих лопастях [2].

Одной из важнейших задач для вертикальных мельниц, является выбор мелющих тел, в качестве которых могут использоваться: шары стальные и керамические, "галя", куски измельчаемой руды и др. Мелющая среда определяет эффективность процесса измельчения, что выражается в технологических показателях: производительности по готовому классу, удельным энергозатратам и т.д.

При достаточности кинетической энергии столкновения для разрушения частичек эффективность измельчения будет пропорциональна числу контактов между шарами, т.е. суммарной (удельной) поверхности шаровой загрузки, которая возрастает с уменьшением размера шаров.

По данным института "Механобрчермет", для вертикальных мельниц, при одинаковой крупности измельчения (95% класса  $-0,044$  мм) минимальная доля шламов достигается при использовании шаров  $\varnothing 15$  мм, а самая максимальная – при шарах  $\varnothing 60$  мм. Увеличение шламов (класс  $-0,01$  мм) существенным образом отражается на росте удельной поверхности измельченного продукта и составляет на шарах  $\varnothing 60$  мм –  $416$  м<sup>2</sup>/кг, а на шарах диаметром 20 мм –  $270$  м<sup>2</sup>/кг (рис. 1) [4].

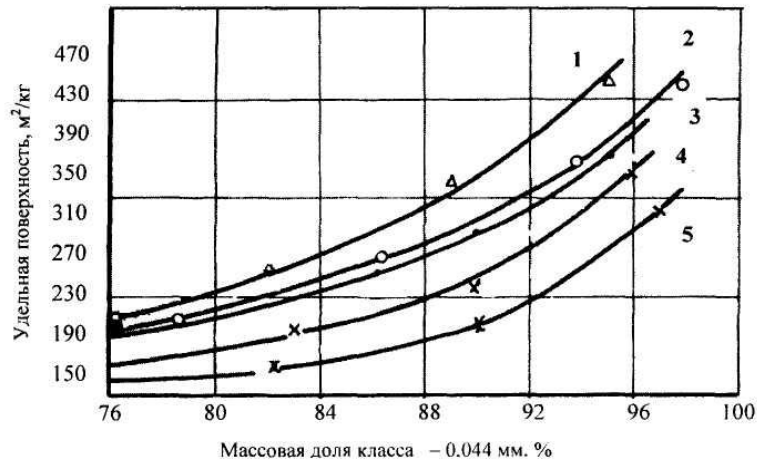


Рис.1. Зависимость удельной поверхности промпродукта от крупности измельчения:  
 1 – шар Ø 60мм; 2 – шар Ø 50мм; 3 – шар Ø 40мм;  
 4 – шар Ø 30мм; 5 – шар Ø 20мм

По данным компании "Metso Minerals" ситовые характеристики продуктов измельчения железистых кварцитов после вертикальной мельницы VERTIMILL и горизонтальной мельницы представлены на рис. 2 [3].

В вертикальной мельнице VERTIMILL выход класса  $-0,074 + 0,044$  мм на 2÷5% больше, чем в горизонтальной шаровой. В диапазоне крупности  $-0,044 + 0$  мм горизонтальная мельница значительно уступает вертикальной из-за образования большого количества шламов (рис. 2).

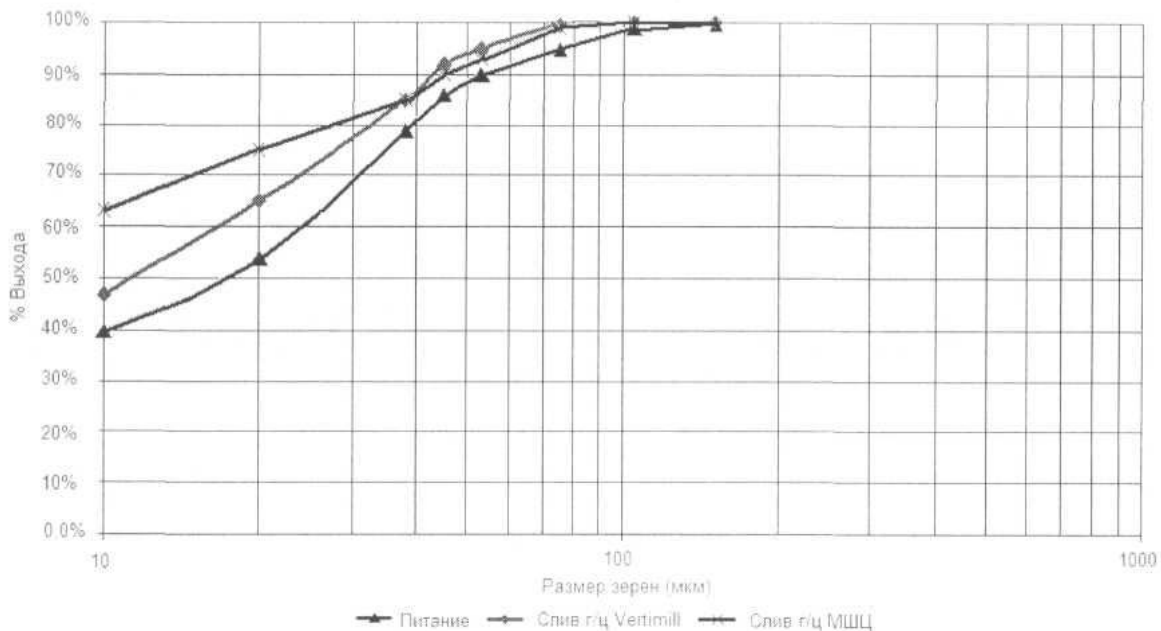


Рис. 2. Характеристика продуктов измельчения железистых кварцитов в зависимости

от типа применяемого измельчительного оборудования

С уменьшением размеров шаров снижаются затраты электроэнергии (рис. 3). При применении шаров  $\varnothing 20$  мм затраты электроэнергии снижаются в 2,7 раза, в сравнении с шарами  $\varnothing 40$  мм.

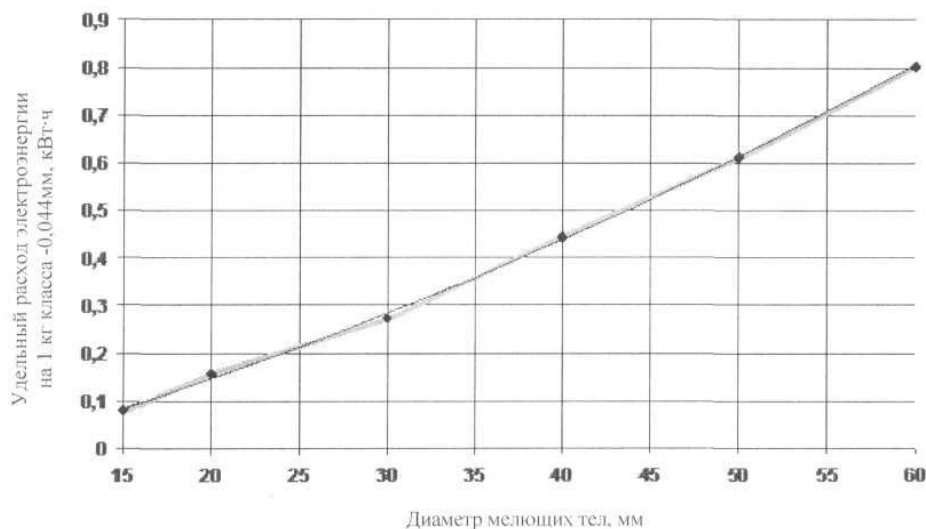


Рис.3. Зависимость удельного расхода электроэнергии от диаметра мелющих тел

Для примера, потребляемая мощность вертикальной мельницы производительностью 22,5 т/ч при измельчении известняка класса 16 $\div$ 0 мм до крупности 95% класса  $-0,044$  мм составила 96,9 кВт ч, в сравнении со 196,4 кВт ч для шаровой (горизонтальной) мельницы при тех же условиях измельчения.

Удельные затраты электроэнергии на получение 1 кг готового класса для вертикальной мельницы в сравнении с горизонтальной с близким объёмом рабочей камеры ниже в 1,3 $\div$ 1,5 раза [4].

Вертикальная мельница имеет большую высоту и небольшой диаметр, что способствует созданию повышенного давления шаров в слое измельчения. Более крупные промышленные установки с большой высотой потребляют меньше энергии из расчета на 1т измельченной руды.

Более 20 башенных мельниц используется в Японии для измельчения известняка в системах десульфурации газов. Крупность питания подаваемого в мельницу составляет  $-0,5$  мм. Получаемый продукт составляет 95% класса  $-0,044$  мм. Затраты электроэнергии при этом составляют около половины затрат, в сравнении с обычной шаровой мельницей.

Вертикальная мельница VERTIMILL компании "Metso Minerals" с перемешиванием успешно применяется в США для тонкого и ультратонкого измельчения, производя продукт крупностью от 0,074 до 0,02 мм и тоньше.

## Підготовчі процеси збагачення

С 1999 г. на Хиббинг Таконит (Миннесота, США) применяется вертикальная мельница типоразмера VTM-1250-WBx2 на железной руде с получением выхода 90% класса  $-0,044$  мм [3]. Где, при увеличении объемов производства концентрата в 2003 году, от использования замкнутого цикла "мельница – гидроциклон" отказались из-за уменьшения коэффициента готовности оборудования, увеличения капитальных и эксплуатационных затрат на доводку.

Промышленная эксплуатация мельниц VERTIMILL доказала, что их можно с успехом применять для решения различных производственных задач, и что они превосходят барабанные мельницы традиционной конструкции по таким параметрам, как потребление энергии и расход измельчающей загрузки, меньшие капитальные затраты и установка в более короткие сроки.

ОАО "Полтавский ГОК" рассматривает вопрос о внедрении 4-х мельниц VERTIMILL в обогатительном переделе для производства железорудных концентратов из труднообогатимых руд.

ОАО "СевГОК", с целью повышения массовой доли железа в концентратах, рассматривает вопрос об использовании мельницы VERTIMILL в доводочных секциях обогатительной фабрики.

Опыт эксплуатации действующих вертикальных мельниц в циклах тонкого и ультратонкого измельчения показал их преимущества в сравнении с обычными шаровыми мельницами:

1. Возможность тонкого (десятки микрометров) и сверхтонкого (единицы и доли микрометра) измельчения самых разнообразных материалов.

2. Примерно в 2 раза меньше удельные расходы электроэнергии на измельчение.

3. Экономия мелющих тел до 35%.

4. Материал в вертикальной мельнице измельчается более избирательно (селективно). Достигается меньшее ошламование – практически отсутствует переизмельчение.

5. Экономия эксплуатационных расходов.

Перечисленные технологические и эксплуатационные достоинства вертикальных мельниц VERTIMILL позволяют рекомендовать их применение не только в процессах тонкого измельчения, но и в более ранних – совместив III и IV стадии измельчения в один процесс. Данные мероприятия позволят получить экономию энергоресурсов при постоянных технологических показателях.

### Список литературы

1. Справочник по обогащению руд. Подготовительные процессы / О.С. Богданова, В.А. Олевского, – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1982. – 366 с.

2. М.Я. Антонычев, Г.И. Пилинский, Н.И. Сокур, А.А. Ширяев. Состояние

и перспективы развития технологии и оборудования для измельчения полезных ископаемых. // Черная металлургия. – 1990. – №11. – С. 2–10.

3. VERTIMILL: INSTALLATION LIST, SVEDALA INDUSTRIES, INC. METSO MINERALS / Form L-223 July 1999.

4. Изучение особенностей, разработка и внедрение способов снижения износа мелющих тел при измельчении железных руд / **Л.А. Ломовцев, А.С. Мамаев, Н.Н. Бережной, А.А. Ширяев**: Отчет (заключительный) -2,43-617-88 "Научно-исследовательский и проектный институт по обогащению и агломерации руд черных металлов (Механобрчермет)". – Кривой Рог, 1990.

© Ртищев А.Б., Борисова М.Н., Варченко Ю.Н., 2006

*Надійшла до редколегії 16.04.2006 р.*

*Рекомендовано до публікації*

УДК 622.7

**П.И. ПИЛОВ**, д-р техн. наук,

**А.А. ТИТОВ**, канд. техн. наук

(Украина, Днепропетровск, Национальный горный университет)

### **ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ТЕОРИИ ДЕЗИНТЕГРАЦИИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ ОБОГАЩЕНИЯ**

*Актуальность проблемы.* Необходимость увеличения эффективности современных способов дезинтеграции полезных ископаемых не вызывает сомнений уже хотя бы потому, что на эти процессы в развитых странах расходуется по разным оценкам от 5 до 20% всей вырабатываемой электроэнергии. По этой причине примерно с 50-х гг. 20 в. началось бурное развитие отраслей дробления и измельчения как в области создания технологических аппаратов и экспериментальной отработки их рабочих циклов, так и подведение научного фундамента под уже имеющиеся инженерные разработки. В результате, к 70–80-м гг. 20 в. было создано достаточно большое количество конструкций дробилок и мельниц, а также более или менее рациональных методик их использования. Практически все методики опираются на полученную в результате многочисленных исследований теоретико-экспериментальную расчетную базу, позволяющую определить основные параметры рабочих органов, состав конечного продукта дезинтеграции, энергоемкость процесса разрушения материала и т.п.

Однако, реальная ценность проведенных исследований ограничена узкими рамками области применения того или иного технологического аппарата, полученные результаты трудно применимы к другим условиям дробления или измельчения и, фактически, представляют собой набор подтвержденных