

**В.П. НАДУТЫЙ**, докт. техн. наук, проф.,

**В.В. СУХАРЕВ**, аспирант, ИГТМ НАН Украины, Днепропетровск

## **РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИЙ ВНУТРИВАЛКОВОЙ ВИБРАЦИОННОЙ МЕЛЬНИЦЫ**

В статті представлено розробку конструкцій внутрішньовалкового конусного млина на основі проведених теоретичних і експериментальних дослідів. Експериментально встановлено залежності енергоємності процесу м'якого та тонкого подрібнювання на внутрішньовалковому конусному млині від обертів приводу, зазору розвантажувальної щілини та міцності гірської маси, що подрібнюється.

In article is presented development to designs of conical grinding mill on the grounds of called on theoretical and experimental study. Relations of energy output of process grind and fine grinding on of a roll conical grinding mill from revolutions of the arbor, width of an unloading backlash and strength of durability of rocks are established experimentally.

Для подготовки горной массы к дальнейшей переработке используются серийно выпускаемые валковые мельницы различных типов. В частности при разработке технологии извлечения самородной меди из базальтового сырья в процессе рудоподготовки используются операции дробления, измельчения, классификации и сепарации на магнитных сепараторах магнитовосприимчивой части базальтового сырья, а на электрических сепараторах – включений самородной меди. Поскольку электрические сепараторы работают с мелко вкрапленными частицами до 1 мм (но не менее 50 – 100 мкм), то при измельчении горной массы не допускается переизмельчение медных самородков. Однако применяемые шаровые, центробежные, вибрационные, струйные мельницы не могут в полной мере выполнить эти условия и, как правило, материал имеет переизмельченные частицы меди. Вследствие этого возникла необходимость создания такой конструкции мельницы, которая не допускает пререизмельчения самородной меди и в то же время имеет регулируемую границу верхнего класса крупности готового продукта, исходя из технологии переработки меди.

Разработанная в ИГТМ НАН Украины внутривалковая конусная мельница [1] позволяет решить эту проблему, отделяя вмещающую породу за счет многократной деформации сдвига со сжатием, а самородок превратить в ока-

тыши цилиндрической формы без дальнейшего их измельчения. В то же время разрушение пород горной массы деформацией сдвига в три и более раз требует меньших усилий, чем при раздавливании, поэтому совмещение деформации сжатия с деформацией сдвига при разрушении в процессе измельчения является перспективным при создании новых конструкций валковых мельниц.

Конструктивная схема мельницы представлена на рис. 1.

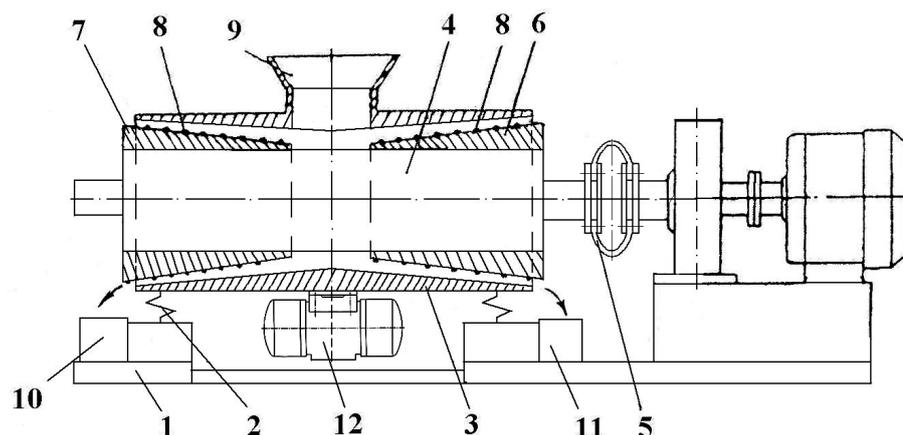


Рис. 1. Конструктивная схема внутривалковой конусной мельницы

Мельница работает следующим образом.

При включении привода вал 4 вращается вместе с коническими втулками 6 и 7. Измельчаемая горная масса через загрузочный лоток 9 попадает в камеру, образованную смежными меньшими основаниями конусов 6 и внутренней оболочкой 3. Из камеры материал перемещается вправо и влево, захватываемый многозаходной винтовой линией конических втулок.

При дальнейшем перемещении материала величина его частиц будет соответствовать размеру кольцевой щели между внутренней частью оболочки и конической поверхностью втулок 6 и 7.

При движении материал в основном истирается, т.е. частицы претерпевают сдвиговые деформации.

Поскольку величина разгрузочной щели регулируется, то имеется конструктивная возможность изменять тонину помола горной массы.

Конечный продукт выходит из торцевых зазоров между оболочкой 3, втулками 6 и 7 и собирается в разгрузочных лотках 10 и 11. При этом колебания вибровозбудителя 12 обеспечивают сегрегацию материала в помольной камере, увеличивают скорость его движения.

Главными достоинствами такой конструкции являются снижение энергопотребления за счет разрушения горной массы с участием сдвиговых усилий при использовании многократного силового воздействия на измельчаемый материал для его ослабления за счет возникших микро- и макроразрушений от предыдущих воздействий, получение продуктов измельчения с ограничением по верхнему классу.

Для обоснования конструктивных и режимных параметров мельницы были выполнены теоретические и экспериментальные исследования, которые показали работоспособность разработанной конструкции и позволили подтвердить эффективность использования сдвиговых деформаций и вибрации [2 – 3].

Целесообразность применения мельницы данной конструкции была проверена сравнительным анализом с мельницами серийного производства по удельной производительности, а именно, количества измельченного материала на 1 кВт·час.

Зависимость удельной производительности внутривалковой мельницы  $q$  (кг/кВт·ч) по затратам энергии на 1 килограмм измельчаемого продукта от оборотов мельницы и величины разгрузочной щели представлена на рис. 2 и имеет слабонелинейный, ниспадающий с установившимся режимом характер.

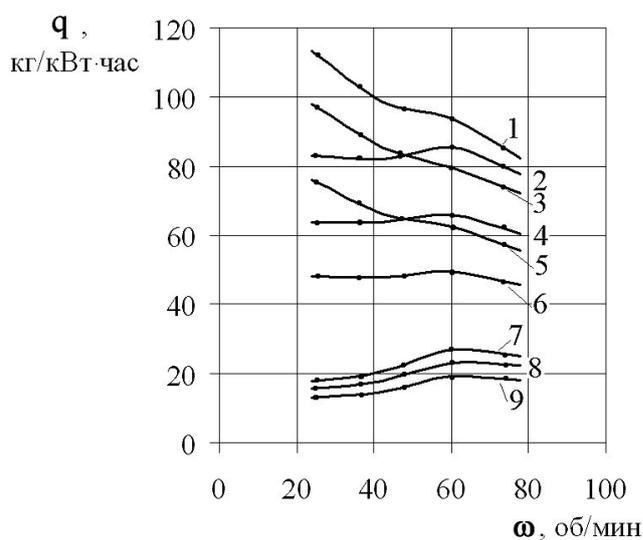


Рис. 2. Зависимость удельной производительности по затраченной энергии  $q$  (кг/кВт·час) в зависимости от оборотов вала мельницы  $\omega$  (об/мин) и зазора  $\Delta$  (мм)

- 1 – уголь ( $\Delta = 5$  мм), 3 – уголь ( $\Delta = 4$  мм), 5 – уголь ( $\Delta = 3$  мм),
- 2 – песчаник ( $\Delta = 5$  мм), 4 – песчаник ( $\Delta = 4$  мм), 6 – песчаник ( $\Delta = 3$  мм),
- 7 – гранит ( $\Delta = 5$  мм), 8 – гранит ( $\Delta = 4$  мм), 9 – гранит ( $\Delta = 3$  мм)

Наиболее близкой по технологическим характеристикам исходного и получаемого продукта является валковая мельница ДВГ 200×125.

Удельная производительность по затраченной энергии на измельчение этой мельницы равна  $q = 50$  кг/кВт·час.

В то же время внутривалковая конусная мельница в схожих условиях имеет удельную производительность  $q = 65$  кг/кВт·час.

Следовательно, можно сделать вывод, что внутривалковая конусная мельница по сравнению с серийными валковыми мельницами при равных технологических параметрах имеет удельную производительность по количеству измельченного материала выше на 30 %.

На основании проведенных исследований была разработана новая конструкция вертикальной внутривалковой конусной мельницы вибрационного типа [4].

В основу изобретения поставлена задача усовершенствования предыдущей конструкции за счет вертикального размещения цилиндрических оболочек и синхронизации работы вибровозбудителя и конусных валков, благодаря чему достигается повышение производительности работы мельницы.

Схема мельницы представлена на рис. 3.

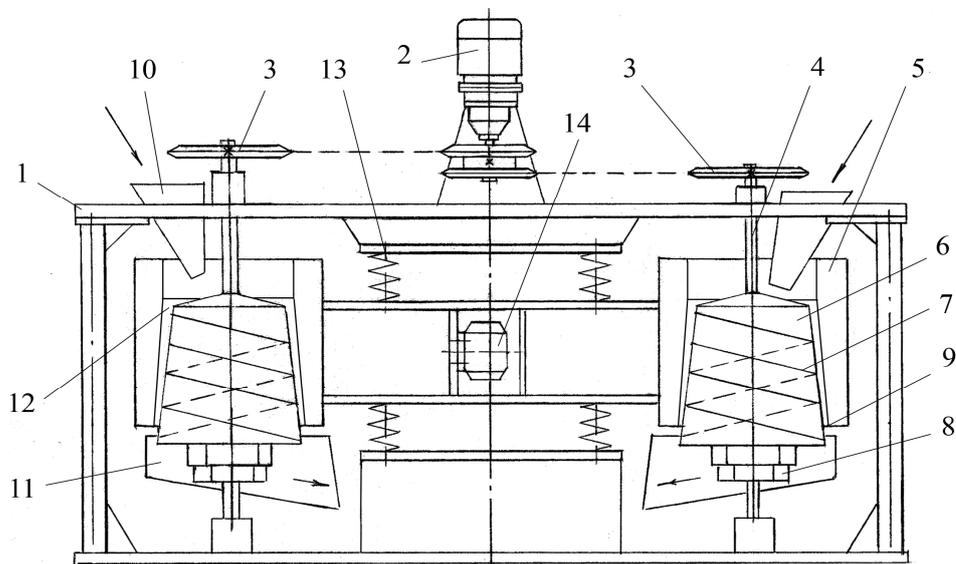


Рис. 3. Конструктивная схема вертикальной внутривалковой конусной мельницы вибрационного типа

Мельница работает следующим образом.

При включении привода 2 через передачу 3 и вал 4 обороты передаются коническим валкам 6 помольной камеры 12.

Горная масса через загрузочный лоток 10 подается в камеру 12, образованную конусным валком 6 и оболочкой 5.

Из камеры материал под влиянием гравитации и многозаходной винтовой навивки конического вала перемещается в зону зазора между внутренней конической частью цилиндрической оболочки 5 и конической поверхностью вала 6.

При дальнейшем перемещении материала в зазоре, который постепенно уменьшается, величина частиц горной массы будет уменьшаться соответственно размеру зазора между валком и цилиндрической оболочкой.

При концентрическом движении по спирали, за счет винтовой навивки 7, материал получает сдвиговые деформации при измельчении.

Поскольку направление оборотов вибровозбудителя 14 совпадает с оборотами конусного вала, то движению материала, его сегрегации и измельчению оказывает содействие работа вибровозбудителя, поворотные колебания которого могут быть синхронизированы с оборотами конусного вала, который обеспечивает ему дополнительную энергию для измельчения, а горной массе – повышение скорости транспортирование вниз по спирали.

Таким образом, совпадение направления вращения и количества оборотов вибровозбудителя и конусного вала есть оптимальным режимом для повышения производительности мельницы предложенной конструкции.

Конечный измельченный продукт выходит из торцовых зазоров 9 между цилиндрической оболочкой и конусным валком и собирается в разгрузочных лотках 11.

При этом размер разгрузочной щели 9 регулируется устройством 8 для изменения крупности помола горной массы.

Такое изменение может осуществляться независимо, на разных валках мельницы, и, вследствие этого, возможно получение разных крупностей помола горной массы.

### **Выводы.**

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать вывод о целесообразности разработки и применения внутривалковых мельниц, использующих сдвиговые деформации и эффект вибрации для измельчения горных пород, содержащих самородные металлы.

**Список литературы:** 1. Пат. 42114 України, МПК<sup>7</sup> B02C 2/00, B02C 15/00. Внутрішньовалковий конусний млин / *Надутьий В.П., Сухарев В.В.*; заявник та патентовласник ІГТМ НАН України;

заявл. 05.01.09; опубл. 25.06.09, Бюл. № 12. **2.** *Надутый В.П.* Определение зависимости производительности внутривалковой мельницы тонкого помола от ее параметров и прочности горной массы / *В.П. Надутый, В.В. Сухарев* // Геотехническая механика. – 2008. – Вып. 74. – С. 62 – 66. **3.** *Надутый В.П.* Экспериментальное определение влияния вибрации на процесс измельчения во внутривалковой мельницы / *В.П. Надутый, В.В. Сухарев* // Вибрации в технике и технологиях. – 2009. – Вып. 2(54). – С. 73 – 75 **4.** Пат. 48990 України, МКИ<sup>7</sup> В02С 2/00, В02С 15/00. Внутрішньовалковий конусний млин вібраційного типу / *Надутый В.П., Сухарев В.В., Кіжло Л.А.*; заявник та патентовласник ІПТМ; заявл. 05.11.09; опубл. 12.04.10, Бюл. № 7.

*Поступила в редколлегию 20.08.10*