

Министерство образования Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
“Оренбургский государственный университет”

Кафедра технологии строительных материалов и изделий

Т.И. ШЕВЦОВА

МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ**

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом
Государственного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
“Оренбургский государственный университет”

Оренбург 2002

ББК 38.5
Ш 31
УДК 691.621.926.37.002.5(07)

Рецензент
кандидат технических наук В.И. Турчанинов

Ш 31 **Шевцова Т.И.**
Механическое оборудование предприятий строительной
индустрии: Методические указания. - Оренбург: ГОУ ВПО ОГУ,
2002. – 10 с.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Механическое оборудование предприятий строительной индустрии» для студентов специальности 290600 – «Производство строительных материалов, изделий и конструкций» очной и заочной форм обучения.

Ш $\frac{3306000000}{6Л9-02}$

ББК 38.5

© Шевцова Т.И., 2002
© ГОУ ВПО ОГУ, 2002

Лабораторная работа

Изучение устройства и работы шаровой мельницы.

Расчет технологических параметров

Продолжительность выполнения работы – 2 часа.

1 Общие указания

1.1 Цель работы

Ознакомиться с видами и конструктивными особенностями барабанных шаровых мельниц. Получить полное представление об устройстве и работе барабанных мельниц. Приобрести навыки в составлении кинематических схем и расчете технологических параметров мельниц.

1.2 Принадлежности:

- 1) лабораторная барабанная шаровая мельница;
- 2) мелющие тела (металлические шары, стержни);
- 3) секундомер;
- 4) измерительные приборы.

1.3 Правила техники безопасности:

- 1) мельницу без разрешения преподавателя не включать;
- 2) перед включением привода, убедиться в полной безопасности находящихся поблизости людей;
- 3) не производить измерений на работающей мельнице;
- 4) по окончании работы обесточить привод.

2 Основная часть

2.1 Литературный обзор

Для тонкого измельчения каменных материалов применяются мельницы.

Мельницы весьма разнообразны и различаются между собой по характеру работы, способам помола, форме рабочего пространства, конструкции.

Наибольшее распространение получили барабанные мельницы. Помол у таких мельниц осуществляется в результате использования энергии удара и истирания свободно падающими дробящими материалами (шарами, цилиндрами, стержнями), находящимися во вращающемся барабане вместе с измельчаемым материалом.

Барабанные мельницы классифицируются по принципу работы – периодического и непрерывного действия; по способу помола - сухого и мокрого помола; по характеру работы – работающие по открытому и замкнутому способам; по способу загрузки и разгрузки материала – с загрузкой и разгрузкой через люк, с загрузкой с загрузкой и разгрузкой через пустотелые цапфы, по виду мелющих тел – шаровые и стержневые.

Шаровые мельницы характеризуются внутренним диаметром барабана и его рабочей длиной (D и L). Если $L / D < 3$, то мельницы называют барабанными, если $L / D > 3$ - трубными.

Размеры кусков загружаемого материала составляют 10 - 30 мм, а получают 0,05 мм и меньше. Помол может быть сухим или мокрым. В последнем случае он производится в присутствии воды, которая ввиду физико-химического “сродства” с материалом и наличия в нем микротрещин ускоряет процесс размола, повышает его тонкость, снижает энергоемкость и обеспечивает более быструю разгрузку.

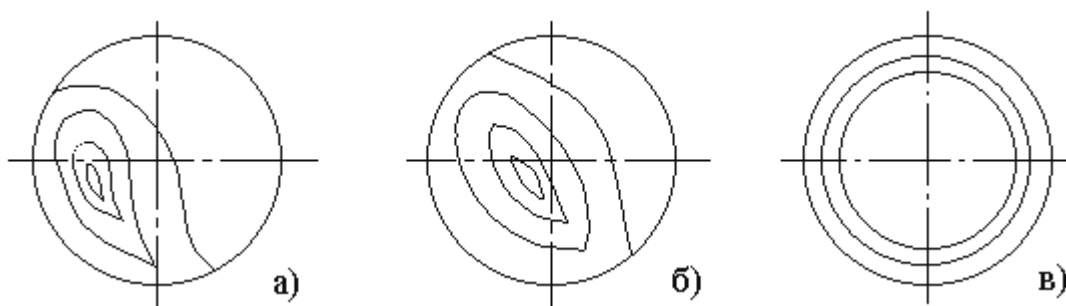
В зависимости от механических характеристик дробимого материала применяются стальные, кремневые, фарфоровые мелющие тела. В мельницу обычно загружаются шары двух размеров. Общий объем шаровой загрузки составляет обычно 40 -50 % от рабочего объема мельницы.

На эффективность работы шаровых мельниц большое влияние оказывают свойства размалываемого материала, размеры загружаемых в мельницу кусков, заданная степень измельчения, способ загрузки мельницы, плотность и размер шаров, диаметр и угловая скорость барабана. Первые четыре фактора определяются производственными условиями, тогда как диаметр и угловая скорость барабана, а также размеры шаров могут быть точно определены на основе многочисленных исследований и математического анализа работы мелющих тел (шаров) в мельнице.

Рассмотрим некоторые положения, определяющие кинематику и динамику мелющих тел (шаров) в зависимости от размеров и числа оборотов барабана мельницы.

При медленном вращении мельницы шары вместе с измельчаемым материалом поднимаются вдоль стенки барабана до величины угла естественного откоса и потом скатываются вниз (рисунок 2а). Материал, расположенный между мелющими телами (шарами), измельчается путем только истирания. При более быстром вращении барабана шары под влиянием центробежной силы, прижимающей их к стенкам барабана, поднимаются и затем низвергаются в нижнюю часть мельницы (рисунок 2б). Измельчение материала в этом случае будет происходить за счет ударного и истирающего воздействия падающих шаров.

Дальнейшее увеличение скорости барабана приводит к возникновению центробежных сил, превышающих силы тяжести шаров. При этом шары прижимаются к внутренней стенке барабана и перемещаются вместе с ней, процесс измельчения материала прекращается (рисунок 2в).



а) каскадный; б) водопадный; в) сверхкритический.

Рисунок 2 – Режимы работы мелющих тел

2.2 Последовательность выполнения работы:

- 1) изучить устройство и выполнить кинематическую схему лабораторной шаровой мельницы с обозначением всех основных узлов и деталей;
- 2) посмотреть мельницу в работе;
- 3) снять необходимые параметры;
- 4) рассчитать основные параметры шаровых мельниц:
 - а) определить критическое и оптимальное значение чисел оборотов барабана мельницы. Расчетные значения чисел оборотов сравнить с фактическими, полученными непосредственным измерением;
 - б) ориентировочно выбрать форму и размеры мелющих (металлические шары, галька) тел и определить массу загрузки мелющих тел ;
 - в) рассчитать производительность шаровой мельницы;
 - г) рассчитать мощность двигателя;
- 5) результаты измерений и вычислений свести в таблицу.

2.3 Определение критического и оптимального значений чисел оборотов барабана

Определим угловую скорость барабана при угле подъема шаров (рисунок 3). Для этого рассмотрим положение шара в точке А (у поверхности футеровки). Этот шар будет находиться под действием силы тяжести G и центробежной силы

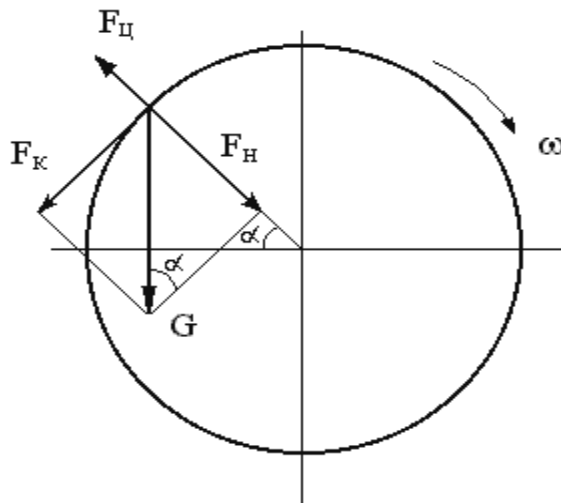


Рисунок 3 – Расчётная схема

Силу тяжести G разложим на две составляющие: направленную по касательной F_k и составляющую, направленную по радиусу к центру F_n под углом α к горизонтали.

Силе F_n будет противодействовать сила $F_{\text{центробеж}}$, при условии $F_{\text{ц}} = F_n$. Величина центробежной силы определится по формуле:

$$F_{ц} = \frac{m \cdot V^2}{R} = \frac{2 \cdot G \cdot V^2}{g \cdot D} \quad (1)$$

где m – масса шара, кг ;

D - диаметр барабана, м ;

R - расстояние от центра шара до центра барабана, м ;

(Для упрощения принимаем R равным внутреннему радиусу барабана $R = \frac{D}{2}$)

V – линейная (окружная) скорость барабана, м / сек ;

Величина нормальной силы F_n определяется из треугольника сил:

$$F_n = G \cdot \sin \alpha$$

$$\text{Тогда } \frac{2 \cdot G \cdot V^2}{g \cdot D} = G \cdot \sin \alpha \text{ или } \frac{2 \cdot V^2}{g \cdot D} = \sin \alpha \quad (2)$$

7

Выразим линейную скорость V через угловую n :

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60} \quad \text{и}$$

$$\frac{2}{g \cdot D} \left(\frac{\pi \cdot D \cdot n}{60} \right)^2 = \sin \alpha$$

$$\text{Откуда } n = \sqrt{\frac{g \cdot 60^2 \cdot \sin \alpha}{2 \cdot \pi^2 \cdot D}} \quad \text{об/мин} \quad (3)$$

или после подстановки численных величин

$$n = 60 \cdot \sqrt{\frac{0,5 \sin \alpha}{D}} = 42,4 \cdot \sqrt{\frac{\sin \alpha}{D}} \quad \text{об/мин} \quad (4)$$

Угловая скорость барабана, при которой шары не будут отрываться от футеровки барабана, характеризуется тем, что центробежная сила будет больше составляющей силы тяжести $F_n = G \cdot \sin \alpha$ достигает максимума в крайнем верхнем положении, когда $\alpha = 90^\circ$ и $\sin \alpha = 1$. Для этого положения получим критическую угловую скорость

$$n_{кр} = \frac{42,4}{\sqrt{D}} \quad \text{об/мин} \quad (5)$$

Наилучшие условия работы достигаются при числах оборотов, равных $(0,7 \div 0,8)n_{кр}$

- для мельниц сухого помола с гладкой футеровкой:

$$n = \frac{32}{\sqrt{D}} \quad \text{об/мин} \quad (6)$$

- для мельниц мокрого помола

$$n = \frac{35}{\sqrt{D}} \quad \text{об/мин} \quad (7)$$

2.4 Определение массы мелющих тел

Эффективность работы шаровых мельниц зависит не только от правильного определения угловой скорости барабана, но и от величины его загрузки мелющими телами, которая характеризуется коэффициентом загрузки K_3 , представляющим собой отношение массы шаров к массе их в объеме барабана

$$K_3 = \frac{G}{\pi \cdot R \cdot L \cdot K_p \cdot \gamma} \quad (8)$$

где G – масса шаров, кг;
 R – внутренний радиус барабана, м;
 L – длина барабана, м;
 K_p – коэффициент разрыхления загрузки; ($K_p = 0,575$ для стальных шаров и гальки; $K_p = 0,55$ – для стальных цилиндров);
 γ – плотность материала мелющих тел ($\gamma = 7,85 \text{ т/м}^3$ – для стали; для гальки $\gamma = 2,6 \text{ т/м}^3$).

Наилучшие результаты получаются при $K_3 = 0,26 - 0,32$.

Размеры и форма мелющих тел выбираются в зависимости от физико-механических свойств дробимого материала, степени крупности и определяется условием

$$E \geq E_{др}$$

где E – энергия, которой должен обладать шар, способный произвести дробление куска;

$E_{др}$ – энергия, необходимая для разрушения куска.

Массу (в тоннах) мелющих тел рассчитывают по формуле:

$$G = K_3 \cdot V \cdot \gamma \quad (9)$$

где K_3 – коэффициент загрузки барабана мелющими телами;

γ – плотность материала мелющих тел, т/м^3

V – геометрический объем барабана по внутреннему диаметру, м^3 .

2.5 Определение производительности шаровых мельниц

Производительность шаровых мельниц зависит от многих факторов, учесть которые точно не представляется возможным.

Производительность мельницы (т/ч) определяем по формуле:

$$Q=6,45V \cdot \sqrt{D} \cdot (G/V)^{0,8} \cdot q_y \cdot K_n \quad (10)$$

где q_y - удельная производительность, т/кВт*ч мощности (при мокром помоле 0,05-0,25, при сухом 0,03 – 0,4);

K_n – поправочный коэффициент на тонкость помола (при остатке на сите № 009 от 2 до 20 % соответственно составляет от 0,588 до 1,425);

D – внутренний диаметр мельницы, м;

G – масса мелющих тел, т;

V – внутренний объем мельницы, м³.

2.6 Определение мощности двигателя

Мощность (Вт) двигателя мельницы определяем по следующей формуле:

$$N= 1,07GR/\eta \quad (11)$$

где η – КПД привода мельницы, равный 0,9 – 0,94.

2.7. Сводная таблица результатов

Таблица 1

Показатели	Обозначение	Ед. измерения	Расчетная формула	Результаты		Примечание
				Расчетн.	Фактич.	
1	2	3	4	5	6	7

Список использованных источников

- 1 Епифанов С.М. Строительные машины: Справочник. М.:Стройиздат,1991.- 384 с.
- 2 Горбовец М.Н. Строительные машины: Справочник 2томах:М;Машиностроение, 1991,- 456 с.
- 3 Борщевский А.А,Ильин А.С. Механическое оборудование предприятий для производства строительных материалов и изделий. – М.: Высшая школа,1987.- 328 с.
- 4 Машины и оборудование для производства сборного железобетона. Отраслевой каталог.- ЦЖИТЭСтроймаш.- М.: 1988.- 453 с.