

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАСЧЕТА РОТОРНЫХ ДРОБИЛОК ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЩЕБНЯ

к.т.н. З.М. Сатторов

Ташкентский архитектурно строительный институт, Республика Узбекистан

В дробилках ударного действия измельчение материала происходит при соударении кусков с рабочими органами (молотками, билами), а также с ограждающими элементами (отражательными плитами, колосниковыми решетками). Рабочий процесс дробилок ударного действия происходит следующим образом. Материал, подлежащий измельчению, загружается в дробилку сверху и, падая вниз, попадает под действие быстро вращающихся бил или молотков. В результате соударения куски разрушаются, разлетаясь в разные стороны, попадают на ограждающие элементы – колосники, отбойные плиты, где дополнительно измельчаются. Отражаясь от ограждающих элементов, куски вновь попадают под действие рабочих органов. Такой процесс происходит многократно, пока измельченный куски не пройдут сквозь колосниковую решетку или разгрузочную щель. Разрушению при эксцентричном соударении куска с рабочим органом, благодаря чему в нем возникают растягивающие напряжения ($\sigma_p \approx 10 \text{ МПа}$), превышающие предел прочности материала на растяжение.

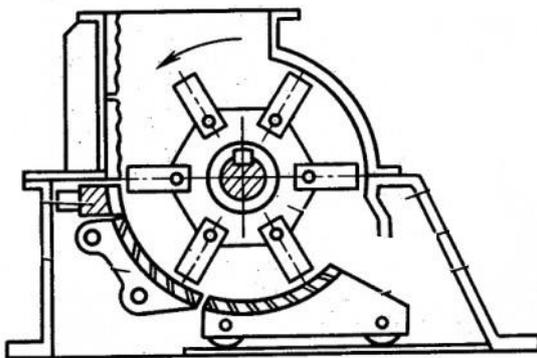


Рис. 1. Молотковая однороторная дробилка СМ-170В

Современная молотковая однороторная дробилка СМ-170В размером 1300×1600 мм.

Главное предназначение роторной дробилки, дробление хрупких материалов, прочность которых не превышает 120 МПа (рис. 1). Возможно дробление влажных пород, при условии, что не будет замазывания колосниковых решеток. Положение колосниковых решеток и отбойной плиты можно регулировать.

При ударе била о кусок материала играет роль только относительная скорость обоих тел, поэтому мы можем рассматривать одно из тел как бы находящимся в покое и наблюдать движение только второго ударяющего тела. В момент касания обоих тел можно в точке соприкосновения их провести плоскость, касательную к обоим телам.

Прямая, перпендикулярная к этой плоскости и проходящая через точку соприкосновения тел, называется линией, или нормалью, удара. Если линия удара проходит через центр тяжести обоих тел, то удар называется центральным, в каждом другом случае – внецентренным.

При ударе двух тел нельзя тела считать абсолютно твердыми. При ударе различают два периода. Первый период начинается с момент касания тел; происходит сплющивание касающихся поверхностей. К концу первого период сплющивание тел, следовательно, и сближение их достигает максимума, точки соприкосновения тел имеют одинаковую скорость. С этого момент начинается второй период, во время которого сплющивание исчезает или полностью, или частично. Этот период длится до момента расхождения тел.

Сила удара P действует в очень короткое время и возрастает до максимума в течение первого периода и падает до нуля во время второго периода.

Действия мгновенной силы измеряются ее импульсом:

$$I = \int_0^t P dt, \quad (1)$$

где t – время удара.

Обозначая скорости тел перед началом удара через v_1 и v_2 , массы тел через m_1 и m_2 , скорость тела в момент наибольшего взаимного давления через v и, наконец, скорости к концу удара через v'_1 и v'_2 получим по закону количество движения

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v = m_1 v'_1 + m_2 v'_2. \quad (2)$$

$$\text{В первый период удара} \quad I_1 = m_1 (v_1 - v) = m_2(v - v_2) \quad (3)$$

$$\text{Во второй период удара} \quad I_2 = m_1 (v - v_1) = m_2(v_2 - v) \quad (4)$$

Частное $k_y = I_2 / I_1$ называется коэффициентом удара; его величина зависит от свойств тел. Предельные значения коэффициента удара: для совершенно неупругих тел $k_y = 0$ и для удара вполне упруго $k_y = 1$. Полный импульс за все время удара равен $I = m_1 m_2 \cdot (v_1 - v_2) \cdot (1 + k_y) / (m_1 + m_2)$ (5)

Потерянная при ударе кинетическая энергия, равная величине удара, определяется по формуле

$$T_1 - T_2 = m_1 m_2 \cdot (v_1 - v_2)^2 \cdot (1 + k_y^2) / 2(m_1 + m_2) \quad (6)$$

Потерянная ударяющим телом кинетическая энергия расходуется на разрушение куска материала.

Принимая, что работа разрушения равна $A_{разр.} = \sigma^2 V / 2E$, (6)

получим, что для разрушения куска материала должно быть соблюдено условие

$$T_1 - T_2 \geq \sigma^2 V / 2E. \quad (7)$$

Скорость, при которой начинается разрушение, может быть определена следующим образом.

Кинетическая энергия удара должна быть больше энергии, затрачиваемой на измельчение материала, а именно, $G / g \cdot v_{разр.}^2 / 2 \cdot (1 - \xi^2) \geq \sigma^2 V / 2E$, (8)

где G – сила тяжести разрушаемой частицы, n ; g – ускорение силы тяжести, $м/сек^2$; $v_{разр.}$ – скорость разрушения, $м/сек$; ξ – коэффициент восстановления; V – объем частицы, $м^3$.
 $\leq \sigma \sqrt{g V / E G (1 - \xi^2)}$ $м/сек^2$, (9)

Так, для разрушения куска материала с условным диаметром $1,3$ м при $\sigma = 250 \cdot 10^6$ $н/м^2$, $E = 6,9 \cdot 10^{10}$ $н/м^2$, и $\xi = 0,5$; $G = V / \rho$ (ρ – объемная масса материала); $v_p \geq 6,9$ $м/сек$.

Обычно окружная скорость молотка принимается в зависимости от производительности в пределах $20-70$ $м/сек$. Производительность дробилок по готовому продукту зависит от того, как происходит питание дробилки материалом. По мере увеличения подаваемого в дробилку материала все большее количество его задерживается у поверхности, образуемой движущимися билами ротора, и, наконец, над поверхностью ротора образуется скопление материала с плотностью, близкой к насыпной объемной массе. Этот материал под действием сил тяжести проникает в зону действия бил на некоторую глубину h , срезается билами и измельчается.

$$\text{Каждое било выносит из зоны порцию материала объемом} \quad V = ABh, \quad (10)$$

где A – горизонтальная проекция рабочей дуги ротора; B – длина ротора.

В общем виде максимальная производительность дробилки определяется по формуле $Q_{\max} = k_{np} \cdot ABhnz$ $м^3/сек$, (11)

где k_{np} – коэффициент пропорциональности, зависящий от прочности материала, разрыхления материала в объеме ABh , ширины выходной щели, крупности поступающих в дробилку кусков материала, положения отбойной плиты, формы и размера бил; n – число оборотов ротора, $сек$; z – число бил.

В качестве вывода можно сказать, что при производстве щебня требуются расчеты основные показатели роторных дробилок, как определение производительности, действия мгновенной силы, скорости тел и кинетическая энергия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Недорезов И.А., Савельев А.Г. Машины строительного производства. Учебное пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана Н.Э., 2010. – 119 с.
2. Борщевский А.А., Ильин А.С. Механическое оборудование для производства строительных материалов и изделий. – М.: Высшая школа, 1987. – 366 с.