

О ПРИМЕНЕНИИ ТЕОРИЙ ДРОБЛЕНИЯ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ МОЩНОСТИ, ПОТРЕБЛЯЕМОЙ ДРОБИЛКОЙ

А.И.КИРИЧЕНКО

Используя при конструировании дробильных машин теории дробления, нельзя забывать о весьма существенных недостатках этих теорий [3]: об их оторванности от конкретных условий дробления в машине, о невозможности учесть влияние множества реально действующих факторов на процесс дробления и силовое нагружение, проявляющихся непосредственно в рабочем пространстве дробилки. Отсюда и невозможность численно определить действующие усилия и затрачиваемую работу дробления.

Вместе с тем, экспериментальные данные показывают, что можно давать точную относительную оценку работы дробилок с различными параметрами при соблюдении их кинематического подобия. Это подтверждает сравнение отношений работы, выраженной через параметры исследованных дробилок и усилий дробления, замеренных с помощью месдоз, с отношением работы, соответственно, тех же дробилок, но вычисленных по формулам законов дробления.

Для определения дробящего усилия в проектируемой дробилке предложен метод [3], основанный на использовании экспериментальных данных исследованной эталонной дробилки ^{х)} того же конструктивного типа с оптимальными параметрами. Причем в расчетах рекомендуются законы Андреева-Риттингера и Андреева-Кирпичева, дающие более точные результаты, чем другие законы, поскольку они учитывают больше реальных факторов, влияющих на затрату энергии на дробление материала.

Для определения мощности, потребляемой проектируемой дробилкой, воспользуемся тем же методом, что и при определении дробящего усилия,

^{х)} Известной дробилки рациональной конструкции.

т.е. будем основываться на мощности эталонной дробилки и руководствоваться законами дробления. Поскольку мощность пропорциональна работе, то справедлива зависимость

$$\frac{N_{\text{др п}}}{N_{\text{др з}}} = \frac{A_{\text{др п}}}{A_{\text{др з}}}, \quad (1)$$

откуда

$$N_{\text{др п}} = N_{\text{др з}} \frac{A_{\text{др п}}}{A_{\text{др з}}}, \quad (2)$$

где $N_{\text{др п}}$, $N_{\text{др з}}$ — мощности, расходуемые дробилками на собственно дробление материала; $A_{\text{др п}}$, $A_{\text{др з}}$ — работа тех же дробилок.

Здесь и в дальнейшем индексы "п" и "з" относятся соответственно к проектируемой и эталонной дробилкам.

Подставляя в формулу (2) выражения для работы дробилок, определяемые формулами законов дробления Андреева-Риттингера или Андреева-Кирпичева, получим соответственно

$$N_{\text{др п}} = N_{\text{др з}} \frac{K_{\text{а п}} Q_{\text{п}} \frac{i_{\text{п}} - 1}{D_{\text{ср п}}}}{K_{\text{а з}} Q_{\text{з}} \frac{i_{\text{з}} - 1}{D_{\text{ср з}}}}; \quad (3)$$

$$N_{\text{др п}} = N_{\text{др з}} \frac{K_{\text{к п}} Q_{\text{п}} \lg \frac{D_{\text{ср п}}}{d_{\text{ср п}}}}{K_{\text{к з}} Q_{\text{з}} \lg \frac{D_{\text{ср з}}}{d_{\text{ср з}}}}, \quad (4)$$

где $K_{\text{а п}}$, $K_{\text{а з}}$ и $K_{\text{к п}}$, $K_{\text{к з}}$ — коэффициенты пропорциональности применительно к закону Риттингера и к закону Кирпичева; $Q_{\text{п}}$, $Q_{\text{з}}$ — вес дробимого материала (производительность дробилок); $i_{\text{п}}$, $i_{\text{з}}$ — степени дробления рассматриваемых дробилок; $D_{\text{ср п}}$, $D_{\text{ср з}}$ — средние диаметры исходного материала, поступающего в дробление, вычисленные как средневзвешенные по весовым выходам соответствующих классов [1]; $d_{\text{ср п}}$, $d_{\text{ср з}}$ — средние диаметры продуктов дробления, вычисленные так же [1].

Формулы (3) и (4) справедливы при условии, что эталонная и проектируемая дробилки кинематически и динамически подобны. Основным критерием динамического подобия является постоянство доли (одинаковый процент) участия кинетической энергии подвижных звеньев машины в создании потребной дробящей силы дробилки. Это имеет особенно важное значение для машин с прерывистым циклом дробления (например, ще-

ковых дробилок), в конструкции которых предусмотрены аккумуляторы (накопители) кинетической энергии — маховики, величина махового момента которых, как известно, обратно пропорциональна коэффициенту неравномерности хода машины δ .

Для дробилок с простым движением щеки на Уралмашзаводе принимают $\delta = 0,025$. В дробилках со сложным движением щеки обычно принимают $\delta = 0,015$, что вполне логично, поскольку в механизме этих дробилок значительно меньше подвижных звеньев.

Необходимость учитывать кинетическую энергию механизма дробилки диктуется не только прерывистым циклом дробления, обусловленным конструкцией машины, но и непостоянством сил сопротивления материала дроблению, которое изменяется примерно в 2 раза по отношению к установившемуся режиму работы в зависимости от факторов [3], влияющих на дробящее усилие, а следовательно, и на мощность (см. рисунок).

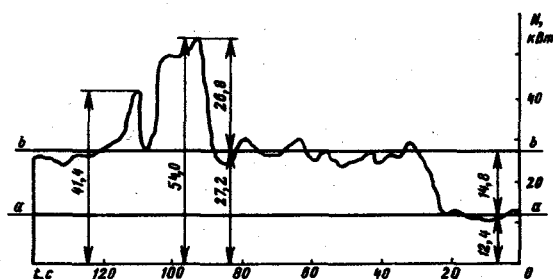


Диаграмма мощности щековой дробилки, записанная ваттметром [2]

$a-a$ — граница мощности холостого хода щековой дробилки 400x700 мм; $b-b$ — средняя мощность установившегося режима работы

Кинетическая энергия механизма дробилки, как известно из теории механизмов и машин, в общем случае, когда звенья механизма имеют сложные движения, выражается формулой

$$T = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (m_i v_i^2 + J_i \omega_i^2), \quad (5)$$

где m_i — масса i -го звена; v_i — скорость поступательного движения центра масс i -го звена; J_i — момент инерции i -го звена относительно оси, проходящей через центр масс и перпендикулярной плоскости вращения; ω_i — угловая скорость вращательного движения звена.

Входящие в формулу (5) величины определяются применительно к конкретному механизму машины и соответствующим ему планам скоростей и ускорений. В нашем случае для определения динамического подобия проектируемой и эталонной дробилок формула (5) примет вид

$$T_{\Pi} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n [m_{i\Pi} v_{i\Pi}^2 + J_{i\Pi} \omega_{i\Pi}^2]; \quad (6)$$

$$T_3 = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n [m_{i3} v_{i3}^2 + J_{i3} \omega_{i3}^2]. \quad (7)$$

С учетом равенств (6), (7) и формул теории дробления Андреева-Риттингера условие динамического подобия выразится как

$$\frac{T_{\Pi}}{K_{\kappa \Pi} Q_{\Pi} \frac{i_{\Pi}-1}{D_{\text{ср } \Pi}}} = \frac{T_{\text{з}}}{K_{\text{Р з}} Q_{\text{з}} \frac{i_{\text{з}}-1}{D_{\text{ср з}}}} \quad (8)$$

В общем случае, для динамических подобных дробилок необходимо выполнение условия

$$\frac{T_1}{K_{\text{Р 1}} Q_1 \frac{i_1-1}{D_{\text{ср 1}}}} = \frac{T_2}{K_{\text{Р 2}} Q_2 \frac{i_2-1}{D_{\text{ср 2}}}} = \dots = \frac{T_n}{K_{\text{Р n}} Q_n \frac{i_n-1}{D_{\text{ср n}}}}, \quad (9)$$

где индексами 1, 2, ... n обозначены дробилки различных параметров.

В формулах (8) и (9) для большей точности расчета предпочтительнее использовать закон дробления Андреева-Риттингера, так как в этом случае полнее учитываются реальные факторы, влияющие на энергоемкость машины, в частности влияние крупности исходного материала $D_{\text{ср}}$.

По формуле Андреева-Риттингера, работа дробления при $D_{\text{ср}} = \text{const}$ пропорциональна степени дробления i , а при $i = \text{const}$ — обратно пропорциональна $D_{\text{ср}}$, т.е. на дробление более крупного материала с определенной степенью дробления требуется затратить меньшую работу, чем на дробление более мелкого при прочих равных условиях.

Формулы (3) и (4) выражают мощность, потребную для проектируемой дробилки на собственно дробление материала. Общая потребляемая мощность и установочная мощность электродвигателя определяются с учетом механических потерь в механизме машины через КПД η и коэффициент установочной мощности K_y :

$$N_{\text{потр}} = \frac{N_{\text{др } \Pi}}{\eta}; \quad (10)$$

$$N_y = N_{\text{потр}} K_y, \quad (11)$$

где $\eta = 0,8+0,85$; $K_y = 1,15+1,20$.

Предложенный метод и приведенные формулы позволяют достаточно точно определять потребную мощность дробилки, что весьма важно для конструктора, так как мощность точно обобщает все реально действующие факторы, влияющие на работу дробления и силовое нагружение элементов конструкции дробилки. По фактически замеренной мощности эксплуатируемых дробилок возможно численно оценить кинетическую энергию этих машин и накопить практический материал для выбора оптимального значения коэффициента неравномерности хода дробилок.

При известной (легко рассчитываемой) кинетической энергии маховика и шкива и по замеренной мощности представляется возможным численно

оценить в обобщенном виде кинетическую энергию остальных подвижных элементов машины.

Л и т е р а т у р а

1. Андреев С.Е. Исчисление среднего диаметра. "Горн. журн.", 1950, №4.
2. Беренов Д.И. Дробильное оборудование обогатительных и дробильных фабрик. Свердловск, Металлургиздат, 1958.
3. Кириченко А.И. О теориях дробления и применении их при конструировании дробильных машин. - Зап.ЛПИ, 1970. т.60, вып. 1.