

ТЕХНОЛОГИЯ ДРОБЛЕНИЯ ХРУПКОГО МАТЕРИАЛА В ОДНОВАЛКОВОЙ ДРОБИЛКЕ С УПОРОМ НА ВАЛКЕ

Никитин А.Г., Глазачев В.С.

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Ключевые слова: одновалковая дробилка, степень дробления, сила, энергоемкость.

Аннотация. Описана одновалковая дробилка с принудительной подачей дробимого куска в зону разрушения за счет упора, расположенного на валке. Определены силы, действующие на дробимый кусок со стороны валка и неподвижной щеки.

Многие промышленные производства, в том числе металлургические, перерабатывают и используют в больших количествах сыпучие материалы различных классов крупности. Нужная крупность достигается измельчением более крупных кусков на дробилках, в том числе и одновалковых, которые в последнее время получили широкое распространение [1].

Показателями процесса дробления являются степень и эффективность дробления. Степень дробления оценивается отношением размеров исходного дробимого и получаемого кусков, которая зависит от величины зазора между валком и неподвижной щекой. Эффективность дробления определяется массой дроблёного материала, получаемой при расходе единицы электроэнергии и зависит, главным образом, от прочности дробимого материала.

Одним из недостатков валковых дробилок является малая степень дробления, зависящая от угла захвата и диаметра валка. Максимальный угол захвата ограничивается углом трения между валком и куском, который для большинства руд и пород колеблется в пределах 0,4...0,5 [13]. Увеличение диаметра валка приводит к резкому возрастанию габаритов дробилки.

В Сибирском государственном университете разработана конструкция энергоэффективной одновалковой дробилки [2], в которой происходит принудительная подача дробимого куска в зону дробления за счет упора, расположенного на валке, что увеличивает степень дробления.

Силы технологического сопротивления, возникающие в процессе эксплуатации машины, являются основной исходной величиной для расчета мощности привода машины и элементов конструкции на прочность, поэтому силовой анализ рабочего процесса является неотъемлемым этапом проектирования любой машины, в том числе и дробильной.

Так как форма куска дробимого материала не влияет на величину и направление сил, то для наглядности сечение куска принято круглым с радиусом r .

Во время вращения приводного валка происходит соприкосновении упора с куском дробимого материала в точке C , при этом возникает сила давления N_3 , давящая на него и действующая по направлению движения валка, перпендикулярно рабочей поверхности упора (рис. 1). При соприкосновении куска с вращающимся валком возникает нормальная сила N_1 , направленная по

радиусу в точке касания от вала. В виду того, что система валок – упор – кусок движется совместно, то в точках A и C не возникает сил трения [3].

Под действием горизонтальной составляющей силы N_3 и горизонтальной составляющей силы N_1 , возникает реактивная сила N_2 , приложенная в точке B и направленная по горизонтали от щеки. При этом в рассматриваемой точке появится сила трения F_2 , препятствующая движению куска в зазор между валком и щекой. Следовательно, в процессе дробления на кусок действуют силы N_1 , N_2 , N_3 , а также сила трения $F_2 = f_2 \cdot N_2$, где f_2 – коэффициент трения между куском и щекой.

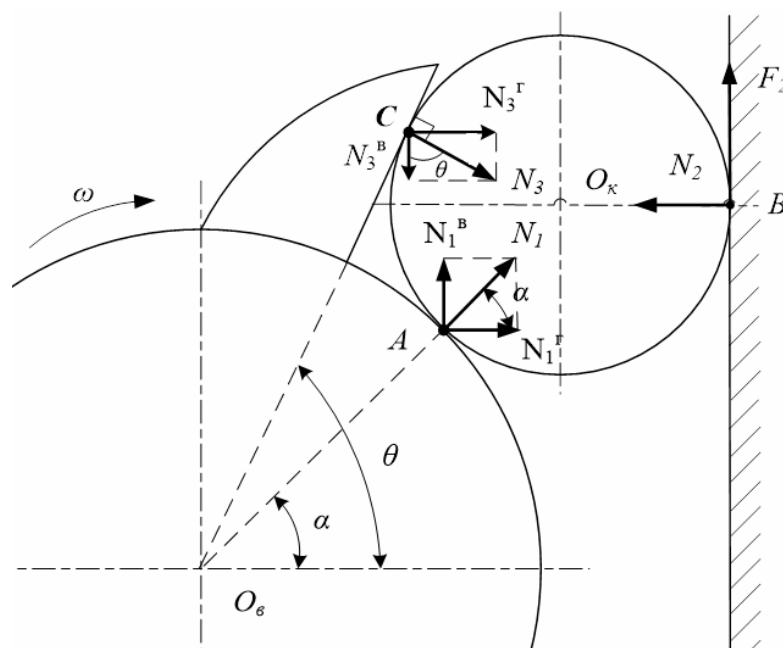


Рис. 1. Схема внешних сил, действующих на кусок дробимого материала

Таким образом, в вертикальной плоскости на кусок действуют силы:

$$N_1^B = N_1 \cdot \sin \alpha; \quad (1)$$

$$N_3^B = N_3 \cdot \cos \theta, \quad (2)$$

где α – угол захвата; θ – угол между направлением действия силы N_3 и ее вертикальной составляющей силой N_3^B , так называемый угол атаки; а также сила трения F_2 .

Аналогично, в горизонтальной плоскости:

$$N_1^r = N_1 \cdot \cos \alpha; \quad (3)$$

$$N_3^r = N_3 \cdot \sin \theta, \quad (4)$$

а также сила N_2 .

Система равновесия сил, действующих на кусок, с использованием уравнений (1) – (4), следующая:

$$N_3 \cdot \sin \theta + N_1 \cdot \cos \alpha - N_2 = 0, \quad (5)$$

$$- N_3 \cdot \cos \theta + N_1 \cdot \sin \alpha + f_2 N_2 = 0. \quad (6)$$

Решение полученной системы (5) и (6) относительно силы N_3 имеет вид:

$$N_1 = N_3 \cdot \frac{(\cos \theta - f_2 \sin \theta)}{(\sin \alpha + f_2 \cos \alpha)}, \quad (7)$$

$$N_2 = N_3 \cdot \frac{(\sin \alpha \cdot \sin \theta) + (\cos \alpha \cdot \cos \theta)}{(\sin \alpha + f_2 \cdot \cos \alpha)}. \quad (8)$$

В вертикальной плоскости (рис. 2) на кусок действуют три параллельные силы: две из них, сила трения F_2 и вертикальная составляющая нормальной силы N_1^B , направлены в одну сторону, а вертикальная составляющая силы давления N_3^B направлена в противоположную сторону.

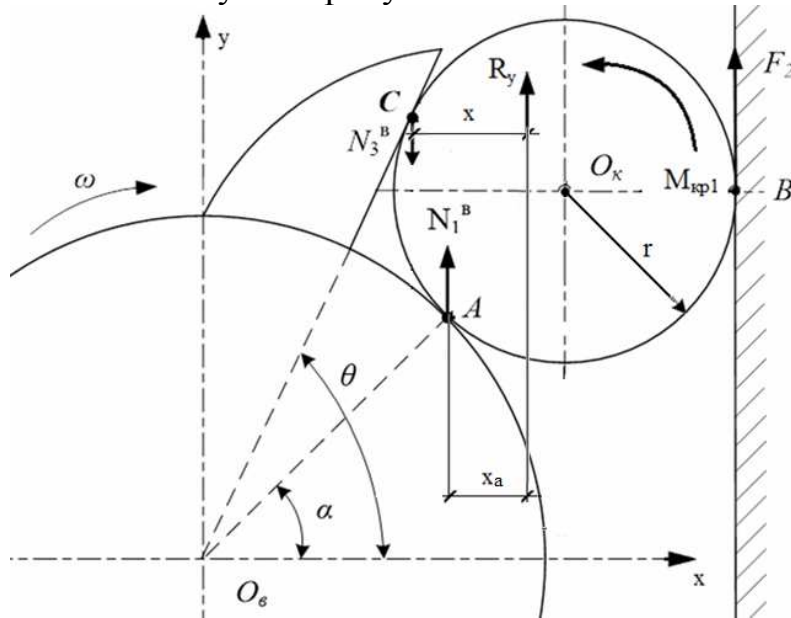


Рис. 2. Схема сил, действующих на кусок дробимого материала в вертикальной плоскости

Так как рассматривается система, находящаяся в равновесии, то равнодействующая сил F_2 и N_1^B равна по модулю N_3^B , а линия ее действия находится на расстоянии от линии действия силы N_1^B , равном:

$$x_a = \frac{F_2}{N_3^B} \cdot (r + r \cdot \cos \alpha) = \frac{F_2}{N_3^B} r \cdot (1 + \cos \alpha). \quad (9)$$

Следовательно, на дробимый кусок в вертикальной плоскости действуют две силы, равные между собой по величине, и направленные в противоположные стороны по параллельным линиям, то есть они создают крутящий момент, под действием которого в куске возникают касательные напряжения, при этом плечо момента равно:

$$x = r \cdot \left[(\sin \theta - \cos \alpha) + \frac{F_2}{N_3^B} \cdot (1 + \cos \alpha) \right]. \quad (10)$$

В горизонтальной плоскости (рис.3) также действуют три параллельные силы: две из них, горизонтальные составляющие нормальной силы N_1^F и силы давления N_3^F , а сила N_2 направлена в противоположную сторону.

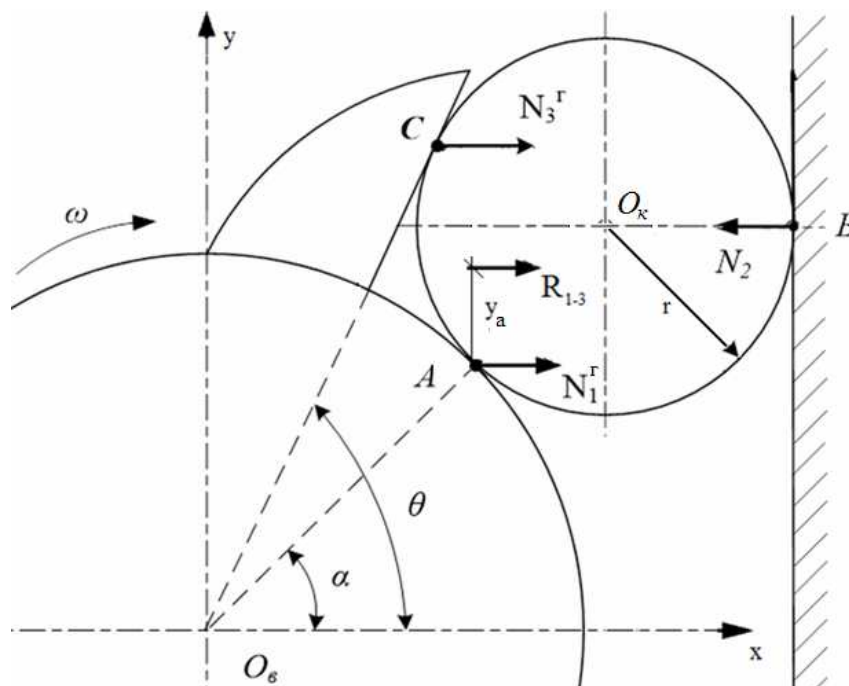


Рис. 3. Схема сил, действующих на кусок дробимого материала в горизонтальной плоскости

Равнодействующая сил $N_1^Γ$ и $N_3^Γ$ равна по модулю N_2 , а линия ее действия находится на расстоянии от линии действия силы $N_1^Γ$, равном:

$$y_a = \frac{N_3^Γ \cdot r \cdot (\cos \theta + \sin \alpha)}{N_2} = r \cdot \frac{\sin \theta \cdot \cos \theta + \sin \theta \cdot \sin \alpha}{\cos \theta \cdot \cos \alpha + \sin \theta \cdot \sin \alpha} \cdot (\sin \alpha + f_2 \cdot \cos \alpha). \quad (11)$$

Полученное выражение (11) не имеет аналитического решения, однако численное решение, с учетом того, что расстояние между линией действия силы $N_1^Γ$ и горизонтальной осью, проходящей через центр тяжести куска, равно $r \cdot \sin \alpha$, показывает практическое совпадение линии действия равнодействующей сил $N_1^Γ$ и $N_3^Γ$ с горизонтальной осью, следовательно, в горизонтальной плоскости на дробимый кусок действует сжимающая сила, равная по модулю силе N_2 .

Как следует из выше приведённых рассуждений, в одновалковой дробилке с упором на валке, на кусок дробимого материала действуют как сжимающие силы, вызывающие в куске действие нормальных сжимающих напряжений, так и крутящий момент, вызывающих действие касательных напряжений, то есть в дробимом куске создаётся сложное напряжённое состояние с одновременным действием нормальных и касательных напряжений, под действием которых происходит разрушение дробимого куска. Этим достигается уменьшение расхода энергии на дробление при прочих равных условиях, что уменьшает энергоёмкость работы одновалковой дробилки с принудительной подачей материала в зону дробления.

Список литературы

1. Sajjan Kumar Soni, Satish Chandra Shukla, Gautam Kundu. Modeling of particle breakage in a smooth double roll crusher. International Journal of Mineral Processing, Vol. 90, Iss. 1–4, 16 February 2009, P. 97-100.

2. Патент РФ 2524536. Способ дробления в валковой дробилке / Никитин А.Г., Люленков В.И., Лактионов С.А., Кузнецов М.А., Матехина А.Н. // Открытия. Изобретения. Бюл. № 21, 2014.
3. J.L. Meriam, L.G. Kraige. Engineering Mechanicsю – 111 River Street, Hoboken, NJ, USA: JohnWiley & Sons, Inc., 2012. – 550 p.

Сведения об авторах:

Никитин Александр Григорьевич – д.т.н., профессор, профессор кафедры механики и машиностроения, СибГИУ, г. Новокузнецк;

Глазачев Вячеслав Сергеевич – магистрант СибГИУ, г. Новокузнецк;

**THE TECHNOLOGY OF CRUSHING FRAGILE MATERIAL IN SINGLE-SHAFT
CRUSHER WITH EMPHASIS ON THE ROLL**

Nikitin A. G., Glazachev V.S.

Keywords: one-roll crusher, extent of crushing, force, power consumption.

Abstract. The one-roll crusher with forced giving of the split-up piece to the demolition area at the expense of the emphasis located on a roll is described. Forces operating on the split-up piece from a roll and a motionless cheek as the size of force operating on a piece from an emphasis are determined.

References

1. Sajjan Kumar Soni, Satish Chandra Shukla, Gautam Kundu. Modeling of particle breakage in a smooth double roll crusher. International Journal of Mineral Processing, Vol. 90, Iss. 1–4, 16 February 2009, P. 97-100.
2. Nikitin A G, Lyulenkov V.I., Laktionov S.A., Kuznetsov M.A., Matekhina A.N. 2014 Crushing method in roller crusher patent of the Russian Federation No. 2524536 Bul. 21
3. J.L. Meriam, L.G. Kraige. Engineering Mechanicsю – 111 River Street, Hoboken, NJ, USA: JohnWiley & Sons, Inc., 2012. – 550 p.