

ВЛИЯНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ МЕЖДУ ДРОБИМЫМ МАТЕРИАЛОМ И ЩЕКОЙ В ОДНОВАЛКОВОЙ ДРОБИЛКЕ НА ЭНЕГРОЕМКОСТЬ ПРОЦЕССА ДРОБЛЕНИЯ

Никитин А.Г.¹, д.т.н., доцент, директор института машиностроения и транспорта,
заведующий кафедрой механики и машиностроения (nikitin1601@yandex.ru)

Епифанцев Ю.А.¹, к.т.н., доцент кафедры механики и машиностроения (epifantsev42@mail.ru)

Медведева К.С.¹, аспирант кафедры механики и машиностроения (ksuwinchester@mail.ru)

Герике П.Б.², к.т.н., старший научный сотрудник лаборатории
средств механизации (am_besten@mail.ru)

¹ Сибирский государственный индустриальный университет
(654007, Россия, Кемеровская обл., Новокузнецк, ул. Кирова, 42)

² Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН
(650000, Россия, Кемерово, пр. Советский, 18)

Аннотация. Дано описание разработанной в Сибирском государственном индустриальном университете одновалковой дробилки 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 в функции величины силы, действующей на кусок со стороны упора. На основании полученных результатов определено, что при постоянстве силы, приложенной со стороны упора, с уменьшением коэффициента трения между щекой и дробимым материалом происходит увеличение сил, действующих на дробимый кусок со стороны валка и щеки. Этим достигается уменьшение расхода энергии на дробление при прочих равных условиях, что уменьшает энергоёмкость работы одновалковой дробилки с принудительной подачей материала в зону дробления.

Ключевые слова: одновалковая дробилка, степень дробления, сила, коэффициент трения, энергоёмкость.

DOI: 10.17073/0368-0797-2017-10-846-848

Многие промышленные производства (металлургические, горные и другие) перерабатывают и используют в больших количествах сыпучие материалы различных классов крупности. В большинстве случаев нужная крупность достигается путем измельчения более крупных кусков на дробилках, в том числе и одновалковых.

Показателями процесса дробления являются степень и эффективность дробления [1]. Степень дробления оценивается отношением размеров дробимого и получаемого кусков, зависит от величины зазора между валком и неподвижной щекой. Эффективность дробления определяется массой дробленого материала при расходовании 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 коэффициентом трения между валком и куском, который для большинства руд и пород находится в пределах 0,4 – 0,5 [2]. Одним из способов увеличения угла захвата является увеличение диаметра валка, однако это приводит к резкому увеличению габаритов дробилки [3].

В Сибирском государственном университете разработана конструкция энергоэффективной одновалковой дробилки [4], в которой принудительно подается дробимый кусок в зону дробления за счет упора, расположенного на валке, что увеличивает степень дробления [5]. Так как форма куска дробимого материала не влияет на величину и направление сил, то для наглядности сечение куска принято в виде круга. При соприкосновении упора с куском дробимого материала в точке *C* возникает сила N_3 , давящая на него и действующая по направлению движения валка, перпендикулярно рабочей поверхности упора (см. рисунок). Так как система валок – упор – кусок движется совместно, то в точках *A* и *C* не возникает сил трения [6].

Под действием горизонтальной составляющей силы N_3 и горизонтальной составляющей силы нормального давления 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 дробимого материала в зазор между валком и щекой. Следовательно, в процессе дробления на кусок действуют силы N_1 , N_2 , N_3 , а также сила трения $F_2 = f_2 N_2$, где f_2 – коэффициент трения между куском и щекой.

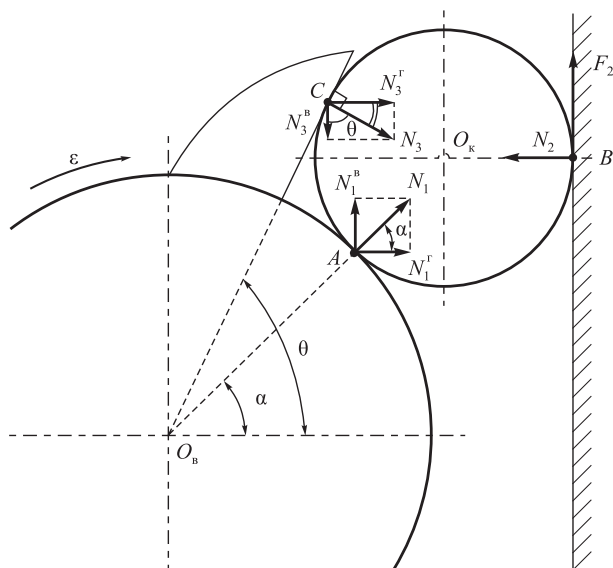


Схема сил, действующих на кусок дробимого материала в вертикальной и горизонтальной плоскостях

Scheme of the forces acting on a piece of crushing material in the vertical and horizontal planes

В этом случае в вертикальной плоскости действуют силы $N_1^B = N_1 \sin \alpha$, $N_3^B = N_1 \cos \theta$ и сила трения F_2 , где α – угол захвата; θ – угол между направлением действия силы N_3 и ее вертикальной составляющей N_3^B (так называемый угол атаки).

Аналогично, в горизонтальной плоскости действуют силы $N_1^r = N_1 \cos \alpha$, $N_3^r = N_1 \sin \theta$ и сила N_2 .

Система равновесия сил, действующих на кусок, следующая [7]:

$$\begin{aligned} N_3 \sin \theta + N_1 \cos \alpha - N_2 &= 0; \\ -N_3 \cos \theta + N_1 \cos \alpha + f_2 N_2 &= 0. \end{aligned}$$

Решение полученной системы уравнений относительно силы N_3 имеет вид

$$\begin{aligned} N_1 &= N_3 \frac{(\cos \theta - f_2 \sin \theta)}{(\sin \alpha + f_2 \cos \alpha)}; \\ N_2 &= N_3 \frac{\cos \theta (\sin \alpha + f_2 \cos \alpha) - \sin \alpha (\cos \theta - f_2 \sin \theta)}{f_2 (\sin \alpha + f_2 \cos \alpha)}. \end{aligned}$$

Из анализа полученных уравнений следует, что изменение коэффициента трения f_2 влияет на величины сил N_1 и N_2 обратно пропорционально, то есть при уменьшении коэффициента трения между куском дробимого материала и неподвижной щекой они увеличиваются и наоборот. Таким образом, при постоянстве силы N_3 , приложенной со стороны упора, с уменьшением коэффициента трения между щекой и дробимым материалом происходит увеличение сил N_1 и N_2 , действующих на дробимый кусок со стороны вала и щеки. Этим достигается уменьшение расхода энергии на дробление при прочих равных условиях [8], и, соответственно, снижение энергоемкости работы одновалковой дробилки с принудительной подачей материала в зону дробления.

Выводы. Выявлено влияние коэффициента трения между дробимым материалом и щекой в одновалковой дробилке на величину сил, действующих на дробимый кусок. Определено, что уменьшение коэффициента трения снижает энергоемкость работы одновалковой дробилки с принудительной подачей материала в зону дробления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Целиков А.И. Машины и агрегаты металлургических заводов. Т. 1. – М.: Машиностроение, 1987. – 440 с.
2. Jack de la Vergne. Hard Rock Miner's Handbook. – Edmonton, Alberta, Canada: Stantec Consulting, 2008. – 330 p.
3. Клушанцев Б.В., Косарев А.И., Муйземнек Ю.А. Дробилки. – М.: Машиностроение, 1990. – 320 с.
4. Пат. 2524536 РФ. Способ дробления в валковой дробилке / А.Г. Никитин, В.И. Люленков, С.А. Лактионов, М.А. Кузнецов, А.Н. Матехина. Заявл. 11.03.2013; опубл. 27.07.2014. Бюл. № 21.
5. Никитин А.Г., Медведева К.С., Титов В.А. Определение степени дробления материала в одновалковой дробилке с упором на щеке. – В кн.: Металлургия: технологии, инновации, качество. Труды XIX Международной научно-технической конференции. Ч. 1. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2015. С. 371, 372.
6. Meriam J.L., Kraige L.G. Engineering Mechanics. – Hoboken, 111 River Street, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2012. – 550 p.
7. Pytel A., Kiusalaas J. Engineering Mechanics. Statics. – 200 First Stamford Place, Suite 400, Stamford, CT, USA: Cengage Learning, 2010. – 601 p.
8. Goulet J. Resistance des materiaux. – Bordas Paris, 1976. – 192 p.

Поступила 27 января 2017 г.

INFLUENCE OF FRICTION COEFFICIENT BETWEEN THE CRUSHED MATERIAL AND THE CHEEK IN ONE-ROLL CRUSHER ON CRUSHING PROCESS ENERGY CAPACITY

A.G. Nikitin¹, Yu.A. Epifantsev¹, K.S. Medvedeva¹, P.B. Gerike²

¹ Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia
² Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of SB RAS, Kemerovo, Russia

Abstract. The description of a single-roll crusher developed at Siberian State Industrial University with a forced feeding of the crushing material into the fracture zone due to the abutment located on the roll is provided. The forces acting on the crushed material from the side of the roll and the fixed cheek are defined in function of the force magnitude acting on the material from the side of the stop. On the basis of

the obtained results, it is determined that when the force applied on the side of the abutment is constant, the friction coefficient between the cheek and the material to be crushed decreases, the forces acting on the fractional piece on the side of the roll and the cheek increase. It results in the reduction of energy consumption required for crushing of all other things being equal, which lowers the energy capacity of the single-roll crusher operation with forced feeding of material into the crushing zone.

Keywords: one-roll crusher, degree of crushing, force, friction coefficient, energy consumption.

DOI: 10.17073/0368-0797-2017-10-846-848

REFERENCES

1. Tselikov A.I. *Mashiny i agregaty metallurgicheskikh zavodov. T. 1* [Machines and units of metallurgical plants. Vol. 1]. Moscow: Mashinostroenie, 1987, 440 p. (In Russ.).
2. Jack de la Vergne. *Hard rock miner's handbook*. Edmonton, Alberta, Canada: Stantec Consulting, 2008, 330 p.
3. Klushantsev B.V., Kosarev A.I., Muizemnek Yu.A. *Drobilki* [Crushers]. Moscow: Mashinostroenie, 1990, 320 p. (In Russ.).
4. Nikitin A.G., Lyulenkov V.I., Laktionov S.A., Kuznetsov M.A., Matekhina A.N. *Sposob drobleniya v valkovoii drobilke* [Crushing method in a roller crusher]. Patent no. 2524536 RF. *Byulleten' izobretenii*. 2014, no. 21. (In Russ.).
5. Nikitin A.G., Medvedeva K.S., Titov V.A. Determination of the degree of material crushing in a single-roll crusher with a load on the cheek. In: *Metallurgiya: tekhnologii, innovatsii, kachestvo: trudy KhIKh Mezhdunarodnoi nauchno-tehnicheskoi konferentsii: Ch. 1* [Metallurgy: technologies, innovations, quality: Proceedings of the 19 th Intern. Sci. and Tech. Conf.: Part 1]. Novokuznetsk: izd. SibGIU, 2015, pp. 371–372. (In Russ.).
6. Meriam J.L., Kraige L.G. *Engineering Mechanics*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2012, 550 p.
7. Pytel A., Kiusalaas J. *Engineering mechanics. Statics*. 200 First Stamford Place, Suite 400, Stamford, CT, USA: Cengage Learning, 2010, 601 p.
8. Goulet J. *Resistance des materiaux*. Bordas Paris, 1976, 192 p.

Information about the authors:

A.G. Nikitin, Dr. Sci. (Eng.), Assist. Professor, Director of Institute of Mechanical Engineering and Transport, Head of the Chair of Mechanics and Machine Engineering (nikitin1601@yandex.ru)
Yu.A. Epifantsev, Cand. Sci. (Eng.), Assist. Professor of the Chair of Mechanics and Machine Engineering (epifantsev42@mail.ru)
K.S. Medvedeva, Postgraduate of the Chair of Mechanics and Machine Engineering (ksuwinchester@mail.ru)
P.B. Gerike, Cand. Sci. (Eng.), Senior Researcher of the Laboratory of Means of Mechanization (am_besten@mail.ru)

Received January 27, 2017