



Краткое сообщение

УДК 621.926.323

DOI 10.17073/0368-0797-2022-2-145-147



РАСЧЕТ МОЩНОСТИ ДРОБИЛЬНОЙ МАШИНЫ С УПОРАМИ НА ВАЛКЕ

А. Г. Никитин¹, М. Е. Шабунув¹, П. Б. Герике²

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

² Институт угля СО РАН (Россия, 650000, Кемерово, Ленинградский пр., 10)

Аннотация. Все предприятия металлургической промышленности производят и используют измельченные материалы, получаемые дроблением. В мировом энергетическом балансе доля производимой энергии, расходуемой на дробление, составляет более 5 %. В настоящей работе рассмотрена схема дробильной машины с упорами на валке, конструкция которой формирует в измельчаемом куске сложное напряженное состояние при одновременном действии нормальных и касательных напряжений. Показано, что при генерации сложного напряженного состояния в дробимом куске хрупкого материала расход энергии меньше на 30–40 %, чем при действии в куске линейного нормального напряжения. Разработана методика определения мощности электродвигателя привода энергосберегающей дробильной машины с упором на валке на этапе проектирования.

Ключевые слова: дробилка, мощность, кусок, напряженное состояние, эквивалентное напряжение, валок, упор

Для цитирования: Никитин А.Г., Шабунув М.Е., Герике П.Б. Расчет мощности дробильной машины с упорами на валке // Известия вузов. Черная металлургия. 2022. Т. 65. № 2. С. 145–147. <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2022-2-145-147>

Short report

CALCULATION OF CAPACITY OF CRUSHER WITH STOPS ON A ROLL

A. G. Nikitin¹, M. E. Shabunov¹, P. B. Gerike²

¹ Siberian State Industrial University (42 Kirova Str., Novokuznetsk, Kemerovo Region – Kuzbass 654007, Russian Federation)

² Institute Coal of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (10 Leningradskii Ave., Kemerovo 650000, Russian Federation)

Abstract. All industrial metallurgical enterprises produce and use milled materials obtained by crushing. In the global energy balance, the share of produced energy consumed for crushing is more than 5 %. This paper considers a scheme of the crusher with stops on a roll, the structure of which forms a complex stress state in a crushed piece under one-time action of normal and tangential stresses. It is shown that when generating a complex stress state in a fragmented piece of brittle material, the energy consumption is less by 30–40 % than when acting in a piece of linear normal stress. The authors developed a method for determining capacity of the drive electric motor of an energy-saving crusher with stop on a roll at design stage.

Keywords: crusher, power, piece, stress state, equivalent stress, roll, stop

For citation: Nikitin A.G., Shabunov M.E., Gerike P.B. Calculation of capacity of crusher with stops on a roll. *Izvestiya. Ferrous Metallurgy*. 2022, vol. 65, no. 2, pp. 145–147. (In Russ.). <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2022-2-145-147>

Многие промышленные предприятия металлургической индустрии в той или иной степени производят и используют измельченные материалы, получаемые дроблением. Более 5 % производимой энергии расходуется на дробление [1–5]. В настоящее время чаще всего разрушение хрупких материалов осуществляется в дробильных машинах, работающих на сжатие: щековых, конусных и двухвалковых. В дробимых кусках

генерируются нормальные напряжения. Мощность привода таких дробилок рассчитывается по предельным нормальным напряжениям [6]. Для уменьшения энергоемкости дробильных машин необходимо создавать такие конструкции дробилок, чтобы в разрушаемом куске генерировались не только нормальные, но и касательные напряжения. В этом случае в дробимом куске возникает сложное напряженное состояние. Рас-

чет мощности привода машины следует проводить по эквивалентному предельному состоянию, величина которого меньше, чем при линейном напряженном состоянии [7]. Очевидно, что мощность, затрачиваемая на дробление при создании в куске сложного напряженного состояния, меньше, чем при действии только напряжений сжатия.

Разработана конструкция одновалковой дробилки с принудительной подачей разрушаемого материала в зону дробления [8]. Захват дробимого куска происходит за счет упора, расположенного на валке (см. рисунок), при этом соблюдается условие формирования в измельчаемом куске сложного напряженного состояния, а расход энергии уменьшается на 39 – 40 % [9].

Полная мощность W привода дробильной машины определяется как сумма мощности W_1 , затрачиваемой на диспергирование исходных загружаемых в дробилку кусков, и мощностей на преодоление сил трения, возникающих в процессе работы дробилки между измельчаемым материалом и неподвижной щекой (W_2) и в подшипниках, через которые передается вращение от двигателя к валку (W_3) [10]:

$$W = \frac{W_1 + W_2 + W_3}{\eta}, \quad (1)$$

где η – КПД передачи.

Мощность, затрачиваемая на диспергирование куска, расходуется на преодоление момента силы N_2 , действующей на кусок (см. рисунок):

$$M_1 = N_2 l, \quad (2)$$

где $N_2 = \sigma_{\text{экв}} A$; $\sigma_{\text{экв}}$ – эквивалентное напряжение, действующее при совместном действии нормальных и касательных напряжений; A – площадь поперечного сечения дробимого куска; $l = (R + r) \sin \alpha$ – плечо силы N_2 , равное расстоянию от линии ее действия до центра вращения валка; R – радиус валка.

Следовательно,

$$W_1 = M_1 n K L_k = N_2 l n K L_k, \quad (3)$$

где K – количество кусков, приходящихся на единственный диаметр валка; n – число оборотов валка; L_k – количество кусков, приходящихся на длину валка.

Мощность, затрачиваемая на преодоление сил трения, которые возникают в процессе работы дробилки между измельчаемым материалом и неподвижной щекой, определяется по формуле

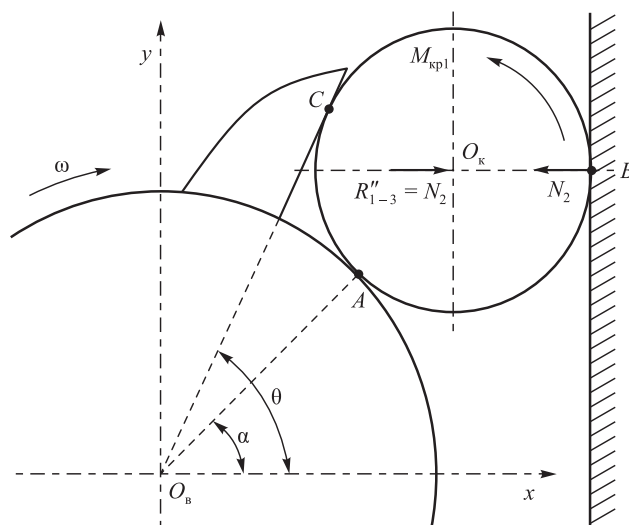


Схема дробильной машины с упорами на валке

Scheme of the crusher with stops on a roll

$$W_2 = 2\pi n N_2 f_2 (R + a) K L_k, \quad (4)$$

где f_2 – коэффициент трения между щекой и дробимым материалом; a – зазор между щекой и валком.

Мощность, затрачиваемая на преодоление сил трения, возникающих в подшипниках, через которые передается вращение от двигателя к валку, определяется

$$W_3 = \pi n d_b N_2 f_3, \quad (5)$$

где f_3 – коэффициент трения в подшипнике; d_b – диаметр шейки валка.

Решение уравнений (3) – (5) относительно соотношения (1) дает значение необходимой для совершения требуемой работы мощности привода:

$$W_{\text{прив}} = \frac{N_2 [l K L_k + 2\pi f_2 (R + a) K L_k + \pi d_b f_3]}{\eta}. \quad (6)$$

Используя полученное соотношение (6), можно определить мощность электродвигателя привода энергосберегающей дробильной машины с упором на валке на этапе проектирования.

Выводы

Разработана методика определения мощности электродвигателя привода энергосберегающей дробильной машины с упором на валке. Предложено использовать разработанную методику на этапе проектирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

REFERENCES

1. De la Vergne J.N. *Hard Rock Miner's Handbook*. Edmonton, Alberta, Canada: Stantec Consulting Ltd, 2008. 330 p.
2. Legendre D. *Numerical and Experimental Optimization Analysis of a Jaw Crusher and a Bubble Column Reactor*. Akademi University: Turku, Finland: Åbo Akademi University, 2019. 78 p.
3. Машины и агрегаты металлургических заводов. Т. 1. Машины и агрегаты доменных цехов / А.И. Целиков, П.И. Полухин, В.М. Гребеник и др. М.: Металлургия, 1987. 440 с.
4. Egbe E.A.P., Olugboji O.A. Design, fabrication and testing of a double roll crusher // *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)*. 2016. Vol. 35. No. 11. P. 511–515. <https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V35P303>
5. Evertsson M. Output prediction of cone crushers // *Minerals Engineering*. 1998. Vol. 11. No. 3. P. 215–231. [https://doi.org/10.1016/S0892-6875\(98\)00001-6](https://doi.org/10.1016/S0892-6875(98)00001-6)
6. Масленников В.А. Дробилки, разрушающие материал сжатием // *Известия вузов. Горный журнал*. 1996. № 10–11. С. 124–138.
7. Meriam J.L., Kraige L.G. *Engineering Mechanics*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley and Sons, Inc., 2012. 550 p.
8. 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. Бюлл. № 21.
9. Никитин А.Г., Епифанцев Ю.А., Медведева К.С., Герики П.Б. Силовой анализ процесса разрушения хрупких материалов в одновалковой дробильной машине с упором на валке // *Известия вузов. Черная металлургия*. 2019. Т. 62. № 4. С. 303–307. <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2019-4-303-307>
10. Pytel A., Kiusalaas J. *Engineering Mechanics: Statics*. Stamford, CT, USA: Cengage Learning, 2010. 601 p.
1. De la Vergne J.N. *Hard Rock Miner's Handbook*. Edmonton, Alberta, Canada: Stantec Consulting Ltd, 2008, 330 p.
2. Legendre D. *Numerical and Experimental Optimization Analysis of a Jaw Crusher and a Bubble Column Reactor*. Akademi University: Turku, Finland: Åbo Akademi University, 2019, 78 p.
3. Tselikov A.I., Polukhin P.I., Grebenik V.M., etc. *Machines and Aggregates of Metallurgical Plants. Vol. 1. Machines and Aggregates of Blast Furnace Shops*. Moscow: Metallurgiya, 1987, 440 p. (In Russ.).
4. Egbe E.A.P., Olugboji O.A. Design, fabrication and testing of a double roll crusher. *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)*. 2016, vol. 35, no. 11, pp. 511–515. <https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V35P303>
5. Evertsson M. Output prediction of cone crushers. *Minerals Engineering*. 1998, vol. 11, no. 3, pp. 215–231. [https://doi.org/10.1016/S0892-6875\(98\)00001-6](https://doi.org/10.1016/S0892-6875(98)00001-6)
6. Maslennikov V.A. Compression crushers. *Izvestiya vuzov. Gornyy zhurnal*. 1996, no. 10–11, pp. 124–138. (In Russ.).
7. Meriam J.L., Kraige L.G. *Engineering Mechanics*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley and Sons, Inc., 2012, 550 p.
8. Nikitin A.G., Lyulenkov V.I., Laktionov S.A., Kuznetsov M.A., Matekhina A.N. *A method for crushing in a roller crusher*. Patent RF 2524536. *Bulleten' izobretenii*. 2014, no. 21. (In Russ.).
9. Nikitin A.G., Epifantsev Yu.A., Medvedeva K.S., Gerike P.B. Power analysis of the process of brittle materials destruction in universal crushing machine with roll locker. *Izvestiya. Ferrous Metallurgy*. 2019, vol. 62, no. 4, pp. 303–307. (In Russ.). <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2019-4-303-307>
10. Pytel A., Kiusalaas J. *Engineering Mechanics: Statics*. Stamford, CT, USA: Cengage Learning, 2010, 601 p.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Александр Григорьевич Никитин, д.т.н., профессор кафедры механики и машиностроения, Сибирский государственный индустриальный университет
ORCID: 0000-0001-9198-6386
E-mail: nikitin1601@yandex.ru

Максим Евгеньевич Шабун, аспирант кафедры механики и машиностроения, Сибирский государственный индустриальный университет
E-mail: shabunovme1994@mail.ru

Павел Борисович Герики, к.т.н., доцент, старший научный сотрудник лаборатории угольного машиноведения, Институт угля СО РАН
ORCID: 0000-0003-2085-6108
E-mail: am_besten@mail.ru

Aleksandr G. Nikitin, Dr. Sci. (Eng.), Prof. of the Chair of Mechanics and Machine Engineering, Siberian State Industrial University
ORCID: 0000-0001-9198-6386
E-mail: nikitin1601@yandex.ru

Maksim E. Shabunov, Postgraduate of the Chair of Mechanics and Machine Engineering, Siberian State Industrial University
E-mail: shabunovme1994@mail.ru

Pavel B. Gerike, Cand. Sci. (Eng.), Assist. Prof., Senior Researcher of Laboratory of Coal Engineering, Institute of Coal, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
ORCID: 0000-0003-2085-6108
E-mail: am_besten@mail.ru

Поступила в редакцию 08.04.2021
После доработки 09.09.2021
Принята к публикации 28.09.2021

Received 08.04.2021
Revised 09.09.2021
Accepted 28.09.2021