

УДК 621.926.22

ОСОБЕННОСТИ ДРОБЯЩИХ ПЛИТ ЩЕКОВЫХ ДРОБИЛОК
С ПЕРЕМЕННЫМИ РИФЛЕНИЯМИ

Д.М. Айбашев, А.Д. Кольга, Д.М. Эшматова, Ф.А. Джумабаев

Дробящие плиты щековых дробилок с переменными рифлениями обладают большей удерживающей силой куска породы во время сжатия-разрушения благодаря расположению выступов рифлений под углом к продольной оси плиты. Получена зависимость удерживающей силы куска породы в камере дробления от угла наклона выступов.

Ключевые слова: дробящие плиты; сжатие-разрушение; борт заглупления; контактное разрушение; слой мелких частиц.

FEATURES OF CRUSHING PLATES OF JAW CRUSHERS
WITH VARIABLE CORRUGATIONS

D.M. Aibashev, A.D. Kolga, D.M. Achmatova, F.A. Dzhumabaev

Crushing plates of jaw crushers with variable corrugations possess a greater holding force of a piece of rock during compression-fracture due to the arrangement of the corrugation protrusions at an angle to the longitudinal axis of the plate. The dependence of the retaining force of a piece of rock in the grinding chamber on the angle of inclination of the protrusions is obtained.

Keywords: crushing plates, compression-fracture, board of penetration, contact destruction, a layer of small particles.

При эксплуатации щековых дробилок для раскалывания (разрушения) куска горной породы, как правило, требуется неоднократное качание (холостые качания) подвижной щеки. Кусок породы раскалывается лишь после определенного количества обжатий (качаний) подвижной щеки. Это объясняется тем, что при первом обжатии загруженного в дробилку породного куска, еще не имеется достаточной величины контактной площади между куском породы и поверхностью дробящей плиты, поэтому возникающие в породе напряжения недостаточны для ее раскалывания. Однако возникающие напряжения на площадках контакта достаточны для того, чтобы произвести откалывание небольших частиц куска породы, нарушая силу трения покоя о дробящие плиты. Для испытанной породы такое откалывание частиц в месте контакта происходит при достижении подвижной щекой половины своего рабочего хода. С переходом сил трения покоя к силам трения скольжения в несколько раз уменьшается удерживающая кусок породы сила, и при дальнейшем движении подвижной щеки кусок породы уже не удерживается и начинает

проскальзывать вверх. При следующем качании щеки, отколовшиеся частицы породы проваливаются вниз, а порода снова зажимается дробящими плитами дробилки. Такой процесс будет повторяться до тех пор, пока величина увеличивающейся площади контакта между дробящими плитами и куском породы не достигнет такой величины, что возникающие усилия вызовут не местные откалывания, а раскалывание самого куска. При этом истирание породы при движении ее вверх в камере дробления сопровождается непроизводительным расходом энергии и образованием породной мелочи класса крупности $-5+0$ мм. Образование мелочи такого класса крупности влечет за собой повышение энергоемкости процесса дробления [1–3].

Одним из вариантов обеспечения наибольшей эффективности процесса дробления является уменьшение угла захвата α между дробящими плитами (рисунок 1). На практике угол захвата камеры дробления щековых дробилок находится в узком диапазоне $18^{\circ}22'$. Проведенные В.А. Бауманом эксперименты влияния угла захвата на производительность дробилки показали, что при некотором

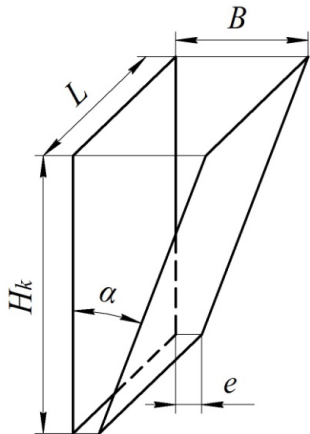


Рисунок 1 – Основные параметры камеры дробления щековой дробилки

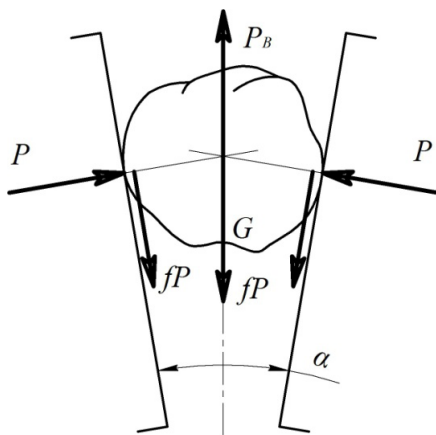


Рисунок 2 – Определение угла захвата камеры дробления щековой дробилки: G – вес куска породы; P – нормальные силы; P – выталкивающая сила; fP – силы трения; α – угол захвата

уменьшении угла захвата с $21^{\circ}40'$ до $17^{\circ}30'$ производительность увеличивается на 20–40 % [4]. При этом уменьшается число качаний щеки, потребное для дробления породы, и тем самым увеличивается производительность дробилки, уменьшается количество породной мелочи в продукте дробления и удельный расход энергии на дробление. Однако уменьшение угла захвата α конкретного типа дробилки (ЩДП15-21, в диапазоне $\alpha = 21^{\circ} - 17^{\circ}$) на 1 градус при сохранении ширины B приемного отверстия приводит к увеличению высоты H_k камеры дробления в среднем на 6,54 % (увеличиваются габаритные размеры дробильной машины и металлоемкость конструкции). Сохранение высоты H камеры дробления приводит к уменьшению ширины B приемного отверстия в среднем на 5,25 % (уменьшаются размеры исходной породы).

Угол захвата можно определить, рассматривая силы (рисунок 2), действующие в камере дробления на кусок дробимого материала.

Он должен обеспечивать разрушение материала при сжатии, т. е. надежный захват куска, а не выталкивание его вверх [5].

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \leq \operatorname{tg} \phi \text{ или } \alpha \leq 2\phi, \quad (1)$$

где ϕ – угол трения породы о сталь.

При расчете угла захвата дробящие плиты рассматриваются в виде двух плоскостей, расположенных под углом α между собой. На практике плиты имеют рифленую поверхность, на которой имеются параллельные выступы по длине плит (рисунок 3).

В начале сжатия выступы дробящих плит внедряются в кусок породы на глубину h , при этом образуются углубления с контактной площадью в виде части поверхности цилиндра с эллиптической границей с размерами полуосей a, b (рисунок 4).



Рисунок 3 – Дробящие плиты щековых дробилок

Кусок удерживается за счет собственного веса G и сил трения покоя fP (где f – коэффициент трения покоя породы о дробящие плиты; P – нормальная сила сжатия).

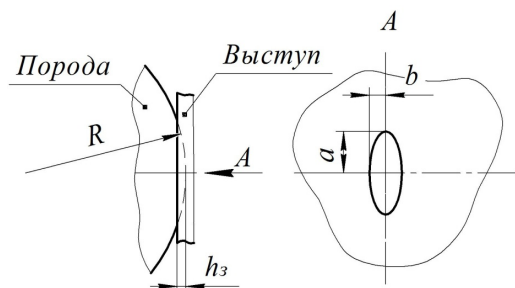


Рисунок 4 – Внедрение выступа в породу

При этом в области контакта образуется слой мелких частиц (рисунок 5).

С образованием слоя мелких частиц силы трения переходят к силам трения скольжения, в несколько раз снижая удерживающую куски породы силу. Поэтому при дальнейшем движении подвижной щеки кусок уже не может удерживаться сила-

ми трения (не выполняется условие (1)) и начинает проскальзывать вверх по образованным вертикальным углублениям.

Рассмотрим контактное взаимодействие дробящих плит, выступы которых наклонены к продольной оси плиты [6] (рисунок 6).

При работе дробящих плит с переменными рифлениями в начале сжатия выступы дробящих плит также внедряются в породу на глубину h , с образованием контактной площади в виде части поверхности цилиндра с эллиптической границей с размерами полуосей a, b (рисунок 7). Но в отличие от плит с параллельными, вертикально расположенными выступами, у плит с переменными углублениями углубления будут располагаться под углом к продольной оси плиты.

При этом выталкивающей силой противодействует борт заглабления, образованный внедрением выступа в породу. Теперь проскальзывание куска породы вверх возможно будет только при разрушении (скальвании) данного борта.

Усилие скальвания породы $F_{СК}$ определим, рассмотрев схему на рисунке 7:

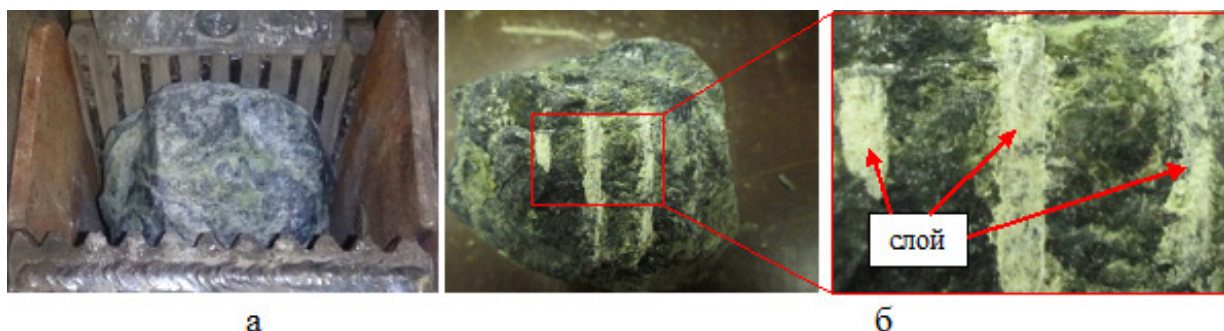


Рисунок 5 – Контактное взаимодействие куски породы с выступами плит:
а – кусок породы в камере дробления; б – образование слоя мелких частиц в области контакта



Рисунок 6 – Дробящие плиты с переменными рифлениями а – подвижная; б – неподвижная

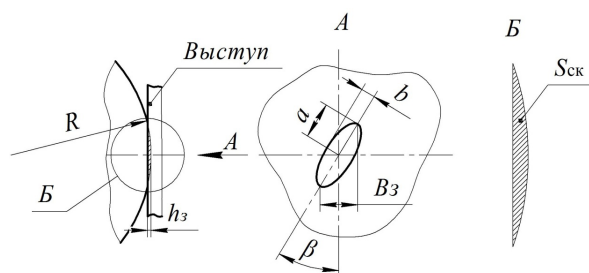


Рисунок 7 – Внедрение выступа в породу

$$F_{СК} = S_{СК} \cdot \sigma_{СК}, \quad (2)$$

где $S_{СК}$ – площадь скалывания, м²; $\sigma_{СК}$ – предел прочности породы на скалывание, МПа.

Размер $S_{СК}$ согласно расчетной схеме, приведенной на рисунке 7, рассчитывается как площадь сегмента круга, образованная проекцией заглибления выступа в породу на горизонтальную плоскость, м²:

$$S_{СК} = \left(R^2 \arccos\left(\frac{R-h_3}{R}\right) - (R-h_3)\sqrt{2Rh_3-h_3^2} \right) \cdot \sin \beta, \quad (3)$$

где R – радиус куска породы, м; h_3 – глубина заглибления выступа в породу, м.

Подставляя (3) в формулу (2), получим:

$$F_{СК} = \sigma_{СК} \cdot \left(R^2 \arccos\left(\frac{R-h_3}{R}\right) - (R-h_3)\sqrt{2Rh_3-h_3^2} \right) \cdot \sin \beta. \quad (4)$$

Полученная зависимость (4) определяет связь между углом наклона выступов к продольной оси плиты и надежностью захвата кусков горной породы дробящими плитами.

Таким образом, дополнительная удерживающая сила куска породы, возникающая за счет наклона выступов плит к продольной оси, способствует уменьшению количества холостых качаний подвижной щеки, увеличивая при этом производительность дробилки и уменьшая количество пород-

ной мелочи класса крупности $-5+0$ мм при одном и том же угле захвата между дробящими плитами дробилки. Результаты, полученные в данной работе, являются одним из вариантов решения задач, связанных с ограничением производительности дробилки и повышением энергоемкости процесса дробления на фоне растущих современных требований к эффективности работы породоразрушающих дробильных машин [7].

Литература

1. Айбашев Д.М. Обоснование параметров рифлений дробящих плит щековых дробилок / Д.М. Айбашев: дис... канд. техн. наук. Магнитогорск, 2015.
2. Кольга А.Д. Возможности снижения нагрузок в щековых дробилках / А.Д. Кольга, Д.М. Айбашев // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. Магнитогорск, 2013. № 4. С. 77–80.
3. Першин Г.Д. Энергетический метод расчета производительности алмазно-канатных машин при добыче блочного природного камня / Г.Д. Першин, М.С. Уляков // Изв. вузов. Горный журнал. 2014. № 8. С. 22–30.
4. Олевский В.А. Конструкции, расчет и эксплуатация дробилок / В.А. Олевский. М., 1958. 460 с.
5. Теория и практика дробления и тонкого измельчения / под ред. Г.Г. Егорова. Новосибирск, 1942. 235 с.
6. Кольга А.Д. Дробилка щековая / А.Д. Кольга, Д.М. Айбашев; Патент РФ. № 135272. Заявка № 135208, 2013.
7. Першин Г.Д. Современные технологические схемы добычи блочного высокопрочного камня / Г.Д. Першин, Н.Г. Караулов, М.С. Уляков // Вестник Магнитогорского госуд. технич. ун-та им. Г.И. Носова. 2015. № 3 (51). С. 5–11.