

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ДРОБЯЩИХ ПЛИТ ЩЕКОВЫХ ДРОБИЛОК

Айбашев Д.М.¹, Кольга А.Д.², Асанов А. К.³

¹*Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Россия, 455000, Челябинская обл., г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38, E-mail: aibashevdm@rambler.ru.*

²*Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Россия, 455000, Челябинская обл., г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38, E-mail: kad-55@magtu.ru.*

³*ООО "KazakhmysGoldKyrgyzstan" Кыргызстан, г. Бишкек, ул. Уметалиева 41, E-mail: mr.akmat@hotmail.com*

Аннотация. Куски материала при дроблении в щековых дробилках испытывают все виды нагрузок (сжатие, изгиб, растяжение), но основным видом является напряжение растяжения, от которого и происходит разрушение куска материала.

В статье исследован процесс разрушения горных пород на основе раскалывания и расклинивания. Для этого наилучшим условием является переменный шаг и диаметр выступов, определяемые в зависимости от размера кусков материала в разных сечениях камеры дробления.

Ключевые слова: выступы дробящих плит, ход сжатия, разрушение, переменный шаг.

В щековых дробилках разрушение горных пород происходит (раздавливанием) за счет сжимающей нагрузки между дробящими плитами [1].

Для щековых дробилок применяются дробящие плиты с треугольными и трапециевидными рифлениями по ОСТ 221679-87 – «Плиты дробящие щековых дробилок». При определении таких параметров плит, как шаг (t) и высота (h) рифлений исходят из номинального (среднего) значения ширины выходной щели (b) и определяют по выражению [2]:

$$t = 2h = b \quad (1)$$

Процесс дробления камня обычно рассматривается как разрушение камня раздавливанием между двумя плоскими поверхностями (плитами). В этом случае усилие, требуемое для разрушения камня

$$P = \frac{\sigma_{сж} \pi D^2}{4}$$

а затраченная работа разрушения

$$A = \frac{\sigma_{сж}^2 \pi V}{2E}$$

где $\sigma_{сж}$ - предел прочности камня при сжатии в кг/см²; D - диаметр камня см; V - объем камня в см³; E - модуль упругости камня в кг/см².

Значения усилия разрушения, вычисленные по этим формулам, как показывает практика, не соответствуют действительным значениям, воз-

никающим в реальных условиях дробления. Так же не учитывают параметры рифлений дробящих плит.

При дроблении горных пород в щековых дробилках, дробящие усилия концентрируются на меньшей площади, соответствующей выступам дробящих плит и разрушение куска породы происходит в результате его расклинивания внедряющимся в него выступом и последующего его разрыва, при котором в материале появляются растягивающие напряжения [σ_p] [3]. Расположение выступов рифлений одной плиты напротив впадин другой способствует разрушению кусков породы изломом в результате изгиба.

На основе обработки осциллограмм нагрузок и многочисленных стендовых и промышленных испытаний проф. В.А. Бауман пришел к выводу, что при дроблении в щековых дробилках куски материала испытывают все виды нагрузок (сжатие, изгиб, растяжение), но основным видом является напряжение растяжения, от которого и происходит разрушение куска материала [1].

В теории упругости доказывается, что сосредоточенная нагрузка на край полубесконечной пластинки может быть заменена поверхностными силами, действующими на полукруглой канавке полубесконечной пластинки (рис. 1), распределенными согласно уравнению [4]

$$q = q_0 \frac{\cos \varphi}{r_0}$$

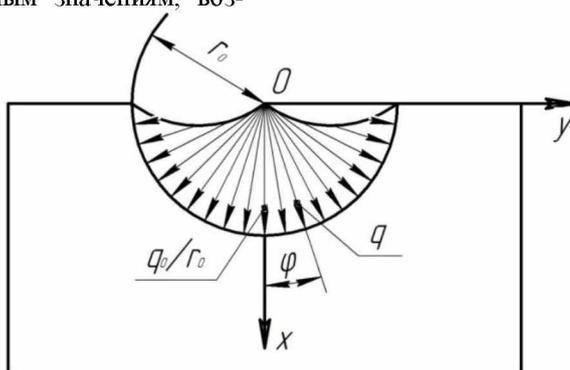


Рис. 1. Поверхностные силы, действующие на полукруглой канавке полубесконечной пластинки

Такой нагрузке будет отвечать радиальное сжатие, показанное на рис. 2 и причем решение приводит к следующему значению σ_r :

$$\sigma_r = - \frac{2P}{\pi t} \cdot \frac{\cos \varphi}{r_0}$$

где t - ширина пластинки.

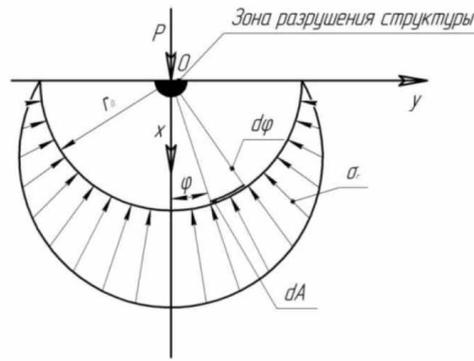


Рис. 2 Радиальное сжатие, создаваемое сосредоточенной нагрузкой

Для определения растягивающего усилия, действующего по оси Y (нормально к плоскости раскалывания куска), интегрируя составляющие (σ_r), действующие по оси Y:

$$Y = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin \varphi \sigma_r dF = \frac{P}{\pi} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin 2\varphi d\varphi = \frac{P}{\pi}$$

При сжатии пластинки сосредоточенными силами с двух сторон горизонтальный распор будет $\frac{2P}{\pi}$, а растягивающее напряжение по сечению пластинки

$$\sigma_r = -\frac{2P}{\pi t e} = \frac{2P}{\pi F}$$

где e - толщина пластинки; F - площадь разрыва (раскалывания) пластинки.

Таким образом, было установлено, что преобладающим характером разрушения камня в щековых дробилках являются разрушение от действия двух противоположно направленных сосредоточенных нагрузок.

Поэтому с некоторым запасом при расчете усилий в дробилке можно принять именно этот характер разрушения камня, согласно которому величина разрушающей камень нагрузки будет равна:

$$P = \frac{\pi \sigma_p F}{2} \tag{2}$$

где σ_p - растягивающее напряжение по сечению куска; (F) - площадь разрыва (раскалывания) пластинки;

Работа разрушения породы при условии постоянства силы сжатия определяется по выражению

$$A = P \Delta \tag{3}$$

где Δ - величина деформации (глубина внедрения выступа в породу) или величина хода подвижной щеки, которую можно определить по зависимости

$$\Delta = \varepsilon D \tag{4}$$

где ε - относительная деформация породы (относительное сжатие) при которой она разрушается; D - размер куска на рассматриваемом сечении камеры дробления или расстояние от вершины выступа одной плиты до вершин выступов другой, м.

Рассмотрим процесс разрушения (раскалывания) породы в щековой дробилке. Схема нагружения куска в камере дробления показана на рис. 3.

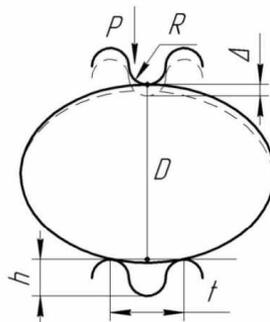


Рис. 3. Схема нагружения камня в щековой дробилке

Для нормальной работы щековой дробилки ход подвижной щеки (S) должен быть равен или больше величины деформации породы (Δ) в любых рабочих сечениях камеры дробления

$$S \geq \Delta \tag{5}$$

В противном случае данный кусок разрушаться не будет.

Пользуясь выражением(4) Д. И. Беренов [5] рекомендовал принимать величину хода щеки в верхней части камеры дробления из соотношения

$$S = 1,5\Delta = 1,5\varepsilon D$$

Приняв в качестве представительной горной породы - гранит $\varepsilon = 0,0065$, рекомендуется для щековых дробилок величина хода

$$S = 1,5 \cdot 0,0065 \approx 0,01D$$

Позднее основываясь данной рекомендацией [6] ВНИИстройдормашем разработаны более подробные рекомендации для определения оптимального хода подвижной щеки [2]. Ход подвижной щеки вверху рекомендуется определять по следующему эмпирическому формулам:

а) для дробилок с простым движением щеки:

$$S_b = (0,01 \div 0,03)B, \text{ мм} \quad (6)$$

где $0,01B$ - минимально допустимый ход щеки, мм; $0,03B$ - ход, обеспечивающий максимальную производительность верхней зоны камеры дробления, мм. B - ширина приемного отверстия, мм.

б) для дробилок со сложным движением щеки:

$$S_b = (0,06 \div 0,03)B, \text{ мм} \quad (7)$$

где $0,03B$ - ход, обеспечивающий максимальную производительность верхней зоны камеры дробления, мм; $0,06B$ - максимально рекомендуемый ход щеки, мм.

Однако практика и специальные наблюдения за процессом дробления щековых дробилок показали, что в среднем и верхнем сечениях камеры дробления для раскалывания кусков горной породы требуется многократное воздействие на них, иногда количество непроизводительных ходов подвижной щеки доходит до 10 раз и более.

Для выявления причины непроизводительного хода сжатия подвижной щеки проведены экспериментальные исследования влияния параметров рифлений дробящих плит на относительную деформацию кусков горных пород. Исследования показали, что в среднем и верхнем сечениях камеры дробления причиной не разрушения пород за установленный ход сжатия подвижной щеки является не соответствие параметров рифлений (шага, диаметра выступов) дробящих плит с типоразмером горных пород [6].

Размеры кусков в среднем и верхнем сечениях камеры намного превышают размеры выступов дробящих плит. При сжатии подвижной

щеки выступы внедряются в породу но, не раскалывают ее. При этом наблюдается лишь местные разрушения в окрестности контактной зоны каждого контактируемого выступа.

Контактное взаимодействие плит с породой можно выразить давлением на породу

$$q = \frac{n_k P}{F} \quad (8)$$

где P - усилие, затраченное на вдавливание одного выступа в породу при сжатии подвижной щеки; F - контактная площадь контакта одного выступа с породой; n_k - количество контактов в пределах одного куска породы.

Увеличение количества контактов увеличивает усилия сжатия и ухудшается качество готового продукта (больше образуются мелкие частицы, переизмельчение, лещадность), а за каждый непроизводительный ход сжатия расход энергии неизбежен.

Исследования подтверждают необходимость минимизации количества контактов в пределах одного куска. Теоретически для надежного захвата твердого тела любой формы достаточно три контакта. Три контакта возможно при расположении выступов одной плиты, напротив впадин другой. Такое расположение также способствует разрушению кусков изгибом.

Однако такое условие наблюдается только в нижней части камеры дробления. Для того, что бы во всех сечениях камеры создавать такое условие необходимо внести изменения в конструкцию плит. Во всех сечениях камеры обеспечение 3-х контакта возможно при переменном шаге (t) рифлений в разных сечениях камеры [7]. Значение (t) в разных сечениях камеры определяется в зависимости от размера куска расположенного на данном сечении [8]. Параметры рифлений дробящих плит, могут быть определены в соответствии с рис. 4.

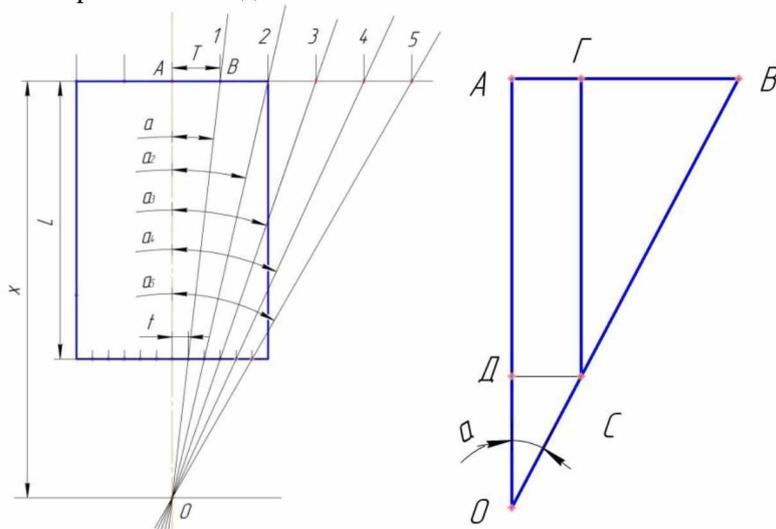


Рис. 4. Расчетная форма плит для определения параметров рифлений

Из рис. 4 выделяем прямоугольный треугольник ABO и определяем угол α . Для опреде-

ления угла α треугольника ABO как минимум должны быть известны две стороны этого тре-

угольника. А нам известны $AB = T$, $AD = L$, $DC = t$, т.е. две стороны подобного треугольника $ГВС$, которые равны $ГВ = T - t$, $ГС = L$ и получаем

$$\sin\alpha = \frac{T-t}{\sqrt{L^2+(T-t)^2}} \quad (9)$$

где T, t – шаги рифлений соответственно в верхней и нижней краях плиты;

L – длина плиты.

Из геометрического подобия прямоугольного треугольника $ГВС$

$$\frac{T}{T-t} = \frac{AO}{L}, \quad (10)$$

где $AO = x$ – расстояние от точки расхождения вершин рифлений до верхней части плиты определяется

$$x = \frac{LT}{T-t} \quad (11)$$

и уравнение (1) примет вид

$$\sin\alpha = \frac{T}{\sqrt{x^2+T^2}} \quad (12)$$

а для определения угла между вершиной любого выступа и продольной оси ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5$) выражение (4) имеет вид

$$\sin\alpha = \frac{nT}{\sqrt{x^2+nT^2}} \quad (13)$$

где n – порядковый номер вершины, начиная от продольной оси.

Шаг рифлений (Tut) на разных сечениях камеры дробления рекомендуется определять по выражению

$$t = k_p D \quad (14)$$

где D – размер куска породы (крупность) на рассматриваемом сечении камеры;

k_p – коэффициент, учитывающий размер куска породы в разных сечениях камеры дробления.

Переменное значение шага рифлений, определяемое по предложенной методике, обеспечивает условие для разрушения горных пород и материалов в основном расклиниванием и изгибом под действием растягивающих напряжений во всех сечениях камеры дробления. Это

способствует повышению качества готового продукта, снижению энергосиловых показателей процесса дробления, снижение нагрузок на дробящие плиты приводит уменьшению интенсивности изнашивания выступов тем самым повышению их долговечности.

Литература

1. Клушанцев Б.В., Косарев А.И., Муземнек Ю.А. Дробилки. Конструкция, расчет, особенности эксплуатации. – М.: Машиностроение, 1990. – 320 с.
2. Клушанцев Б.В., Косарев А.И., Логак Л.Н., Богацкий А.И. Щековые дробилки. Методы расчета и особенности эксплуатации (Обзор). – М.: 1972, 86 с.
3. Олевский В. А. Конструкции, расчеты и эксплуатация дробилок. М.: 1958, 459 с.
4. Бауман В.А. Некоторые результаты исследования щековых дробилок / Механизация строительства. 1954. - № 7. – С. 21 – 28.
5. Беренов Д.И. Дробильное оборудование обогатительных фабрик / Д.И. Беренов. М.:Металлургиздат, 1968. – 296 с.
6. Айбашев Д. М., Кольга А. Д., Хайбуллин А.Х. Экспериментальное исследование влияния размеров рифлений дробящих плит на ход сжатия. В сборнике: Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности. Сборник трудов XII Международной научно-технической конференции «Чтение памяти В.Р. Кубачека». 2014. С. 140-143.
7. Кольга А.Д., Айбашев Д.М., Дробилка щековая. Патент на полезную модель Р.Ф. № 135272. Заявка № 2013135208, 2013 г.
8. Кольга А.Д., Айбашев Д.М. Определение параметров рифлений дробящих плит щековых дробилок. – В сборнике: Добыча, обработка и применение природного камня: сб. науч. тр. /под ред. Г.Д. Першина. Вып.13. – Магнитогорск: 2013. – 166 с.