

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЩЕК ДРОБИЛЬНЫХ МАШИН С КРИВОЛИНЕЙНЫМ ПРОДОЛЬНЫМ ПРОФИЛЕМ

Бойко В.С., Коносов П.В.

*Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II,
Санкт-Петербург*

Ключевые слова: горная промышленность, дробление, щековая дробилка, продольный профиль щеки, криволинейная форма щеки, трактриса.

Аннотация. Дробление полезных ископаемых играет важную роль в горной промышленности. Для его осуществления применяются различные типы дробильных машин. Наибольшее распространение получили щековые дробильные машины за счет простоты своей конструкции, эффективной и стабильной работы. Продольный профиль дробящих плит таких машин в настоящее время выполняется как прямолинейным, так и криволинейным. Последний имеет некоторые характерные особенности, оказывающие влияние на механизм дробления и его параметры.

JUSTIFICATION OF THE USE OF JAW CRUSHING MACHINES WITH A CURVED LONGITUDINAL PROFILE

Boiko V.S., Kuposov P.V.

Empress Catherine II Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg

Keywords: mining, crushing, jaw crusher, longitudinal cheek profile, curved cheek shape, traktris.

Abstract. Crushing of minerals plays an important role in the mining industry. Various types of crushing machines are used for its implementation. Jaw crushing machines have become the most widespread due to the simplicity of their design, efficient and stable operation. The longitudinal profile of crushing plates of such machines is currently performed both rectilinear and curved. The latter has some characteristic features that affect the crushing mechanism and its parameters.

Введение

В горной промышленности за выемкой полезных ископаемых из недр Земли следует ряд немаловажных этапов, приводящих добытую породу в готовый вид в соответствии с ее назначением. Одним из таких этапов является дробление, суть которого заключается в уменьшении размеров кусков горной породы от исходной их величины до требуемой фракции за счет действия внешних разрушающих сил. На осуществление дробления затрачивается более половины электроэнергии горного предприятия, что по праву делает его наиболее энергоемким процессом в горном производстве. Существующие машины для дробления имеют различные конфигурации и отличаются по своим конструктивным признакам, а также по методу дробления.

Так, для крупного и среднего дробления применяются щековые дробильные машины, разрушающие материал за счет раздавливания, раскалывания и частичного истирания. Механизм дробления в таких машинах осуществляется за счет циклического сближения и отдаления массивных плит (щеки), образующих собой камеру дробления.

Анализ дробильных машин с непрямолинейным продольным профилем щек

На сегодняшний день известны щековые дробильные машины с прямолинейным и криволинейным продольными профилями щек. Выбор того или иного профиля щеки в конструкции машины оказывает влияние на такие параметры дробления, как расход энергии, производительность, состав и форму готовой фракции.

В своей монографии Клушанцев Б.В. [1] представил варианты продольных профилей дробящих плит щековых дробилок, наиболее часто встречающихся в машиностроении (рис. 1). При рассмотрении их взаимного расположения можно сделать вывод о том, что в основном плиты с криволинейным профилем рабочей поверхности изготавливаются и устанавливаются обращенными, соответственно, вогнутостью или выпуклостью напротив друг друга, или так, что вогнутость оказывается расположена напротив выпуклости.

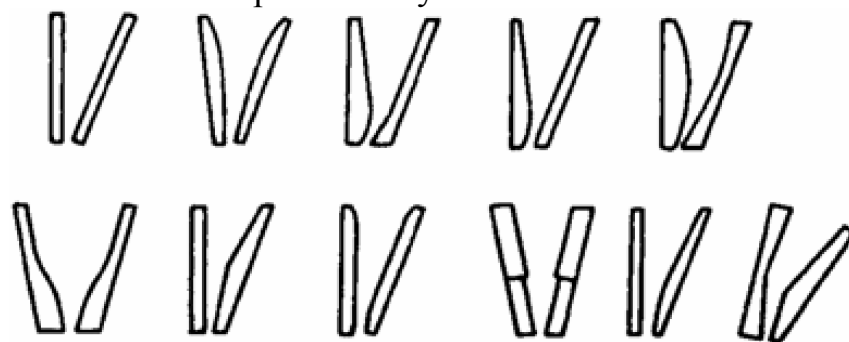


Рис. 1. Варианты продольных профилей дробящих плит по [1]

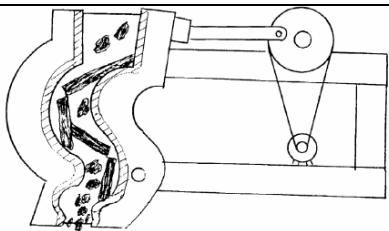
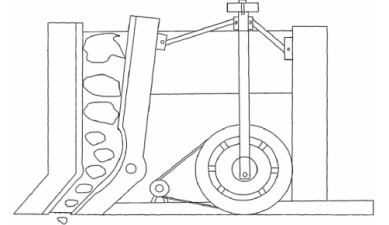
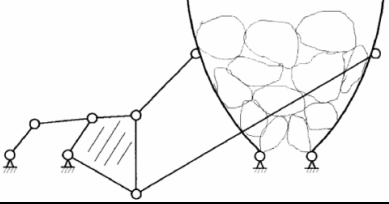
В щековых дробильных машинах наибольшее распространение получил прямолинейный продольный профиль. Однако такая форма щек может приводить к неравномерному распределению нагрузки на дробимый материал, что может тем самым повышать износ рабочих поверхностей дробящих плит, а также снижать эффективность процесса дробления в целом. С целью решения данной проблемы на протяжении многих лет разрабатывались новые конструктивные схемы щековых дробильных машин, включающих нелинейную форму щек (табл. 1) [2].

В ходе анализа патентов было обнаружено, что существующие ныне варианты конструктивного исполнения щековых дробилок с нелинейным продольным профилем щек предполагают изготовление дробящих плит, в основном, тремя способами: изогнутыми по радиусу (табл. 1, №1), с частичным изгибом прямолинейной щеки (табл. 1, №2) или описывающими профиль плоских кривых (эвольвента, табл. 1, №3).

Обоснование нового технического решения

В качестве нового технического решения предполагается выполнение продольного профиля обеих подвижных щек дробильной машины в виде трактрисы – плоской трансцендентной кривой (рис. 2), которая нашла применение в некоторых областях машиностроения благодаря своим свойствам [3, 4].

Табл. 1. Избранные результаты патентного поиска

№	Данные о патенте	Схема машины
1	№2455071. Щековая дробилка для дробления плитняка (пластушки) / Петухов А.Н., Желобков П.С., Ионов К.А., Репин К.В., Темеров А.Я. – Оpubл. 10.07.2012	
2	№2539505. Щековая дробилка ударно-раздавливающего действия с высокой степенью дробления / Петухов А.Н., Желобков П.С., Пименова Ю.А. – Оpubл. 20.01.2015	
3	№2752910. Дробильная машина с криволинейными щеками / Дворников Л.Т., Макаров А.В., Чернов П.Е – Оpubл. 11.08.2021	

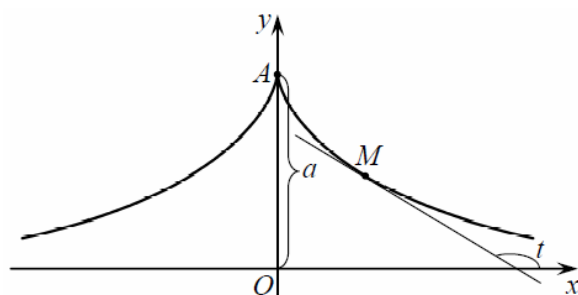


Рис. 2. Трактриса

В параметрическом виде уравнение трактрисы записывается следующим образом:

$$\begin{cases} x = a \cdot \cos t + a \cdot \ln \operatorname{tg} \frac{t}{2}, \\ y = a \cdot \sin t; \end{cases}$$

где a – длина касательной; t – параметр, представляющий собой угол, составляемый касательной к трактрисе с положительным направлением оси абсцисс, причем $0 < t < \pi$.

Характерной особенностью такой кривой является постоянная величина ее касательной, что дает основание полагать об эквидистантном изнашивании дробящих плит при изготовлении их по профилю трактрисы. Это будет обусловлено равенством величин тангенциальных составляющих разрушающих усилий, действующих на материал и стремящихся вытолкнуть его из камеры дробления. Таким образом, будет обеспечиваться равномерный износ каждой из дробящих плит в процессе работы.

Помимо этого, предложенный вариант исполнения щек дробильной машины будет обеспечивать по всей поверхности дробящих плит возникновение

непараллельных друг другу сходящихся разрушающих усилий, фокусирующихся непосредственно на куске дробимой породы. За счет вогнутости щек также увеличится объем рабочей камеры, что в совокупности с вышеупомянутым фактом приведет к повышению производительности щековой дробильной машины.

Вывод

На основании всего вышеизложенного можно сделать вывод о том, что исполнение дробящих плит с криволинейным продольным профилем имеет ряд преимуществ в сравнении с линейной формой плит.

Работа выполнена под научным руководством заведующего кафедрой машиностроения, д.т.н., доцента Жукова И.А.

Список литературы

1. Клушанцев Б.В., Косарев А.И., Муйземнек Ю.А. Дробилки. Конструкция, расчет, особенности эксплуатации. – М.: Машиностроение, 1990. – 320 с.
2. Копосов П.В., Жуков И.А., Голиков Н.С. Щековые дробилки с криволинейным продольным профилем щек: классификация, тенденции развития и перспективы применения // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. – 2024. – №24. – С. 135-145. – DOI: 10.26160/2658-3305-2024-24-135-145.
3. Савелов А.А. Плоские кривые. Систематика, свойства, применения (справочное руководство). – М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1960. – 293 с.
4. Бойко В.С. Трактриса в науке и технике // Механика и машиностроение. Наука и практика. – 2021. – №4. – С. 27-31.

Сведения об авторах:

Бойко Вероника Сергеевна – студентка;

Копосов Павел Вячеславович – аспирант.