

УДК 631.51:62-822

СТРУЙНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ РАЗРУШЕНИИ ГОРНЫХ ПОРОД

*О.М.Яхно, доктор технических наук, профессор
Н.В.Семинская, студентка*

У статті розглянуто питання, пов'язані із застосуванням струминних технологій при руйнуванні гірничих порід і корисних копалин. Наведено класифікацію струменів по величині тиску, що підводиться, й по типах технологічних операцій. Проведено аналіз перетворень енергії в струмені, на етапах формування, витікання й взаємодії з матеріалом, що руйнується

Вступление

Эффективность и безопасность являются основными критериями при выборе технологических процессов в горной промышленности. Струйные технологии, получившие в настоящее время широкое применение в различных отраслях промышленности, обеспечивают безопасность работ и высокую производительность процессов резания и разрушения материалов при минимальных затратах энергии.

В качестве режущего инструмента при применении данной технологии используется струя жидкости.

Анализ существующих исследований

В настоящее время наиболее распространенным вариантом классификации струй по величине давлений [1, 2, 3], является разделение их на низконапорные; среднего давления; высокого давления; тонкие струи высокого давления, тонкие струи сверхвысокого давления (табл. 1).

Достаточно широкое применение струйных технологий, разнообразие способов формирования струи и ее воздействия на обрабатываемый материал привело к созданию различных технологических операций:

- резание – струя разрезает материал или нарезает щель на заданную глубину; бурение (сверление) – погружающиеся в материал вращающиеся струи образуют в нем отверстия заданной конфигурации;
- токарная обработка и фрезерование – в этом случае струи используются вместо механического инструмента;
- устройства.

Таблица 1

Классификация струй по величине подводимого давления

Вид струи	Давление, МПа	Диаметр насадок, мм	Область применения
Низконапорные водяные струи	0,36-1,2	50-190	Для размыва
Струи воды среднего давления	2,0-8,0	10-50	При подземной добыче полезных ископаемых
Струи высокого давления	10,0-50,0	4,5-10	В гидромониторах и устройствах для разрушения угля и горных пород
Тонкие струи высокого давления	20,0-60,0	1-4	Очистка поверхностей
Тонкие струи сверхвысокого давления	70,0-400,0	0,1-2	Резка пород высокой крепости

Так при гидродинамическом разрушении можно выделить три схемы воздействия струи на твердый материал [1] рис. 1.

- комбинированное резание материалов – струи воздействуют на обрабатываемый материал совместно с другими методами обработки, например, с механическим режущим инструментом (гидромеханическое резание);
- обработка поверхностей – очистка, удаление нарушенного или инородного слоя материала, полировка, наклеп и др.;

- вымывание материала из разных оболочек.

Различие видов деформации обусловлено физико-механическими свойствами пород, видом прилагаемых нагрузок, гидродинамическими и геометрическими параметрами струи, формой струеформирующего

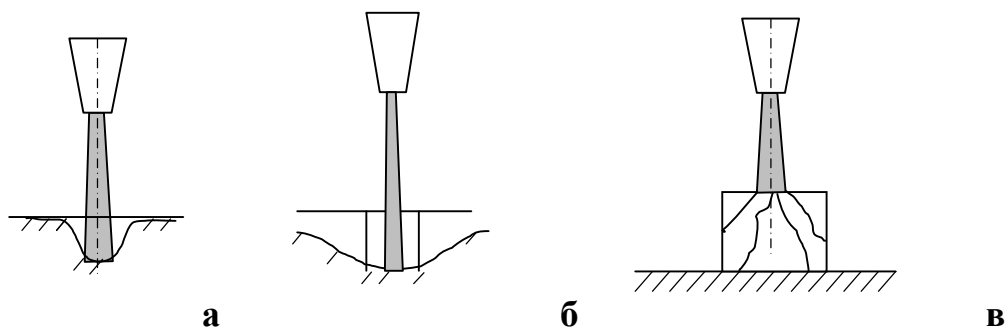


Рис. 1. Схемы воздействия струи на преграду:

а–струя воздействует на плоскость полуограниченного объёма породы, разрушение происходит за счёт сжатия и эрозионного вымывания участка породы; б–струя воздействует на дно шпура, при определенных условиях происходит прорастивание от дна шпура к свободной поверхности; в–ударом струи производится раскалывание или трещинообразование куска породы ограниченных размеров

Постановка и решение задачи

Определение факторов оказывающих существенное влияние на разрушающую способность струи.

Существенно на производительность гидрорезания влияет кинематический фактор, угол между струей жидкости и обрабатываемой поверхностью. Данное обстоятельство проиллюстрировано на рис. 2, из которого следует, что существует, в каждом конкретном случае обработки, свой оптимальный угол атаки.

При возрастании коэффициента крепости пород f от 1 до 12 сначала происходит резкое уменьшение глубины реза, после чего снижение происходит очень медленно. Так, исходя из исследований [2], объем воронок с увеличением прочности пород сначала резко падает, а начиная с прочности 80 - 100 МПа, практически не меняется.

Параметры разрушения твердых материалов с различным коэффициентом крепости приведены в табл. 2.

В зависимости от прочности пород меняется форма воронок (рис. 3). С увеличением прочности пород уменьшается глубина, и растет ширина воронки.

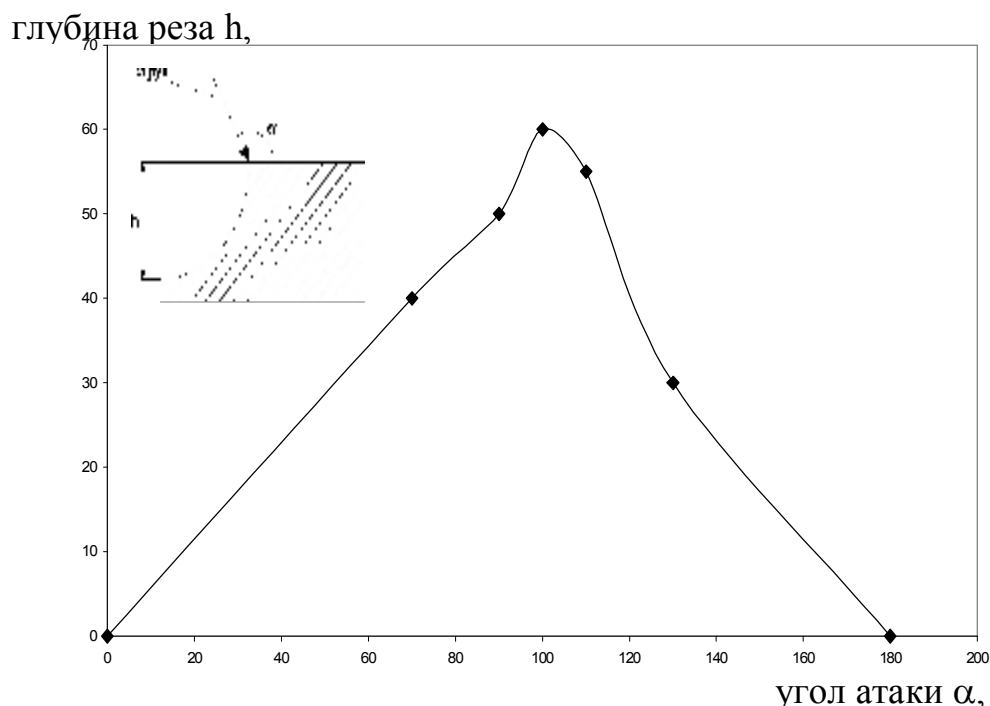


Рис. 2. Влияние угла атаки на производительность гидрорезания

Таблица 2

Параметры разрушения твердых материалов

Разрушаемый материал	Глубина воронки, мм	Объем воронки, см ³	Энергоемкость разрушения, Дж/см ³
Песчано–цементная смесь	49	7	430
Мрамор Экпенды	13,7	0,61	4910
Мрамор Коелга	12	0,38	7900
Гранит Курдай	7,3	0,52	5770
Порфирит Акбастау	6,2	1,15	2600

На крепких породах лунка имеет правильную округлую форму [5], на слоистых породах геометрически выдержанная лунка не образуется, а имеет место разрушение со сплошным растрескиванием поверхностного слоя на разную глубину в перпендикулярном направлении к линии резания.

На эффективность разрушения углей значительное влияние оказывает их вещественный состав, структура и метаморфизм [4]. Так при одинаковых хрупко–пластических свойствах ингредиентов более легко будут разрушаться те угли, в которых содержится меньшее количество основной цементирующей массы, лейптинитов и минеральных включений, при одной стадии метаморфизма будут легче разрушаться те угли, в которых ниже хрупко–пластические свойства ингредиентов.



**Рис. 3. Форма воронок в различных материалах:
1 – песчано-цементная смесь; 2 – мрамор Коелга;
3 – гранит Курдай; 4 - порфирит Акбастау**

Наиболее легко разрушаются угли комплексных и рыхлых структур, более трудно угли однородной структуры.

Особенно большое влияние на сопротивляемость разрушению материала оказывает его метаморфизм. На различных стадиях метаморфизма угли разрушаются по разному:

- на углях средней стадии - щелеобразование происходит наиболее интенсивно; щели образуются наиболее отчетливой и правильной формы; для нарезки щелей требуется значительно меньшее давление в струе, чем на других углях

- антрациты из-за высокой крепости разрушаются более трудно; однако благодаря повышенной хрупкости при давлении в струе более 25 МПа образуются щели неправильной формы;

- угли низкой стадии метаморфизма разрушаются наиболее трудно, вместо щели образуются воронки.

Согласно экспериментальным исследованиям процесс воздействия струи при образовании воронки можно описать следующим образом (см. рис. 4).

Представим струю, вылетающую из водомёта в виде цилиндра диаметром d и длиной l , выделим из него элемент $dl \times d$ и рассмотрим его воздействие на разрушаемый объект. Сначала элемент ударяется с силой о дно выемки A , сжимая породу и сжимаясь сам. Под действие упругих сил элемент пытается отскочить в противоположном направлении, но находящейся выше элемент не позволяет это сделать.

Он движется параллельно дну забоя, ударяясь о стенку выемки в точке B и параллельно этой стенке выходит из выемки. Участки A и B подвергаются действию нормального давления, причём в точке B действие струи менее эффективно за счёт потери части энергии на первый удар и трение, на участке AB и BC действуют касательные напряжения. Касательные силы срезают и выносят сжатый от потери прочности материал за пределы выемки.

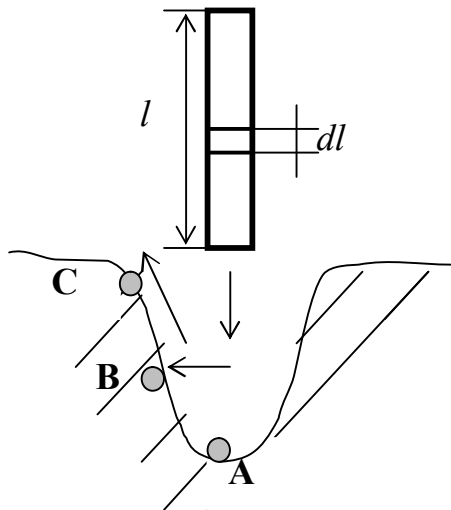


Рис. 4. Образование воронки

образца изменяется в зависимости от его размеров.

Касательное напряжение на любом элементе длины пропорционально квадрату скорости.

$$\tau = \frac{\rho_0 u_\infty^2 \lambda}{8},$$

где u_∞ – скорость потока в удалении от поверхности; λ – коэффициент трения.

В результате, было установлено, что энергоёмкость разрушения негабаритов одинаковой крепости существенно зависит от величины объёма, что объясняется влиянием масштабного эффекта, согласно которому прочность

Выводы

В статье проведены исследования влияния прочностных характеристик, вещественного состава, структуры и метаморфизма пород - на энергетические характеристики процесса разрушения струей жидкости различного давления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шавловский С.С. Основы динамики струй при разрушении горного массива. – М.: Наука, 1979.
2. Исследование гидравлического разрушения угля. Коллективная монография. – М, 1966.
3. Бафталовский В. Е. Вопросы повышения компактности водяных струй. – В сб. «Совершенствование добычи угля гидравлическим способом» Научные сообщения, вып. 134. – М., 1975.
4. Бафталовский В. Е. Влияние качества обработки насадки на компактность водяных струй в автомобильном режиме истечения – Науч. тр./ ИГД им. А.А.Скочинского, 1977.- вып. 150.
5. Савченко Н.В., Яхно О.М. Гидродинамические способы создания пульсирующих струй для гидроразрушения твердых материалов//Вісник Сумського державного університету. – 2003. - №12.