

сеивающей поверхности, а также от размера ячейки. Влияние каждого из этих факторов на грохочение материалов с различной степенью влажности изучено не достаточно; поэтому выбор рационального режима работы грохота производится в основном экспериментально, что в производственных условиях возможно только при редких (например, сезонных) колебаниях влажности горной массы. Однако при проектировании новых и модернизации существующих виброгрохотов, выборе оптимального режима их эксплуатации, важно установить степень и границы влияния каждого из перечисленных факторов на показатели грохочения, а также их взаимное влияние при одновременном изменении нескольких факторов сразу. При этом влажность грохотимого материала может изменяться за счет добавки другого компонента (например, в шихтоподготовке или химическом производстве) или дополнительной загрузки такого же материала, но с другой влажностью (например, угольная мелочь на подготовительный склад). Во всех таких случаях для обеспечения высокоэффективного грохочения и управления процессом возникает необходимость в комплексном многофакторном эксперименте, где определяемой величиной являются технологические показатели грохочения, а варьируются, с учетом влажности, все семь параметров.

Таким образом, изменение влажности сыпучих материалов в значительной степени изменяет условия их эффективного грохочения. Для обеспечения требуемых режимов работы виброгрохотов необходимы дополнительные исследования при изменении режимных и конструктивных параметров грохота, а также моделирование процесса при идентификации и выбора требуемых параметров.

УДК 622.236.34

В.Я. Осенний, Ю.Н. Вахалин, А.В. Осенний
**О РАЗРУШАЕМОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД В
ПРОЦЕССЕ ТЕРМИЧЕСКОГО КОТЛООБРАЗОВАНИЯ**

Розглядається один з найбільш ефективних засобів утворення котлових порожнин – термічному розбуранню плазмотроном через випереджуючу свердловину. Аналізується характер взаємозв'язку між часом температурного впливу плазменної дуги на гірничий масив та геометричними параметрами зростаючої котлової порожнини.

Создание котловых полостей в массиве горных пород позволяет повысить удельную мощность заряда ВВ при очистной выемке крепких руд и проходке восстающ. х выработок, а также выполнить ряд компенсационных полостей, что существенно повышает эффективность взрывных работ в подземных условиях рудников.

Одним из наиболее эффективных способов образования котловых полостей является термическое разбуривание массива плазмотроном через опережающую скважину [1]. Эффективность разбуривания доказана работой установки плазменного расширения УПРС в различных производственных условиях [2]. Однако целый ряд технологических параметров работы плазмотрона требует выяснения различных вопросов. В частности, характер взаимосвязи между временем температурного воздействия плазменной дуги на горный массив и геометрическими параметрами растущей котловой полости. В процессе работы

неподвижного плазмотрона стенки опережающей скважины шелушатся, образуя котел. Тепловой поток в пристеночном слое скважины в процессе роста котла изменяется, изменяется и характер разрушения стенок котла. Причем на первой стадии разбуривания основную роль в нагреве играет конвективный теплообмен, по мере увеличения котла доля конвективного теплообмена уменьшается, а растет доля лучистого теплообмена и участия сил горного давления.

Основными условиями шелушения породы при тепловом воздействии являются обеспечение на стенках массива теплового потока величиной выше пороговой плотности и температуры выше температуры разрушения для данной породы [3]. Для определения величины теплового потока и температуры на стенках котла проведены соответствующие исследования [4]. В стенде, имитаторе котловых полостей, формируемом набором секций, модулей, различных диаметров, по центру устанавливался плазмотрон мощностью $N = 150$ кВт и производились замеры тепловых параметров на границе газ-стенка. Кривые изменения удельного теплового потока и температуры в зависимости от диаметра скважины приведены на рис. 1а и рис. 1б.

Эффективное шелушение массива происходит только тогда, когда удельный тепловой поток на стенках скважины становится выше пороговой плотности. Для образования котловых полостей правильное определение пороговой плотности имеет существенное значение. Зная этот параметр и пользуясь зависимостями рис. 1а и рис. 1б, можно точно задавать время теплового облучения массива плазмотроном. Для случаев бурения гранита и бакальского кварцита термобурами пороговая плотность разрушения определена [5] и составляет $1,6 \cdot 10^6 \dots 1,8 \cdot 10^6$ ккал/м²·ч. Однако эта величина приведена для бурения по забою диаметром 70...80 мм, то есть площадь теплового воздействия небольшая по сравнению с воздействием на поверхность котла. При увеличении площади теплового нагружения пороговая плотность теплового потока уменьшается [6].

Зависимость пороговой плотности энергии хрупкого разрушения железистого кварцита от площади облучения представлена на рис. 3. Сравнение зависимостей по рис. 1а и рис. 1б дает возможность определить размеры котла, при которых шелушение практически прекращается и идет разогрев стенок.

Скорость разбуривания котла определяется по формуле [3]

$$r = \frac{\bar{q} a}{\lambda \bar{\theta} x \left(\frac{\bar{\theta}}{T_p} - 1 \right)}$$

где \bar{q} - средний удельный тепловой поток; a - теплопроводность породы; λ - температуропроводность породы; $\bar{\theta}$ - средняя температура разрушаемой поверхности; x - коэффициент; T_p - температура разрушения горной породы.

Анализ продуктов разрушения при котлообразовании показывает, что с увеличением объема котла средние размеры и толщина шелушек возрастают. По-

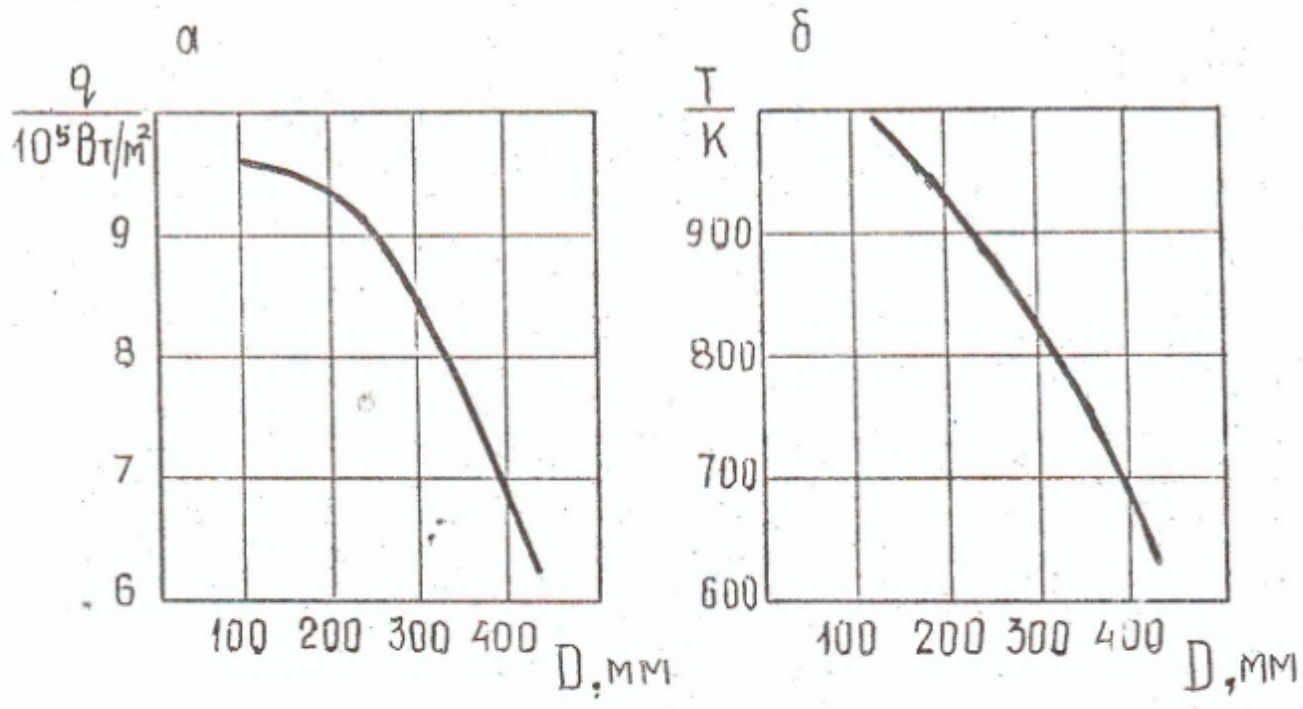


Рис. 1- Зависимость удельного теплового потока $q(a)$ и температуры $T(b)$ от текущего диаметра котлового расширения D

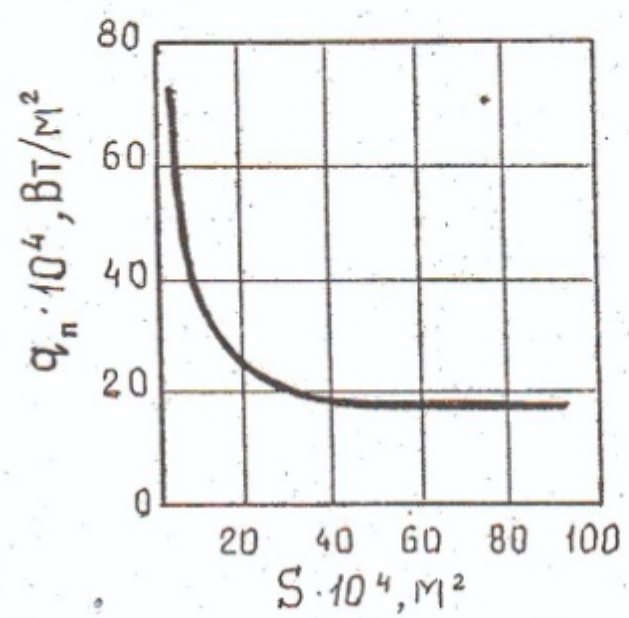


Рис. 2 - Зависимость пороговой плотности энергии хрупкого разрушения кварцита от площади пятна нагрева

сколькx увеличение диаметра разбуриваемой скважины не влечет за собой принципиальной перемены в механизме разрушения, изменения размеров продуктов разрушения следует искать в самом механизме образования шелушек. Отделение шелушек представляет собой потерю устойчивости с отрывом от массива тонкой пластины поверхностного слоя в поле сжимающих напряжений [3]. Особенность любой горной породы заключается в крайней неоднородности их структуры по составу, размеру, ориентации частиц и трещиноватости. Развитие произвольно ориентированной трещины в поле сжимающих напряжений рассмотрено в [7].

Рост таких трещин происходит путем образования и движения "трещин усов" у вершины основной трещины за счет напряжений сдвига и растяжения. Вначале "ус" движется по нормали к начальной трещине, затем трещина поворачивается и растет вдоль действия поля сжимающих напряжений.

При тепловом воздействии на поверхность породы плазмотроном в тонком поверхностном слое развиваются сжимающие термонапряжения. Все микро-трещины, вне зависимости от ориентации, длиной l_* , для развития которых достаточно созданного напряжения σ_* , начинают развиваться. По мере нагрева волна напряжений растет вглубь массива. Трещины, развивающиеся у поверхности, релаксируют или выходят на поверхность, и только трещины на определенной глубине массива, развиваясь, сливаются в одну, шелушка теряет устойчивость и отлетает от массива.

Согласно теории равновесных трещин [8] трещина неподвижна, если $\pi N_0 < K$, где N_0 - коэффициент интенсивности напряжений, определяемый как предел величины $\sigma(s)s^{1/2}$ при $s \rightarrow 0$; $\sigma(s)$ - напряжение на продолжении трещины на расстоянии s от ее конца; K - модуль сцепления, равный предельно допустимой в вершине трещины интенсивности напряжений. С ростом напряжений, вызывающих раскрытие трещины, величина N_0 возрастает и в момент, когда наступает равенство $\pi N_0 = K$, трещина переходит в подвижно-равновесное состояние. При дальнейшем увеличении напряжений это равенство может поддерживаться за счет непрерывного увеличения длины трещины, в этом случае трещина растет устойчиво.

Если на каком-то этапе это невозможно, трещина раздвигается динамично до остановки в следующем устойчивом состоянии или до полного разрушения тела.

Решить данную задачу можно, если воспользоваться критерием разрушения Баренблатта, устанавливающим зависимость между константой материала K , плотностью поверхностной энергии γ , модулем Юнга E и коэффициентом Пуассона μ соотношениями:

$$K^2 = \frac{\pi E \gamma}{1 - \mu} \quad \text{для плоской деформации; } K^2 = \pi E \gamma \quad \text{для плоского напряженного состояния.}$$

Определив функцию $N_0 = f(\sigma)$, где σ - температурное напряжение в поверхностном слое, и сравнивая ее с критерием Баренблатта, получим основные

параметры развития трещины в массиве при образовании шелушки при плазменном воздействии.

Полное решение данной задачи имеет довольно сложный вид. Решение ее для одиночной трещины в поле растягивающих напряжений получено нами в [7].

Применив такой подход, можно объяснить многие особенности разрушения пород при котлообразовании. В начальный период разрушения размер шелушек меньше, чем в последующие периоды потому, что при малых диаметрах котла удельный тепловой поток, температура и напряжение на стенках котла максимальны. Поскольку каждая порода имеет четкое среднестатистическое распределение микротрещин различной длины и ориентации по объему, то в начальный период в процесс разрушения вовлекаются микротрещины минимальной длины l . Если учитывать, что с уменьшением длины трещин количество их растет в единице объема породы, понятно почему размеры шелушек растут с уменьшением интенсивности теплового нагружения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бергман Э.Д., Покровский Г.Н. Термическое разрушение горных пород плазмобурами.- Новосибирск: Наука, 1971.-122с.
2. Технология и установка плазменного расширения скважин для горнорудных предприятий / Л.Т. Холявченко, В.Я. Осенний // Плазмотехнология-95, Сб. науч. тр.-Запорожье, 1995.-С.221-224.
3. Дмитриев А.П., Гончаров С.А. Термическое и комбинированное разрушение горных пород.-М.: Недра, 1978.-303с.
4. Холявченко Л.Т., Осенний В.Я. Экспериментальные исследования процесса теплообмена при расширении скважин высокотемпературным газовым потоком / Разрушение горных пород при статическом и динамическом нагружении.-Киев: Наук. думка, 1990.-С.69-74.
5. Голдаев И.Г., Першин А.П. Исследование тепловой эффективности бензовоздушного термобура при работе его в условиях скважины / Изв. вузов. Горн. журнал.-1966.-№10.-С.63-68.
6. О факторах, влияющих на разрушение горных пород / А.А. Галас, А.Г. Халецкий, Н.Я. Трохимец, В.И. Кудряшов // Изв. вузов. Горн. журнал.-1983.-№6.-С.1-4.
7. Разрушение горных пород при термоциклическом воздействии / А.Н. Москалев, Е.Ю. Пигида, Л.Г. Кекилица, Ю.Н. Вахални //Киев: Наук. думка, 1987.-248с
8. Панасюк В.В. Предельное равновесие тел с трещинами.-Киев: Наук. думка, 1968.-437с.

УДК 621.926.9

Г.А. Шевченко

ТЕХНОЛОГИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ОБОГАЩЕНИЯ УГЛЯ В СТОЯЧЕЙ СРЕДЕ РАЗДЕЛЕНИЯ

Розроблена вібраційна машина для збагачення вугілля методом відсадки. Процес збагачення здійснюється в стоячому середовищі розподілу без створення примусових пульсацій і подачі підрешетної та транспортної води. Вода при вібраційному збагаченні витрачається тільки для вилучення дрібних часток які пройшли через решітку та шламів через переливний поріг. На основі результатів виконаних досліджень розроблена ресурсо- і енергозберігаюча, екологічно чиста технологія збагачення енергетичного вугілля в умовах поверхневого комплексу шахти.

Неблагоприятные горно-геологические условия, переход к интенсивным методам ведения горных работ, отсутствие добычного оборудования избирательного действия приводят к завышению зольности добываемого в Украине угля по сравнению с требованиями потребительских стандартов. В условиях рынка это ухудшает конкурентоспособность отечественной угольной продук-