

где σ_m - амплитуда напряжений; λ - длина волны, C_l - скорость волны. Оценим на сколько вырастают трещины длиной $2l$ при прохождении половины волны. Полагая, что $\sigma_m > \sigma_{кр}$, найдем длительность существования напряжений $\sigma > \sigma_{кр}$.

$$\Delta t = \frac{\lambda}{C_l} \left(1 - \frac{1}{\pi} \arcsin \left(\frac{\sigma_{кр}}{\sigma_m} \right) \right). \quad (8)$$

Если положить, что $V_T = 0,5C_l$, то за время прохождения полволны трещина первоначальной длиной $2l$ успевает вырасти на Δl .

$$\Delta l = \lambda \left(1 - \frac{1}{\pi} \arcsin \left(\frac{\sigma_{кр}}{\sigma} \right) \right). \quad (9)$$

При прохождении второй полволны будут расти трещины ориентированные в плоскостях, параллельных волновым поверхностям. Последующие волны будут продолжать развивать те же трещины. После прохождения волны в породе будут отсутствовать трещины, перпендикулярные и параллельные фронту волны, длина которых больше $2l$, но меньше новой длины рассматриваемых трещин.

Таким образом, установлено, что обязательным условием роста трещин в породе, превышающих некоторую заданную величину, необходимо чтобы амплитуда волны напряжений, скорость изменения нагрузки и длительность ее воздействия превышали бы некоторые пороговые значения.

Для разупрочнения породы необходимо, чтобы не только амплитуда волны напряжений превышала некоторую определенную величину, но и плотность потока ее мощности также была ограничена снизу значениями, различными для разных горных пород. Следует также отметить, что в плоской упругой волне могут расти трещины лишь в направлениях, перпендикулярных или параллельных фронту волны.

УДК 534.232:627.275

В. В. Колесников

УПРАВЛЕНИЕ РАЗРУШЕНИЕМ НАПРЯЖЕННЫХ ПОРОД С ПОЗИЦИЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ МИКРОМЕХАНИКИ

В напряженных средах, какими являются горные породы, происходит постоянное колебание структурных элементов и обмен энергией между пи-

ми. Естественно, что в таких средах нарушение равновесия сопровождается множественным излучением характерных для конкретного материала импульсов, которые в условиях автоволнового процесса могут распространяться на значительные расстояния и воздействовать на структурные элементы (дефекты), вызывая их развитие, сопровождающееся очередным излучением и так далее. Это свидетельствует о том, что самоорганизация системы в зависимости от условий воздействия (по характеристикам, совпадению фаз и т. п.) происходит в «тормозящем», устойчивом или в спонтанном режиме. Характер воздействия, которое можно создать искусственно, его уровень, а также вызываемые им изменения зависят от состояния среды, преимущественного уровня нарушения структуры, эффекта насыщения и динамики разрушения.

Исходя из основ динамической микромеханики, при образовании структурного нарушения (разрушении элемента среды) излучается или поглощается (при искусственном воздействии-облучении) импульс энергии, которую можно представить суммой элементарных квантов $\mathcal{E} = n \cdot h \cdot \nu$ (n - количество элементарных разрывов структуры, характеризующее уровень структурной иерархии разрушения). Энергетические превращения в среде происходят с разрушением, если импульс энергии превосходит по величине энергию, необходимую на образование новой поверхности или на разрыв связей в структурной решетке. В механике разрушения она равна $\mathcal{E} = 2 \cdot \gamma_0$. Разрыв связей происходит, если в зоне разрыва в соответствии с критерием Гриффитса действует импульс напряжений:

$$\sigma = \sqrt{\frac{2 \cdot E \gamma_0}{\pi \cdot n \cdot a}}, \quad (1)$$

где E - модуль упругости. При этом характерной частотой (или длительностью) импульса является величина:

$$\nu = \frac{c}{\pi \cdot n^2 \cdot a}, \quad (2)$$

С учетом этой величины из соотношения энергий имеем:

$$\gamma_0 = \frac{c \cdot h}{2 \cdot \pi \cdot n \cdot a} \quad (3)$$

Для величины напряжений в импульсе, активно воздействующем на структурные элементы-нарушения (поры, трещины и т. п., определяемые значениями a и n), окончательно получаем:

$$\sigma = \sqrt{\frac{E \cdot c \cdot h}{\pi^2 \cdot n^2 \cdot a^2}}, \quad (4)$$

Из полученного выражения следует, что чем больше объект насыщен элементами верхнего энергетического уровня (например, микродефектами), тем меньший импульс необходим для перевода их в неустойчивое состояние. Такая же закономерность наблюдается и при увеличении размера структурного элемента, то есть при $n \rightarrow \infty$, $a \rightarrow \infty$, $\sigma \rightarrow 0$. Этот вывод подтверждается практикой. Действительно выбросоопасные среды, разрушающиеся при внезапном нарушении равновесия спонтанно, склонны к накоплению микродефектов по деформируемому объему до критических значений и высокой концентрации напряжений. Кроме того, в выбросоопасных средах в 1,5-2,0 раза больше размер зерен и протяженность их контактов, то есть структурных элементов. Из (4) следует еще один важнейший вывод: с учетом (2) получаем

$$\sigma = \sqrt{\frac{E \cdot h}{\pi \cdot a \cdot \tau}}, \quad (5)$$

Откуда следует известный факт, что чем меньше длительность импульса, тем выше его взаимодействие со структурным элементом. В практике ведения горных работ в выбросоопасных средах одним из эффективных мероприятий снижения выбросоопасности является оптимизация взрывных работ путем замедления действия взрыва, то есть увеличения его длительности.

Исходя из изложенного, способность среды к катастрофическому разрушению определяется наличием аномальных зон (по данным института МакНИИ таких зон до 5 % общего объема горных работ), характеризующихся высокой концентрацией напряжений и насыщенностью предельно активными структурными элементами. Для таких условий достаточно незначительного толчка с определенными характеристиками, чтобы произошла катастрофа. А в условиях автоколебательности процесса и самоорганизации системы при режиме множественного импульсного воздействия на гамму существующих структурных элементов реальность указанного явления вполне возможна.

Выполненный анализ показывает, что с привлечением основ динамической микромеханики и механики сплошной среды можно определить критические значения характеристик разрушения (зависимости (1), (4)), по которым можно надежно (так как они в основе своей являются константами материала) контролировать и условия и режим разрушения (критического состоя-

ния). С другой стороны критическое состояние и определенные условия и режим разрушения в предельном состоянии системы (объекта) могут быть достигнуты путем активного воздействия импульсами с параметрами, которые являются характеристиками материала (системы, объекта). Развитие этого направления в геомеханике, основанного на природе и явлениях микроволнового высокочастотного излучения, весьма перспективно и необходимо.

УДК 622.281:624.046

Ю. М. Халимендик, В. А. Чемакин, А. Ю. Спицын, Р. А. Южакова

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАЗРУШЕНИЯ ПОРОД ПРИ ПОДДЕРЖАНИИ ВЫРАБОТОК

Сущность открытия № 43 состоит в экспериментальном установлении и теоретическом обосновании закономерности изменения интенсивности разрушения, обусловленной изменением соотношения компонент напряжений и условий раскрытия трещин в приконтурной области массива, при изменении пригрузки (разгрузки) границы фронта разрушения в результате выемки пород (угля), усиления отпора крепи, увеличения динамики горного давления, при импульсном воздействии и т. д. Это представление является обобщающим и принципиально отличается от существующих взглядов об управлении разрушением пород только отдельными конкретными элементами в динамике или квазистатике.

Практическое использование открытия заключается в применении новых ресурсосберегающих и малоэнергоемких технологий крепления, поддержания горных выработок и добычи угля за счет управляемого освобождения и использования горного давления и несущей способности пород при регулировании разрушения массива в приконтурной области. Поддержание горных выработок за счет ограничения и предотвращения развития разрушения пород в приконтурной зоне позволяет увеличить срок безремонтной эксплуатации до 3-х и более лет.

Работы по использованию результатов открытия №43 на шахте «Западно-Донбасская» проводятся в нескольких направлениях.

При перекреплении выработок увеличение пригрузки достигается применением различных видов жестких крепей и крепей ограниченной податли-