

При $\nu=0$, α_2 и α_3 имеют значения 27° ; при $\nu=1 - \alpha_2=45^\circ$ и $\alpha_3=0$.

Отсюда следует весьма важный для практики вывод, что сплошная среда, коэффициент Пуассона которой близок к единице, не может передавать силовое воздействие от одной ее части к другой посредством касательных напряжений, т.к. внутреннее сопротивление сдвигу такой среды стремится к нулю.

Таким образом, внутреннее трение и коэффициент Пуассона сплошной среды при ее деформировании и разрушении управляют самоорганизацией формирования внутри среды многочисленных топологических структур, принимающих только такие фрактальные формы, которые при минимальных затратах внутренней энергии смещают равновесный деформационный отклик в направлении уменьшения степени внешнего воздействия. Оба эти параметра отражают метрические свойства поля механических напряжений, обусловленных электрическими полями атомного взаимодействия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Страшко В.А., Шумриков В.В. Энергетическая модель прочности горных пород при их механическом разрушении. Сб. научных трудов Национальной горной академии Украины. – Днепропетровск, 1998. №3, т.3. – С.72 – 75.
2. Барон Л.И. Характеристики трения горных пород. – М. "Наука", 1967. –208 с.

УДК 622.831.325:53.082.74

В.Л. Приходченко

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ДЕФОРМИРОВАНИЯ И ЭФФЕКТАХ ПАМЯТИ НАПРЯЖЕННЫХ УГЛЕЙ ПО ИМПУЛЬСНОМУ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМУ ИЗЛУЧЕНИЮ

Розглянуто результати досліджень зразків вугілля в умовах одно-, двох- та трьохосного тиску. Це дозволило оцінити вплив циклічних навантажень на напружено-деформований стан зразків та супроводжуваних процеси щільноутворення та руйнування параметрів імпульсного електромагнітного випромінювання.

Безопасность труда в горнодобывающей отрасли можно обеспечить проведением непрерывного во времени, оперативного, технологичного и бесконтактного геофизического метода контроля и оценки напряженно-деформированного состояния пород. К данным методам, доказавшим свою перспективность в условиях месторождений различного генезиса, относится метод регистрации импульсного электромагнитного излучения (ЭМИ), удовлетворяющий вышеперечисленным особенностям.

При проведении исследований по применению метода ЭМИ в ИГТМ НАН Украины был изготовлен опытный экземпляр регистрирующего устройства, представляющий собой ферритовую двухсекционную антенну, настроенную на фиксированную рабочую частоту: 100, 200, ..., 1000 кГц с шириной полосы пропускания 10...15 кГц.

Образцы угля размером 40x40x40 мм, отобранные с горизонта 865 м пласта "Юльевский" шахты им. К. Маркса, устанавливались на жестком прессе и испытывались в условиях трехосного, двухосного неравнокомпонентного и одноосного нагружения. Одновременно с записью сигналов ЭМИ в процессе деформирования образцов регистрировались показания деформометров и силоиз-

мерителя, а также импульсов акустической эмиссии (АЭ). Регистрация сигналов эмиссий после предварительной фильтрации и усиления велась синхронно на магнитофон и шлейфовый осциллограф.

Ферритовая антенна располагалась в ближней зоне образца и ориентировалась в направлении минимального уровня помех. АЭ регистрировалась сейсмоприемником, установленным на верхней плите прессы. Положение датчиков АЭ и ЭМИ сохранялось постоянным на протяжении испытаний всех образцов.

Образцы угля имели прочность в пределах $\sigma_{сж} = 9,3...49$ МПа и испытывались на прессе, позволяющем снимать запредельную часть кривой “нагрузка – деформация”. Регистрация сигналов ЭМИ и АЭ осуществлялась в едином времени одновременно с началом момента приложения нагрузки до выхода её на остаточную прочность или до полного разрушения. Боковые подпоры в устройстве многоосного сжатия, разработанном в ИГТМ НАН Украины, создаются с помощью специальных элементов трения, которые поддерживают их постоянными по величине в процессе деформирования образца. Нагружения осуществлялись циклически, с постоянной скоростью деформации, по схеме “нагрузка – полная разгрузка”.

В соответствии с теорией Гриффитса процесс разрушения кристаллических тел представляется состоящим из двух стадий: зарождения трещины и её последующего продвижения через материал. Внесем необходимые поправки по учету потери энергии тела на пластические деформации, электромагнитное и акустическое излучения. При образовании прямолинейной трещины длиной L в упругом теле, находящемся под напряжением σ , затрачивается энергия на разрыв межатомных связей. Одновременно с этим запасенная потенциальная энергия может расходоваться на излучение упругих и электромагнитных волн.

С учетом того, что рассматривается образование одномерной трещины, возникает напряженность электрического поля, выражаемая формулой [1,2]:

$$E = \frac{E_0 \lambda}{2\pi c} \left(\frac{L}{R} \right)^3 \Delta\omega,$$

где E_0 - амплитуда напряженности на бортах трещины; λ - длина волны; c - скорость света; R - расстояние от места излучения до приема сигнала; $\Delta\omega$ - частотная полоса приема электромагнитных излучений.

Если при увеличении длины трещины потенциальная энергия не будет возрастать, то произойдет рост трещины и разрушение тела, сопровождающееся излучением акустических и электромагнитных волн.

Для оценки напряженного состояния в случае отсутствия сдвиговых напряжений можно использовать выражение

$$\sigma = \sqrt{3 \left(\frac{4W + 2\rho v^2 + \epsilon\epsilon_0 E^2}{K} \right)},$$

где W - поверхностная энергия; ρ - плотность среды; v - скорость акустических волн в среде; ϵ_0 - электрическая постоянная; ϵ - диэлектрическая проницаемость среды; K - коэффициент объемного сжатия.

Для всех трещин, в которых происходит релаксация за счет пластических деформаций, с учетом распределения напряжений вокруг эллиптического отверстия и условий продвижения трещины Инглиса и Орована [3] возможно равенство:

$$\frac{1}{3} \frac{4W + 2\rho v^2 + \epsilon \epsilon_0 E^2}{K} = \frac{\pi E' W \rho'}{La(1-v)},$$

где E' - модуль Юнга; a - межатомное расстояние между двумя разделяющимися плоскостями в трещине; ρ' - радиус кривизны трещины у конца главной оси; v - коэффициент Пуассона.

Отсюда размеры трещины (a и ρ') находятся в зависимости от магнитных и акустических параметров среды.

В результате критическую длину трещины (по Гриффитсу) связывает с приложенным напряжением и параметрами твердого тела выражение [2]

$$L_{кр} = 3 \frac{E'WK}{4W + 2\rho v^2 + \epsilon \epsilon_0 E^2}.$$

Таким образом, длина критической трещины зависит от совокупностей физических характеристик твердого тела, что приведет к ее различным величинам в разных телах. Это, в свою очередь, вызвано различиями их физико-механических параметров, обусловленных минеральным составом и петрографическим строением горной породы.

Учитывая что трещина является источником ЭМИ, то увеличение амплитуды и длительности электромагнитного сигнала прямо пропорционально связаны с увеличением линейных размеров трещины [2].

Угли, испытанные в условиях трехосного сжатия, характеризуются наибольшей активностью импульсов ЭМИ во времени, по сравнению с двух- и одноосным сжатием. В свою очередь, количество импульсов и ЭМИ, и АЭ, выделившихся при двухосном сжатии, больше, чем при одноосном, и меньше, чем при трехосном за те же временные интервалы.

Однако, несмотря на это отличие, при всех видах нагружения и разных величинах боковых подпорков в углях наблюдается синхронность изменения накопленного числа импульсов АЭ и ЭМИ за интервал времени Δt .

В крепких осадочных и изверженных породах [4] возможно наблюдение эффектов памяти пород при деформациях - эффектов Кайзера, заключающихся в невоспроизводимости параметров АЭ с учетом предшествующих значений напряженно-деформированного состояния породы при повторном нагружении.

В момент превышения уровня предыдущего нагружения происходит резкое увеличение числа упругих импульсов. Для сопоставления поведения ЭМИ с эффектом Кайзера по акустической эмиссии образцы нагружались до одного из уровней $\sigma_i < \sigma_{сж}$, после чего разгружались и вновь в том же режиме нагружались до последующего значения $\sigma_{i+1} > \sigma_i$ и так вплоть до достижения предела прочности образца.

При повторном нагружении образцов после предварительной полной разгрузки вплоть до значения максимальных величин σ_{1max} в первом цикле уровень активностей АЭ и ЭМИ оказывается на порядок меньше, чем в предыдущем цикле. В каждом цикле нагружения максимальное количество импульсов обеих эмиссий, а также максимальные амплитуды и длительности сигналов соответствуют наибольшему значению достигнутых напряжений, а при повторном нагружении увеличение всех вышеперечисленных параметров происходит лишь с момента достижения σ_{max} предыдущего цикла. При этом, если при увеличении нагрузок в последующем цикле до значений в предыдущем, интенсивности эмиссий меньше аналогичного уровня как АЭ, так и ЭМИ в несколько раз, то на последней стадии повторного цикла, при снижении нагрузки, интенсивности по величине превышают значения и АЭ и ЭМИ в предыдущем цикле.

Так как активность эмиссии (и АЭ, и ЭМИ) характеризует интенсивность нарушения структуры образца, а амплитуда зависит от размера трещины и величины приложенной нагрузки (в соответствии с полученными и приведенными ранее аналитическими выражениями), то, регистрируя эти параметры и сопоставляя их друг с другом, можно проследить процесс возникновения и развития дефектов в образце.

В начальный момент под действием механической нагрузки в образце создаются области повышенных напряжений, последние способствуют возникновению максимума концентрации напряжений у вершин трещин. Поскольку для углей характерна синхронность в характере распределения активностей АЭ и ЭМИ за период времени Δt , было установлено, что количество одновременно возникающих сигналов эмиссий колеблется от 10 % на начальной стадии нагружения до 60...70 % при достижении максимальной нагрузки. С переходом в запредельную зону деформирования количество синхронно возникших импульсов ЭМИ и АЭ уменьшается.

Очевидно, что с увеличением действующих нагрузок возрастет интенсивность трещинообразования, на поверхностях разрыва возможны эффекты возбуждения колебания зарядов или же заряженных дислокаций акустическими волнами, что является причиной генерации трещинами одновременно сигналов и АЭ, и ЭМИ. Очевидно, что подобный эффект генерации эмиссий преобладает на завершающей стадии деформирования углей.

Таким образом, в экспериментах по циклическому нагружению образцов углей обнаружено явление запаздывания восстановления достигнутого в предыдущем i -том цикле уровня интенсивности излучений. Это значит, что в каждом последующем ($i+1$) цикле нагружения интенсивность эмиссий достига-

ет уровня интенсивности предыдущего i -го цикла нагружения с некоторым запаздыванием по отношению к величине напряжения σ_i i -того цикла.

Описанные явления для угольных образцов свидетельствуют о целесообразности использования эффектов памяти горных пород по электромагнитному излучению для повышения достоверности контроля состояния напряженного породного массива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О природе электромагнитных волн, излучаемых горными породами при их нагружении / Воробьев А.А., Ширяев В.Д., Защинский Л.А. и др. // Проблемы нефти и газа-Тюмени. - 1974. - Вып. 24. - С. 77-80.
2. Приходченко В.Л. К вопросу о возможности контроля процессов трещинообразования методами акустической и электромагнитной эмиссий. - Днепрпетровск, 1989. - 15 с.: ил.-Библиогр.: 15 назв.-Деп. в ВИНТИ 02.06.89, № 4052-В89.
3. Orvan E.O. Fracture and strength of solids // Repts on Progress in Physics.-New York.-1948.-N 12.-P.185-232.
4. Термоэмиссионные эффекты / Ржевский В.В., Ямщиков В.С., Шкуратник В.Л. и др. // Доклады АН СССР. - 1985. - 283. - № 4. - С.845-846.

УДК 622.016.63

А.П.Круковский

ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА МАССИВ АНКЕРОВ С ХИМИЧЕСКИМ ЗАКРЕПИТЕЛЕМ

Розглянуті особливості взаємодії анкерів з хімічним закріплювачем з гірським масивом.

В последние годы на угольных шахтах Европы и Америки широкое распространение получило анкерное крепление горных выработок. В некоторых странах (Англия) до 90 % выработок закреплено анкерами. Это связано с тем, что технические и экономические показатели, как установки, так и эксплуатации анкерных крепей значительно выше традиционных рамных. Данные преимущества обеспечили достаточно быстрое внедрение анкерного способа крепления.

Анкерное крепление в Украине применяется давно. Но в последние годы изменился характер применения анкерov. Ранее анкерное крепление применяли как сопутствующее и усиливающее крепление на стыках выработок и околоствольных дворов, и как самостоятельное, в выработках I категории устойчивости. Сейчас анкерное крепление применяется как основное, и в связи с тем, что увеличались глубины разработки значительно возросли и требования к силовым характеристикам анкерov. Несущая способность требуется от 10 до 50 тонн и выше. Диаметр арматуры для анкера до 28 мм, с глубиной установки до 2,4 м. Кроме того, условия закрепления горных выработок сильно зависят от горно-геологических и горно-технических условий эксплуатации выработки.

Традиционно на шахтах для крепления горных выработок применяются податливые крепи. Арочное крепление относится к креплению поддерживающего типа. Анкерное крепление, в отличие от арочного, является активным. Оно образует с породами кровли жесткую систему, которая оказывает активное сопротивление сдвигу пород кровли.

Существует много способов анкерного крепления. В глубоких шахтах, в условиях высокого напряжения окружающих пород необходима жесткая система крепления, активно препятствующая сдвигу кровли выработки.