

3. Александров В.Г. Вопросы управления горным давлением на тонких крутых пластах Донбасса / Монография под ред. С.С. Гребенкина. – Донецк: Лебедь, 1998. – 288 с.

4. Мьякенький В.И. Сдвигание и дегазация пород и угольных пластов при очистных работах. – Киев: Наукова думка, 1975. – 100с.

5. Борисов А.А., Матанцев В.И., Овчаренко Б.П., Воскобоев Ф.Н. Управление горным давлением. – М.: Недра, 1983. – 168 с.

УДК 622.023.62:539.4

О.В. Плотников, І.Ю. Петрусенко

МЕХАНІКО-МАТЕМАТИЧНІ І ФІЗИКО-ХІМІЧНІ МОДЕЛІ ТРІЩИНОУТВОРЕННЯ В ПОРОДАХ ЗАЛІЗИСТО-КРЕМЕНИСТИХ ФОРМАЦІЙ

Установлены закономерности трещенообразования и пространственного развития трещеноватости, которые учитываются при разработке железнорудных месторождений. прогнозе трещеноватых зон массиву горных пород при проведении буровзрывных работ, устойчивости бортов карьеров, гидрогеологического режима месторождений.

Питанню утворення і розвитку тріщинуватості присвячено велику кількість робіт як закордонних, так і українських вчених. Існує два основних напрямки в підході до умов утворення тріщин. Представники першого напрямку вивчають механіко-математичну сторону проблеми. Завдяки розвитку цього напрямку поверхні тріщин довгий час розглядалися як продовжні площини, що утворюються за законами деформації твердого тіла (Г. Сорбі, Г. Беккер, Б. Зандер, А.П. Пек, Х. Клоос, Г. Д. Ажгірей та інш.).

В основі другого напрямку лежить фізико-хімічне вивчення умов утворення порід. Фундаторами цього напрямку є В.Гольдшміт і П. Ескола. Фізико-хімічний напрямок в тріщиноутворенні розвивався в роботах Т. Барта, Д.С. Коржинського, Г. Рамберга, А.А. Маракушева, Ф. Тернера та інш. Фізико-хімічні умови утворення тріщин вивчаються вже понад 200 років.

В Україні фундатором вивчення тріщиноутворення став В.І. Бондарчук [1], який висловив думку про утворення тріщинуватості внаслідок метаморфогенних процесів. Найбільш детально проблема тріщиноутворення в залізисто-кременистих формаціях Українського щита висвітлена в роботах Г.В. Тохтуєва [6-8], який пояснював розвиток тріщин і розломів фізико-механічними властивостями гірських порід. Він також встановив взаємний зв'язок між тріщинуватістю, сланцюватістю і кліважем. Процес утворення тріщинуватості він пояснював подальшим розвитком сланцюватості і кліважу. Основними причинами зародження тріщини він вважав повернення і розкол зерен за спайністю, які призводять до орієнтованого положення мінеральних індивідів, розвитку кліважу і тріщинуватості. Утворення тріщинуватості внаслідок подальшого розвитку сланцюватості і кліважу Г.В. Тохтуєв пояснював наступною схемою. В перші стадії свого розвитку особливо в залізистих горизонтах вона, відрізняючись субпаралельною орієнтовкою, може відхилятися від директивного напрямку на 35-70%. При подібній мінливості напрямку кліважу змінюється і положення еліпсоїду деформації, оскільки за існуючими уявленнями багатьох дослідників одне з кругових пересічень

еліпсоїду деформації повинно співпадати з орієнтуванням поверхнею сланцеватості і кліважу. При такому допущенні використання орієнтування еліпсоїду деформації втрачає всякий теоретичний і практичний сенс. Воно не може допомогти як при визначенні сили деформації, так і при визначенні її причин. Саме така ситуація виникає при дослідженні закономірностей поведінки тріщинуватості на контактах сланцевих і залізистих горизонтів. На початковій стадії процесу тріщинуватість з'являється в сланцевому горизонті, а простягання тріщин співпадає з контактом горизонту залізистих кварцитів облямовуючи його. В цьому випадку зміна простягання тріщинуватості і побудованих згідно з цим еліпсоїдів деформації не дає уяви як про напрямок, так і про величину тектонічних сил.

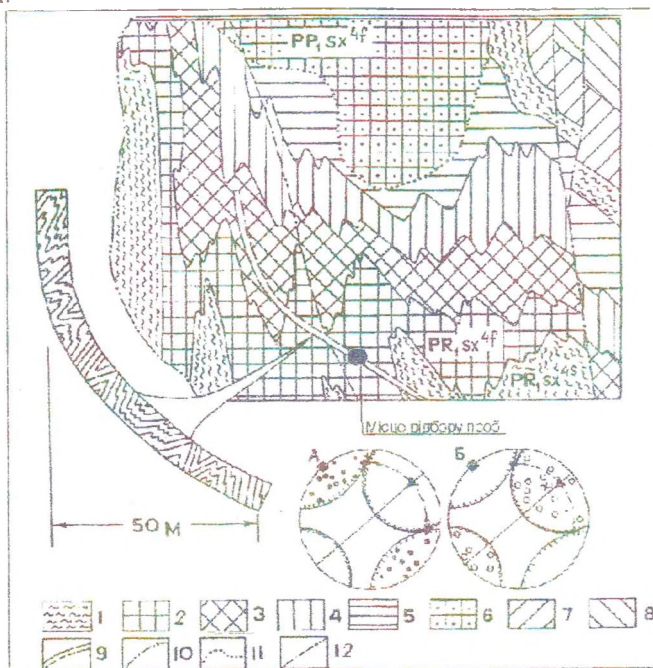
Продовженням ідей Г.В. Тохтуєва явились роботи Б.А. Занкевича [2,3,4] в яких удосконалюється фізико-механічний напрямок в розломо- та тріщиноутворенні порід залізо-кременистих формацій.

В наступний час в рудниковій геології проблема тріщиноутворення взагалі і проблема прогнозування тріщинуватості зокрема набуває важливого значення. Це пов'язане, в першу чергу, з поглибленням кар'єрів і шахт і виникненням у зв'язку з цим проблем стійкості гірничих виробок та їх гідрогеологічним режимом. Крім того, відсутність на Україні бази по виробництву гранульованих вибухових речовин змушує гірничовидобувні підприємства переходити на вибухову відбійку гірських порід рідкими (гарячевиливними, водоемульсійними, водогелевими та інш.) вибуховими речовинами, які поглинаються в зонах тріщинуватості. Тому дослідження механіко-математичних та фізико-хімічних факторів тріщиноутворення і прогнозування тріщинуватості допоможе вирішити проблеми поглинання гарячевиливних вибухових речовин в зонах тріщинуватості, а також уникнути пов'язаних з цим фінансових витрат і забезпеченням безпеки праці на гірничовидобувних підприємствах України.

Для розробки фізико-хімічної і механіко-математичної моделей тріщиноутворення в породах залізо-кременистої формації були проведені емпіричні дослідження на Скелеватському Магнетитовому родовищі. В межах родовища вибирались тектонічно однорідні ділянки: східні крила складок другого порядку східного крила Основної синкліналі і ядра синклінальних або антиклінальних складок замикання Основної синкліналі. В межах цих ділянок відбирались проби в яких вивчались фізико-механічні і мінералогічно-петрографічні властивості порід. Для цих же порід в забої уступів кар'єра визначалась щільність тріщинуватості (рис. 1).

В результаті досліджень були побудовані моделі тріщиноутворення в залізистих кварцитах докембрію, які показали, що тріщинуватість порід визначається властивостями основних породоутворюючих мінералів, серед яких найвпливовішими є морфологія, анатомія, характер зрощень, наявність і об'ємний відсоток включень, щільність тощо [5]. В магнетитових відмінах кварцитів найбільша ступінь тріщинуватості спостерігається там, де магнетит має блокову, чи мозаїчно-блокову анатомію. Тут утворюються дисперсні зони

блокування, що зумовлюють неоднорідність індивідів і агрегатів магнетиту по фізико-механічним властивостям, насамперед неоднорідність по міцності. Тріщинуватість магнетитових відмін кварцитів знижується при збільшенні в породах епітаксичних типів зрощень магнетиту, а також зрощень магнетиту з кумінгтонітом.



1 - кварц-хлорит-біотитові, кварц-хлорит-амфіболові сланці, 2-6 - кварцити четвертого залізного горизонту: 2 - силікат-карбонат-магнетитові, 3 - магнетитові з карбонатом, 4 - гематит-магнетитові, 5 - карбонат-магнетитові, 6 - окислені кварцити, 7 - гематит-магнетитові і мартитові кварцити, 8 - мартит-гематитові кварцити, 9 - уступи кар'єру, 10 - границя кар'єру, 11 - межа зони окислення, 12 - розривні порушення. А-Б - стереограми розподілення локальних полів напружень σ_1 (А) і σ_3 (Б).

Рис. 1 – Геолого-структурна карта і поля тектонічних напружень північно-західної частини Скелаваського Магнетитового родовища.

Вплив гранулометричного складу магнетиту і кількості мікрочлукочень проявляється в зниженні тріщинуватості при наявності в неокислених кварцитах тонкорозпиленого мікрористалічного магнетиту з індивідами 0.003-0.02 мм, або ж при значній кількості мікрочлукочень тієї ж розмірності в магнетитових зростках. Такі структурні особливості характерні для практично нетріщинуватих кварцитів. Навпаки, для тріщинуватих відмін типовими є крупні магнетитові зростання розміром десяти долі міліметра, які позбавлені мікрочлукочень інших мінералів. Кварцитам з проміжною тріщинуватістю

властиві обидві з зазначених структурних особливостей або ж зростання магнетиту з іншими мінералами з крупністю зерен та зростків 0,06-0,1 мм.

За впливом на тріщиноутворення типи зрощень магнетиту з іншими мінералами утворюють наступний ряд: рудна запиленість → зерниста вкрапленість → крупнозерниста поліедрична вкрапленість → крупнозерниста поліедрична гілчаста вкрапленість → петельчасто-зросткова вкрапленість → смугасто-зросткова будова → суцільні рудні шари.

Серед фізико-механічних властивостей магнетиту найвразливіше впливають на тріщиноутворення такі показники як мікротвердість кристалів, середній діаметр і об'ємний відсоток мікропор. Зі зменшенням мікротвердості магнетиту і збільшенням середнього діаметра і об'ємного відсотка мікропор збільшується ступінь тріщинуватості порід.

Найважливішим фактором тріщинуватості магнетитових відмін кварцитів є неоднорідність індивідів і агрегатів магнетиту. Кристали магнетиту в докембрійських залізисто-кременистих формаціях є твердими розчинами з мікровключеннями продуктів розпада і характеризуються мікроблочною будовою. Саме контакти мікроблоків в кристалах магнетиту є поверхнями, вздовж яких циркулюють розчини, що призводить до утворення тут ослаблених зон, мікротріщинуватості і тріщинуватості взагалі.

На тріщинуватість гематитових і гематит-магнетитових відмін залізистих кварцитів впливають такі властивості гематиту, як морфологія, характер зрощень з іншими мінералами, мікротвердість. Підвищення в породах гематиту пластинчастої морфології призводить до підвищення інтенсивності тріщинуватості порід, збільшення об'ємного відсотка ромбодричного гематиту, навпаки, зменшує тріщинуватість кварцитів. Гематит таблитчастої форми не впливає на процеси тріщиноутворення.

Зі збільшенням в гематитових і гематит-магнетитових кварцитах об'ємного відсотка рудних прошарків їх тріщинуватість збільшується, а зі збільшенням змішаних прошарків, навпаки, зменшується. Для гематитових і гематит-магнетитових кварцитів одним із мінералогічних факторів тріщиноутворення є об'ємний відсоток рудних прошарків.

Зі зменшенням мікротвердості індивідів гематиту, як по площинам ромбоєдра, так і по площинам пінакоїда інтенсивність тріщинуватості гематитових відмін кварцитів збільшується. Проте більш впливовим на інтенсивність тріщинуватості є змінення мікротвердості індивідів гематиту по площинам ромбоєдра, ніж по площинам пінакоїда.

Морфологічні властивості кварцу впливають на тріщинуватість практично всіх відмін залізистих кварцитів. Найбільший ступінь тріщинуватості спостерігається в породах, в яких кварц представлений переважно полігональними зернами. В кварцитах, в яких кварц представлений ксеноморфними зернами тріщинуватість зменшується. Серед фізико-механічних властивостей кварцу найбільший вплив на тріщиноутворення

виявляє мікротвердість, зі збільшенням якої зменшується ступінь тріщинуватості практично всіх відмін залізистих кварцитів.

Морфологічні властивості кумінгтоніту впливають на ступінь тріщинуватості кумінгтонітових відмін залізистих кварцитів. Інтенсивність тріщинуватості вища в породах, що складені тонкопризматичним, голчастим і променистим кумінгтонітом, ніж в породах, які складені спітано-волокнистими і снопоподібними агрегатами кумінгтоніту. Серед фізико-механічних властивостей кумінгтоніту найбільший вплив на тріщиноутворення виявляє щільність, зі збільшенням якої зменшується ступінь тріщинуватості кумінгтонітових відмін залізистих кварцитів.

На гірничо-геологічні умови розробки родовищ залізистих кварцитів впливають переважно міжшарові і внутрішньшарові тріщини. Це пояснюється тим, що саме ці просторово-генетичні типи тріщин є найбільш розповсюдженими в породах залізисто-кременистої формації. Їх вплив на гірничо-геологічні умови розробки пояснюється тим, що міжшарові і внутрішньшарові тріщини являють собою гідрогеологічно відкриті зони. Саме цьому їм поглинається біля 85% вибухових речовин.

Поширення міжшарових і внутрішньшарових тріщин в межах родовищ залізистих кварцитів контролюється двома факторами: мінералогічним і структурно-тектонічним. Дія мінералогічного фактора полягає в тому, що тріщини відшарування виникають на межах шарів, які складені мінералами з досконалою, або зовсім досконалою спайністю в одному напрямку, або які здатні утворювати видовжені листоваті індивіди. Мінерали в цьому випадку представлені переважно листовими (слюди, хлорити) і ланцюговими (амфіболи) водовміщуючими силікатами. Найбільш сприятливим фактором для розвитку тріщин відшарування є присутність листових силікатів (біотиту, мусковіту, хлориту), а також тальку. Луски цих мінералів розташовуються паралельно межах прошарків, утворюючи в цих напрямках ослаблені зони. На ділянках родовищ, які складені породами, в яких перемежаються шари, що вміщують агрегати променистих амфіболів (кумінгтоніт, рибекіт, арфедсоніт) тріщини відшарування не утворюються. В породах, які представлені шарами переважно кварцевого і карбонатного складу тріщини відшарування також не утворюються. В цих типах порід іноді виникає кліваж.

Структурно-тектонічний фактор проявляється в контролі більш крупними структурними елементами поширення міжшарової і внутрішньшарової тріщинуватості. В межах південної частини Інгулецького родовища тріщинуваті зони поширені в крилах і ядрах антиклінальних складок. В той же час розташовані поруч синклінальні структури майже не тріщинуваті.

Виявлені закономірності тріщиноутворення і просторового розвитку тріщинуватості враховуються при розробці залізорудних родовищ: прогнозі тріщинуватих зон проникненості масиву гірських порід при проведенні буровибухових робіт, стійкості бортів кар'єрів, гідрогеологічного режиму родовищ тощо.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бондарчук В.Г. Очерк тектонического строения территории Украинской ССР// Геол. журн. 1955. Т.15. Вып.3. С. 27-29.
2. Занкевич Б.О. Структурна еволюція Криворізько-Кременчуцької залізорудної зони Українського щита у протерозой: Автореф. дис. - д-ра геол. наук: 04.00.11 / Держ. наук. Центр радіогеохімії навколишнього середовища НАН України.- Київ, 1996.- 46 с.
3. Занкевич Б.А. Элементы сдвиговой тектоники в структуре Криворожского бассейна// Труды 1 Всесоюзного совещания по сдвиговой тектонике. Вып. III. Роль сдвиговой тектоники в образовании и размещении месторождений полезных ископаемых.- Л.: Ротапринт ЛГИ.- 1988. С. 93-96.
4. Занкевич Б.А. Геодинамическая модель Криворожско-Кременчугской зоны Украинского щита// труды Междунар. конф. «Глубинное строение литосферы и нетрадиционное использование недр Земли».- Киев: изд-во Госкомгеол. Украины.- 1996.- с. 155-156.
5. Плотников О.В., Петрусенко І.Ю. Тріщиноутворення в залізистих кварцитах докембрію. - Кривий Ріг: вид-во Науково-дослідного гірничорудного інституту.- 1998.- 186 с.
6. Тохтуев Г.В., Занкевич Б.А. О морфокинематической классификации складчатых структур Криворожского бассейна // Перспективы развития богатых железных руд Криворожского бассейна на глубину. Киев: 1975. С. 72-75.
7. Тохтуев Г.В., Еремеев Г.П. Структурные закономерности локализации богатых железных руд сакаганского типа. Препр/ АН УССР, ИГФМ. Киев: 1976. 69 с.
8. Тохтуев Г.В., Тохтуев Е.Г. О комплексе критериев для систематики складок / Перспективы развития богатых железных руд Криворожского бассейна на глубину. Киев: 1975. С. 67-70.

УДК 622.831:622.016.22

В.В. Левит, С.П. Мусиенко

ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПРИКОНТУРНОГО И ГЛУБИННОГО УПРАВЛЕНИЯ СВОЙСТВАМИ ПОРОД ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ШАХТНЫХ СТВОЛОВ

На основі шахтних досліджень обґрунтовані геомеханічні передумови формування в гірському масиві глибинних демпфіруючих і приконтурних вантажонесучих охоронних оболонок для підвищення стійкості та гідрозахисту вертикальних стовбурів вугільних шахт.

Затруднение, которое имеет место в выборе средств и способов крепления и поддержания вертикальных стволов угольных шахт можно объяснить, прежде всего, низкой научной обоснованностью технических и технологических разработок. В работе [1] показано, что интегрирующим элементом управления состоянием геотехнической системы «вертикальный ствол» является подсистема структуры влияющего взаимодействия ее элементов и управляемого взаимодействия на них, которая базируется на учете совместной работы крепи, массива пород и регулятивных элементов, обеспечивающих повышение ее эффективности. Показателями такой работы являются, с одной стороны, закономерности деформирования пород вблизи ствола и величины нагрузок на его крепь, а с другой – параметры управляющих воздействий на систему.

Чрезмерное многообразие условий сооружения свойств обуславливает необходимость исследования этих процессов. В первую очередь важно знать механизм разрушения и количественные показатели состояния приконтурных пород с точки зрения использования свойств пород для поглощения деформаций смежающегося в полость ствола массива, а также возможности вовлечения их в схранный конструктив крепи путем использования несущей способности массива пород. Здесь следует указать на еще одно важное обстоятельство. Продуктивные толщи Донбасса характеризуются развитием в них водоносных гори-