

ВСТАНОВЛЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ ЕКРАНУЮЧОЇ ЩІЛИНИ ПРИ КОНТУРНОМУ ПІДРИВАННІ НА КАР'ЄРАХ

Одним з негативних наслідків при проведенні масових вибухів на кар'єрах є руйнування законтурного масиву гірських порід. Це спричиняє зниження стійкості відкосів уступів, приводить до виположування укосів у порівнянні із проектом і вимагає додаткових витрат на штучне зміцнення укосів уступів або рознесення бортів з метою відновлення транспортних берм на граничному контурі кар'єру, а також значно ускладнює наступне виконання буропідричних робіт (БПР). Для усунення вказаних недоліків застосовують метод контурного підривання, який, за рахунок створення екрануючої площини, дозволяє отримати відносно рівну і стійку поверхню відкосу уступу та зменшити об'єм руйнування за проектним контуром.

На даний час досягнуто значного прогресу в області застосування контурного підривання на відкритих гірничих роботах. Однак не вирішений ряд ключових питань, пов'язаних з вибором раціональних параметрів контурного підривання, прогнозу оцінкою і вибором методів підвищення ефективності спеціальної технології формування кутів укосів уступів. Одним з найбільш істотних недоліків є те, що вимоги стійкості уступів не враховується при виборі параметрів БПР. Вплив спеціальних методів ведення вибухових робіт на стійкість відкосів уступів лише констатується після виконання робіт.

У практиці знайшли застосування три способи контурного підривання: гладке підривання, підривання контурних зарядів одночасно з основними промисловими свердловинами і попереднє щілеутворення. Спосіб гладкого підривання передбачає підривання оконтурюючих зарядів після розпушування породи в приконтурній зоні. Він забезпечує відбійку найбільш порушеної частини гірського масиву і отримання гладкої поверхні відриву по лінії оконтурюючих зарядів вибухових речовин. Спосіб повністю відповідає вимогам високої точності оконтурювання профільованої виробки і знайшов застосування в шахтному будівництві.

Другий спосіб передбачає використання контурних зближених свердловин з невеликими зарядами ВР, які підриваються одночасно з основними рядами свердловин. Такий підхід є спрощеним, але він не повністю забезпечує недоторканість гірського масиву за контуром блоку, що руйнується.

Спосіб попереднього щілеутворення передбачає підривання свердловини, що пробурені по контуру блоку, раніше основних свердловин або до підходу вибухових робіт на цій дільниці. При цьому ще до вибуху основних зарядів дроблення по проектному контуру створюється екрануюча щілина. Наявність такої щілини дозволяє знизити в 2-4 рази напруження на фронті хвилі стиснення, що генерується вибухом основних зарядів, і тим самим, зменшити ширину зони деформацій.

Екрануюча щілина по проектному контуру створюється шляхом одночасного підривання ряду зближених оконтурюючих свердловинних зарядів. Заряди, розташовуються в свердловинах рівномірно по всій довжині. Конструктивно можуть використовуватися заряди з гірлянд патронів вибухових речовин (ВР), шлангові заряди сипучих ВР у оболонках, а також заряди з повітряним проміжком. Наявність повітряного зазору сприяє гасінню ударних хвиль. В результаті навіть при використанні бризантних вибухових речовин дія вибуху на масиві наближається до дії фугасних ВР.

Незважаючи на різні підходи до реалізації вищезазначених способів, в усіх них за результатами підривання контурних свердловин утворюється тріщина або шар зруйнованої гірничої маси, який екранує ударні хвилі, тобто запобігає проходженню їх в законтурний гірський масив. Тому принципової різниці між наведеними способами не існує. У зв'язку з цим якість контурного підривання і вплив на нього різних факторів можна розглядати для всіх зазначених способів разом.

Відповідно до теорії вибуху при проходженні по вибуховій речовині детонаційної хвилі утворюються газоподібні продукти детонації, тиск яких досягається в початковий період кількох сотень тисяч атмосфер.

Швидке розширення продуктів детонації приводить до стрибкоподібної зміни тиску і щільності в навколишньому середовищі (гірському масиві), тобто генерується ударна хвиля. При оптимальних параметрах контурних зарядів тиск на фронті ударної хвилі на стінках свердловин істотно знижується і вона швидко трансформується у хвилю напружень. Це підтверджується повною відсутністю зони зминання на збережених слідах контурних свердловин.

У зоні дії хвиль напружень руйнування масиву відбувається за рахунок розтягуючих напружень. Динамічні напруження, які викликані вибухом контурного заряду, діють протягом лише десятків мікросекунд, і приводять лише до деякого ослаблення масиву за рахунок збільшення довжини тріщин, що були в масиві.

Подальший розвиток тріщин визначається квазістатичними напруженнями, викликаними тиском газоподібних продуктів детонації на стінки свердловин. Тривалість фази тиску газів вибуху при підриванні 15-40 метрових уступів становить 8-20 мс.

Сумарні напруження від сусідніх зарядів визначає напрямок максимального руйнування масиву по лінії зарядів. По мірі віддалення від площини розташування зарядів, сумарні значення напружень від вибуху сусідніх зарядів знижується. На деякій відстані значення розтягуючих напружень стає рівним динамічній міцності породи. Ця умова визначає найбільше відхилення границі зони дроблення окремоствій від площини розташування зарядів для будь-якої її точки.

Реальний масив зазвичай розсічений декількома системами тріщин і, крім того, має ряд хаотично орієнтованих тріщин, що значною мірою ускладнює механізм утворень екрануючого шару із подрібненої породи. При крупноблочній будові масиву, коли розміри структурних блоків перевищують або близькі до прийнятого значення відстані між оконтурюючими зарядами, природна тріщинуватість мало впливає на ширину зони подрібнення по лінії зарядів. У цьому випадку ширина цієї зони по лінії зарядів порівняно витримана, а поверхня відкосу виходить найбільш гладкою. Виключенням є випадок, коли площина розташування контурних зарядів паралельна (або перетинає під малим кутом) основній системі природних тріщин. У цьому випадку відбувається розкриття вже наявних у місіві тріщин при незначному утворенні нових.

При мілкоблочній будові масиву і відсутності тріщин, паралельних площині розташування зарядів, ширина зони інтенсивного дроблення знижується. Це пояснюється частковим розвантаженням масиву за рахунок можливості деяких переміщень по тріщинах різних систем і нерівномірним розподілом навантажень на сусідні структурні блоки по лінії зарядів. Значно менші розміри структурних блоків у порівнянні з відстанню між зарядами визначають наявність поверхонь ослаблення (міжблочних тріщин) у безпосередній близькості від площини зарядів. Для руйнування масиву по міжблочним тріщинам не потрібно настільки високих напружень, як для руйнування окремостей. Тому в мілкоблочному масиві зона подрібнення по площині оконтурюючих зарядів обрамлена зоною руйнування по міжблочним тріщинам. Останнє є причиною великої нерівності поверхні укосу в порівнянні з великоблочним масивом. Спостереженнями встановлено, що ці нерівності зазвичай становлять одну чверть від відстані між зарядами, а в найбільш несприятливих випадках можуть досягати половини відстані між зарядами, що сходиться з теорією існування ізотропних зон. Однак нерівність поверхні укосу не характеризує стійкість уступу. На кар'єрах немає необхідності в досягненні ідеально гладкої поверхні укосу і застосуванні певного ступеню нерівності для оцінки правильності обраних параметрів контурного підривання.

При завідкості уступу, складеного мілкоблочними породами, у випадку розміщення оконтурюючих зарядів у площині, що перетинає систему яскраво виражених тріщин під малим кутом, утворення екрануючої щілини відбувається за рахунок розкриття декількох тріщин цієї системи і часткового дроблення окремостей по лінії зарядів. Поверхня укосу, при цьому, має східчастий вигляд. Сліди свердловин зберігаються погано.

Враховуючи високу швидкість росту тріщин у породі (від 200 до 1800 м/с) і відносно невелику відстань між оконтурюючими зарядами (до 3,0 м), можна оцінити час, необхідний для утворення суцільної тріщини по лінії зарядів. Навіть за припущенням, що тріщини розвиваються тільки від свердловин, час, необхідний для зростання тріщин і утворення суцільної щілини складе мілісекунди, що майже на порядок менше часу підтримки продуктів детонації вибухової речовини у підривній порожнині. Настільки значна різниця дозволяє вважати, що дроблення породи по лінії свердловин відбувається при впливі розтягуючих напружень, викликаних квазістатичним тиском продуктів детонації, рівним середньому тиску в свердловині в початковий момент навантаження.

По мірі розкриття щілини тиск знижується і у деякий момент урівноважується реакцією масиву. Розкриття щілини в цей момент досягає свого найбільшого значення. Подальше зниження тиску продуктів детонації приводить до часткового схлопування щілини за рахунок пружного відновлення форми деформованих окремостей і часткового розкриття міжблочних тріщин. Повному схлопуванню екрануючої щілини, можливо, перешкоджає наявність у ній твердого заповнювача із подрібненої породи. Незалежно від ширини зони подрібнення і розкриття щілини, порожнина заповнена на 25-35%. За структурою екрануючий шар являє собою набір пластиноподібних шматків породи, тріщини між якими частково заповнені затисненими шматками породи більш дрібних фракцій. Всі шматки перетерпіли деякі переміщення в процесі витікання продуктів детонації.