УДК 622.013.364.2

В.О. КАЛІНІЧЕНКО, д-р техн. наук, проф.,
В.М. ТАРАСЮТІН, С.В. ПИСЬМЕННИЙ, кандидати техн. наук, доц.,
О.Л. ШЕПЕЛЬ, канд. техн. наук, Криворізький національний університет

ПРО ПИТАННЯ ЗНИЖЕННЯ ВТРАТ РУДИ НА ЛЕЖАЧОМУ БОЦІ ПОКЛАДІВ

У запропонованому дослідженні розглянута ефективність відбійки руди на затиснуте середовище при системах розробки підповерхового обвалення руди й вміщувальних порід. Наведено умови застосування відбійки руди на затиснене середовище, а також напруження, які виникають у масиві руди при пошаровій відбійці. Запропоновано спосіб зменшення втрат енергії вибухової хвилі в руді при наступних вибухах. Можливі шляхи вдосконалення технології відпрацювання родовищ, що забезпечить зниження втрат руди на лежачому боці покладу. Розглянуто ефективний варіант буріння глибоких свердловин з бурових ніш, розташованих на горизонті буріння й доставки. Проаналізовано основні відомі способи й методи, що сприяють зниженню втрат руди трикутника лежачого боку. Запропоновано необхідну послідовність відбійки руди на затиснуте середовище й необхідні параметри буропідривних робіт. Проаналізовано необхідну величину коефіцієнта розпушення відбитої руди на контакті з порожніми породами лежачого боку покладу. Розглянуто технічні характеристики закордонної бурової техніки, що призначена для проходки підняттєвих виробок. Запропоновано метод підвищення ефективності за рахунок збільшення вилучення руди шляхом застосування продуктивного самохідного встаткування при відбійці руди на затиснуте середовище.

Проблема і її зв'язок з науковими або практичними завданнями. Сучасна практика свідчить, що зі збільшенням глибини розробки збільшується тиск гірничих порід, ускладнюючи відпрацювання ділянок покладів залізних руд та погіршуючи кількісні показники видобутку руди.

При відпрацюванні крутоспадних покладів із застосуванням систем підповерхового обвалення руди та вміщуючих порід з відбійкою руди на затиснуте середовище біля лежачого боку залишається приблизно 20 % запасів руди, які потребують їх вилучення [1-6]. Завдяки додатковому вилученню руди досягається зменшення собівартості видобутку руди. Отже, особливу увагу треба приділяти ефективному видобуванню залишених запасів руди на лежачому боці покладів.

Тому, створення технологій відпрацювання запасів руди, що контактують з лежачим боком крутоспадних покладів є актуальною науковою задачею, яка має важливе практичне значення.

Аналіз досліджень і публікацій. Вивчення гірничотехнічної літератури показує, що наукових праць з ефективними рішеннями даної задачі при підземній розробці залізорудних родовищ дуже мало.

На сьогодні для зменшення втрат руди на лежачому боці при відпрацюванні покладів на шахтах Криворізького басейну застосовуються наступні основні способи: першочергове або другочергове відпрацювання трикутника лежачого боку покладів [7]; утворення додаткових підповерхових випускних виробок у породах лежачого боку [8].

Також можливе застосування способу зміщення руди з лежачого боку покладу в активну зону випуску вибухом зарядів вибухових речовин, які розташовані в лежачому боці покладу [9].

Безумовно вищеописані способи характеризуються наступними недоліками: значні витрати підготовчо-нарізних виробок на 1000 т руди; підвищення собівартості видобутку 1 т руди; можливе порушення ведення гірських робіт; зменшення вмісту заліза у добутій руді при засміченні, яке має місце при вибуховому зміщенні з лежачого боку покладу.

*Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми***.** Отже, необхідно розробити, або вдосконалити існуючі технології відпрацювання крутоспадних покладів, які характеризуються більшими показниками видобутку руди, із застосуванням продуктивного самохідного обладнання при відбійці руди на затиснуте середовище.

Викладення матеріалу й результати. Загальний інтерес та науково-практичну цінність представляє обґрунтування коефіцієнта розпушення на контакті з пустими породами лежачого боку покладу. Сприятливі умови для розпушення руди створюються при відбійці її на компенсаційний простір. Збільшення об'єму руди, що підривається в «затиску», може відбуватися за рахунок ущільнення раніше відбитої руди, що стискається. У цьому випадку компенсаційних виробок у масиві не потрібно, тому в «затиску» можлива, як свердловинна відбійка, так і застосування вертикальних концентрованих зарядів.

За необхідної умови зменшення собівартості видобутку 1 т руди варіант відбійки на затиснуте середовище - найкращий.

© Калініченко В.Р., Тарасютін В.М., Письменний С.В., Шепель О.Л., 2015

Відбійка в «затиску» може застосовуватися при потужних й середньої потужності покладах з будь-яким кутом падіння, де руди міцні і середньої міцності, а також у м'яких рудах, якщо вони не обводнені і не дуже злежуються.

Основними перевагами відбійки в «затиску» є: зниження виходу негабариту руди при відбійці, що інтенсифікує випуск та доставку руди у 1,5-2 рази; виключення проведення спеціальних нарізних виробок; простота схеми відбійки руди; можливість застосування у складних гірничо-геологічних та гірничотехнічних умовах; невелика питома довжина нарізних виробок; скорочення витрат на проходку бурових виробок; відсутність витрат на утворення відкритого компенсаційного простору.

Коефіцієнт розпушення при відбійці на відкриті очисні простори змінюється від 1,2 до 1,4. При відбійці на затиснуте середовище (у «затиску») коефіцієнт розпушення становить у середньому k_p = 1,05-1,19 [7].

Головним недоліком відбійки руди у «затиску» - є складність при випуску перших доз ущільненої вибухом руди.

Отже, додатково необхідно приділити увагу вирішенню питання безперешкодного випуску руди на початковому етапі.

Цього можна досягти за рахунок часткового випуску відбитої руди (приблизно 20%), перед відбійкою, це дозволяє зменшити втрати енергії вибухової хвилі в руді при наступних вибухах, а також підриванням необхідного числа рядів, при якому руда не буде занадто ущільненою.

Зсув раніше відбитої руди, що стискається, у вибої після вибуху першого ряду свердловин становить 2-2,5 м і досягає 3 м при підриванні 4-5 рядів, а надалі припиняється.

Напруження, що виникають при ударі можуть бути визначені з умови рівності кількості руху імпульсу сили

$$mv = Ft\,, \qquad (1)$$

де v - швидкість руху шару руди в момент удару, м/с; F – сила удару, даН; t – тривалість дії удару, с; m – маса шару руди, що підривається, кг.

При підриванні перших рядів свердловин у «затиску» частина енергії прямої хвилі (близько 25%) переходить у раніше відбиту руду, що стискається. Відповідно зменшується енергія відбитої хвилі, що подрібнює масив у першій фазі, тому у другій фазі якість подрібнення руди покращується.

У зв'язку з опором з боку раніше відбитої руди, що стискається, і протитиском газів збільшується тривалість дії в масиві напружень, викликаних вибухом, що також сприяє більш повному використанню його енергії.

Величина лінії найменшого опору розраховується відповідно діаметра вибухових свердловин. Інтервал короткоуповільненого підривання зарядів повинен бути приблизно в 1,5 рази більше в порівнянні зі звичайним для того щоб, встиг утворитися просвіт між масивом і відбитою рудою.

Більш прогресивним з погляду зниження трудомісткості, механізації й безпеки робіт є варіант системи підповерхового обвалення з розбурюванням масиву висхідними глибокими свердловинами з бурових ніш, розташованих на рівні прийомного горизонту (рис. 1).

Ніші представляють собою підготовлені заходки під дучки, розширені до розмірів, що забезпечують встановлення бурового верстата НКР-100 м для буріння глибоких свердловин, а також обладнання «Rhino 408H» для утворення висхідних підняттєвих у лежачому боці покладу.

Типовий діаметр для установок «Rhino 408H» становить d=3,1–3,6 м. Інші бурові установки дуже громіздкі тому не підходять для підземних робіт.

Дані установки потужні, компактні, високопродуктивні, високоманеврені та легко переміщуються між горизонтами по гірничих виробках. Вони відмінно себе зарекомендували при роботі як на поверхні, так і під землею, повністю задовільняють потреби шахт, забезпечуючи безпеку ведення робіт, якість проходки підняттєвих виробок, а також дозволяють швидко й точно виконувати виробничий план рудника [10].

Прийнятий діаметр вертикальних підняттєвих виробок (3) становить 1,5-2,0 м. Заряди відповідно мають вагу 10-30 т. Оптимальний час уповільнення підривання зарядів становить 100-150 мс.

Бурові ніші можуть розташовуються по довжині виробок скреперування в прямому порядку, в кожному штреку скреперування.

Бурове обладнання НКР-100 м та «Rhino 408H» частково виносяться на штрек скреперування, що дозволяє зменшити розміри бурових ніш, поліпшити умови праці й провітрювання робочих місць. З кожної ніші (1) бурять віяла глибоких свердловин.

Розбурювання масиву руди відбувається віялами глибоких висхідних свердловин (2).

Звичайно глибокі свердловини заряджають не повністю, залишаючи глибину 2,5-5 м, щоб не спостерігалося випадків руйнування вибухом бурових ніш і штреків скреперування (4), задля подальшого їх використання при випуску руди [8].

З бурових ніш штреків скреперування, які пройдено на контакті з лежачим боком, виконується утворення висхідних підняттєвих (3) майже паралельно покладу. Підняттєві звичайно розташовуються на відстані лінії найменшого опору від покладу у лежачому боці. Але можливе збільшення шару пустих порід, який підривається, застосуванням більшого діаметру підняттєвих. Підриванням висхідних підняттєвих досягається необхідне розпушення руди у трикутнику лежачого боку покладу, що забезпечить підвищення ефективності відбійки та випуску руди на початковому етапі.

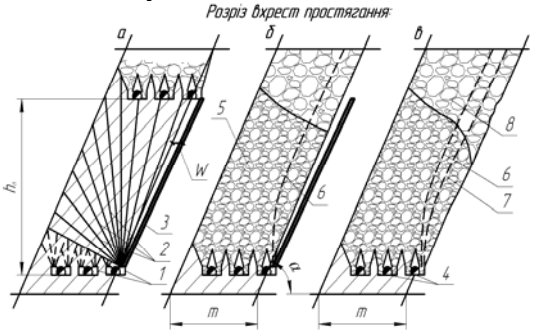

Рис. 1. Схема відбійки руди на затиснуте середовище із суміщеним горизонтом доставки та буріння: *а* - підготовлений масив руди для підривання; *б* - масив руди після підривання віял глибоких свердловин; в - масив руди після підривання висхідних підняттєвих; *1* – бурові ніші; *2* – висхідні віяла глибоких свердловин; *3* – висхідні підняттєві; *4* – штреки скреперування; *5* – відбита руда; *6* – контур руди, що залишається на лежачому боці покладу після підривання глибоких свердловин; *7* – контур відбитої руди лежачого боку покладу після підривання висхідних підняттєвих; *8* – пусті породи, що налягають; m – потужність покладу, м; h_n – висота підповерху, м; α – кут падіння покладу, град; W – лінія найменшого опору, м

Після підривання висхідних підняттєвих досягається поліпшення загального коефіцієнта розпушення на контакті відбитої руди та пустої породи лежачого боку покладу.

Коефіцієнт розпушення у шарі руди, прикордонного з породами лежачого боку, змінюється приблизно в межах k_p = 1,1-1,25. Завдяки цьому спостерігається безперешкодний випуск руди біля лежачого боку покладу, при цьому досягається зменшення втрат руди на третину.

У подальшому прийнятий спосіб відбійки приводить до загального підвищення інтенсивності відпрацювання підповерху. За рахунок підвищення інтенсивності відпрацювання підповерху підвищується в цілому ефективність відпрацювання запасів, тому що знижуються строки їхньої служби. Збільшується продуктивність випуску й доставки за рахунок зменшення проведення нарізних і бурових виробок, а також скорочення часу на ремонт виробок доставки.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Отже, використання відбійки на затиснуте середовище дозволяє зберегти природні ресурси, за рахунок зменшення втрат руди в надрах на 5,6-6,7%, зберегти матеріальні ресурси, зменшивши витрати на проведення додаткових бурових виробок, підвищити інтенсивність відпрацювання покладів.

Список літератури

1. **Цариковский В.В.** Перспективы применения различных систем разработки при подземной добыче руд в Кривбассе / **В.В. Цариковский, А.П. Григорьев** // Разработка рудных месторождений. – 2004. – №85. – С. 164–167.

2. **Фурсов Е.Г.** Совершенствование элементов систем разработки с обрушением / **Е.Г. Фурсов, В.М. Кириченко, Ю.К. Дюдин** [и др.] // Горный журнал. – 2005. – №2. – С. 34–38.

3. **Коляда Е.И.** Исследование, выбор и разработка эффективного варианта системы подэтажного обрушения, обеспечивающего снижение потерь руды в недрах / **Коляда Е.И.** – Кривой Рог, 1980. – С. 50–60.

4. **Стровский В.Е.** Повышение эффективности добычи руд подземным способом / [В.Е. Стровский, Ю.И. Жерняков, М.И. Игнатьева и др.]. – М.: Недра, 1984. – 160 с.

5. **Каплунов Р.П.** Влияние потерь и разубоживания на эффективность разработки рудных месторождений / Каплунов Р.П. – М.: Углетехиздат, 1948. – 341 с.

6. **Власов В.М.** Возможности сокращения потерь руды при системах с обрушением и вибровыпуском / В.М. Власов // Горный журнал. – 2003. – №12. – С. 31–34.

7. **Именитов В.Р.** Процессы подземных горных работ при разработке рудных месторождений / Именитов В.Р. – М.: Недра, 1984. – 504 с.

8. **Чернокур В.Р.** Добыча руд с подэтажным обрушением / **Чернокур В.Р., Шкребко Г.С., Шелегеда В.И.** – М.: Недра, 1992. – 217 с.

9. **Калініченко В.О.** Теоретичні та практичні аспекти зменшення втрат руди на лежачому боці покладів / В.О. Калініченко, О.Л. Шепель // Науковий вісник Національного гірничого університету. – 2010. – № 11–12. – С. 40–43.

10. **Хоменко О.Е.** Горное оборудование для подземной разработки рудных месторождений: справочное пособие / О.Е Хоменко, М.Н. Кононенко, Д.В. Мальцев. – 2-е изд. перераб. и доп. – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2011. – 448 с. – На рус. яз.

Рукопис подано до редакції 17.04.15