

Кокарев О. Л., студент 2-го курсу, гр. ГР-24

Шишко С. М., аспірант

Криворучко А.О. к.т.н., доц.

Державний університет «Житомирська політехніка»

КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИДОБУВАННЯ БЛОКІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ АЛМАЗНО-КАНАТНИХ МАШИН

Технологія алмазно-канатного розпилювання посідає ключове місце у сучасних технологічних схемах видобування декоративного блочного каменю, забезпечуючи високу точність різання, мінімальні втрати корисної копалини та можливість отримання блоків значних розмірів (рис. 1). Попри те, що даний метод не є принципово новим, актуальними залишаються питання підвищення його ефективності, оптимізації організаційних та технологічних параметрів, а також адаптації обладнання до різних геолого-технічних умов родовищ. Особливої уваги потребує проблема формування виконавчого контуру канату, рівномірності зношування алмазних втулок, стабільності процесу різання та управління навантаженнями на робочий орган машини.



Рис. 1. Застосування алмазної канатопильної установки для видобування блоків гранодіориту

Алмазно-канатна установка включає робочий орган у вигляді сталевого багатожильного канату (рис. 2), оснащеного алмазними втулками діаметром 10–12 мм, та каменерізальну машину з приводним шківом діаметром 800–1300 мм, що забезпечує переміщення канату по різальному контуру. Подача машини здійснюється або шляхом пересування всієї установки по рейкових чи металевих направляючих, змонтованих на підшві уступу, або через переміщення приводного шківа відносно нерухомої установки.

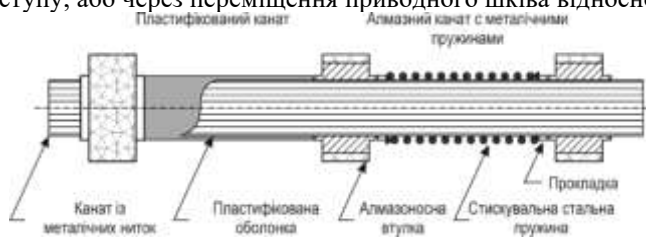


Рис. 2. Загальний вигляд конструкції алмазного канату

Важливою конструктивною особливістю алмазно-канатних систем є відсутність допоміжних роликів-блоків для формування прямолінійного різального контуру, що зумовлює параболічну форму робочої гілки канату. Така особливість впливає на розподіл напружень у канаті, характер зношування алмазних елементів і, відповідно, на стабільність і продуктивність процесу розпилювання, що потребує врахування при проектуванні технологічних схем.

Процес видобування блочного каменю за допомогою алмазно-канатних машин зазвичай включає два основних технологічних етапи: підготовку й відокремлення великих монолітів від масиву, а також подальше розчленування отриманих монолітів на товарні блоки. У разі необхідності технологічна схема

може включати й третій етап – уточнювальне різання, що застосовується для коригування форми окремих блоків або підготовки їх до транспортування.

Історично алмазно-канатні установки використовували переважно на мармурових родовищах і у видобуванні порід зі схожими фізико-механічними властивостями. Проте розвиток конструкцій каменерізальних машин, підвищення зносостійкості алмазних канатів та вдосконалення технології алмазного інструменту дозволили суттєво розширити сферу застосування цієї технології. На сучасному етапі алмазно-канатне розпилювання ефективно впроваджується й у гранітних кар'єрах, де природна тріщиностійкість та висока міцність порід висувають підвищені вимоги до різального інструменту, режимів роботи та конструкційних особливостей обладнання.

Актуальність дослідження полягає в необхідності підвищення ефективності, надійності та безпечності процесу алмазно-канатного розпилювання, адаптації технології до складних гірничо-геологічних умов та забезпечення раціонального використання природної сировини.

Найпоширенішим варіантом застосування алмазно-канатних машин є виконання вертикальних різів із нижнього уступу. У цьому випадку каменерізальну установку розміщують на підшві уступу, який підлягає різанню (рис. 3). Такий спосіб дозволяє формувати вертикальні пропили вже на початковому етапі розкриття родовища, навіть за умови, що верхня частина уступу не має рівної або підготовленої поверхні. Метод забезпечує сприятливу геометрію різання без утворення гострокутних перегинів і може застосовуватися як для вертикальних, так і для похилих пропилів.

Однією з модифікацій вертикального різання є створення різів під кутом 90° . Італійська компанія Marini розробила спеціалізований комплект обладнання для виконання таких різів, який включає чотири маховики діаметром 400 мм, супорт, ланцюги та натяжні пристрої. Технологічна схема різання під 90° використовується переважно для відокремлення першого моноліта від масиву в умовах стисливості порід і при наступних етапах розширення робочої зони (рис. 4).

Вертикальні різів з верхнього уступу застосовують у ситуаціях, коли розміщення каменерізальної машини на нижньому уступі неможливе з технологічних чи геометричних причин. За такого підходу необхідною умовою є наявність підготовленої верхньої площадки з відносно рівною поверхнею. Водночас геометрія процесу погіршується через появу гострих граней під час різання, що потребує використання додаткових напрямних канатних блоків для стабілізації руху канату.

Більш складним у виконанні є метод вертикальних різів із тильного боку уступу, який використовується рідше та вимагає значного досвіду оператора. Його переважно застосовують для створення початкових технологічних траншей або піонерних проходів з метою забезпечення контролю за структурою масиву. Робочий вибій формується двома вертикально орієнтованими шківками, які монтують у попередньо пробурених свердловинах діаметром 230–330 мм (рис. 5). У цьому варіанті робочий контур каната суттєво відрізняється: трос не зазнає значного натягу, однак тисне на вибій, а напрямні блоки примушують його кілька разів різко змінювати траєкторію – на 180° від нижнього шківки та під 90° у поворотних маховиках. Крім того, напрямні блоки мають бути опущені нижче глибини різів, що додає складності операції.

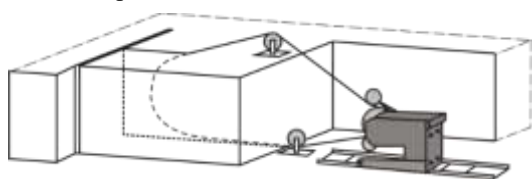


Рис. 3. Схема виконання вертикального різів з розміщенням канатної установки на нижньому уступі масиву

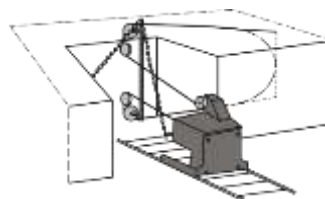


Рис. 4. Схема виконання вертикального різів під кутом 90° для здійснення вирізання в другий моноліт масиву

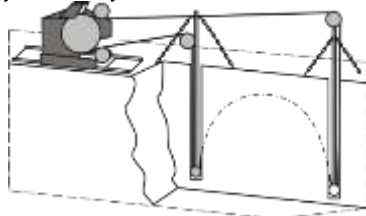


Рис. 5. Схема виконання вертикального різів з тильної сторони блоку природного каменю

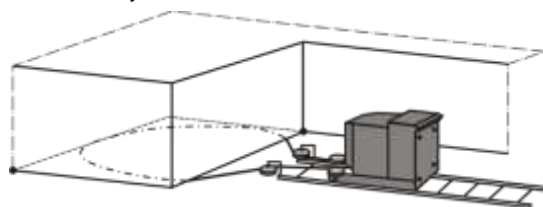


Рис. 6. Схема виконання горизонтального різів при відділенні блоку в горизонтальній площині

Швидкість різання за такого методу на 30–40% менша порівняно з попередніми, проте циркуляція води відбувається ефективніше завдяки її руху вниз, що полегшує виконання «сліпих» різів. Цей спосіб має важливу особливість – різання можливе лише з однієї вільної поверхні, що є як перевагою (відсутність необхідності буріння двох зустрічних свердловин), так і певним технологічним обмеженням.

Одним із найскладніших етапів є горизонтальний різ (рис. 6), який, хоча й забезпечує правильну геометрію вибою, характеризується низкою технологічних труднощів. Попереднє буріння потребує виконання двох горизонтальних свердловин, що ускладнює забезпечення їх прямолінійності – зі збільшенням довжини свердловини зростає прогин бурового інструмента під власною вагою і, відповідно, відхилення осі буріння. Додатковою проблемою є ризик деформації масиву: навіть незначний зсув може призвести до защемлення алмазного каната, який у таких умовах важко вивільнити. Крім того, горизонтальне чи субгоризонтальне положення площини різ у ускладнює подачу води безпосередньо в зону контакту каната з породою, що негативно позначається на продуктивності та стабільності процесу.

Для забезпечення високої ефективності роботи алмазно-канатних установок необхідно враховувати широкий спектр чинників, що впливають на процес різання: геометрію розташування канату, натяг і стабільність робочої частини контуру, параметри водоподачі, фізико-механічні властивості порід, конфігурацію тріщинуватості масиву, а також характер зношування алмазних втулок.

Висота уступу є одним із ключових параметрів, що визначають продуктивність алмазно-канатних установок під час видобування блочного каменю. Збільшення висоти уступу безпосередньо впливає на довжину різального шляху канату, величину натягу, характер кривизни робочої гілки та стійкість процесу різання. При зростанні висоти уступу пропорційно збільшується довжина робочої частини канату, що підвищує загальний опір різанню, інтенсивність зношування алмазних втулок і потребу в більш високій енергії приводу. Крім того, зі збільшенням довжини пропилю ускладнюється стабільність траєкторії канату, зростає амплітуда його коливань, що призводить до нерівномірності знімання породи та зменшення середньої швидкості різання. Високі уступи погіршують умови водоохолодження, оскільки вода частково втрачається вздовж траєкторії пропилю та не досягає зони інтенсивного різання у достатній кількості.

Було досліджено зміну продуктивності алмазної канатної установки від висоти уступу, який відпрацьовують (рис. 7).

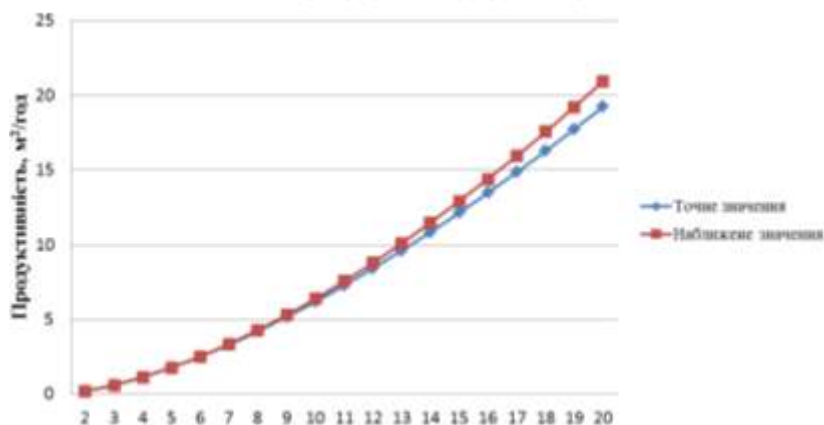


Рис. 7. Графічні залежності зміни продуктивності алмазної канатної установки від висоти уступу, який відпрацьовують

У теоретичному аспекті залежність продуктивності від висоти уступу описується через зміну сили тертя, роботи різання та механічних втрат у системі. Зростання довжини канату збільшує загальні механічні витрати, що знижує коефіцієнт корисної дії машини. Оптимальна висота уступу визначається як компроміс між бажаними розмірами блоку та допустимими навантаженнями на канат, робочий шків і направляючі блоки. У разі перевищення оптимального значення спостерігається різке падіння продуктивності, підвищення вірогідності аварійного защемлення канату та зменшення ресурсу інструменту.

Аналіз графічної залежності показує, що зі збільшенням висоти уступу продуктивність алмазно-канатної установки зростає за нелінійним законом. При малих висотах (2–6 м) зростання є незначним, що пов'язано з короткою довжиною різального шляху та недостатньою ефективністю використання канату. У діапазоні середніх висот (7–14 м) спостерігається інтенсивне збільшення продуктивності, оскільки канат працює більш стабільно, зменшуються непродуктивні втрати та покращуються умови зносу алмазних втулок. На великих висотах (15–20 м) темп приросту продуктивності дещо уповільнюється внаслідок збільшення загального опору різанню, подовження робочого контуру канату та зростання енергетичних витрат на підтримання натягу й стабільності траєкторії. Загалом крива має зростаючий характер, що свідчить про технологічну доцільність виконання різів при більших висотах уступів у межах допустимих параметрів обладнання.