

На правах рукопису

УДК 622.243.051

КРАСНІК Вячеслав Григорович

ЗАКОНОМІРНОСТІ ПРОЦЕСУ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД
ІНСТРУМЕНТОМ З ПОЛІКРИСТАЛІЧНИХ НАДТВЕРДИХ МАТЕРІАЛІВ

Спеціальність 05. 15. 11 - " Фізичні
процеси гірничого виробництва "

Автореферат
дисертації на здобуття вченого ступеня
доктора технічних наук

Київ 1996



00739554 (X)

Дисертація

Робота виконана в
імені В.М. Вакуля НАН України (м.Київ)

Науковий консультант	доктор технічних наук СВЕШНІКОВ І.А.
Офіційні опоненти:	доктор технічних наук, професор ВАСИЛЬЄВ Л.М.
	доктор технічних наук, професор ГЛАТМАН Л.В.
	доктор технічних наук, професор ПИРСЬКИЙ О.А.
Провідна установа:	ДОНЕЦЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ВУГІЛЬНИЙ ІНСТИТУТ

Захист відбудеться 15 травня 1996 р. о 11 годині
на засіданні Спеціалізованої Ради Д 01.04.02
при Інституті гідромеханіки НАН України за адресою:
252067, м.Київ, вул.Желябова, 8 /4, ІГМ НАНУ.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці
Інституту гідромеханіки НАН України
Автореферат розісланий "5" квітня 1996 р.

Вчений секретар
Спеціалізованої Вченої Ради,
кандидат технічних наук

Плужник В.І.Плужник

ЛННБ ім. В. Стефаніка
АН України

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність проблеми. У зв'язку з необхідністю інтенсивного розвитку паливно-енергетичної та мінерально-сировинної бази України різко зростають обсяги робіт, пов'язані із руйнуванням гірських порід. При цьому однією з найважливіших задач вугільної промисловості є збільшення обсягів видобутку вугілля до рівня, що дасть можливість забезпечити потреби народного господарства України. Необхідно також враховувати, що розвиток паливно-енергетичної бази України здебільшого взаємопов'язаний із ступенем освоєння нафтових, газових та вугільних родовищ півночі Росії, розташованих у зоні вічної мерзлоти.

Тому виникає необхідність у створенні породоруйнівного інструменту нового технічного рівня, здатного не тільки з високою продуктивністю працювати при бурінні міцних гірських порід, але й ефективно руйнувати мералі ґрунти, незважаючи на їх неоднорідність та високу абразивність. Оскільки можливості удосконалення традиційних твердих сплавів досить обмежені, то створення ефективного породоруйнівного інструменту можливе тільки на основі застосування нових інструментальних матеріалів, зокрема, полікристалічних надтвердих матеріалів (ПНТМ), які мають високі міцність, зносостійкість, теплопровідність. Проте реалізація унікальних властивостей полікристалічних надтвердих матеріалів у гірничому інструменті ускладнена у зв'язку з недостатнім вивченням процесу їх взаємодії з гірською породою, їх високою чутливістю до термічного впливу та динамічних навантажень, складністю кріплення, а також відносно високою вартістю ПНТМ.

В зв'язку з цим дослідження законсмірностей процесу руйнування гірських порід полікристалічними надтвердими матеріалами дозволяють вирішити значну проблему підвищення ефективності руйнування гірських порід шляхом створення породоруйнівного інструменту нового покоління, що має велике народногосподарське значення.

Дослідження виконувались по плановим темам Інституту надтвердих матеріалів НАН України в межах республіканської комплексної програми "Енергокомплекс" РН.05.08.Ц, та роботами з Мінвуглепромом України В919201000, В919507000М, В919503000М.

Мета роботи - дослідження закономірностей процесу руйнування гірських порід полікристалічними надтвердими матеріалами та створення на їх основі високоефективних породоруйнівних інструментів нового покоління для бурових машин обертальної дії.

Ідея роботи - підвищення ефективності процесу руйнування гірських порід інструментом з полікристалічних надтвердих матеріалів шляхом формування розвинутої зони передруйнування у нижчележачих шарах масиву породи, вибору оптимальних умов експлуатації та обґрунтування раціональної конструкції інструменту з урахуванням фізико-механічних властивостей породи, яка руйнується.

Наукові положення, які розроблені дисертантом та виносяться на захист.

1. Нове уявлення про механізм руйнування міцних гірських порід полікристалічними надтвердими матеріалами, що полягає у формуванні розвинутої зони передруйнування у нижчележачих шарах породного масиву у результаті сумарного впливу усієї пластини та мікровиступів алмазів, що створюються на ріжучій кромці та задній поверхні полікристала.

2. Розмір зони передруйнування у результаті сумарного впливу полікристалічної пластини та мікровиступів, що формуються на ріжучій кромці та задній поверхні полікристала, значно перевищує глибину різання, що призводить до зниження сили різання та сприяє підвищенню ефективності процесу руйнування породи інструментом в ПНТМ.

3. Область ефективного застосування інструменту з полікристалічних надтвердих матеріалів обмежується умовами, при яких формуються мікровиступи на ріжучій кромці та задній поверхні полікристала, які обумовлюють більш інтенсивне руйнування породи за рахунок виникнення широко розвинутої зони передруйнування.

4. Прогнувати форми вносу інструменту з полікристалічних надтвердих матеріалів у результаті взаємодії з масивом гірської породи можливе на підставі розробленої математичної моделі процесу різання, яка враховує фізико-механічні властивості породи, що руйнується.

5. Ефективність бурового інструменту при бурінні мерзлих ґрунтів встановлюється на підставі аналітичного визначення максимально допустимої температури зруйнованого ґрунту, який вино-

ситься на денну поверхню, значення якої не повинно перевищувати абсолютне значення температури оточуючого середовища.

Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій підтверджується коректністю постановки та рішення задач із застосуванням фундаментальних положень механіки контактної взаємодії твердих тіл, що деформуються; механіки руйнування, термодинаміки мераліх ґрунтів; збіжністю розрахункових даних з результатами експериментальних досліджень в межах 25% і з результатами, одержаними іншими дослідниками, представницькими обсягами експериментальних даних.

Наукова новизна проведених досліджень у тому, що:

- вперше розроблено та обґрунтовано нове уявлення про механізм руйнування гірських порід ПНТМ, що полягає у одночасному впливові на породний масив полікристалічної пластини та мікроступів алмазних зерен, що формуються на ріжучій кромці та задній поверхні полікристала, у результаті чого істотно збільшується зона передруйнування у нижчележачих шарах породного масиву, що знижує силові характеристики процесу різання;

- вперше дана кількісна оцінка величині мікроступів алмазів, що формуються на ріжучій кромці та задній поверхні полікристала, а також встановлено, що висота мікроступів, яка становить 5-25 мкм, залежить не від зернистості вихідних шліфпорошків, а визначається умовами контактної взаємодії полікристала з породою, що руйнується;

- встановлено, що при різанні м'яких порід, а також при інтенсивному тепловиділенні у зоні різання, формування мікроступів на ріжучій кромці та задній поверхні полікристала не відбувається, тому ПНТМ працює аналогічно твердосплавній пластині, внаслідок чого знижується ефективність процесу буріння;

- базуючись на встановлених контактних характеристиках процесу взаємодії полікристалічних надтвердих матеріалів з гірською породою, вперше побудовано модель деформування та руйнування породного масиву під впливом ПНТМ, яка дозволяє розрахувати величину тиску в зоні контакту різця з породою та визначити формозмінення поверхні різця у процесі зношування; розроблена модель взаємодії ПНТМ з породним масивом враховує одночасно переміщення породи внаслідок пружного деформування, формування зони передруйнування та відділення стружки у разі крихкого руйнування;

- на основі математичного моделювання закономірностей роз-

поділення теплових потоків при бурінні мерзлих ґрунтів запропоновано метод оцінки ефективності роботи бурового інструменту, що полягає в аналітичному установленні максимально допустимої температури зруйнованого ґрунту, що виноситься на денну поверхню, яка виключає його розморожування;

- експериментально доведена можливість руйнування полікристалічними надтвердими матеріалами міцних гірських порід типу граніту та пісковика при підтриманні стабільного теплового режиму, який виключає катастрофічний знос ПНТМ внаслідок графітізації алмазного слою.

Значення отриманих результатів для теорії та практики полягає у визначенні та розкритті закономірностей процесу руйнування гірських порід полікристалічними надтвердими матеріалами на базі фундаментальних положень механіки контактної взаємодії твердих тіл, що деформуються, і механіки руйнування та формуванні наукових положень підвищення ефективності гірничого породоруйнівного інструменту в ПНТМ.

Практичне значення роботи полягає у використанні розроблених наукових положень, розрахункових методик, висновків та рекомендацій для створення породоруйнівного інструменту нового покоління, а саме:

- двох-, трьох- та чотирьохперих різців, оснащених алмазотвердосплавними пластинами, призначених для оберտального буріння шпурів та анкерних свердловин у вугільній та будівельній галузях промисловості, що забезпечують підвищення стійкості інструменту у 70-90 разів та збільшення швидкості буріння у 1,6-2,5 рази;

- різців, оснащених алмазотвердосплавними пластинами, для виконавчих органів камерізованих машин для різки каменю, що забезпечують зниження витрат інструменту у 120-180 разів у порівнянні з серійними різцями;

- багаторізного бурового інструменту для оберտального буріння свердловин діаметром 220, 320, 430, 450, 470 та 500 мм у мерзлих ґрунтах, оснащених різцями з алмазотвердосплавними пластинами, що забезпечують підвищення швидкості буріння у 2-4 рази та збільшення стійкості різців у 30-60 разів;

- виконавчих органів буршнекових машин, призначених для безлюдного видобутку вугілля у тонких шарах, що забезпечують зниження енергомосткості буріння та підвищення ва рахунок руйну-

вання великими колодами якості вугілля, що видобувається.

Створені конструкції інструменту з полікристалічних надтвердих матеріалів широко впроваджені у практику гірничих та будівельних робіт. Вони зробили істотний внесок у розвиток прогресу в гірничодобувній та будівельній галузях промисловості. Економічний ефект від впровадження розробок становить більше 20 млн рублів, у тому числі дольова участь автора - більше 7 млн рублів (у цінах 1991 р.).

Особистий внесок автора полягає у теоретичному узагальненні та вирішенні великої науково-технічної проблеми - підвищення ефективності процесу руйнування гірських порід полікристалічними надтвердими матеріалами та створення на їх основі породоруйнівного інструменту нового покоління для бурових машин обертальної дії. Внесок автора у межах окремих розділів роботи полягає:

- у теоретичному та експериментальному обґрунтуванні доцільності застосування полікристалічних надтвердих матеріалів при руйнуванні міцних порід при обертальному бурінні шпурів, різанні камінню камернівними машинами, в бурах великого діаметру для буріння мерзлих абразивних ґрунтів;

- у встановленні та обґрунтуванні на базі експериментальних досліджень механізму руйнування гірських порід полікристалічними надтвердими матеріалами, що полягає в одночасному впливові на породний масив полікристала та мікровиступів, які формуються на ріжучій кромці та задній поверхні полікристала та беруть участь у розвитку зон передруйнування у нижчележачих шарах породного масиву;

- у встановленні на основі фрактоскопічних досліджень висоти мікровиступів алмазів, що формуються на ріжучій кромці та задній поверхні полікристала, геометричні параметри яких залежить не від зернистості вихідних алмазних шліфпорошків, а вивначаються умовами контактної взаємодії полікристала з породою, що руйнується;

- у розробці математичної моделі деформування та руйнування породного масиву під впливом ПНТМ, що враховує одночасно пружне деформування, формування зони передруйнування та відокремлення стружки внаслідок крихкого руйнування та дозволяє визначити формозмінювання поверхні різця у процесі знашування;

- у проведенні комплексу досліджень по визначенню оптимальних геометричних параметрів інструменту з полікристалічних над-

твердих матеріалів та області їх ефективного застосування;

- у розробці методу оцінки ефективності роботи інструменту для буріння мерзляких ґрунтів, що полягає в аналітичному визначенні температури зруйнованого ґрунту, яка виключає цього розморожування.

Автор роботи запропонував геометричні параметри та нові конструкції інструменту з ПНТМ, приймав безпосередню участь у його розробці та впровадженні у виробництво.

Робота виконана в Інституті надтвердих матеріалів НАН України у межах його тематичного плану. Автор виражає вдячність співробітникам ІНМ НАН України, ДОНБУГІ, ІГД ім. А. А. Скочинського, ІГТМ НАН України, ІПМ РАН, а також інженерно-технічним працівникам ВО "Донецьквугілля", "Макеєввугілля", "Стахановвугілля", енергобудівельним трестам України та Росії, що надали допомогу на різних стадіях створення та серійного освоєння розробок.

Реалізація висновків та рекомендацій роботи. Результати досліджень, наукові положення, висновки та рекомендації впроваджені при створенні цілого ряду породоруйнівного інструменту нового покоління, а саме:

- двох-, трьох- та чотирьохперих різців, оснащених алмазно-твердосплавними пластинами, які широко застосовуються на шахтах Мінвуглепрому України при обертальному бурінні шпурів;

- різців, оснащених алмазно-твердосплавними пластинами, для виконавчих органів камерівних машин, які використовуються на шахтах та кар'єрах України та Молдови при видобутку каменю;

- багаторізцевих бурів для обертального буріння свердловин діаметром 220, 320, 430, 450, 470 та 500 мм у мерзляких ґрунтах, оснащених різцями з алмазно-твердосплавними пластинами, які успішно застосовуються в енергобудівельних організаціях півночі Росії;

- виконавчих органів бурошнекових машин, призначених для безлюдного видобутку вугілля у тонких шарах, які впроваджені на шахтах ВО "Донецьквугілля".

Впроваджені у виробництво:

- у 1991-1992 р. за рішенням Держкомітету вугільної промисловості України на Дослідному заводі ІНМ НАН України організоване великомасштабне виробництво різців для обертального буріння, оснащених алмазно-твердосплавними пластинами, в обсягах, що задовольняють потреби шахт Донбасу;

- виробництво різців, оснащених алмазно-твердосплавними пластинами, для камерних машин різних типів організоване на НВП "Інструмент алмазний";

- промислові партії бурів різного діаметру для буріння мерзлих ґрунтів та бурових головок для бурошнекових машин випускає Дослідний завод ІНМ НАН України.

Апробація роботи. Основні положення доповідались та одержали схвалення:

- на Республіканському семінарі "Ефективний гірничий породоруйнівний інструмент" (м.Київ, 1986 р.);

- на Всесоюзному семінарі з вугільного машинобудування Кубасу (м.Кемерово, 1989 р.);

- на XIV Міжнародній науково-технічній конференції в механізації та автоматизації землерійних робіт (м.Київ, 1991 р.);

- на Всесоюзному семінарі "Нове у теорії, технології та техніці буріння" (м.Москва, 1991 р.);

- на Міжнародній конференції "Енергодіагностика" (м.Москва, 1995 р.);

- на 7-ій Міжнародній конференції в механічних властивостях матеріалів (м.Гаага, Нідерланди; 1995 р.).

Публікації. Основні матеріали дисертаційної роботи опубліковані у 48 друкованих роботах, у тому числі 26 авторських свідоцтвах та патентах на винахід. Результати досліджень викладені також у 14 звітах з НДР та ДКР, у яких автор приймав безпосередню участь.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Стан проблеми. Задачі досліджень. Підвищення ефективності процесу руйнування гірських порід є основним напрямком розвитку породоруйнівного інструменту.

Значний внесок у розвиток теорії руйнування гірських порід внесли: І.С.Покровський, І.О.Остроушко, Л.О.Шрейнер, В.В.Парицян, Л.І.Барон, Л.В.Глатман, Є.В.Позин, О.І.Співак, О.Д.Алімов, Л.Т.Дворников, Г.В.Арцимович, О.Ф.Кичигин, Ю.І.Протасов, В.Н.Гетопанов, Є.В.Олександров, В.Г.Соколинський, Є.І.Шемякин, М.Р.Мавлютов, І.Ф.Кагарманов, Р.М.Зйгелес, В.Н.Потураєв, С.Я.Сологуб, О.Н.Зорин, О.Н.Москальов, М.Г.Крапивин, Е.Є.Єфремов, В.М.Усаченко, Л.М.Васильєв, І.А.Свешніков.

Питанням створення породоруйнівного інструменту на основі ПНТМ присвячені роботи І.А. Свешнікова, І.Ф.Вовчановського.

Є.М.Фінкельштейна, О.М.Вочковського, Г.Н.Сукманова, а також ряду закордонних авторів.

Проте для розширення галузей застосування ПНТМ та створення інструментів нового технічного рівня необхідно поглиблення уявлення про фізичну сутність процесу руйнування гірських порід новими інструментальними матеріалами.

Вивчення стану проблеми дозволило сформулювати такі задачі:

1. Теоретичні та експериментальні дослідження процесу контактної взаємодії породоруйнівного інструменту в ПНТМ з масивом гірської породи та обґрунтування вибору конструктивних параметрів інструменту з полікристалічних надтвердих матеріалів.

2. Розробка математичної моделі процесу різання гірських порід та вношування системи різців, реалізація якої дозволяє обґрунтувати інтенсифікацію процесу руйнування породного масиву при бурінні багаторізцевим інструментом в ПНТМ.

3. Дослідження механізму руйнування гірської породи полікристалічними надтвердими матеріалами і закономірностей формування зон руйнування та передруйнування в результаті впливу ПНТМ у процесі різання.

4. Дослідження впливу геометричних параметрів ПНТМ та породоруйнівного інструменту на основні показники процесу різання гірських порід та оптимізація конструкцій різців оберտального буріння.

5. Теоретичні та експериментальні дослідження процесу різання мералих ґрунтів інструментом в ПНТМ і створення нових ефективних конструкцій різців та бурів бурильних машин.

6. На основі проведених досліджень розробка породоруйнівного інструменту нового покоління для виконавчих органів бурових машин оберտального дії.

Методи досліджень. У теоретичних дослідженнях використовувались фундаментальні положення механіки руйнування гірських порід, теорії пружності, теорії контактних задач. У експериментальних дослідженнях застосовувались методи тензометрії, комп'ютерної профілографії, стереоскопічної фрактоскопії, фотодіагностики. Всі стенди, які використовувались для досліджень були підключені до вимірювально-обчислювального комплексу ІВК-20. Тому обробка всіх результатів експериментальних досліджень проводилась на ЕОМ з використанням методів математичної статистики.

Теоретичні дослідження процесу взаємодії породоруйнівних

елементів в гірській породі.

Контактну взаємодію інструменту з гірською породою можна охарактеризувати рядом геометричних, механічних та триботехнічних параметрів. При цьому різці розглядались як жорсткі тіла, які, проте, можуть знашуватися. Тому умова контакту різця з породою може бути представлена як сума переміщень за рахунок вносу різця $\eta^*_i(t)$ та переміщень внаслідок деформації $\eta_i(t)$ та руйнування $\eta_{\text{пор}}(t)$ породи у вигляді співвідношення:

$$\eta^*_i(t) + \eta_i(t) + \eta_{\text{пор}}(t) = C(t). \quad (1)$$

У випадку заданого осьового вусилья $P(t)$ для визначення подачі $C(t)$ слід додати умову рівноваги

$$P(t) = \sum_{i=1}^N P_i(t) \cos \varphi_i.$$

Спираючись на результати робіт М.В.Коровчинського, В.В.Панасюка, О.Є.Андрійкова, закон знашування різців приймався у вигляді степенної залежності швидкості знашування $\partial \eta^*_i / \partial t$ від тиску на різці $p_i(t)$ та його лінійної швидкості ковзання V_i :

$$\partial \eta^*_i / \partial t = K p_i^\alpha V_i^\beta, \quad (2)$$

де α, β - триботехнічні характеристики пари, що визначаються експериментально.

Для визначення переміщень породи розглянута контактна задача про взаємодію системи бурових різців з гірською породою. При цьому задня поверхня бурових різців може бути представлена у вигляді прямокутного майданчика шириною $2a$ та довжиною $2b$.

Використовувався загальний для теорії численного контакту підхід, вважалось, що пружні переміщення породи під різцем складаються з переміщень W_{11} , зумовлених дією тиску p_i , та додаткових переміщень W_{2j} від дії зосереджених сил P_j , діючих на інші різці системи у точках з координатами (x_i, y_i) ($i \neq j$). При допущенні, що порода вибою може бути представлена у вигляді ізотропного пружного півпростору, механічні властивості якого описуються модулем пружності E та коефіцієнтом Пуассона ν , вираз для переміщень $W_{11}(\xi)$ при виконанні умови $b \ll a$, як показано у роботах Л.О.Галіна, має вигляд:

$$W_{11}(\xi) = \frac{2(1-\nu^2)}{\pi E} a \lg \frac{a}{\delta} p^*_i(\xi), \quad (3)$$

де p^*_i - тиск на одиницю довжини; додаткові переміщення $W_{2i}(\xi)$ межі півпростору визначались на основі формули Бусінеска:

$$W_{2i}(\xi) = \frac{1 - \nu^2}{\pi E} \sum_{j=1}^N \frac{P_j(1 - \delta_{ij})}{\sqrt{(x_{ij} - \xi)^2 + y_{ij}^2}} \quad (4)$$

З співвідношень (3), (4) та умов контакту i -го різця із вивомом $W_{1i}(\xi) + W_{2i}(\xi) = \eta_i$, (5)

де η_i - впровадження у пружний півпростір i -го різця, впливає вираз для тиску $p^*_i(\xi)$:

$$p^*_i(\xi) = \frac{\pi E \eta_i}{2(1 - \nu^2) \lg(a/\delta)} - \frac{1}{2} \sum_{j=1}^N \frac{P_j(1 - \delta_{ij})}{\sqrt{(x_{ij} - \xi)^2 + y_{ij}^2}} \frac{1}{\lg(a/\delta)} \quad (6)$$

Після інтегрування (6) та подальших перетворень отримано співвідношення між впровадженням η_i та діючими на різці навантаженнями P_i

$$\eta_i = q_i + \frac{1}{2 \lg(a/\delta)} \sum_{j=1}^N (1 - \delta_{ij}) q_j \ln \frac{x_{ij} + a + \sqrt{(x_{ij} + a)^2 + y_{ij}^2}}{x_{ij} - a + \sqrt{(x_{ij} - a)^2 + y_{ij}^2}} \cdot \frac{1}{P(1 - \nu^2)} \quad (7)$$

Тут $q_i = P_i \cos \phi_i / P$, $\eta_i = \eta_i / \eta_0$, $\eta_0 = \frac{1}{\pi E a \cos \phi_i} \lg(a/\delta)$.

де η_0 - впровадження у пружний півпростір різця під дією сили P , який має затуплення по задній поверхні у вигляді вузького прямокутника із сторонами $2a$ та $2b$.

Як впливає із співвідношення (7) впровадження довільного i -го різця залежить від розподілу осевого зусилля P між всіма різцями. Швидкість лінійного зносу i -го різця $\dot{H}_i(t)$ у відповідності з співвідношенням (2) визначається таким чином:

$$\dot{H}_i(t) = K \left[\frac{P_i(t)}{a \delta_i(t)} \right]^\alpha \omega r_i \quad (8)$$

Для розрахунку розподілення навантажень $P_i(t)$ між різцями використовувались співвідношення (7), які у даному випадку в урахуванням співвідношення (2) матимуть вигляд:

$$\frac{\pi E a [C(t) - H_i(t)]}{(1 - \nu^2) \lg a / \delta_i(t)} = q_i + \frac{1}{2 \lg a / \delta_i(t)} \sum_{j=1}^N (1 - \delta_{ij}) q_j \times \frac{x_{ij} + a + \sqrt{(x_{ij} + a)^2 + y_{ij}^2}}{x_{ij} - a + \sqrt{(x_{ij} - a)^2 + y_{ij}^2}} \quad (9)$$

Отримані співвідношення (7) - (9) разом з умовою рівноваги (1) представляють собою повну систему рівнянь для дослідження кінетики процесу зношування системи різців бурового інструменту та перерозподілу навантажень між ними у процесі роботи.

Для перевірки адекватності розробленої математичної моделі проведені експерименти по вивченню закономірностей розподілення навантаження у породоруйнівному інструменті. Аналіз отриманих результатів показав, що залежності змінювання складових сили різання та навантажень на різцях від відстані від осі обертання мають гіперболічний характер, на який не впливає величина прикладеного навантаження. Розбіжність розрахункових та експериментальних даних не перевищувала 14%, що свідчить про справедливість отриманої математичної моделі та можливості її застосування для моделювання процесу руйнування гірських порід різцевим інструментом. Це дозволило далі використовувати її для прогнозування процесу зношування різців та перерозподілу навантажень на породоруйнюючих елементах багатслеазійного бурового інструменту.

При дослідженні процесу контактної взаємодії алмазно-твердосплавних пластин в гірською породою приймалось, що у зоні контакту одночасно мають місце пружні переміщення $w(x, y)$ вздовж осі z , що описуються рівнянням

$$w(x, y) = k p(x, y), \quad (10)$$

де $p(x, t) > 0$ - контактний тиск у точці x поверхні породи, що збігається з тиском у точці різця $\xi = x - Vt$ у момент часу t ($p(x, t) = p(\xi, t)$), а також необоротні переміщення вздовж осі z $u(x, t)$, які підпорядковуються співвідношенню

$$\frac{du}{dt}(x, t) = \alpha(V) p(x, t). \quad (11)$$

Необоротні переміщення характеризують руйнування породи під різцем внаслідок виникнення зони передруйнованої поверхні. Необхідність урахування в математичній моделі вказаних переміщень встановлена на основі вивчення процесу різання гірської породи під електронним мікроскопом на спеціальній тензоустановці. Конкретний вид залежності $\alpha(V)$ повинен обиратись з урахуванням механічних характеристик породи, що руйнується. Тому умова контакту різця з породою може бути записано таким чином:

$$z_0(x) - w(x, t) - u(x, t) = f(x - Vt) - c(t), \quad (12)$$

У диференційній формі з урахуванням співвідношень (10) та

(11) це співвідношення має вигляд:

$$\alpha(V)p(x,t) + k \frac{dp(x,t)}{dt} = \frac{dc(t)}{dt} - \frac{df(x-Vt,t)}{dt} \quad (13)$$

Поруч з пружним деформуванням та виникненням зони передруйнування при впровадженні інструменту має місце руйнування породи з відокремленням фрагментів кінцевих розмірів. Виникнення стружки зколу у масиві гірської породи відбувається внаслідок розвитку тріщини, яке починається біля вершини різця. При моделюванні цього процесу приймалось, що відокремлення стружки породи відбувається у момент часу t^* , коли горизонтальна складова тиску у точці ξ^* досягає критичного значення p^* , тобто

$$p(\xi^*, t^*) = p^* \quad (14)$$

При цьому в точці $x^* = \xi^* + Vt^*$ розвивається тріщина. Вважається, що тріщина являє собою ламану лінію $l(x)$ (рис. 1), кут нахилу якої β на кожному відрізку $[x_i, x_{i+1}]$ довжиною $\Delta x = |x_{i+1} - x_i|$ є випадковою величиною, рівномірно розподіленою на відрізку $[0; \alpha^*]$. $\alpha^* = \arctg(\sigma_f(\xi, t) / \sigma_c)$ представляє кут нахилу профіля різця до осі x у точці x^* .

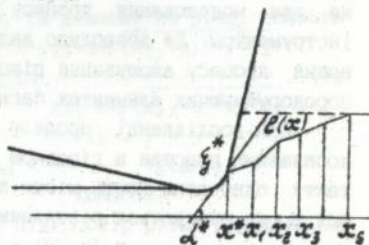


Рис.1 Схема розповсюдження тріщини.

Тріщина розвивається аж до виходу на поверхню у деякій точці x_S $l(x_S) = z_0(x_S) |_{t^*=t_0}$. Відокремлення стружки призводить до змінення форми межі породи перед різцем:

$$z_0(x) |_{t=t^*+0} = l(x), \quad x^* < x < x_S;$$

$$z_0(x) |_{t=t^*+0} = z(x) |_{t=t^*-0}, \quad x > x_S. \quad (15)$$

Для моделювання зносу інструменту на основі ПНТМ у процесі різання гірської породи використовувалось співвідношення, яке звичайно вастосовують для опису абразивного зношування

$$\frac{df_n(\xi, t)}{dt} = K_w P_n(\xi, t) v, \quad (16)$$

де $df_n(\xi, t) / dt$ та $P_n(\xi, t)$ - інтенсивність знашування та контактний тиск по нормалі до поверхні тертя; v - швидкість відносного переміщення тіла, що зношується, та абразивного середовища; K_w - коефіцієнт зносу.

Виходячи з геометричних міркувань, одержуємо $v = V / \cos(\alpha)$, $\frac{df_n(\xi, t)}{dt} = \frac{df(\xi, t)}{dt \cos(\alpha)}$, де α - кут нахилу профіля різця до осі x у кожній точці ξ ; $\cos(\alpha)^{-2} = 1 + [\frac{df(\xi, t)}{d\xi}]^2$, $P_n(\xi, t) = p(\xi, t)$ на випадок відсутності сил тертя між різцем та породою. Тоді змінення форми інструменту внаслідок зносу визначається таким співвідношенням:

$$\frac{\partial f(\xi, t)}{\partial t} = K_w P(\xi, t) V \{1 + [\frac{\partial f}{\partial \xi}(\xi, t)]^2\}. \quad (17)$$

Співвідношення (12), (14-17) дозволяють побудувати взаємопов'язану модель зносу різця при руйнуванні гірської породи. На основі цього побудована процедура розрахунку характеристик нестационарного процесу руйнування при одночасному пружному деформуванні породи, виникненні осей передруйнування, відділенні стружки та зношенні різця. Характерна форма різця, розрахована для різних значень параметрів моделі, наведена на рис.2 (крива 1 відповідає $p^0 = 0,84$, $\lambda_1/k = 40 \text{ мм}^{-1}$; крива 2 - $p^0 = 0,28$, $\lambda_1/k = 40 \text{ мм}^{-1}$; крива 3 - $p^0 = 0,14$, $\lambda_1/k = 20 \text{ мм}^{-1}$; крива 4 - $p^0 = 0,28$, $\lambda_1/k = 10 \text{ мм}^{-1}$).

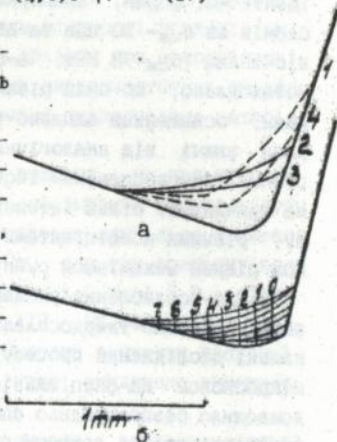


Рис.2: Розраховані (а) та експериментальні (б) форми зносу АПІ.

Як видно в рис.2, форма зношеної форми зносу АПІ поверхні інструменту істотно залежить від механічних характеристик породи, які у даному випадку визначають співвідношення пружної деформації та створених зон передруйнованої та руйнованої поверхонь. Набір параметрів моделі, які відповідають кривій 2, дають форму зношеної поверхні близьку до форми різця, визначеної експериментально. Кinetика зносу у цьому випадку, як показують розрахунки; у деталях відтворює кinetику зносу реального різця; що свідчить про адекватність розробленої моделі дійсним процесам руйнування гірських порід алмазно-твердосплавними пластинами. Тому розроблена математична модель дозволяє прогнозувати змінення форми зношеної поверхні полікристала та складних сили різання залежно від властивостей породного мазиву, а також є ефективним інструментом дослідження процесу різання гірських по-

рід ПНТМ, особливо у випадках вивчення швидкодіючих процесів, коли експериментально зафіксувати змінення параметрів різання практично неможливо.

Експериментальні дослідження процесу взаємодії ПНТМ з гірською породою.

Дослідження процесу руйнування гірських порід різцями, оснащеними алмазно-твердосплавними та твердосплавними пластинами ідентичної форми, виконувалось при різанні пісчано-цементних блоків із $\sigma_{сж} = 30$ МПа та абразивністю $a=42$ мг та требовлянського пісчаника ($\sigma_{сж}=78$ МПа, $a=30$ мг) при різних режимах різання. Встановлено, що сили різання при руйнуванні гірських порід різцями, оснащеними алмазно-твердосплавними пластинами, у 1,2-2,7 рази нижчі від аналогічних параметрів, що спостерігаються при різанні твердосплавним інструментом. Це можна пояснити декількома причинами: більш інтенсивним вносом пластин із твердого сплаву, різними коефіцієнтами тертя у твердих сплавах та АТП, а також різним механізмом руйнування гірських порід.

Для поглиблення уявлень про механізм руйнування гірських порід алмазно-твердосплавними пластинами були проведені оригінальні дослідження процесу різання зразків породи під електронним мікроскопом на спеціальній тензOMETричній установці. Це вперше дозволило безпосередньо спостерігати при багаторазовому збільшенні всі стадії процесу руйнування гірських порід та виникнення вони передруйнування.

Спостереження за процесом виникнення тріщин показало, що при різанні алмазно-твердосплавними пластинами руйнування відбувається за рахунок переважаючого розвитку горизонтальної тріщини всуву, у той час, як при різанні твердосплавними різцями виникнення тріщини ініціюється переважно за рахунок напруг стискання. Цей висновок підтверджується також результатами вимірювання параметрів стружок, що створюються при бурінні пісчаника алмазно-твердосплавними та твердосплавними різцями. Встановлено, що у останньому випадку середній розмір стружок у 1,4-1,5 рази менший, ніж при використанні інструменту з АТП.

Для пояснення механізму формування зони передруйнування вивчався процес мікрорізання міцних гірських порід мікрорізцями, оснащеними АТП та твердим сплавом ВК6В, виконаними у вигляді секторів дисків діаметром 13,5 мм. При цьому використовувались мікрорізці, як з новими алмазно-твердосплавними пластинами, так

і в пластинах, що мають площадки затуплення на полікристалічному шарі. Експерименти проводились на спеціальному приладі для склерометричних досліджень, виготовленому на базі інструментального мікроскопу УІМ-21. Процес мікрорізання здійснювався при постійному осьовому навантаженні 1,0 Н та 1,5 Н. На одній трасі довжиною 20 мм послідовно наносилися різи до стабілізації тангенціальної складової сили різання P_z . Встановлено, що при багаторазовому послідовному різанні зразків породи їх опір руйнуванню зменшується. Одночасно із збільшенням кількості проходів змінюється характер коливань індентора (різця) при мікрорізанні, при цьому відбувається збільшення частки низькочастотних складових коливань, що свідчить про поліпшення диспергування матеріалу.

Аналіз результатів експериментів показує, що при мікрорізанні мрамору різцями в АТП, які мають сформовану раніше ріжучу кромку на полікристалічному шарі, досягається найбільше зниження тангенціальної складової сили різання P_z , яке при третьому проході становить 29 та 26% для навантаження 1,0 та 1,5 Н, відповідно, у той час, як при роботі нової АТП - 22 та 16 %, а твердим сплавом - 16 та 20%, відповідно. Вказане зниження тангенціальної складової сили різання P_z , очевидно, викликане виникненням пошкодженого шару на поверхні породи.

У зв'язку з цим, спираючись на виконані експериментальні дослідження, для визначення причини більш істотного зниження тангенціальної складової сили різання P_z при використанні пластини, що працювала раніше, та пояснення механізму роботи ПНТМ була висунута гіпотеза про те, що при різанні міцних гірських порід полікристалічними надтвердими матеріалами процес руйнування здійснюється не тільки усією полікристалічною пластиною, але й мікровиступами алмазів, що формуються на ріжучій кромці та задній поверхні інструменту. При цьому виступаючі алмази при впровадженні у породу створюють високі контактні напруги та додаткову сітку мікротріщин, які взаємодіють з мікротріщинами, що створюються від впровадження усієї ріжучої кромки пластини. У результаті впливу одночасно двох незалежних джерел концентрації напруг збільшується зона передруйнованого шару у масиві гірських порід, що призводить до більш істотного зниження міцності в порівнянні з впливом тільки одного полікристала (у випадку застосування нової пластини) або тільки алмазних зерен (при бурінні

алмазним інструментом). Поля напруг, що створюються під ріжучими елементами в ПНТМ та твердого сплаву, схематично представлені на рис.3.

Для підтвердження висунотої гіпотези було проведено комплекс досліджень по вивченню мікрорельєфу ріжучої кромки та задньої поверхні полікристала, які контактують при різанні в масивом гірської породи. Фрактоскопічні дослідження проводились в використанні методу растрової електронної мікроскопії на мікроскопі-аналізаторі "Самскан". Вивчення ПНТМ на електронному мікроскопі показує, що рельєф ріжучої поверхні АТП та сіндрила, що працювали, на відміну від нових пластин має численні мікровиступи, створенні на полікристалічній поверхні. Даний мікрорельєф формується на працюючих ПНТМ, виготовлених в алмазів всіх верністостей, у той час, як у вихідному стані мікрорельєф на поверхні ПНТМ відсутній. Для вивчення мікрогеометрії торця ПНТМ було використано метод стереоскопічної фрактоскопії, який дозволяє якісно та кількісно оцінити особливості деталей мікрорельєфу. Побудова рельєфа поверхні здійснюється за двома фотографіями стереопар, знятими під різними кутами до напрямку зйомки на стереокомпараторі "Stecometer-E" шляхом суміщення зображення позірної марки в точках рельєфу поверхні.

Аналіз стереопар ріжучих кромки нових алмазно-твердосплавних пластин та пластин, що працювали, в алмазами різної верністі, а також відповідних їм профілів, отриманих методом стереоскопічної фрактоскопії, показує, що рельєф ріжучої поверхні нових алмазно-твердосплавних пластин являє собою практично гладку поверхню без будь-яких мікрорельєфів алмазів на полікристалічному

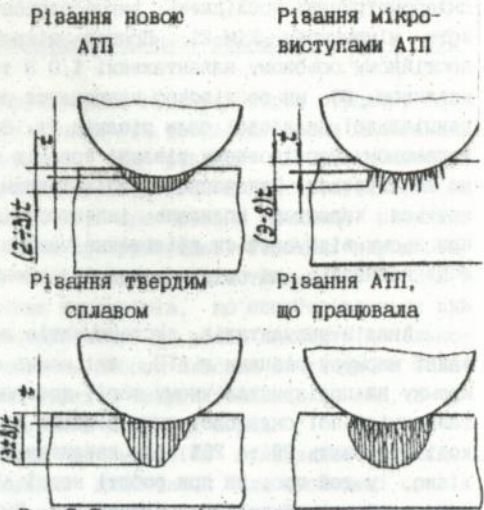


Рис.3 Схема полів напруг при руйнуванні гірських порід ПНТМ та твердим сплавом

шарі. У результаті створюється гостра ріжуча кромка з радіусом округлення 0,02-0,03 мм, якою й здійснюється процес різання гірської породи. Між тим ріжуча поверхня АПІ, що працювала, у результаті взаємодії в породю, що руйнується, зазнає істотних змінень, набуваючи рельєфну поверхню з численними мікровиступами. Математична обробка результатів вимірювань профілів робочої поверхні полікристала, отриманих на стереокомпараторі, показувала, що висота вказаних мікровиступів знаходиться у межах 5-25 мкм. Характерно, що дані мікровиступи на ріжучій кромці ПНТМ створюються на полікристалах, виготовлених з алмазів будь-яких зернистостей. При цьому висота мікровиступів практично не залежить від зернистості вихідних шліфпорошків, а визначається умовами контактної взаємодії в породю, що руйнується, оскільки мікровиступи являють собою не окремі алмазні зерна, які є основою полікристала, а їх конгломерати.

Таким чином, роботу всіх пластин з полікристалічних надтвердих матеріалів можна уявити як результат сумарного впливу на породу ріжучої поверхні полікристала та мікровиступів, розташованих на його ріжучій кромці. Це підтверджується також результатами вивчення мікропрофіля різа, створеного новою кромкою та кромкою, що раніше працювала, які показують, що у останньому випадку мікропрофіль крім основної канавки має також мікровпадини на ділянці затуплення ріжучого полікристала, у той час, як при різанні новою пластиною, такі мікровпадини відсутні. Це свідчить про активну участь у процесі формування поверхні різання мікровиступів ріжучої кромки, які створюють додаткові пошкодження у поверхневому шарі породи, що призводять до його зменшення.

Для визначення ступеню зменшення поверхового шару та його глибини була використана методика люмінесцентної дефектоскопії гірських порід, яка розроблена І.А.Свешніковим. Одночасно для оцінки впливу силового фактору проводилась реєстрація складових сил різання P_z , P_y .

Встановлено, що глибина передруйнованого шару, який виникає у результаті впливу пластини, яка раніше працювала, становить 3-6 мм, що у декілька разів перевищує глибину різання алмазозтвердосплавними пластинами міцних гірських порід. У той час, як при різанні гострою АПІ глибина пошкодженого шару виявляється у 2-3 рази меншою. При цьому складові сили різання P_z , P_y на випадок використання пластини, що раніше працювала, були тільки

на 30-50 % вищі за аналогічні параметри, що фіксуються при різанні породи різцями в гострою ріжучою кромкою. Розміри вони передруйнування, що створюється у результаті впливу вставки АТП, яка працювала раніше, та твердосплавної близькі між собою, не дивлячись на те, що в останньому випадку складові сили різання у 1,7-2,5 рази вищі.

Дані закономірності знайшли підтвердження у всіх проведених експериментах, що свідчить про активну участь мікроставів на ріжучій кромці ПНТМ у формуванні новостворюваної поверхні гірської породи. Це підтверджує висунену гіпотезу про те, що при різанні міцних гірських порід полікристалічними надтвердими матеріалами руйнування здійснюється не тільки всією полікристалічною пластиною, але й мікроставами алмазів, які створюються на ріжучій кромці та задній поверхні ПНТМ у процесі роботи. Таким чином, при роботі системи різців, оснащених алмазно-твердосплавними пластинами, необхідно створити умови, при яких забезпечується взаємодія зон передруйнованих поверхонь.

Для встановлення впливу геометричних параметрів різців, оснащених алмазно-твердосплавними пластинами, на силові характеристики процесу різання гірських порід було проведено комплекс експериментальних досліджень. Різання здійснювалось спеціальними різцями, оснащеними АТП, діаметром 13,5 мм в різних передніх та задніх кутах, а також із змінюваним кутом нахилу головної ріжучої кромки. При цьому передній кут α змінювався від 0° до -25° , задній кут β - від 0° до $+25^\circ$ і кут нахилу головної ріжучої кромки λ - від 0° до -12° .

У дослідженнях використовувались блоки породи в різних фізико-механічних властивостях: газганський мармур (Ршт -730 МПа), вапняк (Ршт -960 МПа), требовлянський пісковик (Ршт -1590 МПа), граніт сірий (Ршт -2200-2500 МПа). Швидкість різання у всіх експериментах залишалась постійною і становила 1,5 м/с, що відповідає її середнім значенням для породоруйнівного інструменту в надтвердих матеріалах. Глибина різання при цьому змінювалась від 1,0 до 7,0 мм.

Встановлено, що із збільшенням негативного переднього кута складові сили різання P_z , P_y зростають незалежно від глибини різання та властивостей руйнуемого матеріалу. При цьому мінімальні значення P_z , P_y набувають при $\alpha = -5...-10^\circ$. Оптимальні значення кута нахилу ріжучої кромки для АТП знаходиться у межах $5-8^\circ$.

Між тим при глибині різання 1-2 мм різниця у значеннях складових сили різання P_z , P_y при обробці м'яких та міцних порід невелика і становить 100-500 Н, що свідчить про можливість обробки полікристалічними надтвердими матеріалами не тільки м'яких, але й міцних порід типу граніту та пісковика у випадку підтримання стабільного теплового режиму, який виключає катастрофічний знос АТП внаслідок графітазації.

Закономірності руйнування гірських порід багатолезв'їним інструментом з ПНТМ.

Вивчаючи на результатах проведених досліджень по вивченню процесу контактної взаємодії ПНТМ з гірською породою, було розроблено ряд нових високоефективних конструкцій інструменту, оснащеного алмазно-твердосплавними пластинами: різці для обертального буріння шпурів та виконавчі органи бурильних машин для руйнування мерзелих ґрунтів, інструменти для різних типів камерних машин, які знайшли широке застосування у вугільній, каменодобувній та будівельній галузях промисловості.

У основу створених різців для обертального буріння покладено умову взаємодії зон передруйнування, що створюються за рахунок ріжучих елементів, розташованих на центральних та периферійних перах. Експериментально встановлено, що величина зони передруйнування, яка створюється у результаті впливу АТП на масив пісковика, становить 3,0-6,0 мм. З урахуванням передбачуваної глибини різання (1,0-1,5 мм) та результатів дослідження зони передруйнування під впливом АТП, величина виступу центральних пер у осьовому напрямку приймалась 3-5 мм. Враховуючи особливості розподілу навантажень на різці та зважаючи на міцність алмазно-твердосплавних пластин, у центральній частині різця АТП встановлювались під кутом -20° , а на периферії - під кутом -15° . Усунення негативного впливу динамічних навантажень на знос алмазно-твердосплавних пластин досягалось збільшенням площі контакту різця із стінкою шпура в результаті виконання на алмазно-твердосплавних пластинах лисок розміром (0,5-0,9) від діаметру АТП та розміщення стабілізатора у нижній частині корпусу різця. Внаслідок збільшення площі контакту різця з гірською породою різко зменшується рівень вібрацій та практично відсутні зноди на ріжучих кромках алмазно-твердосплавних пластин.

Однією з головних умов ефективної роботи даних різців є рівномірний знос ріжучих елементів та стабілізатора. На підставі

рішення задачі оптимізації одержано співвідношення, яке являє собою лінійне диференціальне рівняння, що описує змінення тиску на елементі стабілізатора як функції часу:

$$\frac{dp(t)}{dt} \approx S^{1/2} + K_{\Phi} p(t) v = - \frac{dD(t)}{dt}, \quad (18)$$

$$\text{де } E_* = \left\{ \frac{K_{\Phi} E_n}{1 - v_n^2} + \frac{E_c}{1 - v_c^2} \right\},$$

S - площа елемента, E_n , E_c - модуль Юнга породи та матеріалу стабілізатора, v_n , v_c - коефіцієнти Пуасона, K_{Φ} - константа, що характеризує форму елемента.

Якщо режим зношування різця $D(t)$ заданий, то задача оптимізації зводиться до вибору геометрії та матеріалу стабілізатора на основі кількісного рішення рівняння (18). Необхідно мати на увазі, що робота долота буде більш стабільною, якщо його знос по діаметру відбувається рівномірно ($dD/dt = \text{const}$).

При створенні породоруйнівного інструменту для обертового буріння шпурів враховувалось, що різці, які містять два або три ріжучі елементи, забезпечують значно кращі умови для виходу шламів та можуть бути ефективно використані при бурінні м'яких порід міцністю $f=60 \dots 80$ МПа. Тому було розроблено також ряд конструкцій двох- та трьохперих різців для обертового буріння.

Для визначення області застосування та встановлення оптимальних режимів буріння були проведені порівняльні дослідження працездатності двох-, трьох- та чотирьохперих різців. Встановлено, що при бурінні міцних гірських порід чотирьохперими різцями досягається найменша енергомісткість, яка приблизно на 40% нижча, ніж при використанні різців з двома або трьома алмазно-твердосплавними пластинами. Це пояснюється впливом зон передруйнування, які виникають за рахунок ріжучих елементів, розташованих на центральних та периферійних перах чотирьохперих різців з відставанням 3,5 мм. Виходячи з умов мінімізації енергомісткості процесу буріння міцних гірських порід для трьохперих різців, нецільово збільшення напірного зусилля понад 10,0 кН при $n > 315$ об/хв. Аналогічні обмеження слід вводити також для двохперих різців, оскільки перевищення вказаних режимних параметрів призводить до різкого підвищення питомої енергомісткості процесу буріння. Тому область застосування двох- та трьохперих різців по-

винні бути породи, міцність яких не перевищує 100 МПа.

Необхідно відзначити, що при змінненні фізико-механічних властивостей породного масиву при постійних значеннях величин напірного зусилля та частоти обертання швидкість буріння змінювалась у широкому діапазоні: у одних випадках спостерігалось різке зниження швидкості буріння, а в інших вона практично не змінювалась протягом усього ресурсу роботи інструмента. Фрактографічні дослідження ріжучої кромки та задньої поверхні полікристала АТП, випаяних в різців обертального буріння, та порівняння рельєфу ріжучої поверхні пластин при змінненні швидкості буріння дозволили встановити, що алмазно-твердосплавні пластини, випаяні в різців, швидкість буріння яких протягом всього циклу випробувань залишалась незмінною, мають розвинений рельєф ріжучої кромки та задньої поверхні полікристала. Між тим у різців, які мають тенденцію до зниження швидкості буріння, мікровиступи на полікристалі відсутні. Тому формування мікровиступів алмазів на ріжучій кромці полікристала є необхідною умовою, що визначає експлуатаційні показники інструмента, оснащеного АТП. Для забезпечення ефективної роботи даного інструменту слід прагнути до створення умов, при яких на ріжучій поверхні полікристала виникають мікрровиступи алмазів та забезпечується їх відновлення у процесі експлуатації. Це можливо при значенні напірного зусилля не менш як 7,5 кН та частоті обертання 300 - 350 об/хв.

Дослідження ріжучих кромки алмазно-твердосплавних пластин, випаяних в різців обертального буріння, що працювали при бурінні м'яких порід, а також в умовах інтенсивного тепловиділення, при яких відбувається графітізація алмазного слою, показало, що у цих випадках формування розвиненого мікрорельєфу на ріжучій кромці та задній поверхні полікристала не відбувається. В цьому випадку АТП працюють аналогічно твердосплавним пластинам, що знижує ефективність процесу буріння. Тому область ефективного застосування інструменту, оснащеного АТП, є породи з міцністю 60-160 МПа, при бурінні яких відбувається формування мікрровиступів на ріжучій кромці та задній поверхні полікристалу.

Дослідження процесу різання мерзлих ґрунтів інструментом з ПНМ.

Процес буріння свердловин у мерзлих ґрунтах супроводжується значним і змінними температурного поля породного масиву, що може призводити до розморожування та фазових перетворень у ґрун-

ті, у зв'язку з чим відбуваються різкі змінення його фізико-механічних властивостей. Оскільки буріння мерзлих порід здійснюється в умовах низьких температур, то при виході розмороженої маси ґрунту на денну поверхню відбувається його повторне змерзання в виконавчих органах бурової машини, що призводить до повного припинення процесу буріння.

Тому при створенні нового інструменту для руйнування мерзлих ґрунтів та встановленні оптимальних режимів буріння необхідно враховувати закономірності розподілення температурних полів у зруйнованому ґрунті, який виноситься на денну поверхню. Для визначення температурного поля у системі буровий інструмент-порода-шлам вирішувалась така задача теплопровідності:

$$\begin{aligned} & \operatorname{div}(\lambda_1 \operatorname{grad} T) - C_1 \rho_1 V_1 \operatorname{grad} T + \delta(r-r_*, z-Z_A) f(r) = 0, \\ & \frac{\partial T}{\partial n} - \lambda_1 \frac{\partial T}{\partial n} = \alpha (T - T_c), \quad (z, r) \in \Gamma; \quad T = T_n, \quad (r, z) \in \Omega; \\ & \lambda_1 \frac{\partial T}{\partial n} = \lambda_2 \frac{\partial T}{\partial n}, \quad \lambda_1 \frac{\partial T}{\partial n} = R_1 (T_2 - T_1), \quad (r, z) \in \Gamma_1; \\ & \lambda_2 \frac{\partial T}{\partial n} = \lambda_3 \frac{\partial T}{\partial n}, \quad \lambda_2 \frac{\partial T}{\partial n} = R_2 (T_3 - T_2), \quad (r, z) \in \Gamma_2. \end{aligned} \quad (19)$$

Тут $C_1 \rho_1 \lambda_1$ (1-1, 2, 3) - теплоємність, щільність та теплопровідність матеріалу i -ї зони; $\delta(r-r_*, z-Z_A)$ - дельта-функція ($0 < r_* < r_c$); Z_A та r_c - ордината точки А та абсциса точки С; $f(r)$ - задана функція радіальної координати; α - коефіцієнт конвективного теплообміну; R_1 та R_2 - коефіцієнти, які враховують ступінь теплового контакту шлему, що рухається в бурі та стінкою свердловини, відповідно. Дані коефіцієнти визначались на основі рішення модельної задачі шляхом установлення температурного поля суцільного середовища, що рухається в осьовому напрямку між двома співвісними нескінченними циліндричними поверхнями.

У результаті одержано вираз для розподілення температури у породі (середовище 1) та шлемі, що рухається по шнеку (середовище 2) при бурінні свердловин у мерзлом ґрунті:

$$T(z) = T_c + \frac{q}{\lambda_1 \gamma_1 - \lambda_2 \gamma_2} \times \begin{cases} \gamma_1 z & z < 0 \\ \gamma_2 z & z > 0 \end{cases}, \quad (20)$$

де $\gamma_1 = C_1 \rho_1 V_1 / \lambda_1$.

З отриманих виразів випливає, що із збільшенням швидкостей масоперенесення V_1 і V_2 частка тепла, яке поступає у породу, збільшується, а частка тепла, що поступає у шлам зменшується. При цьому майже все тепло від теплового джерела, що діє у зоні різання, витрачається на нагрівання мерзлого ґрунту ($q_1 \approx q$). Частка тепла, що йде на нагрівання шламу, незначно мала ($q_2 \approx 0$). У цьому випадку температура шламу, який виноситься на денну поверхню, визначається за формулою:

$$T_{\text{шл}} = T_c + q / C_1 \rho_1 V_1. \quad (21)$$

Звідси випливає, що із збільшенням швидкості буріння V_1 (при фіксованих q , C_1 , ρ_1) температура шламу зменшується. Оскільки зруйнований ґрунт перед транспортуванням по шнеку зазнає багаторазового перемішування у просторі між вибоєм та транспортуючою лопастю, то закономірності розподілення теплового потоку по діаметру свердловини не мають істотного значення. Визначаючою у цьому випадку є абсолютна кількість теплоти, що виділяється у зоні різання, яка залежить насамперед від конструкції долота. Тому тепловий потік, що йде на нагрів інструменту та породи, відповідно, може бути визначений по формулі проф. В. В. Кудряшова. Враховуючи, що розморожування ґрунту відбувається при 0°C , максимально припустима температура нагріву ґрунту не повинна перевищувати абсолютне значення температури оточуючого середовища T_c :

$$\frac{q}{C_1 \rho_1 V_1} < |T_c|. \quad (24)$$

У випадку перевищення вказаної температури долото не може бути використане при бурінні мерзлих ґрунтів у даних умовах, внаслідок змерзання розмороженого ґрунту в виконавчій частині бурової машини.

Таким чином, запропонований спосіб аналітичного визначення максимально припустимої температури ґрунту, що виноситься на денну поверхню, є простим та ефективним методом оцінки працездатності бурового інструменту при бурінні мерзлих ґрунтів в умовах низьких температур.

Спираючись на результати виконаних аналітичних та експериментальних досліджень, було розроблено ряд оригінальних конструкцій інструменту для буріння мерзлих ґрунтів, що враховують особливості розподілення навантаження на його породоруйнуючі

елементах та температурних полів у зруйнованому ґрунті. При цьому для зниження напірного зусилля бурової машини центральні різці максимально віддалялись від осі обертання, утворюючи kern у центральній частині вибою, який далі руйнувався кернозламником, а решта вибою руйнувалась периферійними різцями, віддаленими один від одного на розрахункову відстань, при якій відбувається зколення ціликів. У результаті досягнуто зниження енергомісткості процесу руйнування порідного масиву, що одночасно дозволило різко зменшити зношування бурових різців.

Дослідно-промислова перевірка та впровадження результатів досліджень. На основі реалізації основних положень роботи було створено ряд високоефективних породоруйнівних інструментів, оснащених полікристалічними надтвердими матеріалами.

Різці для обертального буріння шпурів. Для проходки підготовчих гірських виробок створені нові високоефективні різці для обертального буріння шпурів типу РШ-140З, РШ-152, РШ-153, оснащені алмазно-твердосплавними пластинами. На основі їх широкого впровадження на шахтах Мівуглепрому України встановлено, що швидкість буріння різцями РШ-140З порід міцністю до 160 МПа перевищує аналогічні показники серійного інструменту у 1,5-2,8 рази, а зносостійкість при цьому зростає у 70-120 разів. У результаті різкого збільшення стійкості інструменту та швидкості буріння було досягнуто підвищення темпів проходки підготовчих гірських виробок, що є істотним резервом для збільшення видобутку вугілля. Високі експлуатаційні показники розроблених різців дозволили значно розширити область застосування обертального способу буріння у вугільній промисловості та використовувати бурові установки типу БУЭ-1М та ЗБПІ-1М при бурінні порід міцністю 140-160 МПа, що підтверджується результатами лабораторних досліджень та зробленого на їх основі висновку про можливість ефективного руйнування міцних гірських порід полікристалічними надтвердими матеріалами.

Різці для камерізованих машин, оснащених алмазно-твердосплавними пластинами. Новою областю застосування полікристалічних надтвердих матеріалів є створені на основі проведених досліджень різці типу РК для камерізованих машин, призначених для видобутку каменю. Виробничі випробування та широкомасштабне впровадження нового інструменту показали, що стійкість створених різців у 140-180 разів вища, ніж стійкість твердосплавних. При цьому

збільшується продуктивність камнерізної машини, знижується навантаження на головний двигун та з'являється можливість розробки породних масивів, видобуток каменю у яких раніше вважався економічно недоцільним ("Криково-2").

Інструмент для обертального буріння свердловин великого діаметру. Використовуючи комбінований принцип руйнування породи, було розроблено ряд конструкцій інструменту, оснащеного різцями РВ-127 з алмазно-твердосплавними пластинами та призначеного для обертального буріння свердловин діаметром 220, 320, 430, 450, 470 та 500 мм у мерзлих ґрунтах. Застосування даних бурів на підприємствах півночі Тюмені та Якутії, що виконують будівельно-монтажні роботи, забезпечує підвищення продуктивності у 2-3 рази в порівнянні з серійним інструментом та збільшення стійкості різців у 30- 60 разів.

Комбіноване руйнування вибою, покладене в основу інструменту для буріння мерзлих ґрунтів, було успішно використане при створенні виконавчих органів бурешнекових комплексів, призначених для безлюдного видобутку вугілля у тонких шарах, розробка яких раніше вважалась безперспективною. Виробничі випробування створених виконавчих органів бурешнекових машин проведені на шахті "Моспинська" ВО "Донецьквугілля" показали, що застосування нового інструменту дозволяє не тільки зменшити енергомісткість процесу буріння та здійснювати видобуток вугілля у тонких шарах на глибину до 100 м, але й внаслідок руйнування вибою великими відколами підвищити сортність вугілля, що видобувається.

Розроблені нові інструменти широко впроваджені на підприємствах вугільної та каменевидобувної галузей промисловості України та країн СНД. Їх випуск організований на Дослідному заводі ІСМ НАН України та НВП "Інструмент алмазний". Загальний економічний ефект від широкомасштабного впровадження нового інструменту становить понад 20,0 млн рублів, дольова участь автора - більше 7,0 млн рублів (у цінах 1991 р.).

З А К І Н Ч Е Н Н Я

В результаті проведених досліджень вирішено важливу науково-технічну проблему, що полягає у підвищенні ефективності руйнування гірських порід інструментом з полікристалічних надтвердих матеріалів на підставі вивчення їх взаємодії з гірничим масивом. Це стало базою для створення, виготовлення та широкомас-

штабного впровадження у виробництво гірничого породоруйнівного інструменту нового покоління для вугільної та каменевидобувної галузей промисловості, що має велике народно-господарське значення.

Основні наукові та практичні результати виконаних досліджень полягають у наступному:

1. Вперше запропоновано та обгрунтовано нове уявлення про механізм руйнування міцних гірських порід полікристалічними надтвердими матеріалами, яке полягає у тому, що процес руйнування здійснюється не тільки полікристалічною пластинкою як твердим тілом, але й дискретними мікровиступами алмазів, що формуються на задній поверхні та ріжучій кромці полікристала, які при впровадженні у породу створюють високі контактні напруги та додаткову сітку мікротріщин, які взаємодіють з мікротріщинами, що створюються під дією всієї ріжучої кромки пластини. У результаті впливу одночасно двох незалежних інденторів збільшується зона передруйнованого шару у масиві гірської породи, що призводить до істотного зменшення її міцності та, як наслідок, до інтенсифікації процесу різання.

2. Використання методу стереоскопічної фрактоскопії вперше дозволило дати кількісну оцінку величині мікровиступів алмазів, що створюються на ріжучій кромці та задній поверхні полікристала, та установити, що висота мікровиступів, яка становить 5-25 мкм, залежить не від розміру зерен вихідних шліфпорошків, а визначається умовами контактної взаємодії полікристала з породою, що руйнується.

3. У результаті сумарного впливу на породний масив ріжучої поверхні полікристала та мікровиступів, що формуються на його ріжучій кромці та задній поверхні, створюється деструктований шар породи глибиною 3,0 - 6,0 мм, який перевищує глибину різання у 5-10 разів, що призводить до зниження сили різання у порівнянні з твердосплавним інструментом у 1,5 - 2,0 рази та сприяє інтенсифікації процесу руйнування породи інструментом з ПНТМ.

4. Показано, що при різанні м'яких порід, а також у випадку інтенсивного тепловиділення у зоні різання формування мікровиступів на ріжучій кромці та задній поверхні полікристала не відбувається, а ПНТМ працює аналогічно твердосплавній пластині, що знижує ефективність процесу буріння.

5. Підвищення ефективності процесу руйнування гірських по-

рід багатолезвийним інструментом з полікристалічних надтвердих матеріалів досягається на основі використання ефекту взаємодії зон передруйнування за рахунок ріжучих елементів у суміжних лініях різання, установлення раціональних розмірів керну у центральній частині вибою та оптимізації конструкції інструменту, що забезпечує рівномірний знос ріжучої частини долота та стабілізатора.

6. Вазуючись на встановлених контактних характеристиках процесу взаємодії алмазно-твердосплавних пластин з гірською породою, вперше побудовано модель деформування та руйнування порідного масиву під впливом ПНТМ, що дозволяє розрахувати величину тиску у зоні контакту різця з породою та визначати формовмінення поверхні різця у процесі зношування. Розроблена модель взаємодії АТП з породним масивом одночасно враховує пружне деформування, виникнення зони передруйнування та крихке руйнування породи.

7. Дослідженнями особливостей зношування полікристалічних надтвердих матеріалів встановлено, що знос ПНТМ відбувається шляхом відколу мікровиступів на ріжучій кромці та задній поверхні полікристала, що одночасно є необхідною умовою ефективної роботи породоруйнівного інструменту з ПНТМ.

8. Експериментально доведено можливість обробки полікристалічними надтвердими матеріалами міцних гірських порід типу граніту та пісковика при підтриманні стабільного теплового режиму, який виключає катастрофічний знос ПНТМ внаслідок графітізації; показано, що із збільшенням негативного переднього кута складові сили різання P_z , P_y зростають незалежно від глибини різання та властивостей руйнуемого матеріалу, при цьому мінімальні значення P_z , P_y набувають при $\alpha = -5...-10^\circ$.

9. На основі виконаного математичного моделювання закономірностей розподілення теплових потоків при бурінні мерзлих ґрунтів запропоновано новий метод оцінки ефективності роботи бурового інструменту, що полягає у аналітичному встановленні максимально припустимої температури зруйнованого ґрунту, що виноситься на денну поверхню, яка виключає його розморожування.

10. В основу створених інструментів для буріння мерзлих ґрунтів покладено принцип комбінованого руйнування вибою, що передбачає формування та подальше вколювання керну у центральній частині вибою та руйнування периферії з виникненням ціликів,

розміри яких визначаються міцністю ґрунту, геометричними параметрами ріжучого інструменту та режимами різання.

11. На підставі використання основних наукових положень роботи розроблено та широко впроваджено на підприємствах вугільної та каменевидобувної галузей промисловості України та країн СНД новий високоефективний породоруйнівний інструмент, оснащений полікристалічними надтвердими матеріалами. Істотне збільшення експлуатаційних показників розробленого інструменту, підтвержене великим обсягом виробничих випробувань та широкомасштабним впровадженням, дозволяє оцінити створені конструкції різців на основі ПНТМ як інструменти нового покоління.

Основні положення дисертації опубліковані в роботах:

1. Породоразрушающий инструмент для бурения мералых и вечномералых ґрунтов / В.Г.Красник, А.В.Мельничук, В.Л.Давыденко, В.В.Коршунов // Синтетические сверхтвердые материалы в геологоразведочном бурении. - Киев: ИСМ АН УССР. - 1987. - С.106-109.

2. Красник В.Г., Мельничук А.В. Исследование износостойкости буровых резцов при резании мералых ґрунтов // Синтетические сверхтвердые материалы в буровом инструменте. - Киев: ИСМ АН УССР. - 1988. - С.101-107.

3. Красник В.Г., Сосевич Ю.В., Доброскокин А.И. Выбор инструментального материала для оснащения буровых резцов при резании мералых ґрунтов // Механизация и автоматизация земляных работ в строительстве. - Киев: КИСИ. - 1988. - С.26-27.

4. Красник В.Г., Коршунов В.В., Степанец А.Н. Бурение мералых ґрунтов инструментом из сверхтвердых материалов // Энергетическое строительство. - 1989. - N 8, с.41-42.

5. Красник В.Г. Высокостойкие резцы для бурения мералых ґрунтов, оснащенные алмазно-твердосплавными пластинками. - (Информационный листок. - Киев: УкрНИИТИ, 1989, - N 89-038).

6. А.С. 1452794 СССР МКІ Е21В 7/14. Устройство для бурения скважин / И.А.Свешников, Ю.А.Кособродов, В.Г.Красник, А.И.Доброскокин, С.А.Селезнев, А.Д.Дондуков, В.А.Кувнецов. - Опубл. 23.01.89, Бюл. N 3.

7. Свешников И.А., Красник В.Г., Олейников Б.А. Резцы для вращательного бурения шпуров, оснащенные алмазно-твердосплавными пластинками // Тез. докл. семинара по угольному машиностроению Кузбасса. - Кемерово: НТО Машпром, 1989, с.37-42.

8. А.С. 1472623 СССР МКІ Е21В 10/42. Долото для вращатель-

ного бурения/И. А. Свешников, В. Г. Красник, Л. Н. Вировец, А. И. Доброскокин, Р. Д. Тохунц, В. Н. Смирнов. - Оpubл. 15.04.89, Бюл. N 14.

9. А. С. 1493761 СССР МКИ Е21В 7/24. Спиральный бур /Ю. А. Кособродов, И. А. Свешников, В. Г. Красник, А. И. Доброскокин, В. А. Бес-сараб, А. Д. Дондуков, В. В. Баринков. - Оpubл. 05.07.89, Бюл. N 26.

10. А. С. 1559096 СССР МКИ Е21В 10/44. Долото для вращательного бурения/В. Г. Красник, И. А. Свешников, Ю. А. Кособродов, Л. Н. Вировец, В. В. Коршунов, П. И. Ткаченко. - Оpubл. 23.04.90, Бюл. N 15.

11. А. С. 1613561 СССР МКИ Е21В 7/24. Долото для бурения скважин большего диаметра / И. А. Свешников, Ю. А. Кособродов, В. Г. Красник, Л. Н. Вировец, А. И. Доброскокин, С. А. Селезнев, А. Д. Дондуков, Б. М. Родин. - Оpubл. 15.12.90, Бюл. N 46.

12. А. С. 1625663 СССР МКИ В23Q 17/09. Устройство для мгновенного прекращения процесса резания / В. Г. Красник, Г. И. Рудник. - Оpubл. 07.02.91, Бюл. N 5.

13. А. С. 1627651 СССР МКИ Е21В 10/44. Долото для вращательного бурения / В. Г. Красник, Ю. А. Кособродов, В. В. Коршунов, П. И. Ткаченко. - Оpubл. 23.05.91, Бюл. N 6.

14. А. С. 1633083 СССР МКИ Е21В 10/44. Спиральное долото для вращательного бурения / Ю. А. Кособродов, В. Г. Красник, И. А. Свешников, А. И. Доброскокин, А. Д. Дондуков. - Оpubл. 07.03.91, Бюл. N 9.

15. Красник В. Г. Влияние вертикальной стенки скважины на изменение свойств породного массива. //Международная научно-техническая конф. "Механизация и автоматизация земляных работ". - Киев: КИСИ, 1991, с. 27-29.

16. Красник В. Г. Метод оценки эффективности бурового инструмента при разрушении мерзлых грунтов //Синтетические сверхтвердые материалы в геологоразведочном бурении. - Киев: ИСМ АН УССР. - 1991. - С. 67-71.

17. Красник В. Г., Степанец А. Н., Ушаповский Ю. П. Расчет конструктивных параметров кернопроемных устройств буровых дополнительных органов // Горные, строительные, дорожные и мелиоративные машины. - 1991. - N 44. - С. 68-72.

18. А. С. 1653908 СССР МКИ В23В 49/00. Устройство для получения корня стружки / В. Г. Красник, Г. И. Рудник. - Оpubл. 07.06.91, Бюл. N 21.

19. А. С. 1657588 СССР МКИ Е21В 7/24. Устройство для бурения скважин /В. П. Головань, Ю. А. Кособродов, В. Г. Красник, В. А. Смирнов, А. Ю. Вольтерс, А. И. Доброскокин. - Оpubл. 23.06.91, Бюл. N 23.

20. А.с. 1668620 СССР МКІ Е21В 10/46. Долото для вращательного бурения /И.А.Свешников, Б.А.Олейников, В.Г.Красник, Л.Н.Вировец, В.И.Павленко, Ю.Ф.Литкевич, Н.Г.Петров, Н.С.Родионов, В.А.Пашевский, Ю.А.Медовый. - Оpubл.07.08.91, Бюл. N 29.

21. А.С. 1686114 СССР МКІ Е21В 10/46. Резец для вращательного бурения / В.И.Павленко, Ю.Ф.Литкевич, Б.А.Олейников, И.А.Свешников, В.Г.Красник, Л.Н.Вировец, В.И.Анохин. - Оpubл.23.10.91, Бюл. N 39.

22. Исследование и создание нового бурового инструмента на основе применения алмазно-твердосплавных материалов. И.А.Свешников, Б.А.Олейников, В.Г.Красник, С.В.Смекаленков // Новое в теории, технологии и технике бурения. - М.: ИГД им. Скочинского, 1991. - С.47-48.

23. Резцы для вращательного бурения, армированные алмазотвердосплавными пластинами. Н.С.Родионов, Н.Г.Петров, В.Г.Красник и др. // Новое в теории, технологии и технике бурения. - М.: ИГД им. Скочинского, 1991. - С.48-49.

24. Красник В.Г. Особенности контактного взаимодействия режущего бурового инструмента с горной породой // Новый породоразрушающий инструмент из сверхтвердых материалов. - Киев: ИСМ АН Украины, 1992. - С.4-11.

25. Горячева И.Г., Красник В.Г., Чекина О.Г. Сопротивление породы проникновению штампа вблизи стенки скважины // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. - 1992. - N1. - С.39-44.

26. Свешников И.А., Олейников В.А., Красник В.Г. Резцы нового поколения для вращательного бурения шпуров // Уголь Украины, 1992. - N 3. - С.56-59.

27. А.С.1765347 СССР МКІ Е21В 10/04. Долото для вращательного бурения / В.Г.Красник, Ф.Ф.Вондаренко, В.И.Чернецкий, А.В.Лушаков, А.Э.Форш. - Оpubл. 30.09.92, Бюл. N 36.

28. Красник В.Г., Куц В.И., Дутка В.А., Вудяк А.А. Закономерности распределения температур при бурении мерзлых грунтов резцовым инструментом // Совершенствование техники и технологии бурения скважин. - Киев: ИСМ АН Украины, 1993. - С.52-58.

29. Патент України N 54 МКІ Е21В 10/46. Долото для обратного бурения / И.А.Свешников, Б.А.Олейников, В.Г.Красник. - Оpubл.в бюл. Промислова власність, 1993, N 1.

30. Патент России N 2007540 E21B 10/42. Резец для вращательного бурения / И.А.Свешников, В.А.Олейников, В.Г.Красник, С.Д.Заболотный, С.В.Смекаленков. - Оpubл.15.02.94, Бюл. N3.
31. Патент России N 2012765 E21B 10/42. Долото для вращательного бурения / В.Г.Красник. - Оpubл.15.05.94, Бюл. N 9.
32. Свешников И.А., Красник В.Г. Основные закономерности разрушения горных пород поликристаллическими сверхтвердыми материалами //Сверхтвердые материалы. - 1995. - N 6. - С.40-47.
33. Красник В.Г., Свешников И.А. Модель контактного взаимодействия многолезвийного породоразрушающего инструмента с горной породой //Сверхтвердые материалы. - 1996. - N 1. - С.28-34.
34. Красник В.Г., Смекаленков С.В. Область применения резов вращательного бурения, оснащенных алмазно-твердосплавными пластинами // Уголь Украины. - 1996. - N 1. - С.21-22.
35. Чекина О.Г., Горячева И.Г., Красник В.Г. Моделирование изнашивания бурового инструмента //Материалы первой Международной конференции "Энергодиагностика". - Москва: ИРЦ РАО ГАЗПРОМ, т.3. - 1995. - С.95-102.
36. Sveshnikov I.A., Krasnik V.G. Special features of hard rock destruction mechanism by polycrystalline materials. 7th International Conference on Mechanical Behaviour of Materials. The Netherlands. 1995, pp.811-812.
37. Checkina O.G., Goryacheva I.G., Krasnik V.G. The model for tool wear in rock cutting // Wear. - 1996. - 179.

АННОТАЦИЯ

Красник В.Г. Закономерности процесса разрушения горных пород инструментом из поликристаллических сверхтвердых материалов. Автореф. дис. ... докт. техн. наук по специальности 05.15.11 - "Физические процессы горного производства". Институт гидромеханики НАН Украины, г. Киев. - 1996. - 35 с.

Впервые предложено и обосновано новое представление о механизме разрушения прочных горных пород поликристаллическими сверхтвердыми материалами, заключающийся в том, что процесс разрушения осуществляется не только поликристаллической пластиной как твердым телом, но и дискретными микровыступами алмазов, формирующимися на задней поверхности и режущей кромке поликристалла. Впервые построена модель деформирования и разрушения породного массива под воздействием ПСТМ, позволяющая рассчитать вели-

чину давления в зоне контакта реза с породой и определить формуизменение поверхности реза в процессе износа; разработанная модель взаимодействия ПСТМ с породным массивом учитывает одновременно упругое деформирование, образование зоны предразрушения и хрупкое разрушение породы. Предложен новый метод оценки эффективности работы бурового инструмента для бурения мерзлых грунтов, заключающийся в аналитическом установлении максимально допустимой температуры разрушенного грунта, выносимого на дневную поверхность. Создан и внедрен на предприятиях угольной и камнедобывающей отраслей промышленности Украины и стран СНГ новый высокоэффективный породоразрушающий инструмент, оснащенный поликристаллическими сверхтвердыми материалами. Существенное увеличение эксплуатационных показателей разработанного инструмента, подтвержденное большим объемом производственных испытаний и широкомасштабным внедрением, позволяет оценить созданные конструкции резцов на основе ПСТМ как инструменты нового поколения.

ANNOTATION

V.G.Krasnik, Regularities of the Process of Rock Destruction with Tools of Polycrystalline Superhard Materials. Author's Abstract of Dr. Sci. (Eng.) Dissertation in Speciality 05.15.11 "Physical Processes of Mining". Institute of Hydromechanics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev, 1996.

A new concept of a mechanism of hard rock destruction by polycrystalline superhard materials (PCSM) is suggested and substantiated for the first time. The mechanism implies that the process of destruction is executed not only by a polycrystalline plate as by a solid body, but also by discrete microprotrusions of diamonds, that are formed on the back surface and cutting edge of a polycrystal. A model of rock deformation and destruction under the effect of PSHM, was first constructed. The model enables the pressure in the zone of the cutter-rock interaction to be calculated and the tool wear to be determined. The developed model makes allowance for the elastic deformation, formation of a predestruction zone and the brittle fracture of the rock. A new method is suggested of evaluation of the efficiency of augers for frozen soils that lies in an analytical determination of the highest acceptable temperature of the taken out destructed soil. A new

highly-efficient rock-destructive tool tipped with PCSM has been developed and introduced in coal and stone working industries of Ukraine and CIS countries. The essential improvement of performance of the developed tool that was supported by both a great number of field tests and wide application in the mining industry gives grounds to think of the developed designs of PSHM cutters as the tools of a new generation.

Ключові слова: полікристалічні надтверді матеріали, алмаз-но-твердосплавні пластини, гірська порода, буріння, вони перед-руйнування, породоруйнуючий інструмент.

Підп. до друку 26.03.96. Формат 60х90/16. Папір пис. № 1.
Друк офс. Ум. друк. арк. 2,0. Ум.ф.-відб. 2,0. Обл.-вид. арк. 1,8.
Тираж 100 екз. Сам. № 228. Безплатно.

Інститут надтвердих матеріалів НАН України
254074, Київ-74, вул. Автозаводська, 2

Ротапринт ІНМ НАН України

446444

AB 34.576

AB 34.576