

The results of studies that have established a promising method of use of vibro-acoustic diagnostics for optimization of the process of destruction of the diamond drill bits mountain of rocks with different physical and mechanical properties.

Keywords: *synthetic diamonds, vibroacoustic diagnostics, the wear rate, the drill bit.*

Литература

1. Генкин М. Д., Соколова А. Г. Виброакустическая диагностика машин и механизмов. – М.: Машиностроение, 1987. – 282 с.
2. Синтетические алмазы в геологоразведочном бурении / Под ред. В. Н. Бакуля. – К.: Наук. думка, 1978. – 232 с.
3. Виброиспытания и металлофизическое исследование структуры материала при вибрационном нагружении / И. Н. Овчинников, М. А. Бомер, Л. М. Рыбакова, и др. // Вестн. машиностроения. – 2003. – № 4. – С. 29–36.
4. Вибрации энергетических машин: Справоч. пособие / Под ред. д-ра техн. наук, проф. Н. В. Григорьева. – Л.: Машиностроение, 1974. – 464 с.
5. Нагорный В. М., Черевко А. А. Увеличение глубины вибродиагностирования на основе учета физических причин отказа машины // Вісн. Сум. держ. ун-ту. Сер. Технічні науки, 2004. – № 2(61). – С. 144–151.
6. Сверхтвердые материалы в геологоразведочном бурении / П. В. Зыбинский, Р. К. Богданов, А. М. Исонкин, А. П. Загора. – Донецк: Норд-Пресс, 2007. – 244 с.

Поступила 12.06.13

УДК 622.24.051: 622.156

О. П. Виноградова, І. А. Свешніков, д-р техн. наук, С. Д. Заболотний, С. Ф. Беспалов

Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля, НАН України, м. Київ.

УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОЧОГО ШАРУ АЛМАЗОВМІСНИХ ЕЛЕМЕНТІВ БУРОВИХ КОРОНОК

Досліджено вплив конфігурації робочого шару алмазовмісних породоруйнівних елементів зі слаутича на ефективність руйнування: кутової зони спряження поверхонь вибою і керну у блоці оптичного скла БК-8, що моделює тверді крихкі гірські породи при статичному навантаженні; гірських порід при динамічному навантаженні. Виявлено переваги використання призматичних алмазовмісних елементів зі слаутича порівняно з циліндричними елементами з плоским торцем з метою підвищення швидкості руйнування гірських порід буровим інструментом, за забезпечення рівномірного зносу його торця в радіальному напрямку.

Ключові слова: *руйнування гірської породи, коронка, вставка, слаутич, рівномірний знос.*

Геологорозвідувальне буріння гірських порід середньої міцності VI–IX категорій буримості здійснюється твердосплавним інструментом, що потребує великих витрат через його незначний ресурс.

При бурінні в гірських породах середньої міцності нафтових і газових свердловин для оснащення доліт широко застосовується надтвердий композиційний алмазовмісний матеріал слаутич у вигляді елементів діаметром 6–14 мм циліндричної форми з плоским торцем, [1].

Високої механічної швидкості бурових геологорозвіувальних коронок, оснащених циліндричними вставками з алмазовмісного матеріалу славутич при їх високій зносостійкості в радіальному напрямку торця було досягнуто ІНМ НАН України ім. В. М. Бакуля О. І. Семеновим [2] при встановленні вставок з клиновидним торцем з напрямком різальної кромки під кутом – 45° до лінії руйнування гірської породи. Проте виготовлення вставок було недостатньо технологічним.

Важливим аспектом при вдосконаленні конструкції бурового інструменту разом з закладенням умови рівномірного зносу в радіальному напрямку торця є забезпечення високої ефективності руйнування зон спряження площин керну і свердловини з площиною вибою.

Г. В. Арцимович [3] вказує на збільшену у 2 рази енергомісткість руйнування блоку мармуру Коелгінського родовища у кутових зонах спряження площини вибою і площин керну та свердловини при вдавлюванні циліндричного штамп з плоским торцем площею 7 мм^2 у гірську породу, а також на збільшену в 1,055–1,065 рази твердість гірської породи в кутових зонах, порівняно з центральною зоною вибою.

Так, для інтенсивного руйнування кутової зони вибою О. М. Бочковський і Д. Л. Коростишевський у долоті нової конструкції [4] вдвічі збільшили кількість лопатей, оснащених породоруйнівними елементами в зоні переходу торцевої робочої поверхні в калібруючу.

Мета цього дослідження – створити конструкцію бурової коронки, оснащеної елементами з композиційного алмазовмісного матеріалу славутич, що забезпечить високу швидкість руйнування гірських порід середньої міцності та рівномірність зносу породоруйнівних елементів у радіальному напрямку.

Завдання дослідження полягали у визначенні переваг використання алмазовмісних породоруйнівних елементів з робочою поверхнею, що є вдосконаленою при оснащенні торця бурового інструменту:

- дослідження впливу осьової складової зусилля руйнування кутової зони вибою блоку оптичного скла БК-8 з виступом на ефективність його руйнування алмазовмісним циліндричним елементом зі славутича з плоским торцем діаметром 10 мм і призматичним елементом з типорозміром торця – 7×3 мм при статичному навантаженні;

- дослідження гранулометричного складу продуктів руйнування блоку пісковіку Тербовлянського родовища з межею міцності на стискання 80 МПа алмазовмісними елементами зі славутича з відносною концентрацією алмазів 100% та їх зернистістю 800/630 мкм – циліндричним з плоским торцем, діаметром 10 мм і призматичним з типорозміром торця – 7×3 мм;

- дослідження гранулометричного складу продуктів руйнування блоку міцного пісковіку з межею міцності на стискання 205 МПа алмазовмісними призматичними елементами зі славутича з типорозміром торця – 7×3 мм, зернистістю алмазів 800/630 мкм та їх відносною концентрацією 100 і 125%;

- експериментальні дослідження ефективності руйнування блоків пісковіку Тербовлянського і Торезького родовищ коронкою, оснащеною призматичними елементами зі славутича на стенді, створеному на базі радіально-свердлильного верстату моделі 2Н58.

З метою дослідження впливу осьової складової зусилля руйнування породи на ефективність руйнування кутових зон вибою гірської породи алмазовмісними елементами зі славутича – циліндричним з плоским торцем діаметром 10 мм і призматичним з типорозміром робочого торця 7×3 мм – проаналізували наслідки формування тріщини, що утворюється у блоці гірської породи в результаті однакового питомого осьового навантаження на зазначені алмазовмісні елементи при використанні системи Werktoff Prufmaschinen Service (Німеччина), із застосуванням датчиків U3 (100 кН) і C9B (50 кН) виробництва фірми Hottinger Baldwin Messtechnik (Німеччина), якими обладнано трикомпонентний динамометр, призначений для виміру складових зусилля різання на стенді, створеному на базі токарно-карусельного верстату моделі моделі 1М553.

На рис. 1 представлено спеціальні різці, оснащені породоруйнівними елементами зі славутича з відносною концентрацією алмазів 100% та їх зернистістю 800/630 мкм – циліндричним з плоским торцем діаметром 10 мм, (рис. 1, а) і призматичним з типорозміром торця 7×3мм (рис. 1, б), виготовленим методом гарячого пресування у графітовій прес-формі, для виробництва якої застосували прошивку [5].

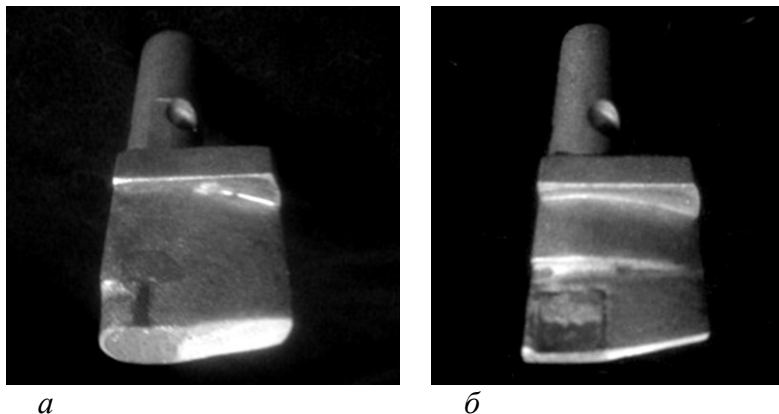


Рис. 1. Загальний вигляд різця, оснащеного породоруйнівним елементом із славутича з відносною концентрацією алмазів 100% та їх зернистістю 800/630 мкм: а – циліндричним з плоским торцем діаметром 10 мм; б – призматичним, з типорозміром торця 7×3 мм

Подібно до візуального спостереження за утворенням і поширенням тріщин передруйнування, що виникають при динамічному навантаженні на різець РП-221, оснащений твердосплавною вставкою, у блоці відполірованого з усіх сторін ізотропного оптичного скла БК-8 з межею міцності 160–170 МПа, що моделює тверді крихкі породи типу граніту та кварциту [6], здійснили дослідження при статичному навантаженні на зазначені експериментальні різці.

Різець (рис. 1, а), закріплений у різцетримачі трикомпонентного динамометра, притискали до виступу встановленого на планшайбі блоку оптичного скла БК-8, що імітує утворюваний інструментом керн під дією питомого навантаження 14,65 кН/см² (рис. 2, а).

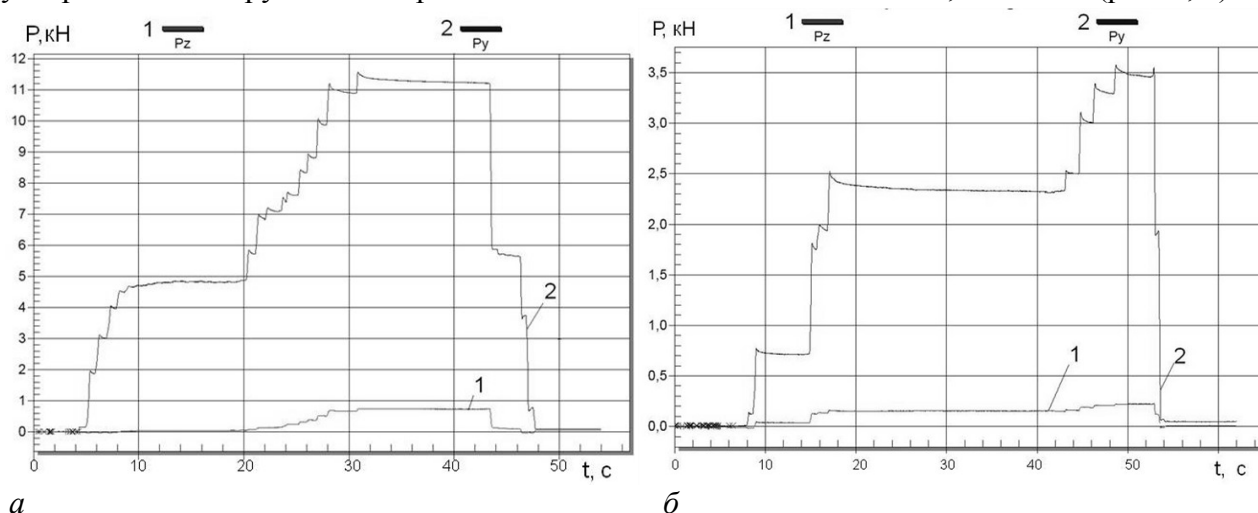


Рис. 2 Діаграма складових сили руйнування P_z і P_y при статичному навантаженні на блок оптичного скла БК-8 з виступом різцем, оснащеним вставкою зі славутича з зернистістю алмазів 800/630 мкм та їх відносною концентрацією 100%: а – циліндричною з плоским торцем діаметром 10мм; б – призматичною з типорозміром торця 7×3 мм; P_z – 1, P_y – 2

Тріщина, утворена циліндричною вставкою з плоским торцем, дотичною до площини виступу, починає формуватись у блоці оптичного скла на відстані рівній радіусу вставки від виступу, але її кінцева частина (за такого навантаження) не доходить до площини потенційно утворюваного керну 3 мм, тобто змодельована прикернова зона внаслідок осьового навантаження не руйнується (рис. 3, а).

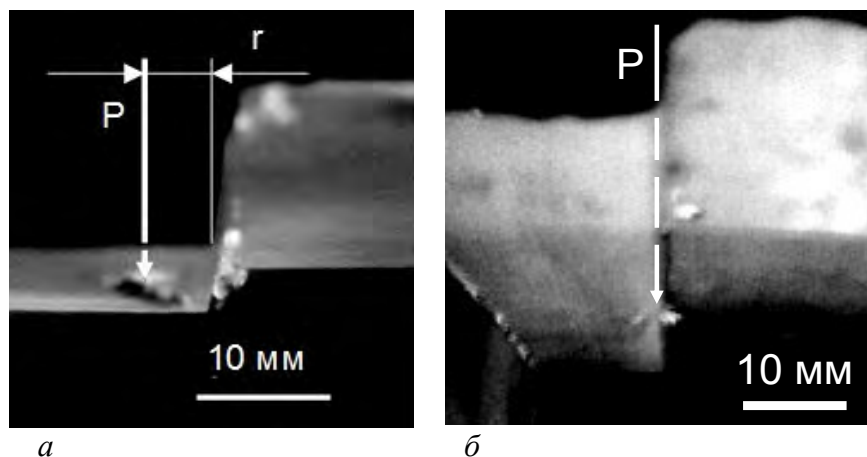


Рис. 3. Формування тріщини у блоці оптичного скла БК-8, утвореної в результаті осьового навантаження на: а – циліндричну алмазовмісну вставку з плоским торцем діаметром 10 мм зернистістю алмазів 800/630 мкм та їх відносною концентрацією 100%, дотичну до площини виступу (вид під кутом 60° до площини вибою), r – радіус вставки, P – навантаження на вставку); б – призматичну алмазовмісну вставку із славутича з типорозміром торця 7×3 мм

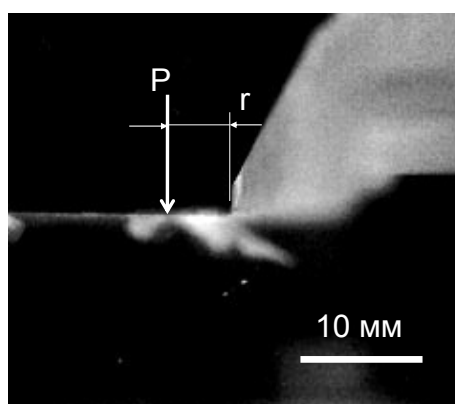


Рис. 4. Формування тріщини у блоці оптичного скла БК-8 з виступом, утвореної в результаті осьового навантаження на циліндричну алмазовмісну вставку зі славутича з плоским торцем діаметром 10 мм з зернистістю алмазів 800/630 мкм та їх відносною концентрацією 100% (вид спереду, r – радіус вставки, P – навантаження на вставку)

Крім того, у вільний на півпростір у протилежну сторону від площини змодельованого керну спрямована гілка тріщини, довжина якої в 3,5 рази менша від основної гілки, а потенційна енергія руйнування меншої гілки тріщини не використовуватиметься для руйнування прикернової (кутової) зони вибою (рис. 4).

Під дією питомого осьового навантаження $16,67 \text{ кН/см}^2$ на призматичну вставку зі славутича з типорозміром торця 7×3 мм основна гілка тріщини формується на лінії перетину площин вибою та виступу і «підсікає» змодельований керн (рис. 3, б), сприяючи руйнуванню кутової зони вибою. Менша гілка тріщини не виходить за межі зони контакту робочої поверхні вставки з вибоєм (3 мм), а тому спричиняє його інтенсивне руйнування.

Відбитки, що утворюються алмазними зернами на поверхні блоку оптичного скла БК-8 при навантаженні на різець, оснащений як циліндричною вставкою зі славутича з плоским торцем, так і призматичною мають вигляд (рис. 5) верхньої частини фрагменту продуктів руйнування гірської породи [7–9] і свідчать про однаковий рисунок

розподілу навантажень, що виникають у масиві гірської породи під дією як статичного, так і динамічного навантаження на породоруйнівний індентор.

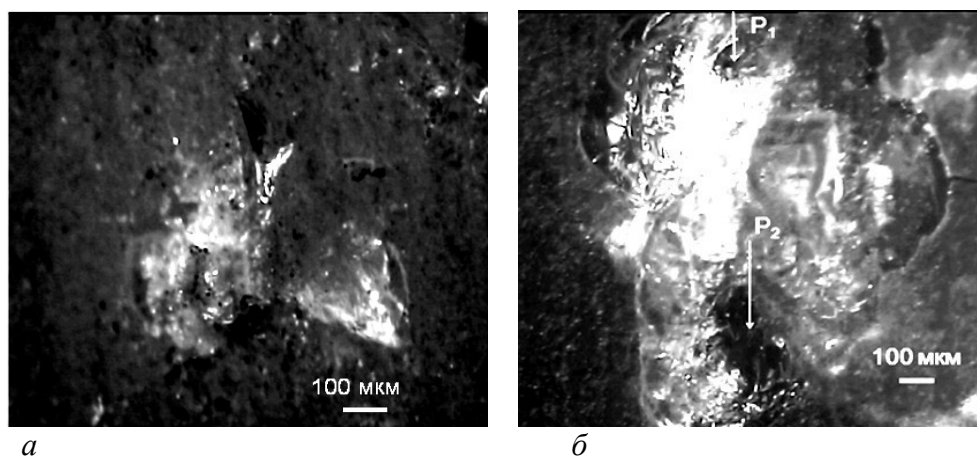


Рис. 5. Відбитки, утворені алмазними зернами на поверхні блоку оптичного скла БК-8 в результаті статичного навантаження на різець, оснащений вставкою зі славутича з відносною концентрацією алмазів 100% та їх зернистістю 800/630 мкм: а – циліндричною з плоским торцем діаметром 10 мм; б – призматичною з типорозміром торця 7×3 мм, P_1 і P_2 – питомі навантаження на окремі алмазні зерна

Крім того, експериментально дослідили руйнування блоку пісковіку Теревлянського родовища зазначеними різцями при динамічному навантаженні.

Руйнування блоку сірого абразивного пісковіку Теревлянського родовища IV категорії буримості з межею міцності на стискання 80 МПа здійснювали різцями, оснащеними вставками зі славутича з відносною концентрацією алмазів 100% та їх зернистістю 800/630 мкм – циліндричною з плоским торцем з обертовою швидкістю 0,114 м/с і призматичною вставкою з типорозміром торця 7×3 мм з обертовою швидкістю 0,09 м/с на стенді, створеному на базі токарно-карусельного верстату моделі 1М553 з подачею на оберт 40 мкм.

Згідно з гістограмою розподілу ширини a фрагментів продуктів руйнування пісковіку, відібраних з проб однакової ваги (рис. 6, а, 7, а), що відповідають еталонній формі, [8] циліндричною вставкою з плоским торцем і призматичною вставкою з типорозміром торця 7×3 мм, за найбільшої кількості становить, відповідно, 1 і 3 мм, рис. 7, в, 7, г, 8. Найбільша ширина a фрагменту руйнування блоку пісковіку у пробі циліндричною вставкою зі славутича з плоским торцем, становить 5 мм, товщина h – 1,1 мм (рис. 6, б); призматичною вставкою, відповідно, 8,3 мм і 2,2 мм, рис. 7, б.

З аналізу величини виступання над зв'язкою або вильотів алмазних зерен, згідно з методикою В. А. Александрова [10] у зазначених вставках впливає, що середній виліт алмазів у циліндричній вставці з плоским торцем становить 100 мкм, у призматичній – 80 мкм, а максимальні габаритні розміри фрагментів продуктів руйнування пісковіку Теревлянського родовища призматичною вставкою, досягають значень, у 1,6 раз більших за відповідні значення, що стосуються циліндричної вставки з плоским торцем.

Ймовірно, більший виліт алмазних зерен у циліндричній вставці з плоским торцем пов'язаний з інтенсивнішим зносом зв'язки вставки. Згідно з мікроскопічними дослідженнями рівня зв'язки у напрямку, перпендикулярному напрямку руху вставки, він коливається у діапазоні 300 мкм, причому, найінтенсивніший знос як матриці, так і алмазів спостерігається на периферії вставки. Рівень зв'язки призматичної вставки у напрямку, перпендикулярному напрямку руху вставки не коливається, при середньому питомому навантаженні на вставку у 3 рази вищому за питоме навантаження на циліндричну вставку з плоским торцем (рис. 5).

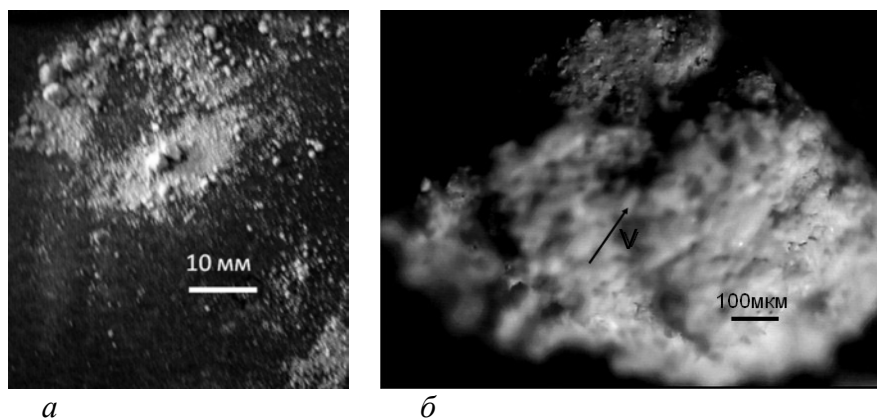


Рис. 6. Загальний вигляд: а – проби продуктів руйнування, отриманого в результаті руйнування блоку пісковика Тербовлянського родовища циліндричною вставкою із славутича з плоским торцем зернистістю алмазів 800/630 мкм та їх відносною концентрацією 100%; б – верхньої частини фрагменту продуктів руйнування з максимальною товщиною у пробі – 1100 мкм; V – вектор швидкості фрагменту, (вид згори)

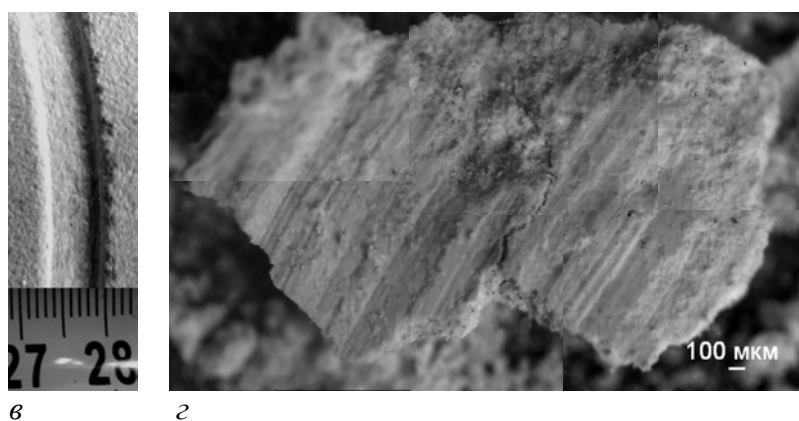
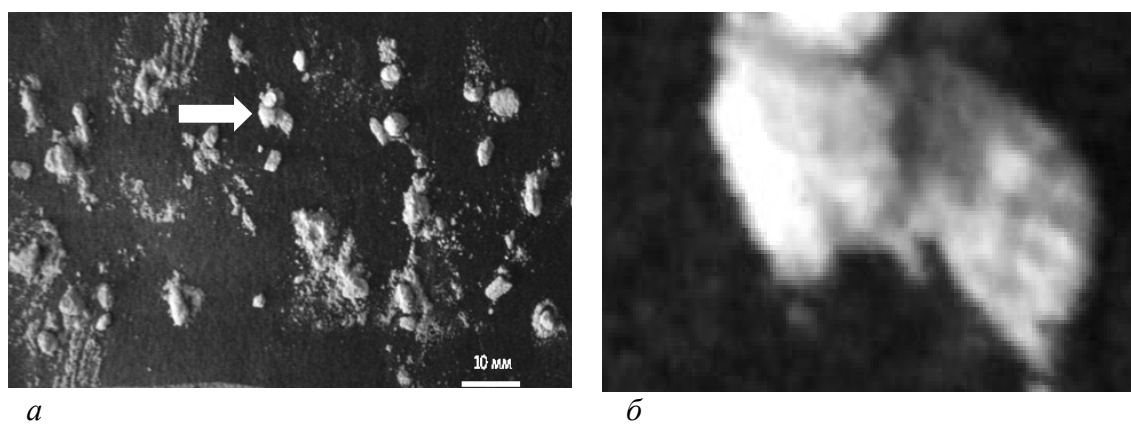


Рис. 7. Загальний вигляд: а – проби продуктів руйнування блоку пісковика Тербовлянського родовища призматичною вставкою зі славутича типорозміром торця 7×3 мм зернистістю алмазів 800/630 мкм та їх відносною концентрацією 100%; б – зворотної частини фрагменту продуктів руйнування з максимальною товщиною у пробі – 2200 мкм, (вид згори); в – вибою блоку пісковика Тербовлянського родовища, утворений призматичною вставкою зі славутича); з – верхньої частини фрагменту товщиною 600 мкм продуктів руйнування (вид згори)

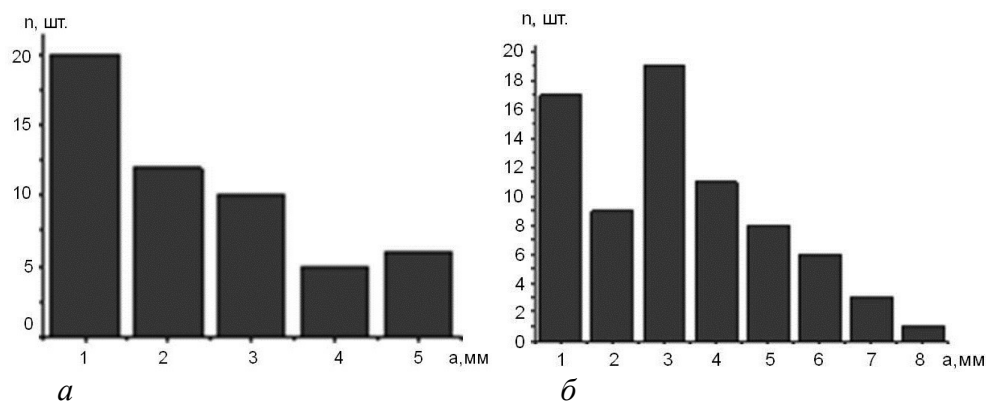


Рис. 8 Гістограми розподілу ширини a фрагментів продуктів руйнування блоку пісковика Тербовлянського родовища вставкою зі славутича зернистістю алмазів 800/630 мкм та їх відносною концентрацією 100%: a – циліндричною з плоским торцем діаметром 10 мм; b – призматичною з типорозміром торця 7×3 мм

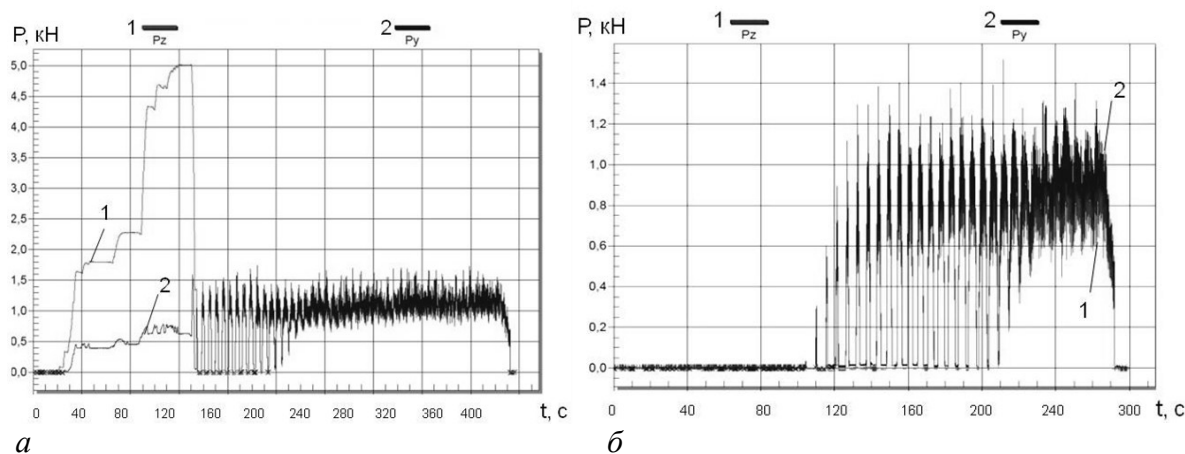


Рис. 9. Діаграма складових сили руйнування P_y , P_z , пісковика Тербовлянського родовища різцем, оснащеним вставкою зі славутича зернистістю алмазів 800/630 мкм та їх відносною концентрацією 100 %: a – циліндричною з плоским торцем діаметром 10мм; b – призматичною з типорозміром торця 7×3 мм

Конфігурація зворотної частини фрагментів продуктів руйнування, міцного абразивного пісковика з межею міцності на стискання $\sigma_{ст} = 205$ МПа різцями, оснащеними вставками зі славутича зернистістю алмазів 800/630 мкм і їх відносною концентрацією 100 і 125% (рис. 11), відповідає конфігурації зворотної частини еталонного фрагменту шламу, що утворюється при руйнуванні крихких твердих гірських порід алмазним інструментом [11], і включає зону заглиблення інденторів 1, бокові частини 2, ядро 3, та кінцеву частину 4. Результати порівняння габаритних розмірів найбільших фрагментів продуктів руйнування засвідчують, що при їх ширині до 375 і 934 мкм та довжині до 325 і 688 мкм, товщина становить 100 і 500 мкм, відповідно. Ця відмінність, ймовірно, зумовлена формуванням спільного ядра, що утворюється, згідно з дослідженнями Р. М. Ейгелеса [12] під взаємодіючими інденторами на відстані, що є оптимальною для утворення ядра відповідного розміру. Як зазначає Р. М. Ейгелес, тріщини, що розвиваються із найближчих одна до одної зон передруйнування зливаються і утворюється загальна лунка (рис. 9, в), за невеликої відстані між інденторами, в іншому випадку взаємовплив вплив двох зон передруйнування незначний (рис. 9, б).

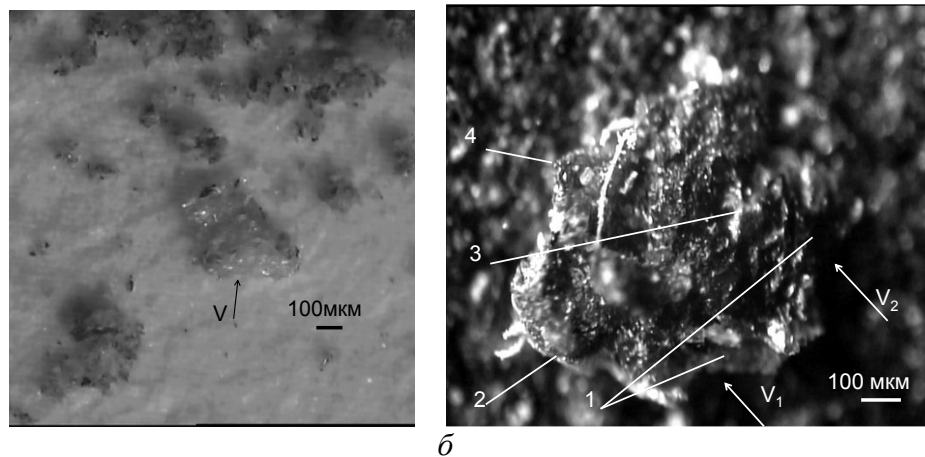


Рис. 10. Фрагменти продуктів руйнування кварцового крупнозернистого пісковика з межею міцності 205 МПа різцем, оснащеним породоруйнівним елементом зі слаутича з алмазами зернистістю 800/630 мкм та їх концентрацією, відповідно, 100% і 125%: а – товщиною 100 мкм, V – вектор напрямку відколювання частинок шламу; б – товщиною 500 мкм; 1 – зона заглиблення двох інденторів; 2 – бокові частини; 3 – ядро; 4 – кінцева частина; V_1, V_2 – вектори швидкості двох алмазів у вставці з вибоєм гірської породи

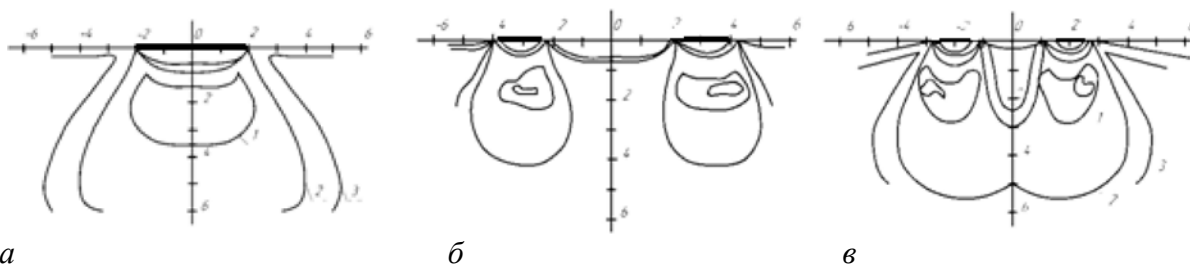


Рис. 11. Схеми розвитку зон деформацій, що виникають під циліндричними інденторами з плоским торцем у блоці мармуру Коелгінського родовища, залежні від відстані між ними згідно з дослідженнями Р. М. Ейгелеса: а – одним індентором; б – двома інденторами, при $c/r = 3$, де c – міжцентрова відстань між інденторами, r – радіус циліндричного індентора з плоским торцем; в – двома інденторами при $c/r = 2$

Використовуючи результати викладених досліджень, спроектували і випробували алмазну бурову восьмисекторну коронку [13], що містить корпус 1, (рис. 11, а) та алмазовмісні породоруйнівні елементи 2, з типорозміром робочого торця 7×3 мм, розташовані в зонах: прикерновій 3, центральній 4, та присвердловинній 5, розділених захисними пластинками 6, з різною концентрацією алмазів: у присвердловинній зоні – в 1,25 раза більшою, ніж у прикерновій, в 1,33 рази більшою, ніж по осі шляху торця коронкою, що сприяє рівномірному зносу алмазовмісних породоруйнівних елементів у радіальному напрямку

При бурінні коронкою пісковика, як Тербовлянського із середньою швидкістю 3,64 м/год при питомому навантаженні 99 кг/см^2 , так і Торезького із середньою швидкістю 1,18 м/год при питомому навантаженні 138 кг/см^2 на стенді, створеному на базі радіально-свердлильного верстата моделі 2Н58, відбувається рівномірний знос породоруйнівних елементів у радіальному напрямку: у прикерновій зоні – 0,17 мм/м; у центральній – 0,26 мм/м, у при свердловинній – 0,15 мм/м.

Результати, отримані за допомогою пристрою для дослідження робочої поверхні інструменту [14], а також, мікроскопа «Ломо Метам Р-1» з відеокамерою CCD «Digital КОСОМ» при збільшенні об'єктивів в 175 та 360 крат, що узгоджується з рис. 11, б, свідчать про забезпечення рівномірного зносу породоруйнівних вставок зі слаутича в радіальному

напрямку торця завдяки інтенсивному розкриттю алмазних зерен: у присвердловинній зоні – 19 нових розкритих алмазів, у прикерновій зоні – 9, в центральній зоні – 5.

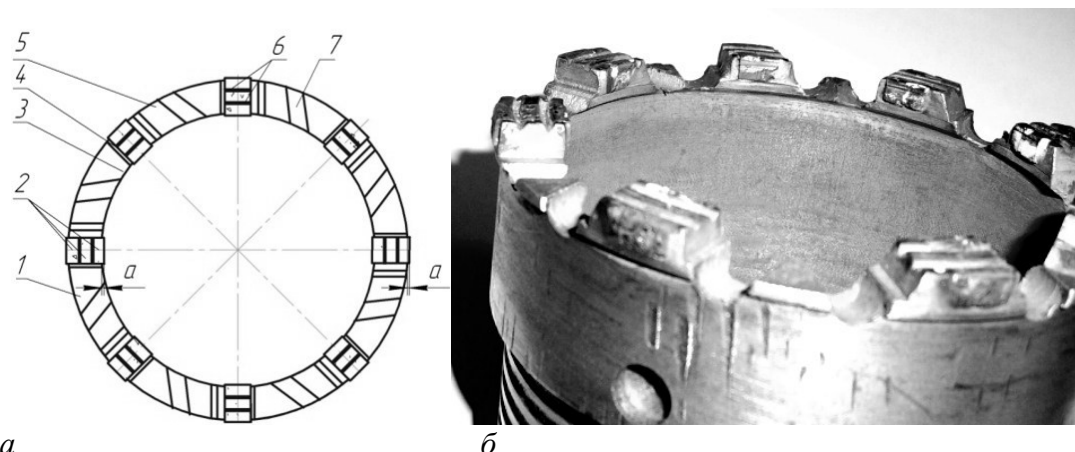


Рис. 12. Алмазна бурова коронка, оснащена призматичними вставками зі Славутича: а – вид згори (1– корпус бурової коронки; 2– призматичні вставки зі славутича 3 – прикернова зона; 4 – центральна зона; 5 – присвердловинна зона кільця коронки; 6– захисні пластинки; 7– промивні канали; а – довжина виступання вставки зі Славутича за межі корпусу); б – загальний вигляд коронки

Висновки

1. Висока ефективність руйнування вибою гірської породи в результаті осьового навантаження на призматичну вставку із композиційного алмазовмісного матеріалу славутич визначається «підсікаючою» дією тріщини передруйнування, за рахунок чого зменшуються енерговитрати на руйнування породи в зонах спряження площин керну і свердловини з площиною вибою.

2. Фрагменти продуктів руйнування гірських порід еталонної форми є джерелом інформації про працездатність інструменту, а дослідження їх геометричних параметрів при зміні механічних властивостей гірських порід та експлуатаційних режимів їх руйнування використано при конструюванні алмазного інструменту і поглибленому вивченні механізму руйнування твердих крихких матеріалів. Механічна швидкість буріння пісковика VI категорії буримості спроектованою коронкою, оснащеною призматичними елементами із композиційного алмазовмісного матеріалу славутич з відмінною відносною концентрацією алмазів у радіальному напрямку і їх зернистістю 800/630 мкм становить 3,64 м/год, й IX категорії буримості – 1,2 м/год при рівномірному зносі торця.

Автори висловлюють щире подяку старшому науковому співробітнику ІНМ ім. В. М. Бакуля НАН України к.т.н. О. М. Ісонкіну за допомогу у проведенні експериментальних досліджень.

Исследовано влияние конфигурации рабочей поверхности алмазосодержащих породоразрушающих элементов из славутича на эффективность разрушения: угловой зоны сопряжения поверхностей забоя и керна в блоке оптического стекла БК-8, моделирующего твердые хрупкие горные породы при статической нагрузке; горных пород при динамическом нагружении. Выявлены преимущества использования призматических алмазосодержащих элементов из славутича по-сравнению с цилиндрическими элементами с плоским торцом, которые заключаются в повышении скорости разрушения горных пород буровым инструментом при обеспечении равномерного износа его торца в радиальном направлении.

Ключевые слова: разрушение горной породы, буровая коронка, вставка, славутич, равномерный износ.

The influence of configuration of the work surface of insertion for destruction of rock from a composite diamond-containing material- slavutich is investigated on efficiency of destruction: of angular area of coupling of surfaces of backwall and to the stippler in the block of optical glass BK-8, which designs hard fragile mountain breeds at the static loading; mountain breeds at the dynamic loading. Advantages of the use of prismatic elements from a composite diamond-containing material – slavutich are revealed versus with cylindrical elements with a flat butt end with the purpose of destruction of mountain breeds by a boring instrument with ensuring of even wear of it butt end in radial direction.

Key words: *destruction of mountain breed, diamond boring crown, insertion, slavutich, even wear.*

Література

1. Бондаренко Н. А., Жуковский А. Н., Мечник В. А. Основы создания алмазосодержащих композиционных материалов для породоразрушающих инструментов. – К.: 2008. – 450 с.
2. Семенов А. И. Износостойкость породоразрушающих элементов различных геометрических форм и эффективность их применения в буровом инструменте // Разрушение горных пород инструментом из сверхтвердых материалов. – К.: ИСМ АН УССР, 1980. – С. 116–119.
3. Арцимович Г. В. Исследование закономерностей взаимодействия породоразрушающих элементов долота с забоем скважины при бурении // Разрушение горных пород при разрушении скважин: Сб. науч. тр. 4–7 сент. 1973 г. – Уфа: БашНИПИнефть, С. 103–108.
4. Бочковский А. М., Коростышевский Д. Л. Моделирование износа раб очей поверхности бурового инструмента // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. – К.: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 2003. – Вып. 9. – С. 114–117.
5. Пат. 16737 Україна МПК В26В 19/00. Прошивка / А. Л. Майстренко, І. А. Свешніков, Р. К. Богданов, О. М. Ісонкін, О. П. Виноградова, П. Г. Людвиченко. – Опубл. 15.08.2006; Бюл. № 8.
6. Экспериментальные исследования влияния зоны предразрушения на прочность горной породы при резании / И. А. Свешников, А. Л. Майстренко, С. Д. Заболотный, Е. П. Виноградова // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. – К.: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 2009. – Вып. 12. – С. 98–102.
7. Майстренко А. Л., Заболотный С. Д., Виноградова Е. П. К вопросу о влиянии взаиморасположения резцов на энергоемкость процесса разрушения горной породы // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. – К.: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 2010. – Вып. 13. – С. 192–198.
8. Виноградова Е. П. К вопросу о механизме разрушения горной породы функциональными элементами из композиционных алмазосодержащих материалов // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент-техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. – К.: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 2011. – Вып. 14. – С. 14–22.
9. Пат. 80154 Україна МПК Е21В7/00 Спосіб визначення працездатності інструменту для руйнування крихких твердих і надтвердих матеріалів / О. П. Виноградова. – Опубл. 13.05.2013; Бюл. № 9.
10. Александров В. А. Обработка природного камня алмазным дисковым инструментом. – К.: Наук. думка, 1979. – 240 с.
11. Виноградова О. П. Геометричні параметри еталонного фрагменту продуктів руйнування твердих і надтвердих крихких матеріалів алмазним інструментом //

- Теоретичні та експериментальні дослідження в технологіях сучасного матеріалознавства і машинобудування: Зб. наук. пр. – Луцьк: Луцьк. нац. техн. ун-т., 2013, Вип.4. – С. 45–52.
12. Эйгелес Р. М., Стрекалова Р. В, Мустафина Н. Н. Выбор оптимальных размеров породоразрушающих элементов и их рациональное размещение по поверхности забоя // Разрушение горных пород; под ред. Р. М. Эйгелеса. – М., 1975. – С. 136–149.
 13. Пат. 47724 Україна МПК E21B 10/48. Алмазна бурова коронка / А. Л. Майстренко, І. А. Свешніков, Р. К. Богданов, О. М. Ісонкін, О. П. Виноградова, П. Г. Людвиченко. – Опубл. 25.02.2010; Бюл. № 4.
 14. Пат. 15217 Україна МПК G01B 11/30. Пристрій для дослідження робочої поверхні інструменту / О. П. Виноградова, А. Л. Майстренко, І. А. Свешніков, В. Д. Медведєв, П. Г. Людвиченко. – Опубл. 15.06.2006; Бюл. № 6.

Надійшла 18.06.13

УДК 622.245

В. І. Мірненко, д-р техн. наук, проф.¹, **Б. О. Чернов**, д-р техн. наук, акад. УНГА, проф.²,
О. В. Радько, канд. техн. наук³, **М. Я. Ткач**²

¹Національний університет оборони України ім. Івана Черняхівського, м. Київ

²Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна

³Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна

ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ БУРИЛЬНОЇ КОЛОНИ МЕТОДОМ ДИФУЗІЙНОГО НАСИЧЕННЯ ПРИ ВАКУУМНОМУ ГАЗОТЕРМОЦИКЛІЧНОМУ ІОННОМУ АЗОТУВАННІ В ІМПУЛЬСНОМУ РЕЖИМІ

Проаналізовано молекулярно-механічного зношування замкових різьбових з'єднань бурильної колони. Вказано на перспективність використання технологічного процесу зміцнення різьбових з'єднань методом вакуумного газотермоциклічного імпульсного іонного азотування. Запропоновано модель дифузійного насичення поверхні деталі азотом, яка враховує додаткову рушійну силу, обумовлену застосуванням імпульсного газотермоциклічного режиму.

Ключові слова: бурильна колона, різьбове з'єднання, довговічність, зміцнення.

При бурінні нафтових і газових свердловин на бурильну колону діють значні статичне та динамічне навантаження, що часто призводить до ускладнень і аварій через корозійно-втомне руйнування різьбових з'єднань. Під час згвинчування і розгвинчування замкових різьбових з'єднань зі значним крутним моментом зношуються витки різьби, що так само впливає на роботоздатність бурильної колони. При згвинчуванні бурильних труб у різьбовому з'єднанні виникають пружні деформації натягу і контактний тиск у зоні дотику витків різьби [1]. При циклічних згинах замка контактні зони різьби сприймають зусилля взаємозміщення витків. Ці зусилля характеризуються тертям під напруженням, механізм якого включає пластичне вигладжування шорсткості в зоні тертя. При цьому структуроутворювальні зерна металу подрібнюються та розрихлюються із зародженням субмікросазорів і розвитком нових поверхонь, які деформують початкову форму витків, що призводить до зниження щільності натягу різьби. Поява мікротріщин на витках різьби є суттєвим проявом втомної деформації. Ці тріщини виникають не на дні різьбової канавки, як при механічній втомі, а до лінії контакту