

- повышения эффективности их применения: дис... канд. техн. наук : 05.15.14. – М., 1993. – 176 с.
6. Исонкин А. М., Богданов Р. К., Гвяздовская В.Л. Исследование удельной поверхности бурового шлама в зависимости от конструктивных особенностей алмазных коронок и параметров режима бурения // Породоразрушающий инструмент, оснащенный синтетическими сверхтвердыми материалами: сб. науч. тр. — К., 1988. – С. 54–59
 7. Крагельский И. В., Добычин М. Н., Камбалов В. С. Основы расчетов на трение и износ. – М. : Машиностроение, 1977. – 526 с.
 8. Хрущов М. М., Бабичев М. А. Абразивное изнашивание. – М. : Наука, 1970. – 252 с.
 9. Справочник по трибологии / под ред. М. Хебды, А. В. Чичинадзе. – М.: Машиностроение, 1989. – 398 с.

Поступила 05.04.16

УДК 622.24.051, 622'156

О. П. Виноградова, канд. техн. наук, **Р. С. Шмегера**, **М. В. Супрун**

Институт надтвердых материалов им. В. М. Бакуля НАН Украины, м. Київ

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРУ РУЙНУВАННЯ АЛМАЗОВМІСНОЇ МАТРИЦІ БУРОВОГО ІНСТРУМЕНТУ ПРИ ЗМІНІ ЇЇ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ

Досліджено характер зношування матриці породоруйнівних елементів алмазовмісного бурового інструменту при руйнуванні ним порід середньої міцності. Встановлено хвильовий послідовно-періодичний характер відколювання частинок матеріалу матриці від її робочої поверхні. Запропоновано критерій оцінки інтенсивності зношування матриці, що включає геометричні параметри мікробиойн, що утворюють борозенки на поверхні матриці породоруйнівних елементів.

Ключові слова: руйнування, алмазовмісна матриця, гірська порода, бурова коронка.

Вступ

Багаторічний досвід алмазного буріння показує, що ефективність застосування породоруйнівного інструменту, в значній мірі, залежить від ступеня відповідності зносостійкості матриці абразивним властивостям гірської породи [1]. Частинки породи, що утворюються в процесі руйнування гірської породи, перебувають між зв'язкою і вибоєм у водному середовищі і представляють собою гідроабразивну масу [2]. Основною причиною руйнування матриці є дія на неї абразивного шламу гірської породи [1]. Матриця породоруйнівного інструменту зношується або контртілом (гірською породою, або третім елементом, що розташовується між ними (частинкою шламу) [13, 14].

При дослідженні величини динамічного заглиблення одиничного алмазного зерна марки АСВ в зразок з твердого сплаву Т15К6 автори [3] встановили, що при заданих подачах 1 і 6 мкм фактична глибина руйнування зразка складала 4 і 11 мкм, відповідно, що підтверджує крихкий характер відколювання одиничних мікрофрагментів твердого сплаву.

При використанні електронного растрового мікроскопу «СAMSKAN–4DV» знос робочої поверхні матриці бурового алмазного інструменту у вигляді вдавлених подряпин спостерігав О. М. Ісонкін [4].

Ісонкіним О. М. [5] встановлена можливість управління рельєфом робочої поверхні породоруйнівного інструмента при бурінні імпрегнованими буровими коронками типу БС–01 діаметром 46 мм, оснащеними синтетичними алмазами різної міцності марок АС65, АС80, АС100, АС125 зернистістю 250/200 мкм та 315/250 мкм граніту Коростишівського родовища. В якості параметра, що оцінює мікрогеометрію робочої поверхні коронки було прийнято висоту

виступання алмазів. Зносостійкість коронок оцінювали за інтенсивністю зносу – відношенню лінійного зносу алмазоносного шару матриці до углубки свердловини. Автором зроблено висновок, що до різкого підвищення зносу матриці бурових імпрегнованих коронок та до створення передумов для погіршення рельєфу поверхні коронки призводить зниження висоти виступання алмазних зерен з матриці, а раціональне співвідношення параметрів режиму буріння і підвищення міцнісних характеристик алмазів дозволяє знизити витрати енергії на руйнування гірської породи та зменшити інтенсивність зношування матриці.

Інтенсивність зношування зразків бурових коронок автори [6] визначали, як відношення маси зношених зразків до об'єму зруйнованої гірської породи.

Енергоємність відколювання одиначної частинки руйнування гірських порід з відмінними фізико-механічними властивостями в результаті динамічного навантаження на індентори різного типу, може враховуватись при дослідженні геометричних параметрів фрагменту шламу, який утворюється в результаті мікроудару у вибій, та має сталу конфігурацію, що характеризується зоною заглиблення індентору, боковими та кінцевою частиною [7]. Крім того, згідно з математичною моделлю утворення ціликів гірської породи алмазним інструментом руйнування вибою відбувається завдяки хвильовому послідовно-періодичному відколюванню мікро- та макро -фрагментів шламу, як, наприклад, алмазом зернистості 800/630 мкм в циліндричному елементі зі «славутича», зі змінним кроком T , в результаті руйнування пісковиків Торезького родовища, рис. 1 а або мармуру Коелгінського родовища одиначним алмазним зерном зернистості 800/630 мкм, рис. 1 б.

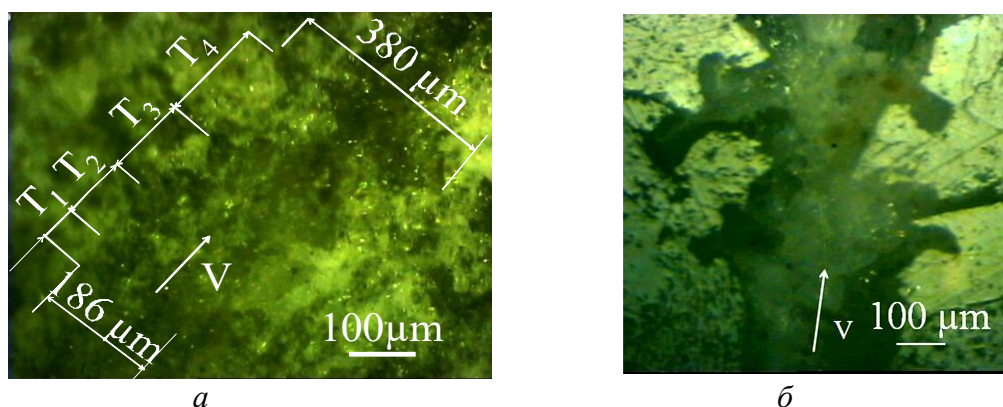


Рис. 1. Борозенка на вибої: пісковиків Торезького родовища породоруйнівним елементом зі «славутича», V – вектор швидкості одиначного алмазного зерна, T_1 – T_4 – змінний крок відколювання частинок шламу гірської породи (а); мармуру Коелгінського родовища, утворена одиначним алмазним зерном зернистості 800/630 мкм (б)

Руйнування матриці породоруйнівних елементів бурового інструменту відбувається аналогічно руйнуванню вибою гірської породи індентором – з утворенням борозенок на робочій поверхні матриці у вигляді низок мікробибій, що чергуються зі змінним кроком T , рис. 2 а при відколюванні продуктів руйнування у вигляді мікрочастинок твердого сплаву, що характеризуються всіма складовими геометричних параметрів одиначної частинки шламу гірської породи: зоною заглиблення індентора 1, боковими 2 та кінцевою частиною 3, рис. 2 б [8]. Дослідження впливу зміни експлуатаційного режиму буріння пісковиків Торезького родовища буровою коронкою, оснащеною породоруйнівними елементами зі «славутича» та впливу конструкції бурового інструменту на конфігурація борозенок на поверхні матриці породоруйнівних елементів дозволило зробити висновок, що характер утворення та геометричні параметри мікробибій на поверхні матриці породоруйнівного елементу можуть свідчити про ступінь інтенсивності зношування матриці інструменту, в цілому [9,10].

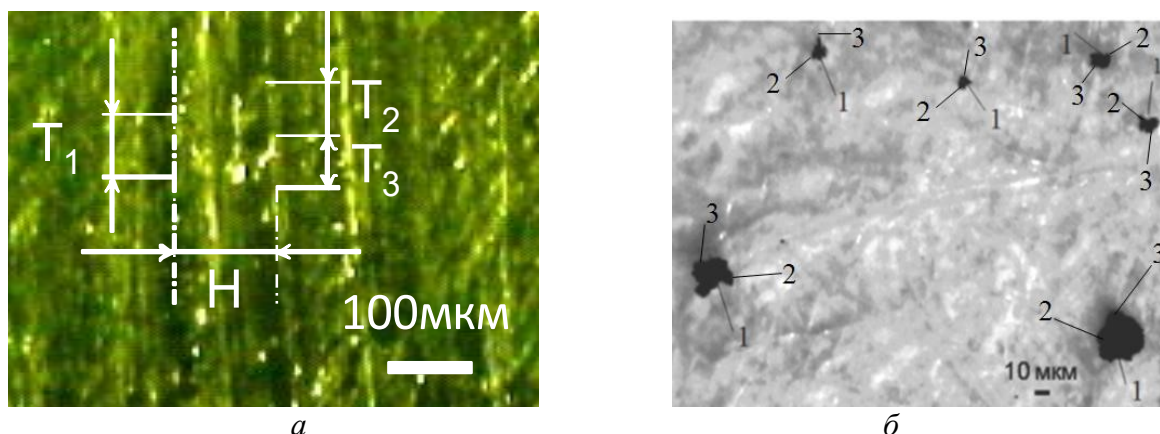


Рис. 2. Загальний вигляд : а – поверхні циліндричного елемента зі «славутича», Н – відстань між утвореними борозенками, Т – крок відколювання частинок продуктів руйнування твердого сплаву; б – частинок продуктів руйнування алмазовмісної матриці із твердого сплаву ВК–б, відколотих від елемента зі «славутича» при руйнуванні пісковіку Торезького родовища, 1 – зона заглиблення індентора (гострої кромки зерна кварцу) , 2 – бокова частина, 3 – кінцева частина

Наявність мікровибойн вищезазначеної форми на поверхні алмазовмісної матриці можна спостерігати не тільки в породоруйнівному, але й в каменеобробному інструменті [15], рис. 3.

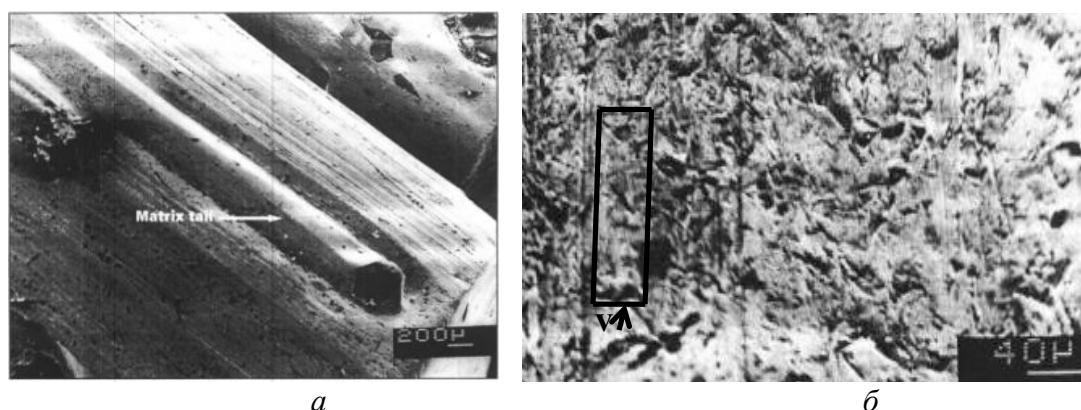


Рис. 3. Робоча поверхня алмазного сегментного відрізного круга після руйнування граніту: а – фото поверхні сегменту; б – поверхня сегменту під мікроскопом, (окреслена рамкою – борозна з послідовно утворених мікровибойн характерної форми на робочій поверхні сегмента

Метою даної роботи є дослідження відмінностей в характері утворення борозенок на робочій поверхні матриці породоруйнівних елементів бурового інструменту при зміні її хімічного складу при бурінні міцної, твердих гірських порід ІХ–Х категорій буримості.

Методика проведення досліджень

Для дослідження характеру зношування алмазоносної матриці в процесі буріння пісковіку Торезького родовища ІХ категорії буримості використали бурову коронку БК-12, рис. 4 а, діаметром 93 мм [11], корпус якої 1, оснащено породоруйнівними елементами зі «славутича» 2, виготовленими методом гарячого пресування (вольфрамо-кобальтова шихта ВК–б:W–94%, Со–6% та алмази зернистості 800/630 мкм при їх відносній концентрації 75–100%) з розміром торця 3×7 мм та бурову коронку, виготовлену методом електроспікання, діаметром 76 мм, оснащену термостійкими монокристалічними синтетичними алмазами АС160Т 415/350 мкм, з концентрацією алмазів 25 % об'ємних зі складом матриці : Ni (70%), Cu (20%), Sn (10%)

для дослідження інтенсивності зношування алмазозносною матриці при бурінні граніту Коростишівського родовища X категорії бури мості [12], рис. 4 б.

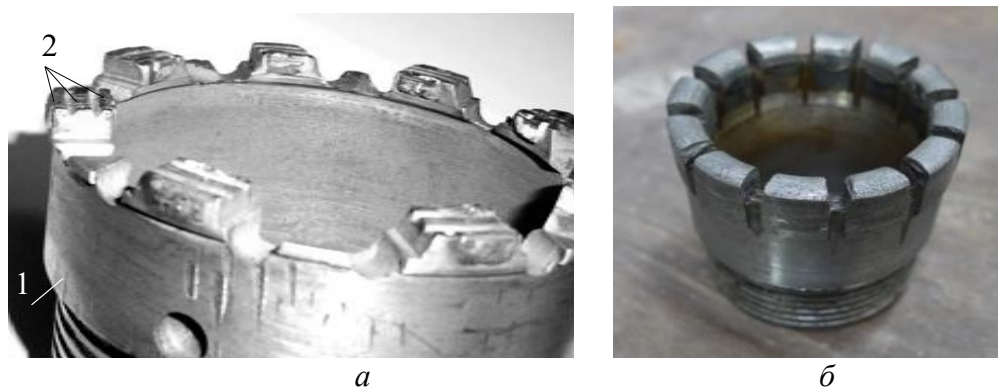


Рис. 4. Бурові коронки, оснащені: а – породоруйнівними елементами зі «славутича», 1 – корпус бурової коронки, 2 – породоруйнівні елементи зі «славутича»; б – термостійкими монокристалічними синтетичними алмазами АС160Т 415/350 мкм

Буріння блоків зазначених гірських порід відбувалось при застосуванні стенду, створеному на базі радіально-свердильного верстату моделі 2Н58: пісковіку Торезького родовища буровою коронкою БК–12 – при частоті обертання 400 хв^{-1} і осьовому навантаженні 1000 даН та граніту Коростишівського родовища коронкою, оснащеною термостійкими алмазами при частоті обертання 500 хв^{-1} і осьовому навантаженні – 800 даН.

Рельєф робочої поверхні матриці породоруйнівних елементів вищевказаних бурових коронок ретельно досліджували при застосуванні мікроскопа Ломо Метам Р-1, оснащеного CCD-відеокамерою Digital КОСОМ, підключеного до ПЕОМ.

Результати досліджень та їх обговорення

Одну із багатьох подібних поверхонь матриці породоруйнівного елемента зі «славутича» з розміром торця $3 \times 7 \text{ мм}$, що складається з мікробибін шириною a , відколотих з кроком t на відстані h від осі сусідньої борозенки, після його відпрацювання у буровій коронці БК–12 діаметром 93 мм при осьовому навантаженні 1000 даН в результаті руйнування пісковіку Торезького родовища IX категорії буримості, представлено на рис. 5.



Рис. 5. Загальний вигляд: а – робочої поверхні матриці породоруйнівного елемента з «славутича» з розміром торця $3 \times 7 \text{ мм}$; б – схематичного зображення мікробибін твердого сплаву у вигляді борозенок на поверхні матриці, (a – ширина мікробибін; h – відстань між борозенками; t – крок відколювання мікрочастинок твердого сплаву; v – вектор швидкості відколювання мікрочастинок твердого сплаву)

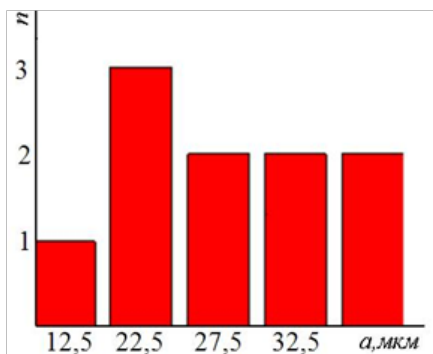
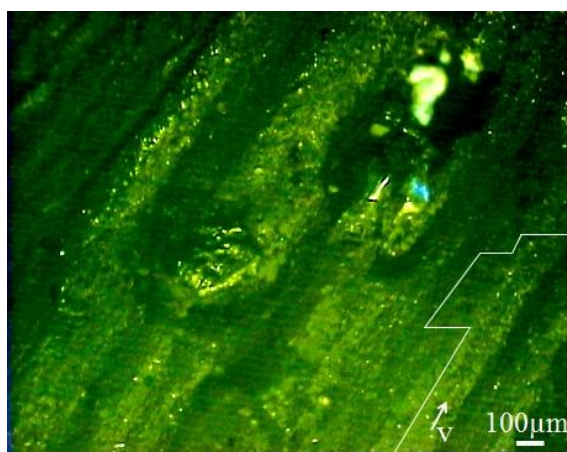
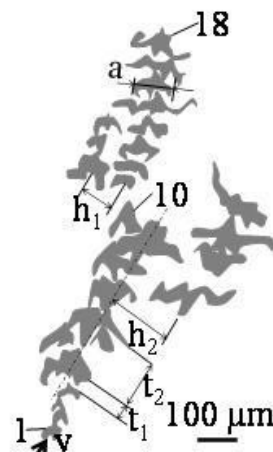


Рис. 6. Частотограма розподілу ширини a мікробиоїн у борозенці, показаній на рис.5, що утворена на поверхні матриці з твердого сплаву в породоруйнівному елементі зі «славутича» з торцем розміром 3×7 мм

рис. 7.



a



b

Рис. 7. Загальний вигляд: a – робочій поверхні матриці бурової коронки діаметром 76 мм, оснащеної термостійкими монокристалічними синтетичними алмазами АС160Т зернистістю 415/350 мкм, з концентрацією 25 об. % зі складом матриці: Ni (70%), Cu (20%), Sn (10%); b – схематичного зображення мікробиоїн (лунок) твердого сплаву у вигляді борозенок на поверхні матриці породоруйнівного інструменту (a – ширина лунки, t_1 , t_2 – крок відколювання мікрочастинок твердого сплаву, h_1 , h_2 – відстань між сусідніми борозенками; v – вектор швидкості відколювання мікрочастинок твердого сплаву).

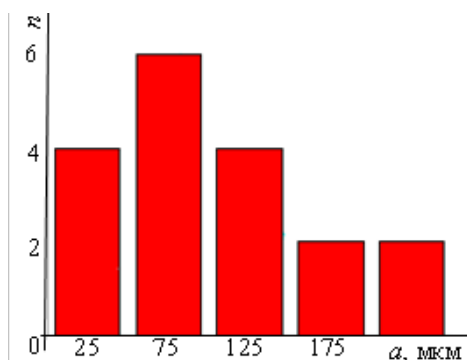


Рис. 8. Частотограма розподілу ширини a мікробибоїн у борозенці, представлений на рис. 7, утвореній на поверхні матриці (Ni – 70%, Cu – 20 %, Sn – 10%) бурової коронки, оснащеної термостійкими монокристалічними синтетичними алмазами

Висновки

1. Відповідність розмірів частинок шламу твердого сплаву розмірам «мікробибоїн», що утворюють борозенки на робочій поверхні породоруйнівних елементів свідчить про єдиний характер руйнування крихкої твердої породи і матриці породоруйнівного алмазовмісного інструменту.

2. Руйнування робочої поверхні бурових коронок: БК-12 діаметром 93 мм та бурової коронки, виготовленої методом електроспікання, діаметром 76 мм, оснащеної термостійкими монокристалічними синтетичними алмазами АС160Т 415/350 мкм, з концентрацією алмазів 25 % об'ємних зі складом матриці: Ni (70%), Cu (20%), Sn (10%) при бурінні порід середньої міцності відбувається з відколюванням від поверхні матриці породоруйнівних елементів частинок, конфігурація яких ідентична конфігурації частинок продуктів руйнування гірських порід з відмінними фізико-механічними властивостями породоруйнівними інструментами різних типів.

3. Руйнування матриці породоруйнівного алмазовмісного інструменту відбувається зернами кварцу, що є складовими гірських порід, утворюючи на робочій поверхні породоруйнівних елементів борозенки згідно з хвильовим послідовно-періодичним законом.

4. Мікроскопічне дослідження борозенок на робочій поверхні породоруйнівного елемента або габаритних розмірів частинок твердого сплаву дозволяє оцінювати або прогнозувати зносостійкість матриці інструменту завдяки побудові гістограм розподілу ширини борозенки a та періоду t відколювання мікрочастинок твердого сплаву в залежності від експлуатаційного режиму (збільшення осьового навантаження на бурову коронку), конструкції інструменту, фізико-механічних властивостей гірської породи та хімічного складу матриці породоруйнівних елементів з метою підвищення ресурсозбереження природних алмазів, вольфрамо-кобальтового сплаву та сплавів на основі нікелю в породоруйнівному інструменті, зменшення енергоємності руйнування гірської породи та, як наслідок, зменшення собівартості геологорозвідувальних робіт.

Исследован характер изнашивания матрицы породоразрушающих элементов алмазосодержащего бурового инструмента при разрушении пород средней прочности. Установлен волновой последовательно-периодический характер откалывания частиц матрицы от ее рабочей поверхности. Предложен критерий оценки интенсивности изнашивания матрицы, включающий

геометрические параметры микровыбоин, которые создают бороздки на поверхности матрицы породоразрушающего элемента.

Ключевые слова: разрушение, алмазосодержащая матрица, горная порода, буровая коронка.

JUSTIFICATION OF THE WEAR – OUT RATE OF DRILLING TOOL BY THE NATURE OF DESTRUCTION OF MATRIX OF DIAMOND – COMPOSIT MATERIAL

The wear-out rate of a matrix of the rock cutting elements in diamond drilling tool is investigated, when it destroy the rocks of average strength. Established the periodic wave sequence chipping of carbide particles from the working surface of the matrix of diamond cutters from "slavutich", which are equipped a drill bit BK–12, diameter 93 mm. The histograms of distribution of width of micropotholes on the surface of the cutters and distribution of step of carbide microparticles from the working surface of the cutter element are building, in mining of the drill bit by the different operating conditions, that can be used for process performance prediction of the destruction of the diamond rock tool to increase resource of natural diamonds and tungsten-cobalt alloy in the rock cutting tool, reducing the energy intensity of breaking rock, consequently, reducing the cost of exploration.

Key words: destruction, diamond-matrix, rock, drill bit.

Література

1. Синтетические алмазы в геологоразведочном бурении / под ред. д.т.н. В. Н. Бакуля. – Киев: Наукова думка, 1978. – 232 с.
2. Васюк Б. Н. Особенности процесса разрушения трещиноватых горных пород при бурении скважин // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент–техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. – К. : ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2005. – Вып. 8. – С. 23–27.
3. Работоспособность алмазных кругов / М. Ф. Семко, М. Д. Узунян, Ю. А. Сизый, М. С. Пивоваров. – К.: Техніка, 1983. – 95 с.
4. Исонкин А. М. Характер и степень воздействия частиц шлама разрушенной горной породы на матрицу алмазной буровой коронки // 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. 182–187.
5. Исонкин А. М. Формирование рельефа рабочей поверхности алмазной буровой коронки // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент–техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2012. – Вып. 15. – С. 63–68.
6. Исонкин А. М., Ильницкая Г. Д., Цысар М. А. Влияние механоактивирования шихты WC+Co+Cu наноалмазами на структуру и свойства материала матрицы буровых коронок алмазной буровой коронки // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент–техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2015. – Вып. 18. – С. 103–109.
7. Виноградова О. П. Руйнування гірських порід з функціональними елементами із композиційних алмазовмісних матеріалів: дис. канд. техн. наук : спец. 05.15.09. – К.: 2015. – 195 с.
8. Виноградова О. П. Характер взаємного руйнування гірської породи та алмазного породоруйнівного інструменту // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва – Науково-виробничий журнал: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2015. – Випуск 16(2). – С. 49–57.
9. Виноградова О. П. Дослідження інтенсивності зношування бурового інструменту за характером руйнування матриці композиційного алмазовмісного матеріалу // Наукові нотатки: міжвузівський зб. наук. пр. за галузями знань «Машинобудування та

- металлообработка», «Инженерная механика», «Металлургия та матеріалознавство». — Луцьк: ЛНТУ, – 2016. – Вип. 53.
10. Виноградова О. П. Дослідження інтенсивності зношування матриці композиційного алмазовмісного матеріалу при зміні конструкції бурових коронок // Матеріали VIII Міжнародної науково-технічної конференції «ЕНЕРГЕТИКА. ЕКОЛОГІЯ. ЛЮДИНА» (секція «Перспективи розвитку гірничої справи та підземного будівництва»).
 11. Пат. на к. м. 47724 України, МПК E21B 10/48 Алмазна бурова коронка / А. Л. Майстренко, І. А. Свешніков, Р. К. Богданов – Заявл. 17.07.09; опубл. 25.02.10; Бюл. № 4
 12. Шмегера Р. С., Сердюк В. М., Супрун М. В. Інтенсивне електроспінання алмазних бурових коронок та результати їх стендових випробувань // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. – К.: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 2015. – Вып. 18. – С. 109–113.
 13. Jacobson S., Hogmark S. Tribology Friction, Lubrication, Wear, 2nd ed. – Uppsala University, 2005.
 14. Bhushan B. Principles and Application of Tribology. – John Wiley and Sons, 1999.
 15. Konstanty J. Diamond bonding and matrix wear mechanisms involved in circular sawing of stone // Industrial Diamond Review. – 2000. – P. 55–65.

Надійшла 01.07.16

УДК 622.24.051

А. А. Кожевников¹, Е. Т. Бесимбаев², Б. Т. Ратов², доктора технических наук;
В. Л. Хоменко, канд. техн. наук¹, **А. Р. Байбоз**, докторант

¹Государственный ВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепр, Украина

²НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет им. К. И. Сатпаева», г. Алматы, Республика Казахстан

ТВЕРДОСПЛАВНЫЙ БУРОВОЙ ПОРОДОРАЗРУШАЮЩИЙ ИНСТРУМЕНТ НОВОГО ТИПА

В статье рассмотрены основные типы существующих твердосплавных коронок. Подробно проанализирована конструкция коронки СТК. Описана конструкция твердосплавной коронки нового типа, в которой твердосплавные пластины выполнены с неравновеликими размерами по радиусу, причем эти пластины расположены с чередованием по наружному и внутреннему диаметрам коронки.

Ключевые слова: твердосплавная коронка, резец, расположение режущих элементов.

Твердосплавные коронки предназначены для колонкового вращательно-ударного и вращательного способов проходки скважин в мягких и средней твердости породах I–VIII и частично IX категорий по буримости.

Твердосплавные коронки геологоразведочного назначения подразделяются на три основные группы: I группа – для бурения мягких пород (ребристые, крупнорезцовые) типа М; II группа – для бурения малоабразивных пород средней твердости (гладкостенные, резцовые) типов СМ и СТ; III группа – для бурения абразивных пород средней твердости (гладкостенные, микрорезцовые или самозатачивающиеся) типа СА.