

Литература

1. Исонкин А. М., Богданов Р. К. Влияние металлизации алмазов на показатели работоспособности буровых коронок // Наук. пр. Донецьк. нац. техн. ун-ту. Сер. «Гірнично-геологічна». – Донецьк; ДВНЗ «ДонНТУ», 2011. – Вип. № 14 (181). – С. 158–164.
2. Окулик М. А. Нанопокрyтия для металлорежyщего инструмента // Мат. конф. Нанотехнология и наноматериалы: – Донецк, 2011. – С. 1–10
3. Пат. 20099234 Франция, МКИ В23Р5/00; В22F 3/00; В24D 17/00 Pieces compacts a diamond / De Beers Industrial Division Limited. – Publ. 17.03.72.
4. Пат 821902 ФРГ, В23Р5/00. Verfahren run Verbessern der Lotfahigkeit und Haltfeatigkeit vo Nickelschichten / Resista Fabrik elektrischerWiderstande GmbH; P. Petrsck, C. M. Hofbauer. – Publ. 27.10.66.
5. Pat. 3508870 USA, Osmium carbonil / Ch. W. Bradford. – Publ. 28.04.70.
6. Дуда Т. М. Свойства и области применения металлизированных алмазных и кубонитовых порошков / Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. – К.: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 2008. – Вып. № 13. – С. 291–300.
7. Абызов А. М., Кидалов С. В., Шахов Ф. М. Термическое сопротивление границы раздела фаз композита алмаз–медь с высокой теплопроводностью // Физика твердого тела. – С.-Пб.: ГТИ, ФГИ им. Иоффе РАН, 2012. – Вып. № 1, Т. 54. – С. 196–200.

Поступила 20.06.13

УДК 622.24.051; 622.156

О. П. Виноградова

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

ФОРМУВАННЯ ЯДРА ФРАГМЕНТУ ПРОДУКТІВ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД АЛМАЗНИМ ІНСТРУМЕНТОМ

Розглянуто зворотну поверхню фрагменту продуктів руйнування гірських порід алмазним індентором в алмазному інструменті.

Ключові слова: алмаз, алмазний інструмент, фрагмент, гірська порода.

Експериментальні дослідження, що спрямовані на вивчення механізму руйнування крихких, міцних порід одиничним алмазом, сприяють розробленню нового та оптимізації існуючого алмазного бурового інструменту.

У результаті вивчення механізму руйнування гірської породи одиничним алмазним зерном в Інституті надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України [1] дійшли висновку, що при заглибленні алмазного різця у крихку породу відбуваються лише пружні деформації, що завершуються миттєвим крихким руйнуванням (рис. 1).

Частинки міцних крихких порід 1 у вигляді дрібних довгастих частинок 2 з великою внутрішньою енергією під дією пружних сил, що виникають при стисканні під впливом осьового зусилля N і тангенціального T на алмазне зерно 3, закріплене у твердосплавній матриці інструменту 4, легко витісняються із зони руйнування.

Кулеподібні продукти руйнування 5 крихких гірських порід під дією алмазного зерна 2 (рис. 2), [2], [3] завдяки своєму розміру розміщуються під торцем інструменту; при цьому величина заглиблення h алмазного зерна у блок гірської породи 1 дорівнює глибині її руйнування.

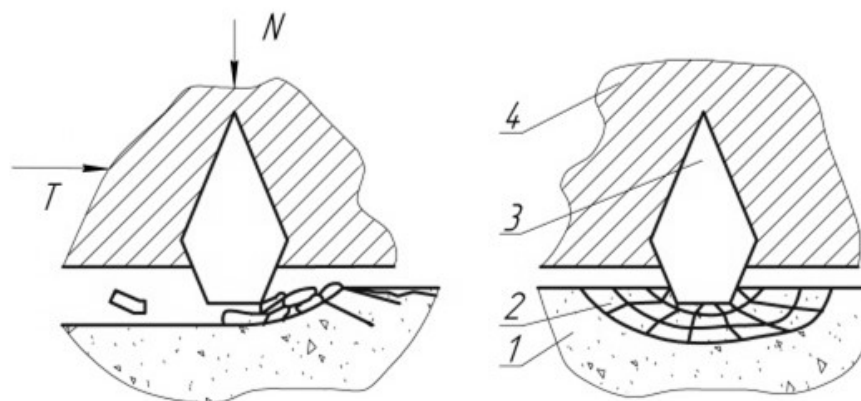


Рис.1. Схема руйнування крихкої породи алмазним індентором згідно з О.О. Бугайовим [1] :
а – вид збоку; б – вид спереду, 1 – блок крихкої породи; 2 – зруйнований шар гірської породи;
3 – алмаз; 4 – твердосплавна матриця бурової коронки, N – осьова складова зусилля різання;
T – тангенціальна складова сили різання

Згідно з рис. 2 пружна хвиля руйнує деякий об'єм породи, після чого алмаз рухається «вхолосту», потім алмаз завдає нового мікроудару, тобто, руйнування відбувається циклічно.

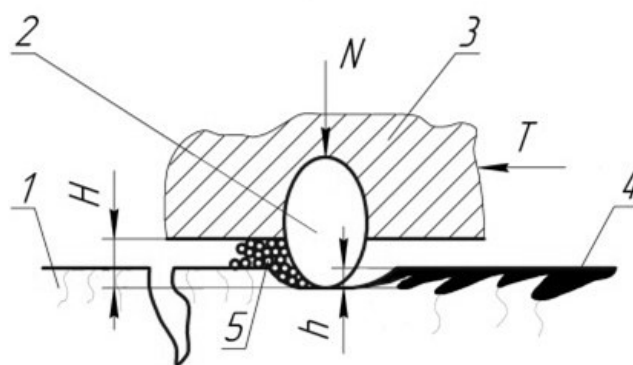


Рис. 2. Схема руйнування крихкої гірської породи алмазним індентором згідно з [2] та [3]:
1 – блок породи; 2 – алмаз, 3 – твердосплавна матриця бурової коронки; 4 – зона змінання;
5 – елементи зруйнованої гірської породи; N – осьова складова сили різання;
T – тангенціальна складова сили різання; H – величина заглиблення алмазу, що дорівнює
глибині руйнування гірської породи

Параметри мікроудару алмазу визначали при руйнуванні гірської породи зі штучною тріщиною одиничним алмазним зерном: поряд з нормальною роботою спостерігався «сплеск» осьової та тангенціальної складових навантаження [4].

У результаті ґрунтового дослідження геометричних параметрів продуктів руйнування гірської породи різними видами інструменту: різцями з твердосплавною вставкою, алмазно-твердосплавною пластиною діаметром 13,5 мм, циліндричною вставкою зі Славутича з плоским торцем з відносною концентрацією природних алмазів 100% та їх зернистістю 800/630 мкм та алмазним відрізним сегментним кругом 1A1RSS/C1500, оснащеним алмазами АС160 зернистістю 500/415 мкм [5] було встановлено, що відколювання частинок продуктів руйнування підпорядковується закону, згідно з яким непорушений одиничний фрагмент є джерелом інформації, призначеним для детального вивчення механізму його відокремлення від блоку гірської породи.

Характерні співвідношення геометричних параметрів верхньої частини фрагментів руйнування гірської породи зазначеними інструментами, встановлені за методом, який

застосовував В. А. Александров для вимірювання величини виступання алмазів у сегментах алмазних сегментних відрізних кругів [6] засвідчили, що вони мають єдину форму, близьку до трикутної (рис. 3 а, б, в) і містять зону контакту індентору з вибоєм гірської породи певної конфігурації.

Зворотна частина фрагментів продуктів руйнування гірських порід з відмінними механічними властивостями зазначеними інструментами представлена на рис. 3 г, і, д.

Було з'ясовано, що ідентичність формоутворення фрагменту продуктів руйнування гірських порід різними видами алмазних інструментів розповсюджується на фрагменти, габаритні розміри яких знаходяться у значному діапазоні (рис. 4, 5).

У результаті дослідження геометричних параметрів бокових та зворотної частин фрагментів продуктів руйнування гірської породи алмазним інструментом було встановлено [7], що товщина фрагменту h за певних режимних параметрів може перевищувати задану глибину руйнування h_p до 120 разів.

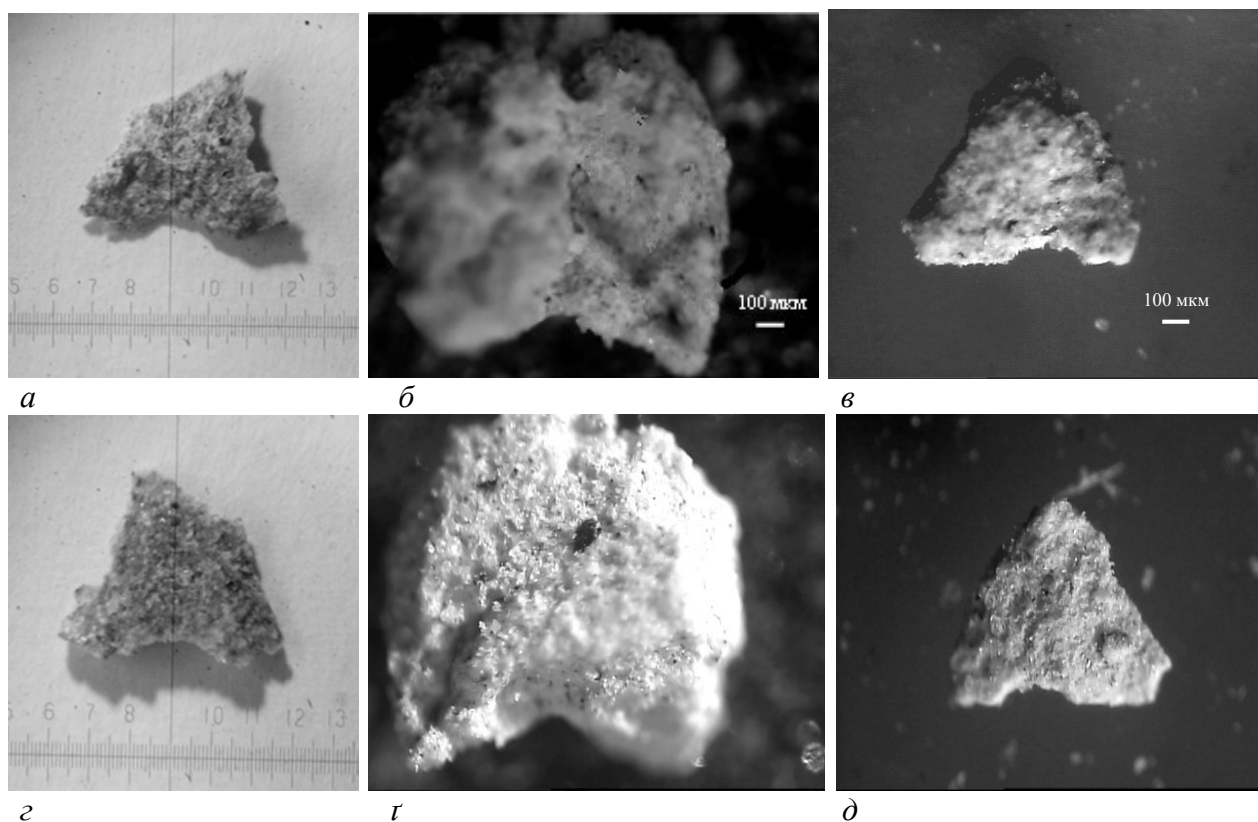


Рис.3 Фрагмент продуктів руйнування, верхня та зворотна частини, відповідно: а, г – пісковики Торезького родовища алмазно- твердосплавною пластиною, товщина фрагменту 3 мм, ціна поділки 100 мкм; б, і – пісковики Торезького родовища циліндричною вставкою зі слаутича з плоским торцем з відносною концентрацією алмазів 100 % та їх зернистістю 800/ 630 мкм, товщина фрагменту 700 мкм; в, д – граніту Покостівького родовища алмазним відрізним сегментним кругом 1AIRSS/C₁500 AC160 400/315, товщина фрагменту 250 мкм

Разом з тим зауважимо, що конфігурацію зворотної частини шламу вивчено недостатньо.

Мета цієї роботи – дослідити геометричні параметри зворотної частини фрагменту продуктів руйнування алмазним інструментом залежно від механічних властивостей матеріалу, що руйнується.

Завдання дослідження полягало у визначенні форми та місцезнаходження ядра відколюваного фрагменту продуктів руйнування: пісковики Тербовлянського та Торезького родовищ, з межею міцності на стискання 80 та 150 МПа, відповідно, міцного пісковики з межею

міцності на стискання 205 МПа, білого електрокорунду з межею міцності на стискання окремих зерен 176 кг/мм^2 циліндричною вставкою зі Славутича з пласким торцем діаметром 10 мм; граніту Покостівського родовища, з межею міцності на стискання 222 МПа алмазним відрізним сегментним кругом діаметром 500 мм (1A1RSS/C1500 AC160 400/315).

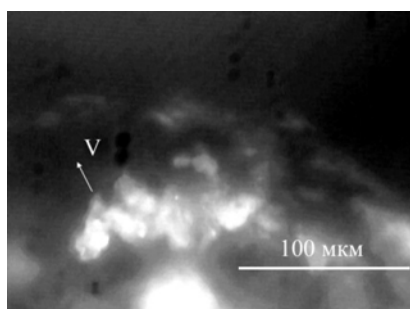


Рис.5 Фрагмент товщиною 40 мкм продуктів руйнування граніту алмазним зерном у сегменті алмазного відрізного сегментного круга 1A1RSS/C₁500 AC160 400/315

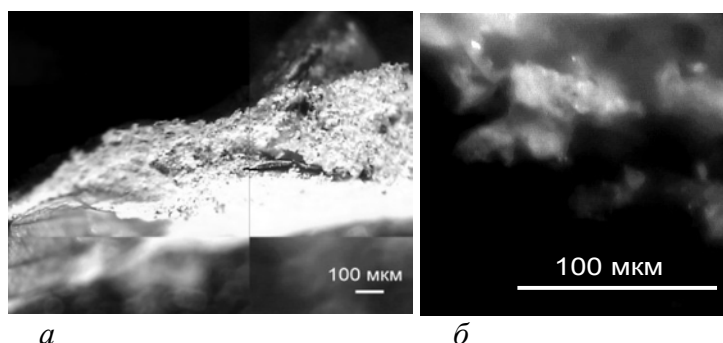


Рис.4 Фрагмент продуктів руйнування пісковика Торезького родовища вставкою зі славутича з зернистістю алмазів 800/630 мкм та їх відносною концентрацією 100%: а – товщиною 700 мкм; б – товщиною 40 мкм

Для виконання поставлених завдань випробували інструменти: циліндричну вставку зі славутича з пласким торцем відносною концентрацією природних алмазів 100% та їх зернистістю 800/630 мкм і алмазний відрізним сегментний круг 1A1RSS/C1500, оснащений алмазами зернистістю 500/415, робочі поверхні яких показано на рис. 3, при експлуатаційних режимах та використанні експериментального обладнання, описаних в [5].

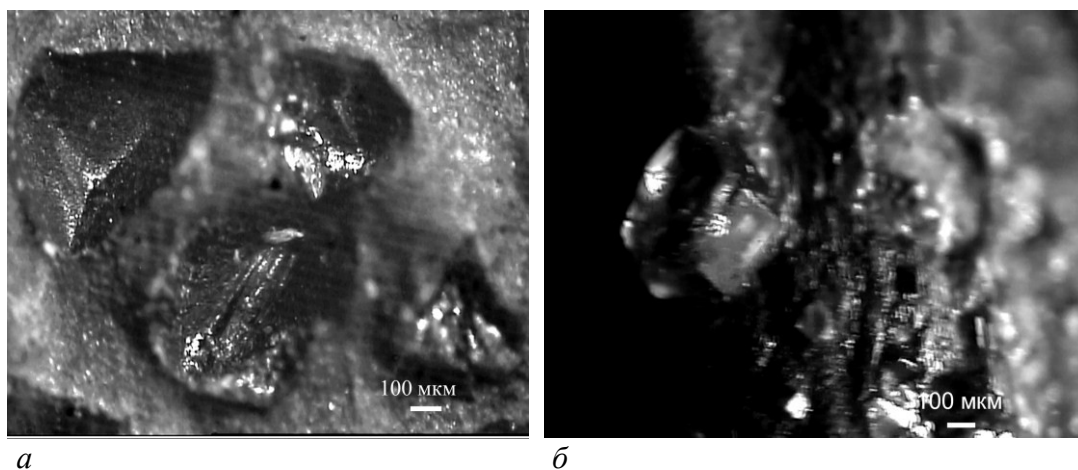


Рис. 6 Загальний вигляд робочої поверхні: а – циліндричної вставки зі славутича з пласким торцем з відносною концентрацією природних алмазів 100% та їх зернистістю 800/630 мкм; б – алмазного сегментного відрізного круга 1A1RSS/C1500, оснащеного алмазами AC 160 зернистістю 400/315 мкм

Продукти руйнування блоків пісковика Теревовлянського і Торезького родовищ, міцного пісковика, граніту та білого електрокорунду детально досліджували за допомогою мікроскопа Ломо-Метам Р1 при збільшенні об'єктивів у 175, 360 і 900 разів. Виявлена ідентичність формоутворення верхньої частини фрагменту продуктів руйнування, зокрема, зони контакту індентора з матеріалом, що руйнується (рис. 7), яка має вигляд поверхні відбитку алмазного зерна в момент мікроудару, не поширюється на конфігурацію зворотної його частини.

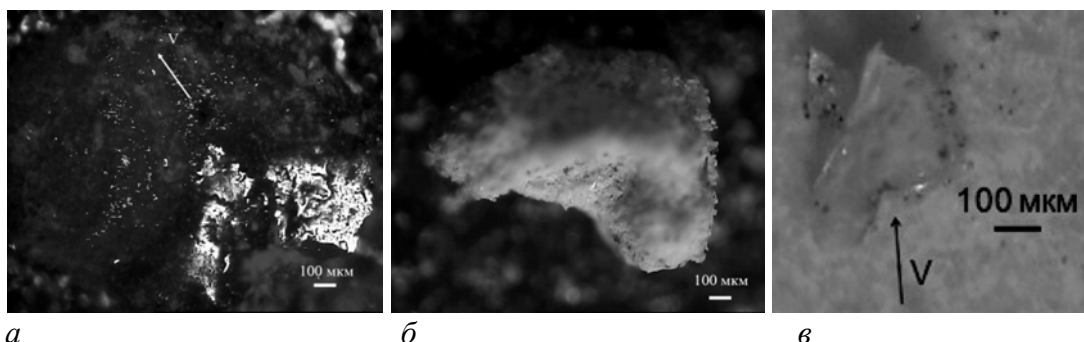


Рис. 7. Фрагменти продуктів руйнування з чітко визначеною зоною контакту алмазного зерна з блоком: а – пісковіку Торезького родовища алмазом у вставці зі славутича (засвітлена зона – площина висотою 280 мкм – відбиток мікроудару алмазного зерна у блок гірської породи, у результаті чого утворюється фрагмент товщиною 700 мкм; б – блоком граніту Покостівського родовища алмазом в алмазному сегменті алмазного відрізного сегментного круга 1A1RSS/C1500 AC 160 400/315 мкм, у результаті чого утворюється фрагмент товщиною 700 мкм; в – блоком білого електрокорунду алмазом у вставці зі Славутича у результаті чого утворюється фрагмент товщиною 100 мкм, V– вектор швидкості фрагменту продуктів руйнування

Рельєф зворотної поверхні шламу [8] містить зону контакту індентора з матеріалом, що руйнується, бокові та кінцеву частини, а також ядро.

Як засвідчують результати експериментальних досліджень конфігурації зворотної поверхні фрагменту продуктів руйнування гірських порід (пісковіки родовищ Теробовлянського (рис. 8) та Торезького (рис. 9) циліндричною вставкою зі славутича з плоским торцем при збільшенні межі міцності на стискання, та модуля пружності гірської породи розмір та ущільненість ядра змінюється. Спільним є складчастий характер відокремлення фрагменту від блоку гірської породи. Показаний на рис. 10 загальний вигляд зворотної частини фрагменту продуктів руйнування пісковіку Торезького родовища вставкою зі славутича з відносною концентрацією алмазів 100% та їх зернистістю 800/630 мкм – геометричне місце точок, координати яких отримано при пошаровому скануванні поверхонь у відповідній зоні видимості (рис. 10).

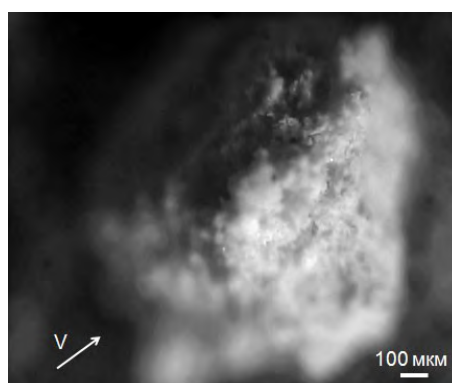
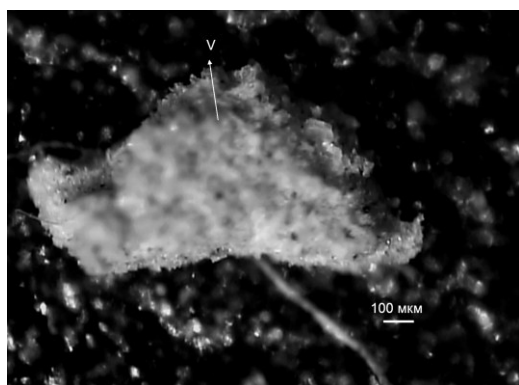
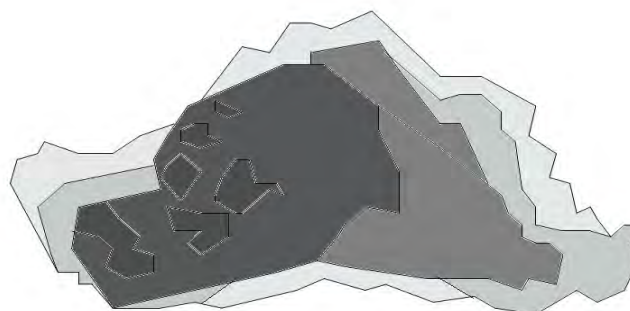


Рис. 8. Загальний вигляд зворотної поверхні фрагменту товщиною 1400 мкм, отриманого при руйнуванні пісковіку Теробовлянського родовища циліндричною вставкою зі славутича з плоским торцем діаметром 10мм з відносною концентрацією алмазів 100% та їх зернистістю 800/630 мкм



а



б

Рис. 9. Зворотна поверхня фрагменту товщиною 400 мкм продуктів руйнування пісковика Торезького родовища циліндричною вставкою зі славутича з плоским торцем діаметром 10 мм з відносною концентрацією алмазів 100% та їх зернистістю 800/630 мкм: а – загальний вигляд; б – при пошаровому скануванні поверхонь у відповідній зоні видимості на відстані від столику мікроскопа, мкм : – 400, – 350, – 320, – 200, – 120

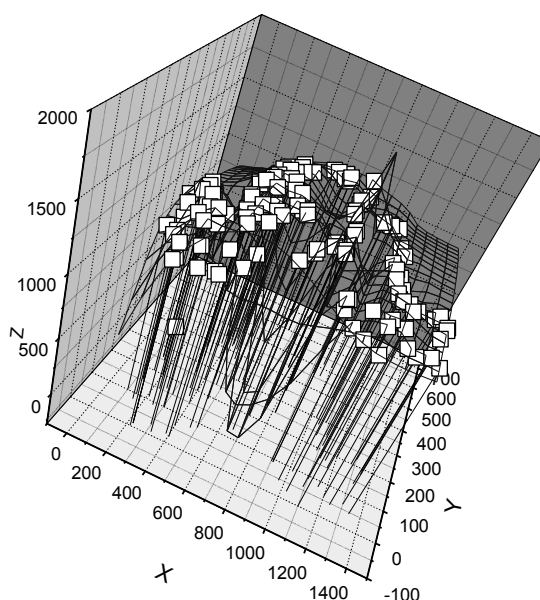


Рис. 10. Геометричне місце точок, що утворюють зворотну поверхню фрагменту продуктів руйнування блоку пісковика Торезького родовища циліндричною вставкою зі славутича з плоским торцем діаметром 10мм з відносною концентрацією алмазів 100% та їх зернистістю 800/630 мкм

Проте зворотна поверхня деяких фрагментів продуктів руйнування здатна відображувати не тільки процес їх відколювання від блоку гірської породи а й процес формування їх ядра.

Відповідно до механізму утворення зони передруйнування при різанні міцних гірських порід згідно з І. А. Свешніковим [9] (рис. 11) різець 1 при динамічному навантаженні, формуючи ядро ущільненої деструктурованої породи 2, утворює низку великих тріщин 3 у вигляді еліпсоїдів, між якими розташовуються дрібні еліпсоїди 4, ядро фрагменту продуктів руйнування гірської породи з доволі високим модулем пружності, E (граніт, $E = 49$ ГПа), є об'ємом, що першим формується на глибині 700 мкм від поверхні вибою в результаті мікроудару алмазу у блок гірської породи, рис. 12 у кінцевій зоні тріщини передруйнування, ідентичній еліпсоподібній тріщині передруйнування у блоці оптичного

скла БК-8, яку використовували як модель твердих крихких порід, при його руйнуванні різцем, оснащеним твердосплавною вставкою (рис.15, а).

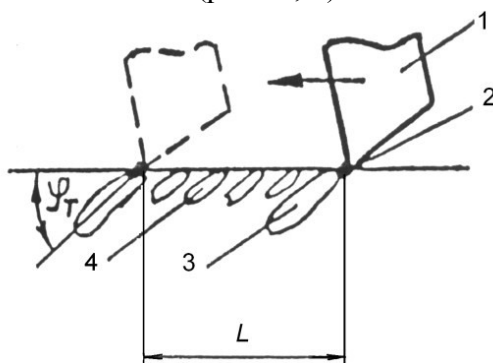


Рис. 11. Механізм утворення зони передруйнування при різанні міцних гірських порід згідно з І. А. Свешніковим [9]: 1 – різець, 2 – ядро ущільненої деструктурованої породи; 3 – великі елементи тріщин у вигляді еліпсоїдів; 4 – дрібні елементи тріщин; φ_m – кут нахилу еліпсів тріщин до траєкторії різання; L – крок відколу породи

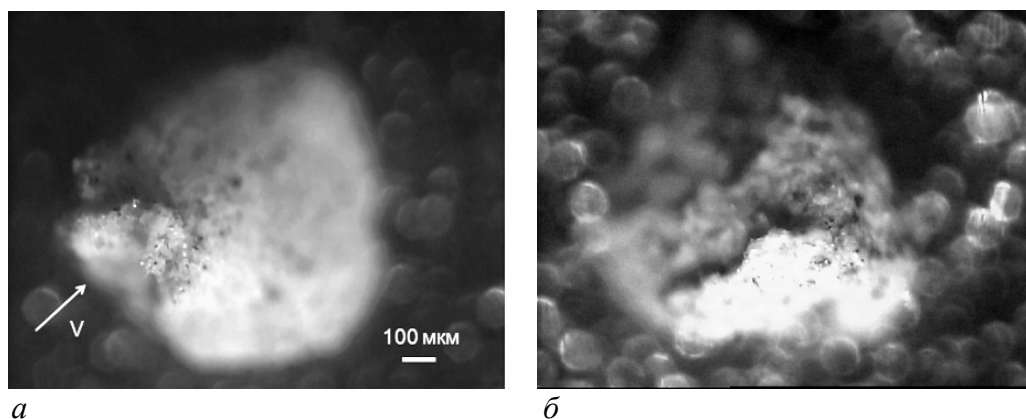


Рис. 12 Фрагмент товщиною 700 мкм продуктів руйнування граніту Покоствівського родовища алмазним відрізним сегментним кругом 1AIRSS/C1500 AC 160 400/315: а – верхня частина фрагменту, V – вектор швидкості фрагменту; б – зворотна частина, у зоні видимості ядро фрагменту продуктів руйнування, сформоване на відстані 700 мкм від поверхні вибою

Утворення зворотної поверхні фрагменту продуктів руйнування має ступінчастий характер при повторенні конфігурації ядра по осі ординат до площини вибою, рис. 13.

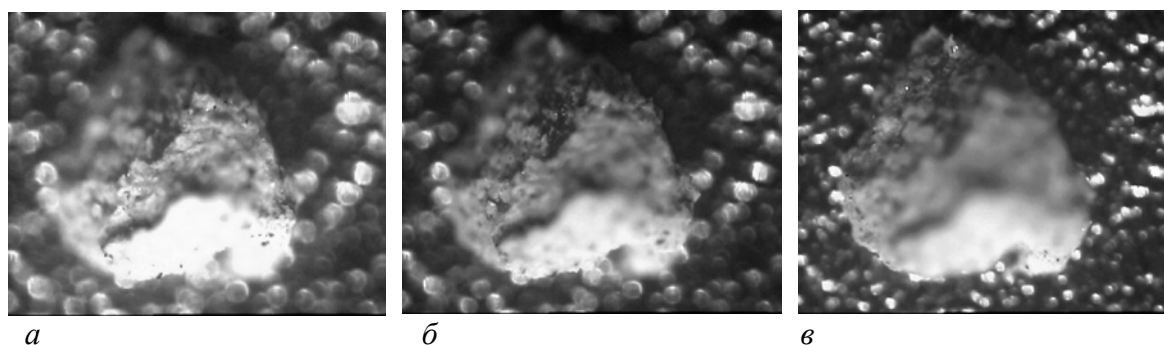


Рис. 13 Зворотна частина фрагменту продуктів руйнування граніту Покоствівського родовища алмазним відрізним сегментним кругом 1AIRSS/C1500 AC 160 400/315 при поширеному скануванні поверхонь у зонах видимості на відстані від поверхні вибою, мкм: а – 600; б – 500; в – 300

Аналогічно відбувається процес утворення ядра фрагменту продуктів руйнування міцного пісковика вставкою зі славутича з плоским торцем діаметром 10 мм з відносною концентрацією алмазів 100% та їх зернистістю 800/630 мкм (рис. 14, а) та дрібних фрагментів продуктів руйнування граніту Покостівського родовища алмазним відрізним сегментним кругом 1A1RSS/C1500 AC 160 400/315 (рис. 14, б).

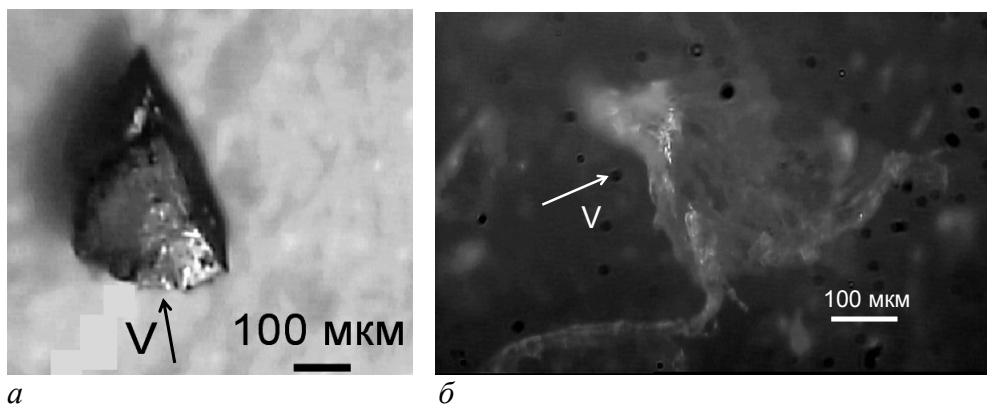


Рис. 14 Зворотна частина фрагменту продуктів руйнування: а – міцного пісковика з межею міцності на стискання 205 МПа вставкою зі славутича; б – граніту Покостівського родовища алмазним відрізним сегментним кругом 1A1RSS/C1500 AC 160 400/315, (товщина фрагменту 170 мкм), V – вектор швидкості фрагменту

При підвищенні модуля пружності до 760 ГПа матеріалу, що руйнується, що характеризується незначною кількістю домішок, однорідністю за хімічним та мінералогічним складом, високою крихкістю і міцністю, ядро фрагменту продуктів руйнування білого електрокорунду циліндричною вставкою із славутича з плоским торцем має вигляд з'єднаного з фрагментом об'єму, сформованого зоною передруйнування, форма якого відповідає формі тріщини передруйнування при динамічному навантаженні на твердосплавний різець, що руйнує блок оптичного скла БК-8 (рис. 15).

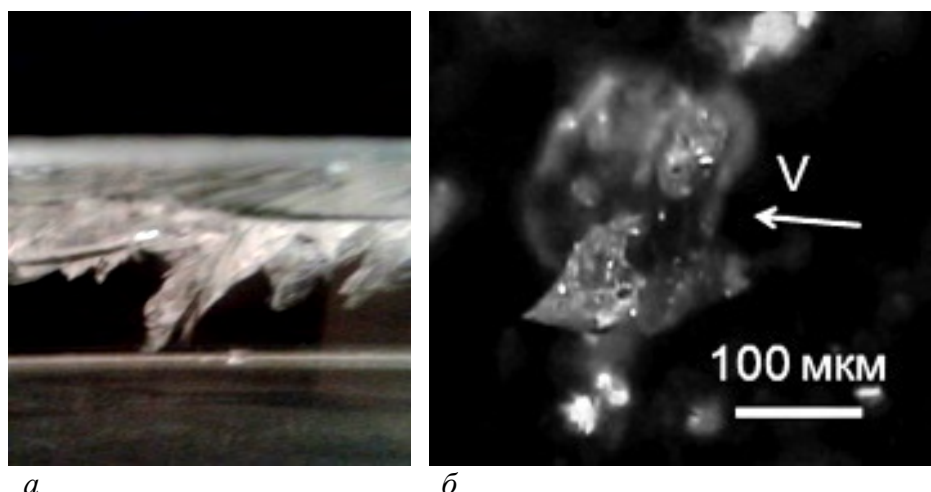


Рис. 15. Спорідненість формоутворення еліпсоподібної тріщини передруйнування у блоці оптичного скла БК-8, отриманої в результаті руйнування його різцем, оснащеним твердосплавною вставкою при динамічному навантаженні (а) з ядром фрагменту товщиною 100 мкм, продуктів руйнування блоку білого електрокорунду циліндричною вставкою із славутича з плоским торцем діаметром 10 мм з відносною концентрацією алмазів 100% та їх зернистістю 800/630 мкм (б)

Висновки. Механізм руйнування гірських порід та білого електрокорунда що застосовується у правці, алмазним інструментом полягає в періодичному відколюванні одиничних фрагментів продуктів руйнування, конфігурація ядра яких залежить від механічних властивостей матеріалу, що руйнується.

Рассмотрена обратная поверхность фрагмента продуктов разрушения горных пород алмазным индентором в алмазном инструменте.

Ключевые слова: алмаз, алмазный инструмент, фрагмент, горная порода.

The back of fragment of products of destruction of mountain breeds by the diamond in a diamond instrument is considered in this paper.

Key words: diamond, diamond instrument, fragment of rock destruction, mountain breed.

Література

1. Бугаев А. А. Расчет параметров работоспособности геологоразведочных коронок, оснащенных алмазно-твердосплавными пластинами // Синтетические сверхтвердые матер. в геологоразведочном бурении: Сб. науч. тр. – К.: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 1987. – С. 52–60.
2. Исаев М. И., Пономарев П. В. Основы прогрессивной технологии алмазного геологоразведочного бурения геологоразведочных скважин. – М.: Недра, 1975. – 280 с.
3. 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.
4. Пешалов Ю. А. Оптимизация применения технических средств и технологии бурения разведочных скважин. – М.: Недра, 1979. – 292 с.
5. 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. 14–24.
6. Александров В. А. Обработка природного камня алмазным дисковым инструментом. – К.: Наук. думка, 1979. – 240 с.
7. Виноградова О. П. Особливості механізму руйнування гірської породи функціональними елементами з композиційних алмазовмісних матеріалів // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ: Зб. Наук. пр. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, – 2012. – № 4 (45). – С. 70–79.
8. 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: ЛНТУ, – 2013. – Вип.4. – С. 45–52.
9. 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.

Надійшла 25.06.2013