

The construction of the fishing tool with mobile magnetic system is described. The mechanism of interaction of off-center positioned annular magnetic system with the body is established. There are determined the rational geometric dimensions of the annular systems elements achieved the required shearing force.

Key words: *bottom hole, fishing mill, magnetic system, permanent magnet, industrial testing, shearing force.*

Література

1. 1 Магнитные устройства для очистки скважин / Ю. А. Курников, И. Ф. Концур, М. Т. Кобылянский, Л. И. Романишин; под ред. Ю. А. Курникова. – Львов: Вища школа, 1988. – 108 с.
2. 2 Романишин Л. І. Розроблення фрезера-уловлювача з рухомою магнітною системою / Л. І Романишин, Т. Л. Романишин // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. — К.: ИМ ім. В.М. Бакуля НАН України, 2011. — Вип. 14. — С. 125-129.
3. 3 Пат. 100087 Україна, МПК Е 21В 31/06. Фрезер-уловлювач з рухомою магнітною системою / Л. І. Романишин, Т. Л. Романишин, І. С. Атаманчук, Є. В. Діброва, Я. С. Білецький, М. С. Білецький. – Заявл. 14.07.2011; Опубл. 12.11.2012, Бюл. № 21.
4. 4 Романишин Л. І. Дослідно-промислові випробування магнітних ловильних пристроїв / Л. І. Романишин, В. В. Гладун, Т. Л. Романишин // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. — К.: ИМ ім. В.М. Бакуля НАН України, 2013. — Вип. 16. — С. 160-164.
5. 5 Константинов О. Я. Расчет и конструирование магнитных и электромагнитных приспособлений / О. Я. Константинов. – Л.: Машиностроение, 1967. – 315 с.
6. 6 Верников А. Я. Магнитные и электромагнитные приспособления в металлообработке / А. Я. Верников. – М.: Машиностроение, 1984. – 160 с.

Надійшла 26.06.15

УДК 622.24.051, 622 ‘156

О. П. Виноградова, С. Д. Заболотний, С. Ф. Беспалов, О. В. Мельничук

Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВЗАЄМОДІЇ ІНДЕНТОРА З ГІРСЬКОЮ ПОРОДОЮ ПРИ ДИНАМІЧНОМУ НАВАНТАЖЕННІ АЛМАЗНОГО ІНСТРУМЕНТУ

В роботі представлено результати дослідження механізму заглиблення одиночного індентору в блок гірської породи в процесі його руйнування алмазним інструментом. Завдяки вивченню зони заглиблення індентору у блок гірської породи (у частинках продуктів руйнування гірських порід з різними фізико-механічними властивостями) зроблено висновок про циклічний характер взаємодії породоруйнівного індентору з блоком гірської породи до моменту відколювання частинки шламу.

Ключові слова: *індентор, механізм руйнування гірських порід, заглиблення алмазу, шлам.*

Детальне вивчення механізму взаємодії одиночного породоруйнівного алмазного індентору з гірською породою дозволяє прогнозувати ступінь ефективності роботи бурового інструменту з високою зносостійкістю при зростанні його механічної швидкості.

Висновки про статичне навантаження алмазу і циклічний характер його роботи при бурінні, роблять Ісаєв М.І. і Пономарьов П.В., що вивчали процес руйнування гірських порід різними видами кристалів алмазів за допомогою кінограм [1]. Вони відзначають, що в результаті комбінованого впливу осьового та тангенціального навантажень створюється специфічне перетворення статичного навантаження в динамічне, при якому в кожній точці статичне навантаження прикладається до породи протягом часток мілісекунди, рис. 1 а, причому період навантаження на алмазне зерно не відповідає періоду його розвантаження, рис. 1 б.

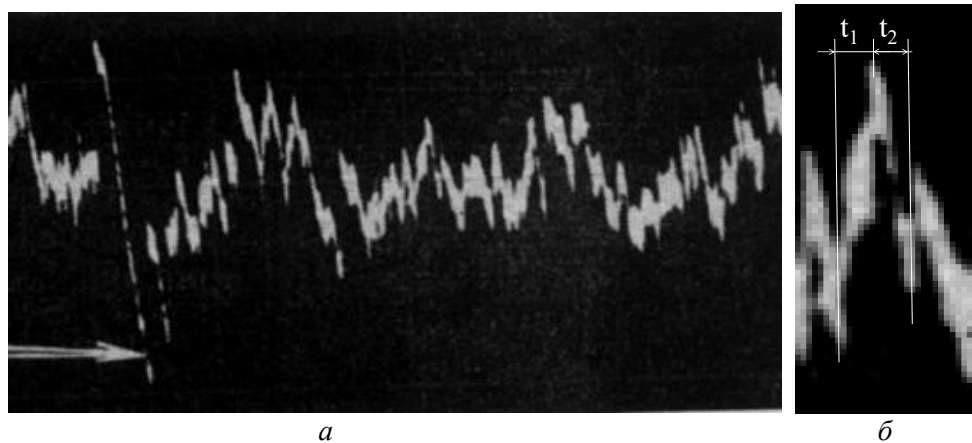


Рис. 1. Загальний вигляд : осцилограми роботи одного алмазного зерна у тріщинуватій породі – а; фрагменту осцилограми (збільшено), t_1 , t_2 – період часу до та після проходження екстремуму навантаження

Аналогічні сплески на осцилограмі при різних швидкостях обертання одного алмазного зерна по блоку гірської породи спостерігав Пешалов Ю.А [2], що дозволило автору зробити висновок, що процес руйнування гірської породи складається з окремих актів і нагадує руйнування при статичному заглибленні індентора. Тривалість таких актів руйнування займає кілька тисячних часток секунди і залежить від швидкості переміщення алмазу. В результаті мікроударів алмазних зерен, параметри яких автору вдалось встановити ($P_{y \min} = 40 \text{ Н}$, $P_{z \min} = 150 \text{ Н}$ при глибині руйнування $0,05 \text{ мм}$ і $P_{y \max} = 220 \text{ Н}$, $P_{z \max} = 80 \text{ Н}$ при глибині руйнування $0,15 \text{ мм}$), відбувається мікроруйнування гірської породи в різному об'ємі.

Дослідження руйнування гірських порід одним кристалом алмазу дозволяють розкрити якісну картину руйнування, але не дають можливості встановити кількісні співвідношення.

Ідентичність формоутворення однієї частинки продуктів руйнування гірських порід як різцевим, так і алмазним інструментом [3] та конфігурації зони заглиблення індентору у масив гірської породи [4] в частинках продуктів руйнування гірських порід з різними фізико-механічними властивостями, дозволяє використати її при дослідженні процесу безпосередньої взаємодії індентору з масивом гірської породи.

Вивчення зони заглиблення індентору в блок гірської породи при руйнуванні пісковика Торезького родовища різцем, оснащеним алмазно-твердосплавною пластиною на експериментальному стенді, створеному на базі поперечно-стругального верстату типу 7В36 спонукало дослідити умови, при яких відбувається переміщення одного індентору, рис. 2 по блоку гірської породи до моменту остаточної його зупинки перед відколюванням уже сформованої однієї частинки продуктів руйнування, приймаючи до уваги подібність процесу її відокремлення від масиву гірської породи АТП та одним алмазним зерном в алмазному породоруйнівному та каменеоброблюючому інструменті [4].

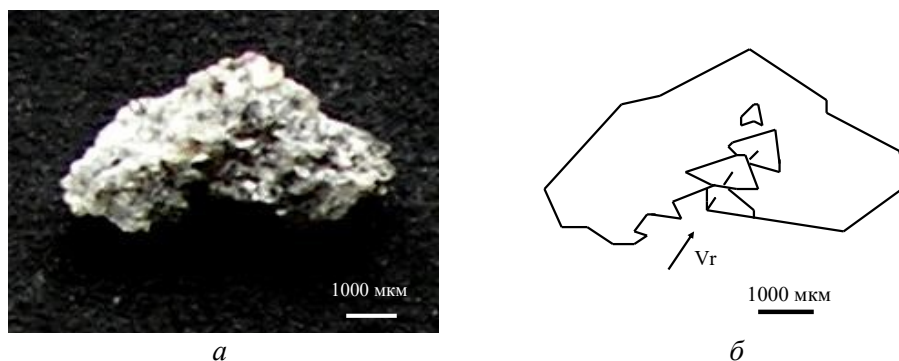


Рис. 2. Частинка продуктів руйнування, отримана в результаті руйнування пісковика Торезького родовища АТП: загальний вигляд частинки шламу – а; схематичне зображення руху індентора (АТП) по блоку породи до його остаточної зупинки перед відколом частинки шламу – б

Методика проведення досліджень

Експериментальні дослідження процесу взаємодії одного індентору алмазно - твердосплавної пластиною (АТП) діаметром $13,5 \text{ мм}$ 1, якою оснащено корпус різця 2, рис. 3 а з

блоком пісковіку Теревлянського родовища згідно зі схемою, рис.3 б, проводили на експериментальному стенді, створеному на базі токарно-карусельного верстату моделі 1M552, оснащеному трикомпонентним динамометром, що дозволяє одночасно реєструвати три складові зусилля руйнування: P_z до 100 кН, P_y і P_x до 50 кН із частотою виміру цих величин у смузі 0–500 Гц при глибині руйнування 0,5–2 мм.

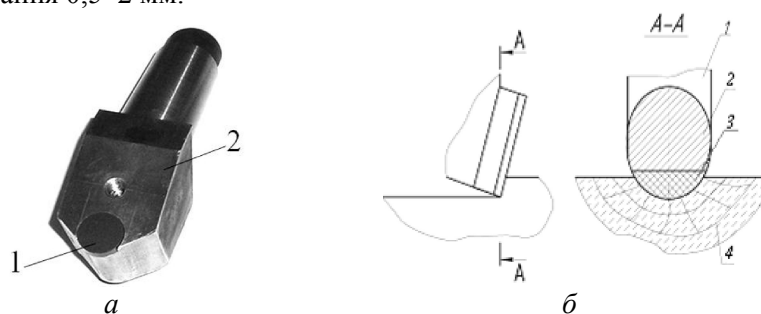


Рис. 3. Загальний вид: різця, оснащеного алмазно - твердосплавною пластиною (АТП) діаметром 13,5 мм: 1– алмазно-твердосплавна пластина, 2 – корпус різця ; схеми взаємодії АТП з блоком гірської породи : 1– корпус різця; 2– шар твердого сплаву; 3 – алмазовмісний шар; 4 – блок гірської породи

Для виміру зусиль руйнування гірської породи було застосовано датчики U3 (100 кН) і С9В (50 кН) виробництва фірми Hottinger Baldwin Messtechnik (ФРН). Для виміру й реєстрації складових сил руйнування використовували систему фірми Werktoff Prufmaschinen Service (ФРН), сертифіковану по міжнародному стандарту ISO 9000, що включає пристрій збору й перетворення інформації Spider, програмне забезпечення для реєстрації й обробки результатів вимірів за допомогою ПК.

З метою досліджень конфігурації зони заглиблення в одиничних частинках продуктів руйнування пісковіку Торезького родовища внаслідок взаємодії одиничного алмазного зерна з гірською породою було виготовлено різець, корпус якого 1 оснащено призматичним породоруйнівним елементом 2, виготовленим методом гарячого пресування, твердосплавна матриця якого утримувала одне алмазне зерно 3 зернистості 800/630 мкм, рис. 4. Випробування проводили на спеціальній установці для експрес-оцінки експлуатаційних характеристик матеріалів, конструкція якої та експлуатаційний режим розглядалися в роботі [3].

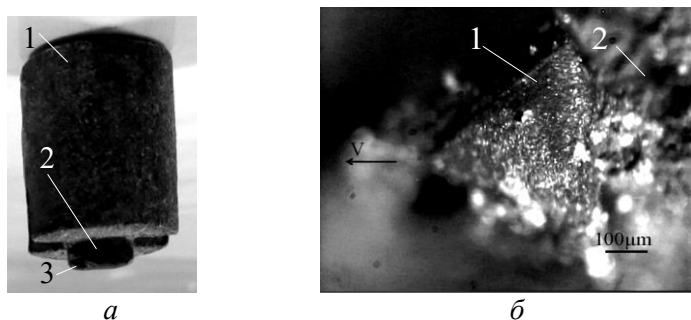


Рис. 4. Загальний вид: різця, оснащеного призматичним породоруйнівним елементом з розміром торця 5×3 мм , виготовленим методом гарячого пресування твердосплавна матриця якого утримує одне алмазне зерно зернистості 800/630 мкм : 1 – корпус різця, 2 – призматичний елемент, 3 – алмазне зерно; алмазного зерна в призматичному породоруйнівному елементі: 1– алмазне зерно, 2 – твердосплавна матриця, V – вектор руху алмазу

Дослідження конфігурації зони заглиблення індентору в одиничних частинках продуктів руйнування, отриманих при руйнуванні блоку граніту Ємельянівського родовища алмазним відрізним сегментним кругом діаметром 500 мм 1A1RSS/C₁50AC160 400/315 мкм, рис. 2 а, поз. 1, відбувалось при застосуванні верстату для різки каменю при експлуатаційному режимі, описаному в роботі [3].

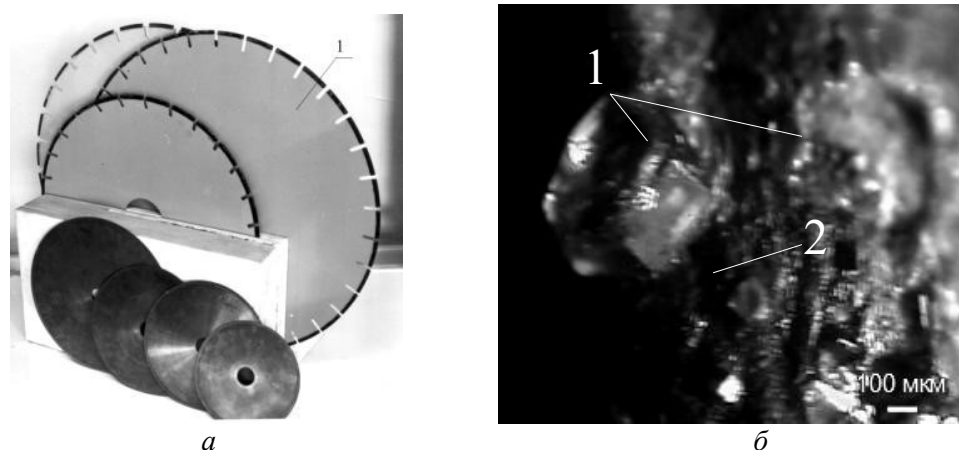


Рис.5. Загальний вигляд : алмазного відрізного сегментного круга діаметром 500 мм 1A1RSS/C₁500 AC 400/315 мкм (1) – а; робочій поверхні породоруйнівного сегменту, 1– сусідні робочі кромки алмазних зерен, 2 – твёрдосплавна матриця – б

Мікроскопічні дослідження конфігурації фрагментів продуктів руйнування гірських порід породи було проведено завдяки застосуванню мікроскопу Ломо Метам Р-1, оснащеного CCD відеокамерою Digital KOCOM, що дозволяє бачити на дисплеї комп'ютеру при збільшенні у 176, 360 та 900 раз об'єкт, що підлягає дослідженню. Можливість спостерігати за зміною зображення по шкалі ординат дозволило детально, з кроком від 2 мкм, досліджувати всі дрібні зміни рельєфу на поверхні фрагменту продуктів руйнування гірської породи.

Результати

В результаті проведених експериментальних досліджень руйнування блоку пісковика Тербовлянського родовища алмазно-твёрдосплавною пластиною при застосуванні експериментального стенду, створеного на базі токарно-карусельного верстату моделі 1M552, було отримано діаграми руйнування блоку пісковика при глибині руйнування 0,5–2 мм, рис. 6, після чого було побудовано графіки при залученні в процес їх побудови масив даних осьового та тангенціального навантаження P_y , P_z в кожний реєструє мий системою момент часу.

Період навантаження АТП у період t_1 , рис. 6 характеризується кількістю вузлових точок на діаграмі зміни складових зусилля руйнування породи P_z та P_y в 1,5–2 рази більший, чим при розвантаженні, причому відношення $t_2 / t_1 < 1$, як і у випадку руйнування гірської породи одиничним алмазним зерном, рис. 1. Очевидно, що в результаті динамічної взаємодії індентору з гірською породою відбувається зростання його навантаження при стрибкоподібному переміщенні по блоку гірської породи з одночасним відколюванням мікрочастинок шламу, рис. 2, перед відколюванням сформованої даним напруженим станом одиничної частинки шламу.

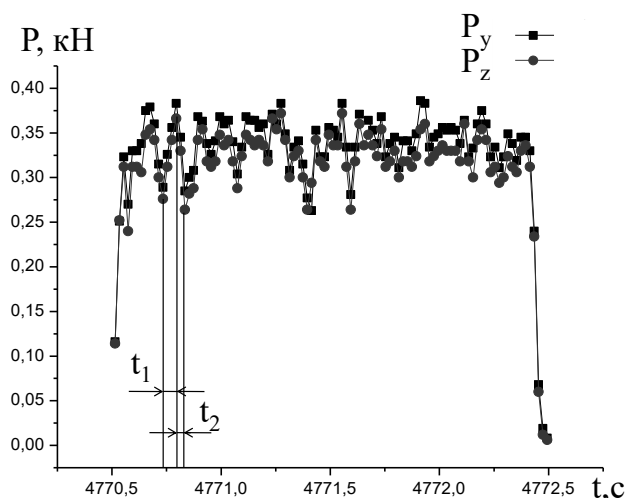


Рис.6 Діаграма руйнування пісковика Тербовлянського родовища АТП (глибина руйнування – 1 мм) t_1 – період часу до та після відколу частинки продуктів руйнування гірської породи

Продукти руйнування пісковіку Торезького родовища, отримані в результаті відпрацювання різця, оснащеного призматичним елементом, в твердосплавну матрицю якого методом гарячого пресування було закріплено одиничне алмазне зерно зернистості 800/630мкм було досліджено при застосуванні мікроскопу Ломо Метам Р-1, оснащеного CCD відеокамерою Digital КОСОМ.

Серед великої кількості частинок, отриманих після первинного мікроудару однієї або двох новоутворених кромок алмазного зерна по блоку гірської породи, рис.7, які можуть залишати відбиток у зоні заглиблення індентору, що ділить простір на рівні частини, мали місце частинки, зона заглиблення індентору яких складалась з серії послідовних відбитків робочої кромки алмазного зерна до його остаточної зупинки у мить відриву частинки від блоку гірської породи, рис. 8. Діапазон переміщення алмазного зерна по осі ординат становив 140мкм.

Аналогічне явище переміщення індентора по масиву гірської породи відслідковували при дослідженні геометричних характеристик зони заглиблення індентора в частинках шламу, отриманих при руйнуванні граніту Ємельяновського родовища алмазним відрізним сегментним кругом діаметром 500 мм 1A1RSS/C₁50AC160 400/315 мкм.

Загальний вид частинки шламу товщиною 900 мкм, зона заглиблення індентору якої представляє собою серію послідовно утворених відбитків внаслідок мікроударів двох інденторів, відстань між якими відповідає величині між робочими кромками алмазних зерен (375 мкм) на поверхні сегмента алмазного відрізного сегментного круга, рис. 5,б, представлено на рис. 9 а.

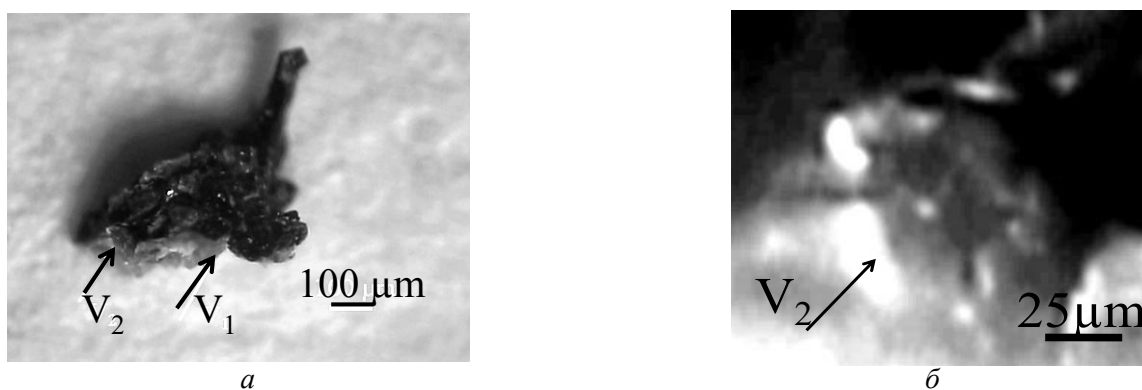


Рис.7. Загальний вигляд : частинки продуктів руйнування пісковіку Торезького родовища одиничним алмазним зерном, V_1, V_2 – вектори швидкості гострих кромки алмазу – а; шестигранного відбитку робочої кромки алмазного зерна у зоні заглиблення індентору – б

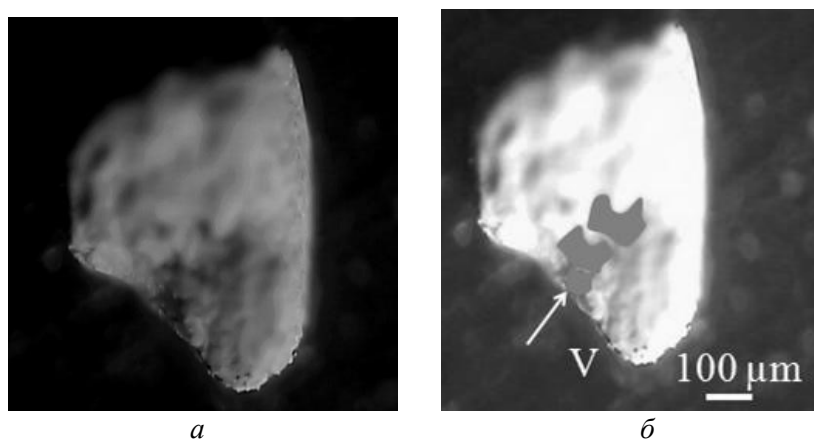


Рис.8. Загальний вигляд : частинки шламу товщиною 500 мкм, отриманої при руйнуванні пісковіку Торезького родовища одиничним алмазним зерном – а; схеми відбитків робочої кромки алмазу при послідовному її переміщенні по блоку гірської породи, V – вектор руху алмазного зерна – б

При скануванні поверхні зони заглиблення інденторів з кроком 50 мкм по осі ординат при використанні мікроскопу Ломо Метам Р-1, оснащеного CCD відеокамерою Digital КОСОМ, отримали її вид у зоні видимості на відстані 500мкм від поверхні частинки – зони формування

фронтальної грані частинки шламу, тобто грані перетину верхньої та зворотної поверхонь [5] одиначної частинки продуктів руйнування, рис. 9 б.

Первинний мікроудар алмазів у блок гірської породи відбувається на відстані 350 мкм від поверхні частинки шламу, рис. 9 в.; вторинний – на відстані алмазу 300 мкм від поверхні частинки шламу, рис. 9 г. Остаточний мікроудар сусідніх алмазних зерен у блок гірської породи, внаслідок якого відбувається їх зупинка на відстані 200 мкм від поверхні фрагменту шламу з наступним зсувом та відколом частинки шламу, відображено на рис. 9 г.

Процес взаємодії породоруйнівних інденсторів з масивом гірської породи відбувався при їх переміщенні по осі ординат уверх на 150 мкм, та на 300 мкм – по осі абсцис, тобто не є процесом заглиблення.

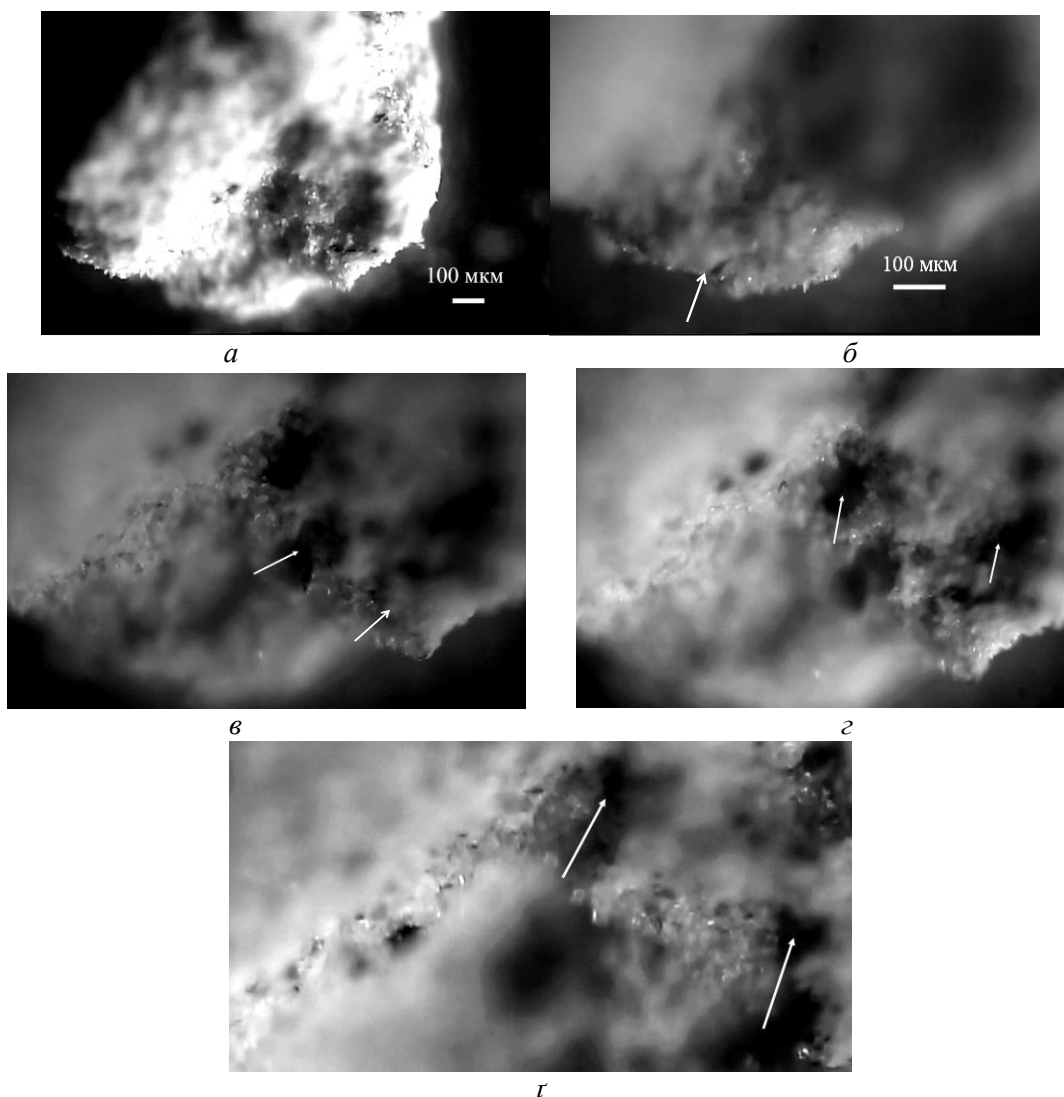


Рис.9. Формування остаточного мікроудару двох інденсторів у частинці шламу товщиною 900 мкм, отриманого в результаті руйнування алмазними зернами в сегменті алмазного відрізного сегментного круга 1A1RSS/C₁500 AC160 400/315 мкм блоку граніту Ємельянівського родовища: загальний вигляд – а; зона відмежування нижньої фронтальної поверхні частинки шламу на відстані 500 мкм від поверхні частинки – б; зона видимості первинного мікроудару алмазів у блок гірської породи на відстані 350 мкм від поверхні частинки шламу – в; зона видимості вторинного мікроудару алмазів на відстані 300 мкм від поверхні частинки шламу – г; зона видимості останнього мікроудару алмазів у блок гірської породи, внаслідок якого відбувається їх зупинка на відстані 200 мкм від поверхні фрагменту шламу з наступним зсувом та відколом частинки шламу – г

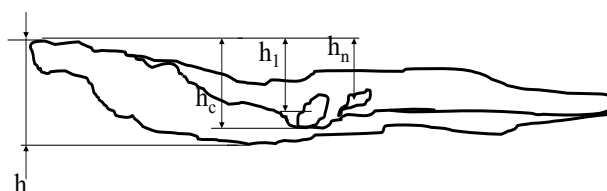


Рис. 10. Узагальнена схема переміщення індентора по блоку гірської породи при формуванні одиначної частинки шламу: h – товщина частинки шламу, h_c – глибина, на якій формується фронтальна грань частинки шламу в зоні заглиблення індентора в масив гірської породи; h_1 – глибина, на якій відбувається зіткнення індентора з масивом гірської породи, h_n – глибина, на якій здійснюється n -е відколювання мікрочастинки продуктів руйнування гірської породи.

Висновки

Згідно з вищевикладеними мікроскопічними дослідженнями зона заглиблення індентора в блок гірської породи, відбита на фрагменті продуктів її руйнування ідентична по конфігурації для різних типів інденторів, що руйнують різні крихкі тверді матеріали і може бути вивчена завдяки наявності одиначної неушкодженої частинки продуктів руйнування товщиною h , що несе інформацію про глибину h_c , на якій формується фронтальна грань частинки шламу, що є кривою перетину його верхньої і зворотної поверхонь; глибини впровадження індентора h_1 ; кількості інденторів, які беруть участь у відколюванні одиначної частинки; кількості мікроударів індентора n по масиву гірської породи до моменту завершення її остаточного формування перед моментом відколу і глибині, на якій ці мікроудари відбуваються, h_n , рис.10, що сприяє вивченню механізму руйнування твердих крихких матеріалів алмазним інструментом.

В работе представлены результаты исследования механизма внедрения единичного индентора в блок твердого хрупкого материала в процесс ее горазрушения алмазным инструментом. Благодаря изучению зоны внедрения индентора в блок горной породы (в фрагментах продуктов разрушения горных пород с различными физико-механическими свойствами) сделан вывод о циклическом характере взаимодействия породоразрушающего индентора с блоком горной породы.

Ключевые слова: индентор, механизм разрушения хрупких твердых материалов, внедрение, алмаз, шлам.

This paper presents the results of research of the mechanism of the penetration of indenter into the block of hard brittle materials during its destruction by diamond tools. Thanks to the study of the area of penetration of indenter in a block of a rock (in the fragment of rock products with a different physical and mechanical properties) is concluded cyclical nature of the interaction of rock cutting indenter with a block of a rock.

Key words: indenter, mechanism of destruction, hard brittle materials, the sludge

Література

1. Исаев М. И., Пономарев П. В. Основы прогрессивной технологии алмазного бурения геологоразведочных скважин. – М: Недра, 1975, 287 с.
2. Пешалов Ю. А. Оптимизация применения технических средств и технологии бурения разведочных скважин. – М.: Недра, 1979.– 296 с.
3. Виноградова Е. П. К вопросу о механизме разрушения горной породы функциональными элементами из композиционных алмазосодержащих материалов // Породоразрушающий и металло-обрабатывающий 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.
1. Зона внедрения индентора в блок горной породы при ее разрушении алмазным инструментом / Е.П.Виноградова, Н.В.Зуевская, В.Г. Кравец // Сб. науч. тр.– Гливице – Устрон: 11 Школа Геомеханики, Польша, 2013. – 13с.
4. Виноградова О. П. Формування ядра фрагменту продуктів руйнування гірських порід алмазним інструментом // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. научн.тр.– Вып.16 – Киев: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 2013. – С. 9–17.

Надійшла 10.07.15