

ЕЛЕКТРОННО-МІКРОСКОПІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ РЕШТОК ПРИРОДНОЇ ПОВЕРХНІ КРИСТАЛІВ АЛМАЗУ НА ОГРАНОВАНИХ ВСТАВКАХ

Висвітлено результати вивчення за допомогою сканувального електронно-мікроскопа решток природних граней на огранованих вставках алмазу. Проаналізовано та зафіксовано фотографічно особливості топографії найпоширеніших простих форм, що утворюються на кристалах алмазу. Особливу увагу приділено характеру поверхні та скульптурам, що спостерігаються на гранях природних алмазів.

Ключові слова: алмаз, ювелірна вставка, рештки природної грані, найф, топографія граней алмазу.

Вступ. Природні алмази з мантийних порід, насамперед із кімберлітів і лампроїтів, є головною сировиною для виробництва діамантів [1]. Проте останнім часом на ювелірному ринку з'явилися вставки діамантів, виготовлені із синтетичних алмазів. У зв'язку з цим виникла проблема «розрізнення» перших і других. Слід визнати, що зробити це без спеціальних засобів практично неможливо.

Характерною ознакою алмазів природного походження є їх поліедрична форма. Більшість із них кристалізуються у формі октаєдрів і кубів, а згодом, унаслідок розчинення цих кристалів, набувають різних округлих форм у вигляді додекаєдроїдів, октаєдроїдів і тетрагексаєдроїдів [4].

На кристалах природного алмазу поширені три типи поверхонь: октаєдра, куба і ромбододекаєдра. Перші дві поверхні мають різну ростову природу, а остання поверхня, як вважає більшість дослідників, має післяростове, «розчинне», походження.

Особливості топографії граней октаєдра. До найпоширеніших скульптур на гранях октаєдра належать обернено паралельні трикутні впадини, шестикутні впадини, тригональні і дитригональні виступи та драбинкоподібні уступи між ними і поблизу вершин кристалів [2].

Для обернено паралельних трикутних впадин характерно обернене орієнтування відносно контурів граней октаєдра. Розміри і глибина таких впадин, а також їх кількість на гранях октаєдра можуть бути різними. За розмірами окремі трикутні впадини можуть займати площу в половину грані (111) і бути мікроскопічними, видимими лише під електронним мікроскопом. Впадини можуть бути одиночними і груповими, складати візерунки [5]. Такі візерунки впадин можуть покривати всю грань октаєдра.

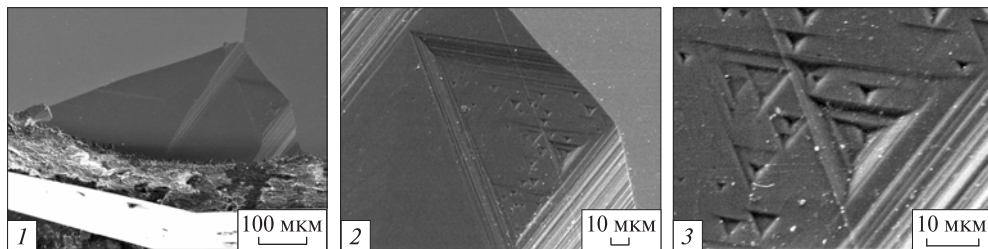


Рис. 1. СЕМ-фото рештки природної грані (111) на вставці Ук-9: 1 — загальний вигляд; 2—4 — деталізація

Fig. 1. SEM images of the residual natural face (111) on insert Uk-9: 1 — general view; 2—4 — in detail

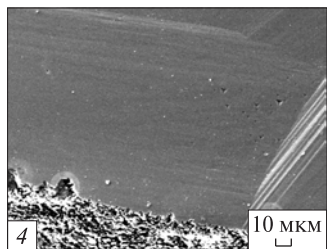
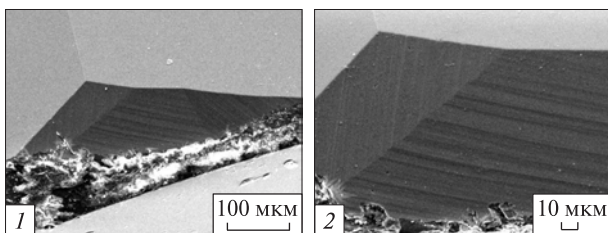


Рис. 2. СЕМ-фото рештки природної грані з паралельною штриховкою. Вставка Ук-11: 1 — загальний вигляд; 2 — деталізація

Fig. 2. SEM images of the residual natural face with parallel striation. Insert Uk-11: 1 — general view; 2 — in detail



Обернено паралельні трикутні впадини бувають плоскодонні та у вигляді тригранних пірамідок. Перші спостерігаються доволі часто, другі — рідко і, як правило, є дрібними [2]. Стінки впадин частіше тонкошаруваті, зрідка грубо-східчасті. Кути впадин можуть бути притупленими східцями, що приводить до появи чотирьох-, п'яти- і шестикутних впадин.

Обговорюють дві протилежні версії про природу обернено паралельних трикутних впадин — росту і розчинення. Однак не підлягає сумніву вплив дислокацій на їх утворення.

За ростовою версією *шестикутні впадини* утворюються під час заростання кутів трикутних впадин. Найчастіше вони є плоскодонними. Стінки цих впадин також тонкошаруваті [3].

Контури *прямо паралельних трикутних виступів* збігаються з контурами граней октаедра. Вони доволі поширені, мають різні розміри і різну рельєфність, можуть бути складеними тригональними чи дитригональними шарами. Вершини виступів гострі й притуплені. В мініатюрі виступи за всіма особливостями такі самі, як і грані, на яких вони розташовані. Якщо таких виступів на грані октаедра багато, це вказує на поліцентричний ріст кристала.

Драбинкоподібні візерунки є серіями східців з помітним нахилом до вершин кристала.

Інші скульптури (*прямо паралельні трикутні впадини, рифова скульптура* та ін.) на гранях октаедра є рідкісними [2].

Особливості топографії граней ромбододекаедра. Власне справжніх плоских і гладеньких граней ромбододекаедра на кристалах природного алмазу немає, однак вони є звичайними на кристалах синтетичного алмазу. На крис-

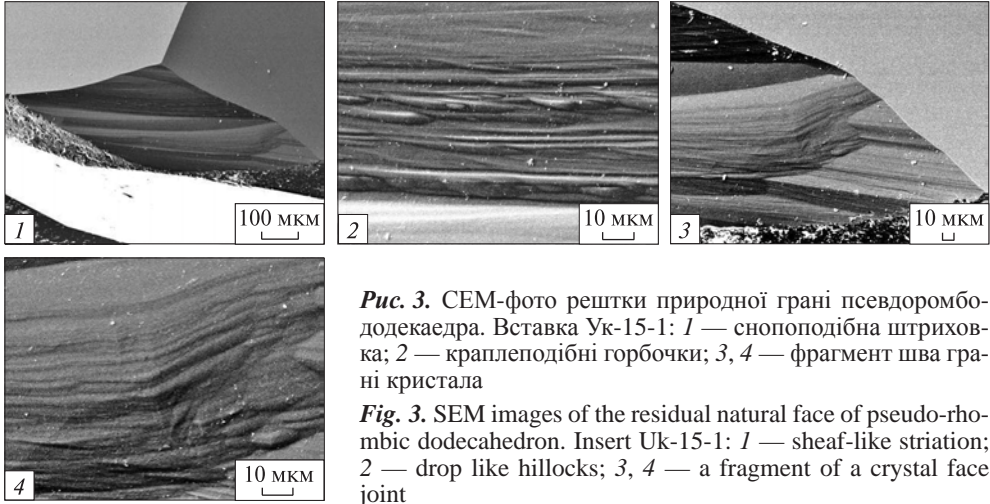


Рис. 3. СЕМ-фото рештки природної грані псевдоромбододекаедра. Вставка Ук-15-1: 1 — снопоподібна штриховка; 2 — краплеподібні горбочки; 3, 4 — фрагмент шва грані кристала

Fig. 3. SEM images of the residual natural face of pseudo-rhombohedral dodecahedron. Insert Uk-15-1: 1 — sheaf-like striation; 2 — drop like hillocks; 3, 4 — a fragment of a crystal face joint

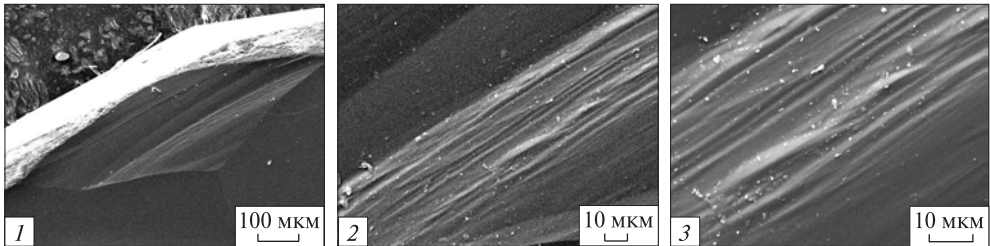


Рис. 4. СЕМ-фото рештки природної грані із снопоподібною штриховкою. Вставка Ук-15-2: 1 — загальний вигляд; 2, 3 — деталізація

Fig. 4. SEM images of the residual natural face of sheaf-like striation. Insert Uk-15-2: 1 — general view; 2, 3 — in detail

талах природного алмазу найчастіше це менш-більш плоскі грані так званого пасивного росту або округлі поверхні різної кривизни на геометричному місці граней ромбододекаедра. На перших поверхнях домінує тонка паралельна штриховка, а на других можуть бути розвинуті різні скульптури: снопоподібна штриховка, черепице-жердиноподібні візерунки, краплеподібні горбочки, шагрень, блокова скульптура, дискова скульптура, каверни та інші впадини.

З перелічених скульптур на ромбододекаедричних поверхнях найпоширеніші паралельна і снопоподібна штриховки, а також краплеподібні горбочки. *Паралельна штриховка* є проявом октаедричних шарів росту, вона може бути тонкою і відносно грубою [5].

Питання щодо природи *снопоподібної* штриховки є дискусійним — це продукт росту чи розчинення. Вона також може бути різною, від тонкої до грубої.

Характерними для кривогранних ромбододекаедричних поверхонь на кристалах алмазу є *краплеподібні горбочки*. Це різні за величиною і рельєфністю краплеподібні підвищення, які видовжені уздовж довгих діагоналей $\{110\}$, зрідка мають еліпсоподібну чи овальну форму. Більшість таких скульптур мають форму рівнобедреного сферичного трикутника, гостра вершина якого спрямована перпендикулярно до шва грані на ромбододекаедричній поверхні. Контури таких скульптур дещо змінюються залежно від місця їх розташування на поверхні $\{110\}$.

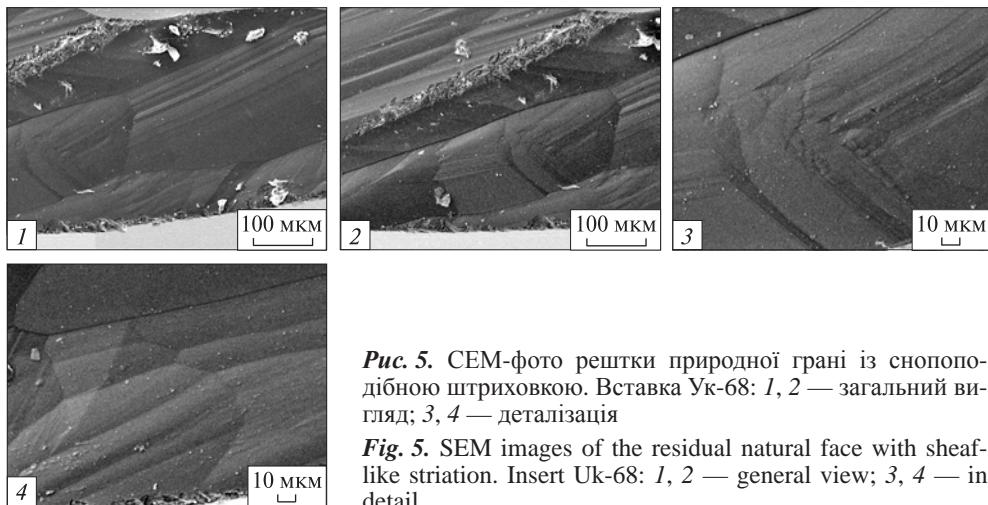


Рис. 5. СЕМ-фото рештки природної грані із снопоподібною штриховкою. Вставка Ук-68: 1, 2 — загальний вигляд; 3, 4 — деталізація

Fig. 5. SEM images of the residual natural face with sheaf-like striation. Insert Uk-68: 1, 2 — general view; 3, 4 — in detail

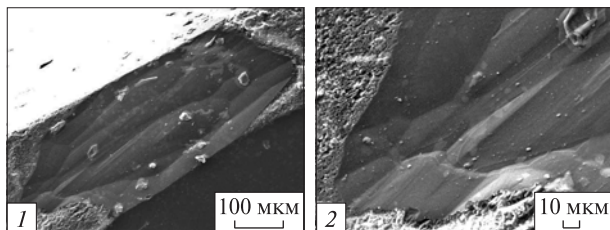


Рис. 6. СЕМ-фото рештки природної грані. Вставка Ук-93: 1 — загальний вигляд; 2 — деталізація

Fig. 6. SEM images of the residual natural face. Insert Uk-93: 1 — general view; 2 — in detail

Особливості топографії граней куба. Плоскі грані куба відсутні на великих кристалах природного алмазу [4]. Характерними скульптурами на кубічних поверхнях є *квадратні впадини*, контури яких повернуті на 45° відносно ребер куба. Впадини можуть мати різний розмір, положення на грані, можуть бути гостровершинними чи притупленими негативними пірамідками [3]. Слід зазначити, що кубічні кристали природного алмазу, як правило, не є ювелірною сировиною. Однак такі квадратні впадини є частими на вершинах октаєдрів, на місці можливих граней куба.

Характеристика досліджуваних зразків. В інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України за допомогою сканувального електронного мікроскопа (СЕМ) JEOL JSM 6700F проаналізовано 6 огранованих вставок природного алмазу з колекції Державного геологічного центру України. Вивчено рештки природних граней (найфи) за збільшення $\times 27$ — $\times 2200$. Алмази — безбарвні або жовтуваті, маса від 0,20 до 1,25 карат. Вид огранування Кр-57 (круглі 57-гранні).

Результати та їх обговорення. Рештка природної поверхні кристала алмазу на досліджуваній вставці багата на скульптури, типові для алмазу із кімберлітів чи лампроїтів або іншого ендегенного природного джерела. Це рештка грані октаєдра з великою обернено паралельною впадиною (рис. 1, 1—3), дно якої інкрустовано багатьма дрібними трикутними впадинами (рис. 1, 3) різних морфологій й розмірів. Зазначені впадини плоскодонні та пірамідально-гостровершинні.

Паралельна штриховка на місці ребер октаєдра (рис. 1, 2, 3), слід пластичної деформації алмазу (рис. 1, 2) і мініатюрні обернено паралельні трикутні

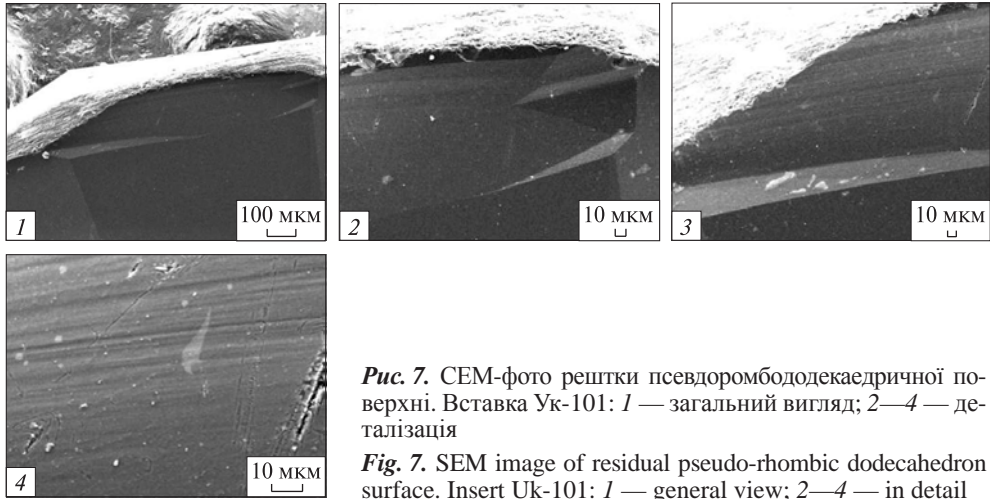


Рис. 7. СЕМ-фото рештки псевдоромбододекадричної поверхні. Вставка Ук-101: 1 — загальний вигляд; 2—4 — деталізація

Fig. 7. SEM image of residual pseudo-rhombohedral dodecahedron surface. Insert Uk-101: 1 — general view; 2—4 — in detail

впадини на грані $\{111\}$ (рис. 1, 4) доповнюють перелік скульптур, характерних для кристалів природного алмазу. Вставка виготовлена із октаедра з паралельною штриховкою на місці ребер.

На вставці Ук-11 залишився фрагмент поверхні кристала алмазу із паралельною штриховкою (рис. 2, 1, 2). Найімовірніше вставка виготовлена із кристала так званої перехідної форми октаедр-псевдоромбододекаедра, на якому значна частина поверхні була покрита паралельною штриховкою.

Сноподібна штриховка (рис. 3, 1) і краплеподібні горбочки (рис. 3, 2) на округлій поверхні псевдоромбододекаедра є рештками природної поверхні кристала, можливо, також перехідної форми октаедр-псевдоромбододекаедра. Тільки псевдоромбододекадричні поверхні цього кристала були округлими (рис. 3, 3, 4).

Краплеподібні горбочки розташовані не в центральній частині грані $\{110\}$, тому мають неідеальну форму цієї скульптури. Гострі кінці горбочків вказують напрямком на місце виходу подвійної осі кристала, а тупі кінці — напрямком на вихід осі четвертого порядку.

Псевдоромбододекадрична поверхня із сноподібною штриховкою (рис. 4) є рештками первинної поверхні кристала також перехідної форми октаедр-псевдоромбододекаедра.

Як і у вставці Ук-15-2, псевдоромбододекадрична поверхня із сноподібною штриховкою (рис. 5) є решткою первинної поверхні кристала також перехідної форми октаедр-псевдоромбододекаедра. Крім того, помітне формування видовжених блоків, які також характерні для округлих поверхонь (рис. 5).

Поверхня вставки Ук-93 є близькою до поверхні попередньої вставки: сноподібна штриховка і видовжені блоки (рис. 6) на $\{110\}$.

На вставці Ук-101 залишився також фрагмент псевдоромбододекадричної поверхні із паралельною штриховкою (рис. 7).

Висновки. Зважаючи на те що сучасні технології дають змогу вирощувати алмази з поверхнями, подібними до таких, що спостерігаються на природних кристалах, іноді збільшень, можливих за використання традиційного гемологічного обладнання (лупа $\times 10$, мікроскоп до $\times 100$), недостатньо для визначення природи діамантів. Тоді у нагоді стає електронна мікроскопія, за допомогою якої можна вивчати тонкі особливості поверхні на субмікронному рівні.

Електронно-мікроскопічні дослідження решток поверхні кристалів дають змогу достовірно діагностувати природу огранених вставок. Особливо важливою є фіксація відповідних найхарактерніших скульптур граней різних простих форм, які свідчать про типову кристаломорфологію природного алмазу. В деяких випадках на огранованих вставках рештки природних граней не спостерігаються або є неінформативними. Тоді для встановлення природи мінералу використовують інші методи досліджень.

Автор складає велику подяку за допомогу у вивченні особливостей топографії алмазу завідувачу відділу проблем алмазоносності Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України доктору геолого-мінералогічних наук В.М. Квасниці.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бартошинский З.В., Квасница В.Н. Кристалломорфология алмаза из кимберлитов. — Киев : Наук. думка, 1991. — 172 с.
2. Квасница В.Н., Зинчук Н.Н., Коптиль В.И. Типоморфизм микрокристаллов алмаза. — М.: Недра, 1999. — 224 с.
3. Кухаренко А.А. Алмазы Урала. — М.: Госгеолтехиздат, 1955. — 514 с.
4. Орлов Ю.Л. Минералогия алмаза. — М.: Изд-во АН СССР, 1963. — 235 с.
5. Tolansky S. Microstructures of Diamond Surfaces. — London: N.A.G. Press, 1955. — 67 p., 143 pl.

Надійшла 30.05.2014

И.А. Емельянов

ЭЛЕКТРОННО-МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ ОСТАТКОВ ПРИРОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ КРИСТАЛЛОВ АЛМАЗА НА ОГРАНЕННЫХ ВСТАВКАХ

Освещены результаты изучения с помощью сканирующего электронного микроскопа остатков природных граней на огранённых вставках алмаза. Проанализированы и фотографически зафиксированы особенности топографии наиболее распространенных простых форм, наблюдаемых на кристаллах алмаза. Особое внимание уделено характеру поверхности и скульптурам, наблюдаемым на гранях природных алмазов.

Ключевые слова: алмаз, ювелирная вставка, остаток природной грани, найф, топография граней алмаза.

I.O. Iemelianov

ELECTRON-MICROSCOPIC STUDY OF THE FEATURES OF NATURAL DIAMOND SURFACE RESIDUES ON FACETED INSERTS

There is a number of diamonds of different origin on the jewelry market all over the world, so there arises a very important problem of their differentiation. It is rather difficult to distinguish between the diamond inserts made of synthetic diamond crystals and natural diamond. The article highlights one of the modern methods of studying the residue of natural diamond surfaces, which are found on the faceted jewelry inserts. An analysis of crystal morphology of diamond surface allows stating confidently the nature of the polished inserts.

There are three common types of surfaces in crystals of natural diamond: octahedron, cube and rhombic dodecahedron.

The most common sculptures on the faces of the octahedron are inversely parallel triangular pits, hexagonal pits, trigonal and dytrigonal shoulder as well as ladder-like ledges between them and nearby crystals peaks.

Parallel and sheaf-like striation and also drop like hillocks are most common on the rhombic dodecahedron surfaces.

The square pits are distinctive sculptures on cubic surfaces; their contours are rotated through 45° to the edges of the cube. Pits may have different size, position on the face, can be peaked or obtuse negative pyramids.

To analyze collection of faceted diamond inserts and select samples with the residues of natural diamond faces. To examine the natural diamond faces using electron microscope and take the most informative photographs of the surfaces of natural origin. To analyze the results and make conclusions.

Six faceted natural diamond inserts were examined in M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation (National Academy of Sciences of Ukraine) with the use of scanning electron microscope JEOL JSM 6700F. Residues of natural faces were studied with 27 to 2200 increase. Samples of diamonds are colorless, yellowish stones from the State Gemological Centre of Ukraine collection. Stones are round cut. Weight is within 0.20-1.25 ct.

Investigation of the surface residues allows determining reliably the nature of polished inserts. It is particularly important to fix the most relevant typical sculptures and patterns on faces of different simple shapes that are indicative of typical crystal morphology of natural diamond.

Key words: diamond, jewelry insert, residual natural faces, nife, topography faces of diamond.