

## СУЧАСНА ДІАГНОСТИКА ПРИРОДНИХ І ШТУЧНИХ АЛМАЗІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПРИЛАДУ “DIAMONDVIEW™”

Ювелірний ринок заповнений діамантами різного походження, тому надзвичайно актуальною є проблема їх діагностики. Діаманти, які виготовлені із кристалів штучного алмазу, досить складно відрізнити від природного алмазу.

Нижче розглянуто основні методи синтезу ювелірного алмазу і один із сучасних методів діагностики діамантів різної природи.

**Методи синтезу алмазів.** Перші штучні алмази отримала шведська компанія ASEA. Під час синтезу цих алмазів застосовували метод високих тиску і температури, так званий HPHT (**H**igh **P**ressure **H**igh **T**emperature). Його широко використовували в усьому світі, поки у 2003 р. компанія “Appollo Diamonds” не розробила новий метод синтезу, відомий як технологія осадження з газу — CVD (**C**hemical **V**apor **D**eposition) [1, 3].

**Синтез за технологією HPHT.** Для того щоб отримати необхідні умови для синтезу, були створені спеціальні пристрої. Найпопулярніші з них — преси системи BELT і безпресова система БАРС (**Б**езпресовий **А**парат “**Р**озрізана **С**фера”).

В апараті системи BELT використовують величезний гідравлічний прес з ковадлами у формі кілець, звідси і походить назва “belt” (“пояс”). Принцип роботи апарату: у верхній частині ростової камери за більш високих температур знаходиться порошок штучного алмазу; розплавлений метал-катализатор примушує атоми вуглецю з цього порошку переходити в розчин у нагрітій зоні; опинившись у розчині, атоми вуглецю вільно мігрують у бік прохолоднішого кінця камери, де містяться дрібні штучні або природні кристали-зародки. Вуглець кристалізується на зародках, у такий спосіб виростає великий кристал штучного алмазу.

В апараті системи БАРС тиск утворюють за допомогою двох комплектів ковадел. Зовнішній комплект складається з 8 ковадел, які створюють порожнину у формі октаедра. Посередині знаходиться набір із 6 додаткових ковадел, що створюють порожнину кубічної форми, в якій розміщена ростова камера. Ці комплекти ковадел знаходяться посередині двох півсфер — звідси походить друга назва технології БАРС — “розрізана сфера”. Умови

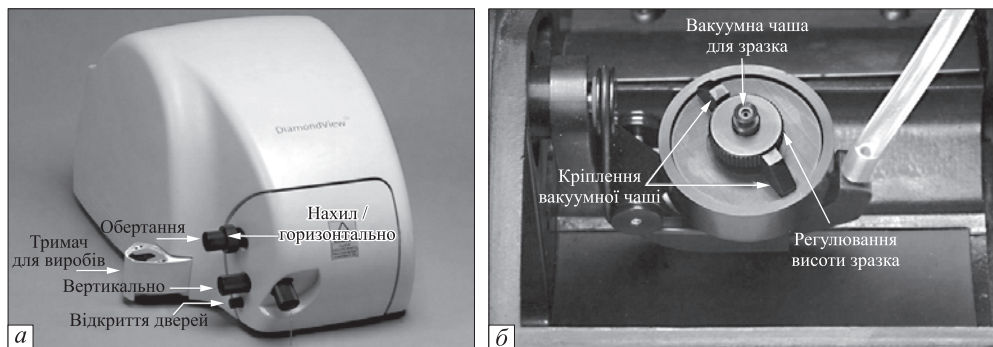


Рис. 1. Зовнішній вигляд (а) і внутрішня будова (б) робочої частини приладу “DiamondView™”

синтезу: температура 1350—1700 °С, тиск 5,5—6,5 ГПа, як каталізатор використовують залізо, манган, нікель та інші перехідні метали [2].

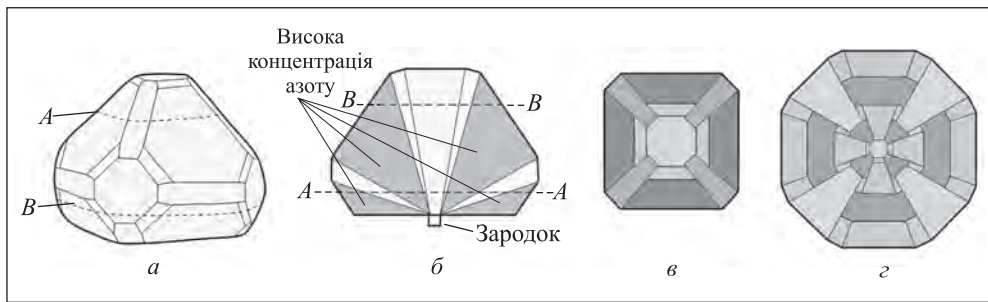
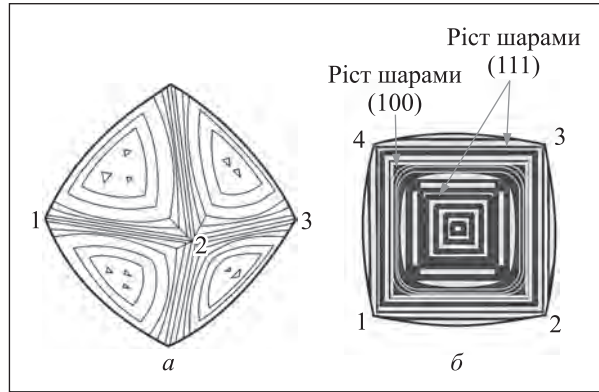
**Синтез за технологією CVD.** За цим методом алмаз утворюється завдяки хімічному осадженню газової фази — це так звана технологія CVD. Після винаходу цього методу тривалий час було складно отримати кристали ювелірної якості, але у 2003 р. компанія “Appollo Diamonds” повідомила про синтез монокристалів алмазу, придатних до подальшого огранювання у діаманти [1, 3]. Принцип методу: вуглецевмісний газ (найчастіше метан у суміші з воднем) подають у реакційну камеру, де під дією високотемпературної плазми його молекули руйнуються. За температури 800—1000 °С проходить кристалізація вуглецю на субстраті [2].

**Діагностика алмазів за допомогою приладу “DiamondView™”.** Саме через появу на ринку ювелірних виробів із штучних алмазів виникла потреба їхньої надійної діагностики [1—4]. Необхідно було встановити критерії, які б дали змогу відрізнити природний алмаз від його штучного аналога. Тоді компанія “De Beers” розробила нескладний, але ефективний прилад — “DiamondView™”, за допомогою якого з високим ступенем достовірності відрізняють природні алмази від їх штучних аналогів. На приладі можна працювати з ювелірними вставками та виробами розміром від 0,05 до 10 карат (рис. 1).

В основу роботи приладу покладено опромінення зразка УФ-хвилями завдовжки 225 нм (короткі хвилі). Під час опромінення спостерігається флуоресценція досліджуваного зразка, автоматично фіксується фосфоресценція, стають помітними видимі структури росту, які відображають умови кристалізації алмазу. Морфологія кристала алмазу відбиває процес його росту. Форми природних кристалів досить різноманітні, найхарактернішою є октаедр (рис. 2). Такі форми, як куб і ромбододекаедр, трапляються рідко. На рис. 2, а показано октаедр природного алмазу. Якщо зробити розріз у площині 1—2—3—4, помістити зразок у “DiamondView™” і збудити УФ-світлом, то зображення, що дає прилад, буде нагадувати зображення, яке показано на рис. 2, б. Добре помітні структури росту по кубу та октаедру. Домінуючий колір флуоресценції природних алмазів — синій, також можлива жовта, зелена флуоресценція або комбінації цих кольорів.

Умови утворення штучних алмазів сприяють розвитку декількох форм кристала, зокрема октаедричних, кубічних, додекаедричних, тетрагонтриоктаедричних {113} та інших. Поглинання домішок є різними для різних зон росту, і це виявляється в характерних фігурах флуоресценції штучних каменів,

**Рис. 2.** Зображення структур росту в природному алмазі під час ультрафіолетового збудження в DiamondView™: *a* — схематичне зображення природного октаедру алмаза; *б* — розріз у площині 1—2—3—4

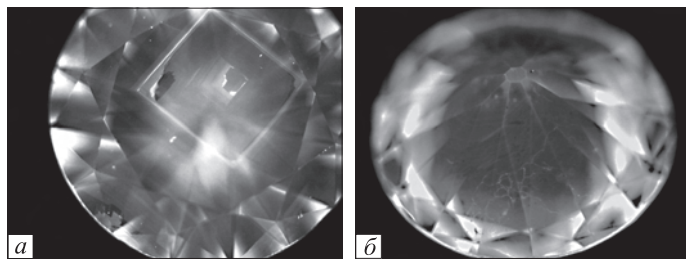


**Рис. 3.** Утворення штучних алмазів: *a* — кристал, вирощений за методом НРНТ; *б* — вертикальний зріз кристалу; характерні фігури флуоресценції, що спостерігаються за допомогою приладу DiamondView™; *схематичний рисунок розрізу*: *в* — по площині *B*, *г* — по площині *A*

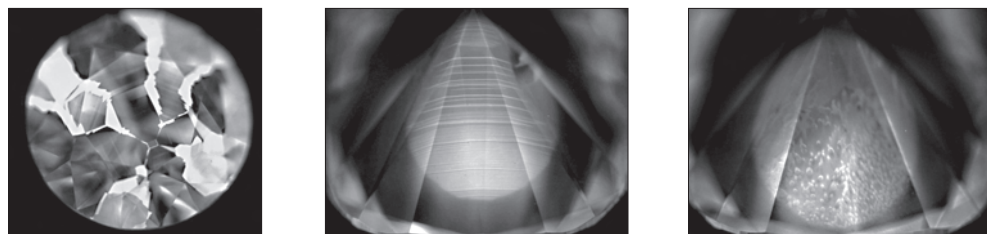
які досить часто виглядають як хрест, пісковий годинник або знак “стоп” (рис. 3).

**Умови проведення експерименту.** У лабораторії Державного гемологічного центру України (ДГЦУ) за допомогою приладу “DiamondView™” було проаналізовано 23 ограновані вставки штучних алмазів та 15 — природних алмазів. Штучні зразки були представлені безбарвними, блакитними та жовтими огранованими вставками. Зразки природних алмазів — безбарвні та жовтуваті камені з колекції ДГЦУ. Огранування каменів — Кр-57, маса від 0,16 до 0,57 кар. Для покращення візуалізації та чіткішого відображення структур росту в досліджуваних зразках були використані певні параметри налаштування якості зображення (див. таблицю).

Інтенсивність, %	Інтеграція, s	Гамма	Мінімальне збудження	Діафрагма, %	Зупинка поля, %	Поліпшення, db	Половина на потужність, %	Темний знімок
Видиме світло								
53	0,053—0,161	Увімкнено	—	18—41	—	2,52—3,72	—	—
УФ-світло								
—	0,032—0,203	Увімкнено або вимкнено	Вимкнено	20—49	6—62	1,39—5,78	50	Вимкнено



**Рис. 4.** Природний діамант. Огранування Кр-57: *а* — рівномірна (синя) флуоресценція з добре проявленими фігурами росту по октаедру; *б* — помітні фігури росту у вигляді полігональної сітки



**Рис. 5.** Штучний діамант жовтого кольору, вирощений за методом НРНТ. Вигляд з боку корони, огранування КР-57. Добре помітна нерівномірна, зональна флуоресценція. Повною мірою проявлені фігури росту по кубооктаедру

**Рис. 6.** Штучний діамант, вирощений за методом CVD. Дуже добре видно чітку смугастість по поверхнях росту

**Рис. 7.** Флуоресценція з боку павільйону в борвмісній CVD-синтетиці. Видно сферичні утворення (глобули)

**Діагностика природних алмазів.** Кольори флуоресценції алмазів залежно від природи каменю можуть бути синіми, зеленими або червоними. У природних каменях, на відміну від штучних, флуоресценція однорідніша або принаймні зональна. Фосфоресценція природного алмазу, як правило, дуже слабка або відсутня взагалі. Під час росту алмаз здатний захоплювати дрібні кристали різних мінералів, які потім можна спостерігати у вигляді дрібних включень у ньому.

При УФ-світлі чітко фіксуються структури, характерні для природного алмазу. Добре видно форми росту за октаедром і кубом. Кольори, інтенсивність та поширення флуоресценції у природних алмазах кардинально відмінні від тих, що спостерігаються у штучних. Якщо у штучних алмазах частіше проявлені блочні або з невиразною формою малюнки люмінесценції, то в природних — структури зонального росту типу “річних кілець” (рис. 4).

Чітко проявлені повні фігури росту трапляються не дуже часто. Як правило, в УФ-світлі спостерігаємо ділянки фігур або навіть невеликі залишки. Характерний колір, рівномірність люмінесценції й типові природні фігури росту дають змогу діагностувати природні камені в УФ-світлі за допомогою “DiamondView™”. У деяких алмазах після їх опромінення УФ-світлом видно фігури у вигляді полігональної сітки (рис. 4, б). Такі сітки є досить типовими для природних алмазів, але їх ніколи не буде у штучних каменях.

**Діагностика штучних алмазів, вирощених за методом НРНТ.** Кристали штучного алмазу часто утворюють комбінації з гранями куба та октаедра, в яких переважає кубічна форма. На відміну від нерівних граней природного алмазу, штучні камені мають рівні грані з наявністю спіралей росту. Форма кристалів штучних алмазів переважно ізометрична, вона більш витримана, ніж у природних каменях. Флуоресценція залежить від кольору: безбарвні камені

мають блакитну; жовті, жовто-коричневі — жовто-зелену, зелену; червоні, рожеві — червону, темно-червону; блакитні — блакитно-зелену.

Порівнюючи люмінесценцію штучних і природних каменів можна дійти висновку, що флуоресценція штучних алмазів досить нерівномірна й інтенсивніша, ніж у природних. У безбарвних і блакитних зразках алмазу після опромінення їх УФ-світлом спостерігається інтенсивна фосфоресценція. Структури росту по кубу та октаедру здебільшого виражені добре (рис. 5), проявлені значною мірою або фрагментарно. Досить часто спостерігаються металеві включення металу-катализатора, що також вказує на природу утворення каменя.

**Діагностика штучних алмазів, вирощених за методом CVD.** В алмазах, отриманих за методом CVD, спостерігаються різні кольори флуоресценції: від синіх, зелено-синіх до оранжевих. Для CVD-синтетики характерні деякі ознаки, що добре виявляються в УФ-світлі із застосуванням приладу “Diamond View™”. Однією із таких типових рис є смужки (рис. 6), які видно на гранях кристалів і які проявляються лише після УФ-опромінення. Вони зумовлені нерівномірним поглинанням домішок, у тому числі азоту, в процесі синтезу на поверхнях росту.

Ще однією особливістю CVD-синтетики є наявність сферичних утворень (рис. 7). Їхню появу пов’язують із нерівномірним поглинанням домішок у процесі росту кристала. Ці глобули характерні тільки для алмазів, вирощених за методом CVD, і не спостерігаються в інших штучних каменях, а тим більше у природних алмазах.

**Обговорення результатів та висновки.** Оскільки більшість ювелірних вставок є лише фрагментами природного кристала алмазу, то під час діагностики таких вставок за допомогою “DiamondView™” спостерігатимуться лише певні структурні елементи росту кристала. Тому на якісну інтерпретацію зображення впливатиме орієнтація каменя в приладі. Деякі природні алмази мають досить низьку флуоресценцію, тому отримуємо нечітке зображення, на якому спостерігаємо лише окремі ділянки зразка. За таких обставин часто неможливо достовірно встановити природу каменя. В огранованих вставках можуть бути зростки кристалів, це теж треба враховувати під час дослідження діамантів за допомогою приладу “DiamondView™”.

Діагностика зразків алмазів, синтезованих за технологією HPHT за допомогою приладу “DiamondView™”, здебільшого не викликає труднощів. За умови правильного встановлення та орієнтації досліджуваного зразка виявлення структурних рисунків, притаманних штучним алмазам (хрест, пісковий годинник або знак “стоп”), є простим завданням.

Якщо маємо справу з діагностикою каменя у закріпленому вигляді, результат залежатиме лише від орієнтації зразка і робочої “незакріпленої” поверхні. Якщо не можливо зорієнтувати камінь у закріпці, потрібно використовувати інші методи діагностики.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Пагель-Тайсен В. Все об оценке бриллиантов: Практич. пособие. — Изд. 9, перераб. и доп. / Пер. с англ. Т.В. Калужной. — Донецк; Днепропетровск: АРТ-ПРЕСС, 2008. — 324 с.
2. Солодова Ю.П., Николаев М.В., Курбатов К.К. и др. Геммология алмаза: Учебник. — М., 2008. — 416 с.
3. Шуман В. Драгоценные и полудрагоценные камни: Пер. с нем. — М.: БММ АО, 2006. — 312 с.
4. *Diamond View User Manual.* — Diamond Trading Company Ltd, 2008. — 81 p.