

## ŚWIAT MINERAŁÓW I KAMIENI OZDOBNYCH

Informator dla osób zajmujących się nieprofesjonalnie naukami mineralogicznymi

*Maria PŁASZYŃSKA*<sup>1</sup>

### INKLUZJE W KAMIENIACH SZLACHETNYCH CZ. I. INKLUZJE STAŁE W DIAMENTACH

#### WPROWADZENIE

Czystość kamienia szlachetnego zależy od rodzaju zawartych w nim inkluzji (wrostków), którymi są obce ciała w fazie stałej, ciekłej i gazowej. Inkluzje są bardzo pomocne przy identyfikacji kamieni, a w szczególności przy ekspertyzach, czy kamień jubilerski jest naturalny czy syntetyczny lub sztuczny (Płaczyńska 1988).

Inkluzje w kamieniach pochodzenia naturalnego dzieli się w podany niżej sposób:

1. **Inkluzje protogenetyczne** — powstały przed wykształceniem się kamienia naturalnego. Mają one często postać kryształów innych minerałów lub minerału macierzystego (np. oliwiny, granaty, diamenty w diamentach).

2. **Inkluzje syngenetyczne** — powstały w tym samym czasie co kamień naturalny. Często są to puste przestrzenie zawierające roztwór, z którego kamień wykryształizował (np. inkluzje cieczy w niektórych szmaragdach).

3. **Inkluzje epigenetyczne** — powstały później niż kamień naturalny. Mają one postać zbioru bardzo delikatnych pęknięć zwanych „chmurkami” (ang. feather). „Chmurki” wykryształizowały z gorących roztworów mineralnych zamkniętych w pęknięciach kryształu podczas jego krzepnięcia.

---

<sup>1</sup> Instytut Fizyki Politechniki Krakowskiej, Podchorążych 1, 30-084 Kraków.



Inny powszechnie stosowany podział inkluzji podano poniżej (Virkkunen i in. 1971; Woskriesienskaja i in. 1975). Według niego inkluzje dzielimy na dwufazowe i trójfazowe.

1. **Inkluzje dwufazowe** — mogą przyjmować postać pustki lub pęcherza zawierającego ciecz i pęcherzyk gazu. Są znajdowane w kwarcach, topazie, turmalinie i w berylach.

2. **Inkluzje trójfazowe** — są to pustki zawierające ciecz, pęcherzyk gazu i kryształ. Są charakterystyczne dla szmaragdów kolumbijskich.

Należy zauważyć, że inkluzje dwufazowe i trójfazowe mogą występować nie tylko w kamieniach naturalnych.

Inkluzje stałe zostaną rozważone na przykładzie inkluzji w diamentach. Diamenty bowiem na przestrzeni ostatnich 30 lat były szczególnie intensywnie badane. Prace eksperymentalne przeprowadzono dla wielu tysięcy diamentów. Używano przy tym współczesnych technik mikroskopowych, promieni rentgenowskich i analizy chemicznej. Badania te wykazały brak inkluzji ciekłych lub gazowych w diamentach, inkluzje stałe zaś są zwykle monomineralne, to znaczy zawierają one pojedynczy homogeniczny minerał. Inkluzje zawierające dwa lub więcej różnych minerałów zdarzają się rzadko. Są one bardzo interesujące, ponieważ pomagają w wyjaśnieniu historii diamentu. Charakterystyczną właściwością inkluzji stałych w diamentach jest to, iż większość z nich jest stosunkowo mała. Inkluzja o wymiarze 0.3 mm jest uważana za inkluzję dużą. Dla większości diamentów przyjmuje się, że inkluzja o wymiarze 0.1 mm jest inkluzją o średnim rozmiarze.

Także ważny jest kształt inkluzji, ponieważ pozwala on na odróżnienie inkluzji protogenetycznych od syngenetycznych (Gübelin 1953). I tak **inkluzje syngenetyczne** mogą mieć dobrze rozwinięte fasetki kryształu o sześciennie-ośmiościennej morfologii narzuconej przez diament, w którym się znajdują. Jest to interesujące zjawisko, ponieważ inkluzje należące do układów krystalograficznych innych niż regularny powinny nie posiadać takich kształtów. W przeciwieństwie **inkluzje** mające własne ukształtowanie lub nawet nie mające żadnego regularnego ukształtowania są prawdopodobnie **protogenetyczne**.

Pojedynczy diament może zawierać kilka inkluzji, przy czym mogą one być wszystkie tego samego typu lub różnych typów. Zauważono jednak, że jeśli występują tylko inkluzje tego samego typu, to są one oddzielone jedna od drugiej przez diament, w którym się znajdują.

## KRÓTKI RYS HISTORYCZNY BADAŃ

Pierwsze badanie inkluzji w diamentach przeprowadzono w XIX wieku. Należy jednak zauważyć, że uznanie w tych wczesnych pracach licznych minerałów za inkluzje jest dzisiaj poddawane krytyce. Od 1950 roku naukowcy używają dyfrakcji promieni Roentgena i mikroskopy elektronowej do identyfikacji i chemicznej analizy inkluzji. Za pomocą tych technik zostały oznaczone minerały zestawione w tabeli 1.

Minerały zidentyfikowane za pomocą promieni rentgenowskich i/lub mikroskopy elektronowej jako inkluzje w diamencie (Gübelin 1977, 1982a, b; Gübelin, Koivula 1986)

| Inkluzje protogenetyczne i syngenetyczne |          |                         |         |
|--|----------|-------------------------|---------|
| Szereg I                                 |          | Szereg II               |         |
| Oliwin                                   |          | Piroksen                |         |
| Enstatyt                                 |          | Granat pyrop — almandyn |         |
| Diopsyd                                  |          | Cyanit                  |         |
| Chromowy granat                          |          | Kwarc                   |         |
| Pyrop                                    |          | Rutyl                   |         |
| Chromowy spinel                          |          | Rubin                   |         |
| Mg-ilmenit                               |          | Ilmenit                 |         |
| Siarczki                                 |          | Chromit                 |         |
| Cyrkon                                   |          | Siarczki                |         |
| Diament                                  |          | Diament                 |         |
| Epigenetyczne                            |          |                         |         |
| Serpentyn                                | Kaolinit | Goethyt                 | Hematyt |
| Sellaït                                  | Ksenotym | Grafit                  |         |
| Niepewna parageniza                      |          |                         |         |
| Flogopit                                 | Muskowit | Biotyt                  | Amfibol |
| Sanidyn                                  | Magnetyt |                         |         |

Metody dyfrakcji promieni rentgenowskich (Zwaan 1967) i spektroskopii ramanowskiej mogą być użyte do kreślenia typu minerałów (np. oliwin, granat), które są inkluzjami w diamencie. Niestety, identyfikując minerał tymi metodami nie uzyskujemy wszystkich danych chemicznych o inkluzjach. Z kolei, by otrzymać analizę chemiczną inkluzji trzeba albo pokruszyć diament, albo spalić go w powietrzu. Inna metoda, bardziej trudna, polega na szlifowaniu diamentu tak długo, aż część inkluzji znajdzie się w płaszczyźnie powierzchni preparatu. Nie niszcząca analiza chemiczna inkluzji jest następnie przeprowadzana za pomocą mikroskopy elektronowej.

## WNIOSKI

Dotychczas otrzymano dane dla inkluzji w diamentach pochodzących z Afryki, Północnej i Południowej Ameryki, Indii, byłego ZSRR, Australii. Zauważono przy tym, że skład chemiczny większości inkluzji mineralnych jest podobny i dlatego nie można na jego podstawie określać miejsca pochodzenia diamentu.



Istotnym i ważnym wynikiem wczesnych chemicznych analiz inkluzji, otrzymanym w późnych latach sześćdziesiątych, było rozróżnienie dwu chemicznie i mineralogicznie różnych szeregów inkluzji w diamentach (Gübelin 1977, 1982a, b; Gübelin, Koivula 1986; Tab. 1). Po odkryciu tych dwu szeregów inkluzji zwrócono uwagę na to, że poszczególne składowe każdego szeregu nigdy nie współlistnieją w pojedynczym diamencie ze składowymi drugiego szeregu oraz że składy chemiczne minerałów wewnątrz danego szeregu są ogólnie podobne. Ponadto w każdym szeregu składy te są podobne dla różnych miejsc geograficznych i dla różnych epok geologicznych, w których diamenty osiągały powierzchnię Ziemi (Meyer i in. 1976).

Współczesne studia izotopów w inkluzjach opisanych diamentów pokazują, że erupcje kimberlitów, z których diamenty te były wydobyte, miały miejsce około 90 milionów lat temu. Należy zauważyć, że kimberlity wydobywały się sporadycznie na powierzchnię Ziemi w przybliżeniu od 1,8 miliarda lat temu do około 20 milionów lat temu. Różnica wieku diamentów (a zatem i inkluzji) i erupcji kimberlitowych jest oznaką, że diamenty nie kształtują się w skale kimberlitowej.

Poniżej przytoczono zdjęcia kilku inkluzji stałych w diamentach (Fot. 1—4). Fotografie zaczerpnięto z pracy Gübelin i Koivula (1986).

## LITERATURA

- GÜBELIN E.J., 1953: Inclusions as a means of gemstone identification. Gemological Institute of America.
- GÜBELIN E.J., 1977: Analytical results of poly-mineralic sulfide inclusions in diamond. *Gems and Gemology* 15, 11, 321—327.
- GÜBELIN E.J., 1982a: Neue Mikrosonden-Analysen von Mineral-Einschlüssen einschliesslich eines Rubins im Diamant. *Z. Dt. Gemmol. Ges.* 31, 1/2, 23—40.
- GÜBELIN E.J., 1982b: Mineral inclusion contribute towards elucidating the genesis of the diamond. *J. Gemmol.* 18, 4, 297—20.
- GÜBELIN E.J., KOIVULA J., 1986: Photoatlas of inclusions in gemstones. ABC Edition, 93, 272—275. Zürich.
- MEYER H.O.A., TSAI HSIAO-MING, 1976: The nature and significance of mineral inclusion in natural diamond: A review. *Minerals Science and Engineering* 8, 4, 242—261.
- PŁASZYŃSKA M., 1988: Kamienie szlachetne. Nie niszczące metody badania. PWN, Warszawa—Kraków, 74—78.
- VIRKKUNEN M., SZEJKO W., 1971: Inclusions in topaz. *J. Gemmol.* 12, 6, 212.
- WOSKRIESIENSKAJA I.E., IWANOWA T.N., 1975: Issledowanie turmalinow poluczennyh metodom sinteza. *Trudy mineralogiczeskogo muzieja.* Izd. AN SSSR, Moskwa, 24, 20—30.
- ZWAAN P.C., 1967: Solid inclusions in corundum and almandine garnet from Ceylon, identified by X ray powder photographs. *J. Gemmol.* 10, 7, 224—234.

## INCLUSIONS IN PRECIOUS STONES. I. SOLID INCLUSIONS IN DIAMONDS

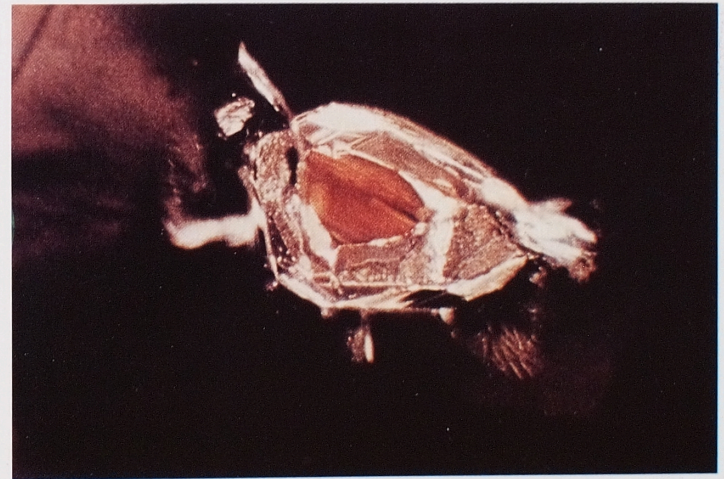
## Summary

This article is a review of data concerning solid inclusions in precious stones exemplified by those reported to occur in diamonds. The minerals identified using X-ray and/or microprobe method as inclusions in diamond are listed in Table 1, where their parageneses are also presented. Taking into account numerous data reported by various authors, it is concluded that chemical composition of the majority of mineral inclusion does not depend on the sites of occurrence of diamonds. Another important result of chemical analyses is the possibility of distinguishing two different series of inclusion in diamonds. Colour photographs of several inclusions in diamonds reproduced from Gübelin and Koivula (1986) are presented.



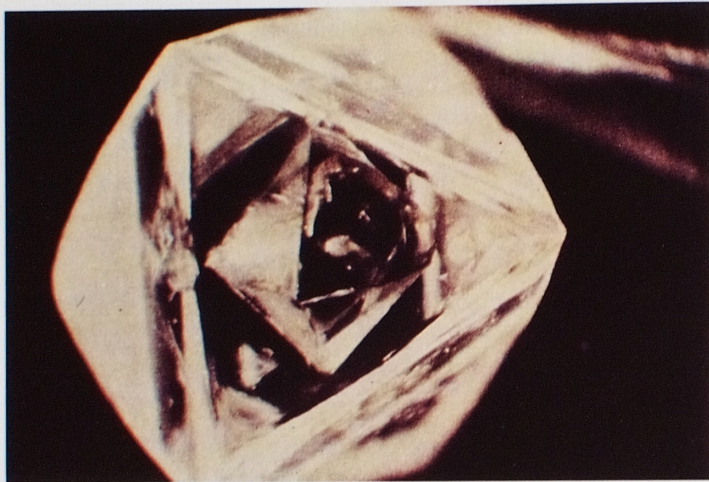


Fot. 1. Dwie szmaragdowo-zielone inkluzje diopsydu, które powstały niezależnie od diamentu, w którym się znajdują. Oświetlenie ciemnego pola. Pow. 40×



Fot. 2. Brązowo-pomarańczowe granaty (pirop i almandyn) w bladuróżowym diamentcie. Oświetlenie ciemnego pola. Pow. 80×





Fot. 3. Ośmioscian diamentu o masie około 1,5 kr stanowiący inkluzję w ośmioscianie większego diamentu o masie w przybliżeniu 7 kr. Inkluzja jest starsza niż większy diament i dlatego nie jest zorientowana w stosunku do młodszego diamentu. Oświetlenie ciemnego pola. Pow. 10×



Fot. 4. Sześcienny „natural” (relikt formy pierwotnej) w fasetowanej rondyście afrykańskiego diamentu jest tym, co pozostało z pierwotnej powierzchni kryształu. „Natural” jest cechą rozpoznawczą diamentu, dzięki której fachowiec nie tylko rozpoznaje diament, ale może określić orientację szlifów w stosunku do pierwotnej formy kryształu. Oświetlenie ciemnego pola, ukośne. Pow. 45×