

# URČOVÁNÍ ŠPERKOVÝCH KAMENŮ

IVAN TURNOVEC

(přednáška pro soudní znalce)

*Určování drahého kamene, ve šperku, případně ověření jeho pravosti, se opírá vždy o zjištění jeho jednotlivých vlastností, prováděných různými metodami a za pomoci speciálních přístrojů. Zásadně je nutno říci, že ani nejzkušenější odborník si nemůže dovolit určovat drahý kámen naprosto bezpečně již na prvý pohled. Určení není možné na základě vzhledu. K bezpečnému určení je třeba řady speciálních přístrojů. Je to nutné vzhledem k tomu, že se dnes užívá velké množství různých drahých kamenů, často si vzhledem podobných, ale i imitace a kameny syntetické, které se namnoze značně podobají kamenům přírodním. Někdy se může stát přesné určení kamene obtížnou záležitostí i v laboratoři se speciálním a nákladným vybavením.*

*It is necessary to use only such methods that cannot damage the identified gem stones with the ground jewellery stones identification. In this field the gemologic identification methods naturally differ from the mineralogical methods which always count on the consumption of the certain, even though a little, amount of the examined material. It can sometimes happen that the non-destructive identification of the gems is a difficult matter also at the laboratory with the special equipment.*

*We present as an example the crown jewels. They considered the red spinels and the central red tourmaline to be carbuncles in the crown of St. Wenceslas. To identify the ground gem it is not sufficient to state only one attribute, it is always necessary to combine more characteristic signs that allow gaining clear evidence. The main non-destructive identification parameters are: density, optic properties (refraction index, isotropy, anisotropy, pleochroism and others), luminescence, thermal and electric conductivity. Even the most experienced expert cannot identify the gem stone on the first look; the identification is not possible according to its appearance. We need special devices. It is important today because they use a lot of various precious stones but also a lot of imitations and synthesized materials which are similar to the natural gems by their appearance.*

Při určování broušených drahých kamenů je nutno používat pouze takových metod, které nemohou určované nerosty poškodit. V tomto směru se gemologické určovací metody pochopitelně liší od běžných určovacích metod mineralogických, které vždy počítají se spotřebou určitého množství zkoumaného materiálu, třeba i velmi nepatrného. Destruktivních metod při určování drahých kamenů můžeme, s výjimkou určování surovin drahých kamenů, použít pouze při určování kamenů z některých šňůrových náhrdelníků, především při určování granátů a jejich imitací.

K bezpečnému určení broušeného drahého kamene nemůže postačit stanovení jediného určovacího znaku, třeba i sebevýznamnějšího. Je nutno kombinovat vždy více charakteristických údajů, které musí potvrdit tentýž jednoznačný závěr.

Pro určování drahých kamenů jsou hodnoty hutoty a indexu lomu mimořádně důležité. Určujeme je různými způsoby:

## Stanovení vektorových vlastností

Přímé stanovení číselné hodnoty **indexu lomu** broušeného kamene umožňuje speciální gemologický refraktometr, vyráběný např. v Anglii (tzv. Raynerův refraktometr) SRN nebo v USA. Je to přístroj založený na jevu totální reflexe na styčné ploše mezi opticky hustším prostředím, jímž je sklo refraktometru, a prostředím opticky řidším, jímž je měřený broušený kámen. Hodnota indexu lomu skla refraktometru (používá se vysoce lomného skla thaliového o indexu lomu 1,8 až 1,9), je současně horní hranicí indexů lomu, které lze tímto způsobem měřit. Vyšší indexy (např. diamantu, jeho moderních imitací nebo zirkonu) nelze stanovovat. Další nevýhodou přístroje je, že jím lze měřit indexy lomu pouze na plochách dokonale hladkých. Na plochách rovnoběžných nebo jen nepatrně zaoblených

**Imerzní metoda** umožňuje zjistit index lomu kamene buď orientačně, nebo přesně, avšak nepřímou. Nerost ponoříme do kapaliny a podle ostroty rozhraní mezi oběma prostředími mikroskopem zjistíme, zda má vyšší nebo nižší index lomu než kapalina. Máme-li více imerzních kapalin o známém indexu, poměrně snadno vyhledáme rozmezí, v němž je hodnota indexu lomu určovaného nerostu. Hledáme-li přesnou hodnotu, mísíme kapaliny v takových poměrech až index lomu jejich směsi se shoduje s indexem lomu ponořeného kamene (jeho obrysy zmizí). Index lomu pak změříme např. Abbé-Zeisovým refraktometrem. Tato metoda je zvláště vhodná pro stanovování indexu lomu suroviny, z níž můžeme pořídit práškový preparát. Je jedinou bezpečnou metodou např. při rozlišování druhů granátů. Není vhodná pro větší broušené kameny, u nichž rozhraní kamene a kapaliny nebývá v mikroskopu již dobře patrné. Imerzní metodu můžeme zdokonalit **metodou Beckeho světlé linky**. Máme-li k dispozici mikroskop, můžeme sledovat, jak se světelné paprsky koncentrují při svislém rozhraní dvou opticky různých prostředí. Kolem zrna kamene, které je na podložním sklíčku ponořeno do imerzní kapaliny, pozorujeme v mikroskopu světlý lem - Beckeho linku. Po zaostření rozhraní mírně zvedáme a snižujeme tubus mikroskopu a sledujeme, kam postupuje světlá linka. Při zvedání tubusu postupuje linka do prostředí s vyšším indexem lomu, při snižování naopak. Zkoumaný kámen ponořujeme postupně do kapalin tak, abychom se co nejvíce přiblížili shodě mezi indexem lomu nerostu a kapaliny. Používáme sady imerzních kapalin. Minerály opticky hustší než kapalina, mají ve stínovém

obrazci obrys temný a všechny ostatní hrany obrisy světlé. Objekty opticky řidší než kapalina mají naopak obrys světlý a ostatní hrany temné.

Mezi dílčí projevy optické anizotropie patří především dvojlom. Makroskopicky je známý u islandského kalcitu, vzácně pak u některých zirkonů, avšak existuje u všech nerostů opticky anizotropních. Přiložíme-li pod kalcitový klenc obraz, zjistíme, že jej vidíme dvojmo. Otáčíme-li klencem, pozorujeme, že jeden obraz zůstává na místě, druhý se pohybuje. U většiny kamenů není tento úkaz viditelný pouhým okem, ale lze jej zjistit pozorováním speciálními přístroji a výpočty.

Jev je způsoben tím, že jeden z paprsků postupujících krystalem se šíří ve směru dopadajícího paprsku a chová se, jako by procházel opticky izotropním prostředím, proto jej nazýváme paprskem řádným. Druhý, tzv. mimořádný paprsek, se odchyluje od původního směru a dopadá na protější krystalovou plochu v jiném bodě než paprsek řádný. Protože při tom dochází zároveň k lineární polarizaci obou paprsků, získáme po průchodu nepolarizovaného paprsku dvojlomným krystalem, např. klencem kalcitu, dva rovnoběžné, lineárně polarizované paprsky, kmitající v rovinách navzájem kolmých. Velikost dvojlomu závisí jednak na struktuře krystalu, jednak na orientaci primárního paprsku vůči osám krystalu. Maximální hodnoty dvojlomu jsou pro jednotlivé nerosty charakteristické a patří mezi jejich určovací znaky. Dvojlom se vypočte jako rozdíl mezi nejvyšším a nejnižším indexem lomu. Nejsnadnější **určení optické anizotropie** resp. **izotropie** je možné polarizačním mikroskopem nebo nezvětšujícím polariskopem. Zkřížíme-li v těchto přístrojích nikoly, zhášejí anizotropní nerosty, tj. jsou při otáčení střídavě světlé a střídavě tmavé. Izotropní nerosty zůstávají tmavé stále. Tato poměrně snadno stanovitelná pozorování jsou podmíněna závislostí optických vlastností na krystalových směrech. Tím rozlišíme nerosty izotropní (krychlové a amorgní) od nerostů anizotropních (ostatní krystalové soustavy). Nerosty opticky jednoosé (čtverečné, šesterečné a klencové) se ve směru krystaloptické osy chovají jako nerosty izotropní (zůstávají tmavé). Při naklánění nerostu se dostaví teprve zhášení. Na tuto skutečnost je nutno dát pozor při determinaci drahých kamenů.

U izotropních látek můžeme někdy pozorovat tzv. anomální dvojlom. V těchto případech však nezhasí kámen při otáčení najednou, ale postupně v jakýchsi shlucích (tzv. undulózni zhášení). Tento anomální dvojlom může být vyvolán např. cizími vrostlicemi v kamenech (granáty, diamant, spinel, vltavíny), nebo vnitřním pnutím vzniklým již při výrobě nebo při nešetrném zasazení do šperku (skleněné imitace). U syntetických spinelů bývá anomální dvojlom vyvolán pnutím při rychlém ochlazení kamene. Undulózni zhášení je charakteristické také pro skrytě krystalované nerosty (např. chalcedon).

U broušených kamenů může být zhášení rušeno různými reflexy na facetách. Proto je výhodnější pracovat v zatemněné místnosti a pokud možno ponořit zkoušený kámen do imerzní kapaliny (stačí voda, případně benzen s  $n = 1,501$ ).

**U pleochroismu** jsme zvýhodnění, ten můžeme zjišťovat i u nerostů zasazených ve šperku, pokud je ovšem můžeme prosvítit. Polarizační zařízení v Haidingerově lupě (dichroskopu) umožňuje velmi snadné stanovení pleochroismu. Dva k sobě kolmé barevné odstíny nerostu zde můžeme zjišťovat v oddělených políčkách. V okuláru pozorujeme hranolem zdvojený obraz vstupní clony, před kterou natáčíme určovaný kámen do různých poloh tak, aby rozdíl v barevných odstínech obou polovin obrazu byl dobře patrný. Zjištění pleochroismu může být v některých případech významné pro rozlišení imitací od pravých kamenů. Jev však nemusí být vždy dobře a ve stejné intenzitě patrný. Většina akvamarínů pleochroismus nejeví, některé jej ale mají velmi výrazný. Stanovením pleochroismu lze rozlišit sytě vybarvené přírodní citríny od vypalovaných ametystů, které pleochroické nejsou atd. Intenzita pleochroismu závisí i na síle broušeného kamene nebo výbrusu. Ze znalosti pleochroismu musí vycházet brusič, chce-li vybrousit kámen příslušně syté barvy (např. u turmalínů, drahokamových odrůd korundu, kunzitu aj. odrůd pyroxenů). V praxi provádíme stanovování pleochroismu tak, že kámen pozorujeme jediným nikolem a natáčením i nakláněním do různých poloh. K natáčení je vhodný speciální držák, ve kterém můžeme určovaný kámen různě natáčet.

S barvou a zejména se světelným lomem úzce souvisí i **disperze** (rozptyl světla). Je to schopnost nerostu lámat různé barevné složky bílého světla pod různým úhlem a tím rozkládat bílé světlo na barevné spektrum. Z optického hlediska nebývá barva nerostů jednoduchá, nýbrž je směsí většího množství monochromatických vlnových délek. Je tedy výrazně polychromatická. Zdánlivě stejné barvy mohou být ve skutečnosti značně odlišnými směsmi různých barev. Na principu rozlišení těchto barev je založeno určování nerostů **spektrálním rozborem barev**.

Rozbor barvy drahých kamenů můžeme provést pomocí spektroskopu buď ručního, nebo vsazeného do

mikroskopu. Takto můžeme rozlišit kameny barevně podobné nebo v některých případech odlišit pravý kámen od imitace. Absorpční spektra poprvé objevil a popsal sir Artur Church již v roce 1866 na zirkonu a almandinu. Později se výzkumy spekter zabývali především Američané. Není proto divu, že jako první začali užívat metodu spektrálního výzkumu Angličané a Američané. Teprve později se metoda rozšířila i do jiných zemí. V některých zemích je dnes gemologický spektroskop hlavním optickým určovacím přístrojem vedle mikroskopu a refraktometru.

Z různých typů spektroskopů je pro určování drahých kamenů nejpoužívanější hranolový spektroskop (Beckova úprava). Tento přístroj má posuvnou šterbinu a vysokou světelnost. Pozorujeme-li světlo prošlé nerostem, uvidíme rovnoměrně osvětlené spojité spektrum, přerušované absorpčními čarami určovaného nerostu. Tyto linie jsou charakteristické pro určitý nerost, případně pro jeho příměsí.

Pro speciální případy rozlišování některých drahých kamenů byly vyvinuty speciální filtry, např. chelzea, kterým lze obecně určit dokonale vybarvené a průhledné smaragdy, u méně hodnotného materiálu (např. uralské smaragdy) však může selhat vzhledem k příměsím. Smaragdová lupa pohlcuje vlnové délky způsobené příměsí Cr a nelze ji proto většinou používat při rozlišování smaragdu od granátu - uwarovitu (příp. i démantoidu), chryzoberylu - alexandritu nebo chromdiopsidu, jejichž zelené odstíny jsou způsobeny příměsí téhož prvku. Pro potřebu klenotníků byly zkonstruovány i jiné barevné filtry (např. tzv. akvamarínový filtr). Jejich využití je však možné jen jako doplňkové.

Zajímavým určovacím znakem, i když nikdy zcela bezpečným, je **luminiscence**. Některé nerosty vydávají světlo určité barvy, pokud jsou vystaveny záření o krátké vlnové délce. K ozáření se používá ultrafialových, rentgenových nebo katodových paprsků. Řada drahých kamenů (např. diamanty, korundy aj.) má typickou luminiscenci. Ultrafialové zdroje světla, které při určování drahých kamenů nejčastěji používáme, vydávají neviditelné světlo, které svou vlnovou délkou navazuje na fialovou část viditelného světla (proto název "ultrafialové"). Zdrojem bývají křemenné rtuťové výbojky. Aby záření bylo monochromatické, používá se filtrů propouštějících záření o vlnové délce 365 nm a 254 nm. V tabulkách k určování kamenů bývají uváděny barvy luminiskujících nerostů vyvolané zářením o těchto vlnových délkách. Luminiscence se používá často při rozlišování přírodních a syntetických kamenů, zejména rubínů (přírodní rubíny většinou nezáří nebo téměř nezáří, syntetické většinou září velmi intenzivně červeně). K rozlišení nalezišť může luminiscence sloužit např. u některých diamantů, spinelů, turmalínů atd.).

Mezi vektoriální určovací znaky patří **tepelná vodivost**. Přehled tepelné vodivosti a propustnosti některých materiálů je v příložené tab. I. Je známo, že šperkové kameny mají na rozdíl od skleněných imitací dobrou tepelnou vodivost. Proto při styku s citlivou pokožkou /např. nad okem/ se zdají být studenější. Zamlnění povrchu způsobené vydechnutím mizí rychleji u kamenů než u skleněných imitací. Je samozřejmé, že syntetické kameny se při těchto zkouškách chovají zcela shodně s kameny přírodními. Proto nelze pokládat rozdíl v tepelné vodivosti za zcela přesvědčující.

Naproti tomu může být dobrou diagnostickou pomůckou v klenotnické praxi sledování propustnosti **kamenů vůči X-paprskům**. K tomuto účelu stačí jakýkoliv malý, nejlépe přenosný zubolékařský rentgen. Kameny můžeme zkoušet bez vyjmutí ze šperku. Pro X-paprsky jsou zcela propustné např. diamant, fenakit, jantar. Téměř propustné jsou korundy, dobře propustné opály, chryzoberyl, polopropustné křemeny, topaz, kunzit, téměř nepropustné olivín, turmalíny, tyrkys, zcela nepropustné zirkon, almandin, olovnatá skla. Tímto způsobem můžeme snadno rozlišit skleněné imitace diamantů, nebo napodobeniny tyrkysů od pravých kamenů.

### Stanovení hustoty

Hustota je parametrem, který umožní rozlišit značnou část šperkových kamenů i jejich imitací. Přehled hustoty vybraných materiálů je v tab. II. Stanovení hustoty se dá provést různými metodami, poměrně snadno. Postačí k tomu např. dobré lékařnické váhy nebo karátové váhy. Nejdříve zvážíme určovaný kámen na vzduchu, poté ponoříme nerost do vody v odměrném válci a rovnou odečteme jeho objem, případně jej zavěšený na odmaštěném vlákne znovu zvážíme. Vzorce pro výpočet najdeme již v učebnicích fyziky pro národní školu. Přesně hustotu měříme pyknometrem, příp. Mohr-Westphalovými vázkami.

Vedle vyčíslení absolutní hodnoty lze využívat i srovnávací metody. K určování poměrné hustoty je velmi výhodné používání těžkých kapalin (tzv. suspenzační metoda). K tomuto účelu je např. výborný Rohrbachův roztok (vodný roztok jodortutnatu barnatého), který má hustotu až 3,6 a dá se ředit vodou a jejím odpařením opět zahustit. Jeho hustotu zjistíme hustomerem. Používají se i jiné kapaliny. Při práci s těžkými

kapalinami je nutno počítat s jejich jedovatostí.

Nyní přehled hlavních těžkých kapalin: tribrommethan (bromoforn) – 2,88; Thouletův roztok – 3,19; diiodtetrabrommethan (methylenjodid) – 3,30; methylenjodid : jod : jodoform – 3,6; Clericiho roztok – 4,2. (Methylenjodid, acetyltetrabromid a bromoforn lze na nižší hustotu ředit benzenem, Thouletův roztok vodou.) Odpařením ředidla lze tyto těžké kapaliny opět zahustit. Ponořením určovaného nerostu do těžkých kapalin lze ale stanovit jen přibližnou hustotu.

### **Ověření pravosti (přírodní a umělý původ)**

Určení strukturálních typů je ale jen částí identifikace. Pro gemologickou praxi je velmi důležité **rozlišování přírodních a syntetických kamenů**. Všude, kde máme podezření na umělý drahý kámen, si musíme uvědomit, že syntetické kameny mohou nahrazovat jednak nerosty téhož chemického složení, jednak nerosty sice obdobné barvy, avšak jiného složení a tudíž i jiných fyzikálních vlastností (např. diamant, topaz, ametyst, alexandrit atd.). Takových syntéz je většina. V prvním případě, tj. je-li syntéza strukturálně a látkově shodná s přírodním kamenem, může být ověření obtížné, zejména při nedostatku speciálních gemologických zařízení. V druhém případě (strukturální a chemické rozdíly) je poměrně jednoduché i při použití známých metod (hustota, anizotropie, index lomu, barevnost či tepelná vodivost).

Rozlišování pravých a syntetických rubínů či safírů je dosti nesnadné proto, že syntetické a přírodní rubíny a safíry mají tytéž fyzikální a chemické vlastnosti. Je proto nutno v mikroskopu zjistit způsob růstu krystalu podle růstových vrstviček (zón). Zatím co vrstvičky přírodních kamenů jsou rovinné - odpovídají krystalovým rovinám, vrstvy syntetických korundů jsou obloukovité. Přírodní kameny obsahují mikroskopické vrostlice a uzavřeniny, zejména krystalické. V syntetických kamenech mohou být uzavřeniny způsobené nedokonalou krystalizací, nikdy však inkluze krystalické. Zatím co kazy u přírodních kamenů bývají rozptýleny nepravidelně, v syntetických se naopak vyskytují různě veliké, většinou pouze drobnohledné bublinky plynů. Pozor v přírodních kamenech mohou být poměrně často kapalné uzavřeniny, někdy podobné vzduchovým bublinkám (nebezpečí záměny).

Určení syntetických spinelů je ve srovnání se syntetickými korundy snadnější, protože se používají převážně k imitování kamenů lišících se strukturou i chemizmem.

Při určování moderních imitací diamantu (např. yttrito-hlinitého granátoidu - YAG nebo kubické zirkonie) je vždy nápadná poměrně nízká disperze barev bílého světla (nepřítomnost ohníčků) při vysokém indexu světelného lomu. Kameny mají výrazně vyšší hustotu než diamant a výrazně nižší tvrdost.

Určení syntetického rutilu není příliš obtížné, protože přírodní rutily jsou zpravidla neprůhledné. Pro umělé rutily jsou charakteristické vzduchové bubliny seskupené v tzv. mraky a hnízda. Jako imitace diamantu přicházejí dnes rutily ve špercích již jen velmi vzácně. Liší se optickými vlastnostmi (především anizotropií) i tvrdostí.

Znalost uzavřenin je velmi důležitá při určování kamenů. Některé kameny mají charakteristické uzavřeniny, podle nichž lze určit mnohé kameny i jejich původ.

### **Závěr - postup identifikace**

V předchozím textu jsou uvedeny nejdůležitější metody zkoušení kamenů. Volba jednotlivých metod v praxi závisí na vybavení, které máme k dispozici, ale především na tom, zda určujeme kámen volný či zasazený do šperku. V každém případě je nezbytné používat co největší možný počet určovacích metod, protože výsledky jen jednotlivých parametrů při určování mohou vést k chybným závěrům, Dedeyne, Quintens (2007), Matlis, Bonanno (2008)

Většinou postupujeme od nejjednodušších a méně nákladných metod k náročnějším určováním. U volných kamenů určíme alespoň orientačně hustotu, lupou nebo mikroskopem zjišťujeme v kameni ponořeném do imerze cizí uzavřeniny, štěpné trhlinky apod. Z optických metod to je určení izotropie či anizotropie, pleochroismu, indexu lomu. Tyto veličiny můžeme určovat přístroji, které jsou dnes již pro gemologické laboratoře dostupné.

Z dalších zkoušek přicházejí v úvahu především luminiscence, absorpční spektra, případně propustnosti pro X-paprsky.

Pro kameny zasazené ve šperku jsou určovací metody omezeny. Nelze měřit hustotu, někdy ani index lomu, nemůžeme prohlížet zakrytou rundistu. Navíc mohou být některé charakteristické znaky a vady zasazením natolik maskovány, že je jejich určení problematické. Na tomto místě lze připomenout výsledky opakovaného studia českých korunovačních klenotů (červené spinely byly po staletí pokládány za rubíny a

červený turmalín až do nedávna za jeden z největších rubínů světa).

Dotykové testry nám v této situaci výrazně pomáhají. Zcela se na ně spoléhat nelze, určit kvalitně šperkový kámen je možno jen pokud je volný a umožní nám bezpečně zjistit dva základní parametry tj. hustotu a index lomu a další parametry pomocné (chování v UV, spektroskopu, pod barevnými filtry, tepelná a elektrická vodivost atp.).

Literatura:

Dedeyne R., Quintens I. (2007): Tables of gemstone identification, 309 s., Nakl. Glirico, Gent, Belgie, ISBN – 10 90-78768-01-0

Illášová L., Turnovec I. (2004): Úvod do gemologie. 104 s., UKF Nitra, Slovensko

Matlis A., Bonanno A.C. (2008): Gem identification made easy. 354 s., Gemstone Press, Woodstock, Vermont, Velká Británie

