

Nybörjarens Guide till Gemmologi

Peter G. Read

Översatt av Richard Handl, 2024

HEINEMANN PROFESSIONAL PUBLISHING

Förord

Nybörjarguiden till gemmologi har skrivits för att introducera både nykomlingen och studenten till det fascinerande vetenskapen om ädelstenar. Medan sammanslagning av grov mineral exemplar, design av smycken och bearbetning av ädelstenar är mycket populära som hobbyer, de mer vetenskapliga aspekterna av de grundläggande ädelstensmaterialen är stih lite förstådda. Vilken förståelse är naturligtvis väsentligt för den elev som har för avsikt att bli en kvalificerad gemmolog, men det kan också leda till en bättre medvetenhet och njutning av ämnet för amatör.

Boken börjar med att spåra framväxten av vetenskapen om gemmologi. Den förklarar sedan de grundläggande kvahties som krävs i en pärla, och fortsätter med att reda ut färgernas krångligheter, kristallografi, hårdhet, specifik vikt, brytningsindex, pleokroism, kritisk vinkel, absorptionsspektra och luminescens, ger en kort historisk bakgrund där det är relevant. Pärla testinstrument beskrivs, tillsammans med deras användning i identifiering av naturliga ädelstenar, syntetiska ädelstenar och ädelstenssimulanter. Separata kapitel handlar om organiska ädelstensmaterial som pärlor, bärnsten, elfenben och koraller, och med de tekniker som används i produktionen av det konstgjorda ädelstenar. Bilagorna innehåller profiler av den huvudsakliga pärlan material, tillsammans med tabeller av ädelstenskonstanter, en bibliografi för att hjälpa till med fortsatta studier och relevanta anteckningar till eleven som förbereder sig för att ta Prehminary eller Diplomexamina av Gemmologiska föreningen Storbritannien.

Peter G. Read

1. Gemmologi, vetenskapen om Ädelstensmaterial

Även om filosofer, vetenskapsmän och juvelerare har varit intresserade av egenskaperna hos ädelstenar i över två tusen år, och böcker om ämnet fanns i tryck lika länge sedan som sextonde århundradet var det inte förrän i jämförelse nyligen etablerades gemmologin som en separat vetenskap.

En av händelserna som bidrog till att åstadkomma detta var stiftelse av British Gemmological Association, som grundades 1908 som Educational Committee of the Goldsmiths riksförbund. Ytterligare drivkraft till tillväxten av den nya vetenskapen gavs av pionjärernas arbete såsom Herbert Smith och Bristow TuUy som utvecklade några av de första kommersiella testinstrumenten för ädelstenar. I gemmologins tidiga dagar var mycket få specialiserade instrument av denna typ tillgängliga för gemmologen, deras den initiala långsamma utvecklingen beror utan tvekan på den mycket begränsade efterfrågan på sådana instrument. Idag är dock läget ganska annorlunda. Den växande konsumtionsmarknaden för smycken har inte bara ökat antalet butiker utan också resulterat i ökad försäljning av ädelstentestinstrument. Detta har gjort konstruktionen och tillverkningen av sådana instrument ekonomiskt värt besväret, och de tillverkas nu inte bara i Storbritannien, men även i USA, Japan, Belgien, Tyskland, Schweiz och Italien (Figur 1.1).

En annan milstolpe i utvecklingen av gemmologi var nåddes 1925 när Basil Anderson ombads att sätta upp ett pärl-testlaboratorium för London Chamber of Commerce. De laboratoriets första uppgift var att ta fram ett sätt att särskilja mellan odlade och naturpärlor, men det var snart inte det centrum för gemmologisk forskning. Under de följande åren, C. J. Payne, R. Webster och A. E. Farn anslöt sig till personalen på laboratoriet, och med Basil Anderson ansvarade för utvecklingen av många viktiga ädelstentestningstekniker som inkluderar spektroskopi. Röntgenanalys, användning av tunga vätskor och luminescens.



Fig. 1.1 Ett urval av över hundra ädelstens-testutrustningar

1929 fick Robert M. Shipley brittiska Gemmologiska föreningens diplom, och tillbaka i sitt hemland Amerika började föreläsa om gemmologi för de lokala detaljhandels juvelerare, och marknadsföra sina egna korrespondenskurser i ämnet. Han sedan grundade Gemological Institute of America och American Gem Society, och gjorde dem till båda inflytelserika organ i den växande internationella världen av gemmologi. När behovet av en gedigen kunskap om ädelstenar spred sig, gemmologiska föreningar bildades i de flesta av de ledande ädelstensmarknadsföringsländer i världen. Trots spridningen av föreningar och studiekurser, dock de höga kraven av British

Associations undersökningar har bibehållit sina Diplom som en av de mest uppskattade gemmologiska kvalifikationerna (dvs. FGA, Fellow of the Gemmological Association). Eftersom smycken innehåller ädelstensmaterial som har en organiskt såväl som ett mineralinnehåll har gemmologi blivit en omfattande vetenskap som inte bara täcker mineralogi, geologi, optik och kemi, men också överlappande inom områdena zoologi, biologi och botanik. Bland de ädelstensmaterial som används inom smycken är den största gruppen den som kommer från mineralriket. Den första delen av denna bok handlar därför huvudsakligen med egenskaperna hos ädelstenar som har en mineraliskt ursprung. Ädelmaterial av organiskt ursprung, såsom elfenben, ben, pärla, korall, sköldpaddsskal, jet, ebenholts och bärnsten är beskrivs separat i kapitel 10, som också omfattar metoder för att skilja dem från deras simulatorer. Inom smyckeshandeln är det ofta nödvändigt att kunna skilja en naturlig ädelsten från en syntetisk sten eller en simulat, och det är detta behov som ger gemmologin dess starka praktisk fördom. När nya syntetmaterial introduceras är det uppgiften av den professionella gemmologen att upptäcka sätt och medel för identifiera dem, och detta är nu kanske en av de mest spännande och utmanande aspekter av gemmologi. Förutom dess kommersiella användning i ädelstenstestning och identifiering, tjänar gemmologi också behoven hos lapidären och diamantpolerare, eftersom den omfattar ämnen som kristallografi, riktningshårdhet och optiken hos polerade stenar.

En kunskap om ädelstenskvanter och egenskaper kan också göra insamling och visning av ädelstensprover mycket mer e intressant för både amatörer gemmologen och 'rockhound'.

De väsentliga egenskaperna hos ett ädelstensmaterial

Hittills har vi tagit en kort titt på historien och mångfalden av vetenskapen om ädelstensmaterial. Nu måste vi överväga grundläggande egenskaper som gör ädelstenar och ädelstensmaterial lämpliga för användning i smycken. Den första och mest uppenbara av dessa egenskaper är skönhet. Till skillnad från en ädelstens mer påtagliga egenskaper, skönhet är inte en mätbar storhet, utan beror främst på subjektivt faktorer förknippade med stenens utseende. Om sten är en transparent färgad pärla, färgdjupet och grad av transparens kommer att vara de främsta faktorerna. Med andra ädelstenar, såsom diamant, skönhet kommer att bestämmas av funktioner såsom briljans, optisk renhet och frånvaro av färg, medan med dyrbar opal, kommer det att vara den iriserande spelet av färg från under pärlans yta som kommer att vara avgörande faktor.

Raritet är en annan egenskap som måste finnas hos vissa grad i alla ädelstenar. Eftersom detta i allmänhet är produkten av utbud och efterfrågan, kan stenens sällsynthet påverkas både av mode och variationer i tillgängligheten av källmaterial. Två exempel på dessa influenser kan ses i bärnsten, som blir populärt igen och på motsvarande sätt dyrare, och i ametist, som, tills upptäckten av de rika sydamerikanska källorna på 1700-talet, var en sällsynt och kostsam ädelsten.

Även om alexandrit inte är allmänt accepterat som en särskilt vacker sten, är dess ovanliga optiska egenskaper och dess sällsynthet har nu gjort den till en av de dyraste av alla ädelstenarna. Diamanter är dyra, men som världens produktion av oslipade ädelstenskvalitetsdiamanter för 1977-8 var i regionen på tio miljoner karat är kostnaden för den färdiga produkten inte helt på grund av sällsynthet, men påverkas också av ekonomin av brytningen och återvinningen av den grova stenen och den höga kostnaden för dess polering och marknadsföring.

Den tredje egenskapen som måste finnas i en ädelsten t o gör den lämplig för användning i smycken är dess hårdhet eller hållbarhet. Detta är en mer praktisk egenskap än skönhet eller sällsynthet, men utan den skulle en ädelsten inte kunna stå emot antingen det dagliga slitaget som upplevs av en bit av smycken, eller den kemiska attacken från föroreningar i atmosfären, och den skulle snart förlora sin ytpolering.

Hårdhet är därför en mycket viktig egenskap i en ädelsten, och dess betydelse i lapidärt arbete, vid diamantslipning och i ädelstensidentifiering kommer att diskuteras fullständigt i kapitel 4.

Termerna "dyrbar" och "halvädel" har ofta varit det appliceras på ädelstenar i ett försök att dela dem i två godtyckliga värderingskategorier. Ädelstenar inkluderar högvärdiga stenar som diamant, rubin, safir, alexandrit och smaragd, medan turmalin, ametist, citrin, zirkon och peridot klassificerades som halvädels. Denna praxis var ofta meningslös och motsägelsefull, särskilt när t.ex. värdet av en rubin av dålig kvalitet jämfördes med toppkvalitets peridot.

Idag, förutom kanske för import/export dokumentation, begreppen dyrbar och halvädels avråds från både smyckeshandeln och gemmologin, och en ädelsten klassificeras helt enkelt som att vara av ädelstenskvalitet på grund av detta av dess skönhet, sällsynthet och hållbarhet, oavsett dess kommersiella värde.

Idag, förutom kanske för import/export dokumentation, begreppen dyrbar och halvädels avråds från både smyckeshandeln och gemmologin, och en ädelsten klassificeras helt enkelt som att vara av ädelstenskvalitet på grund av detta av dess skönhet, sällsynthet och hållbarhet, oavsett dess kommersiella värde

Ädelstensmineraler

I början av detta kapitel användes ordet "mineral". beskriv en av grupperna av ädelstensmaterial som används i smycke. Nästan alla ädelstenar tillhör denna grupp, och det är det relevant vid denna tidpunkt för att förklara vad som menas med ett mineral. Ordboksdefinitionen av ordet är 'ett ämne som erhålls genom gruvdrift. Den mer exakta vetenskapliga definitionen är dock beskriver det som ett ämne som har bildats i jordskorpan av krafterna från den oorganiska (d.v.s. 'icke-Hving') naturen . Det är också ett homogent eller enhetligt ämne och har en kemisk formel och en uppsättning fysikaliska egenskaper som är konstanta genom hela dess omfattning.

Inom mineralogin finns det flera tusen listade mineraler, men endast ett femtiotal av dessa har de nödvändiga egenskaperna för att gör dem lämpliga att använda som ädelstenar. Inom denna utvalda grupp av ädelstensmineraler finns en mindre grupp metalliska mineraler. Dessa inkluderar guld, silver, platina och platinagruppen metallerna rodium och iridium (rodium används som skydd plätering på silver och iridium är ofta legerad med guld eller platina). Dessa ädla metaller delar utmärkelsen med diamant av att vara kemiska element i sin egen rätt, istället att vara sammansättningar av grundämnen som alla andra ädelstensmaterial.

Sten- och ädelstensformation

Även om mineraler bryts från jordskorpan i olika tillstånd av renhet, är huvuddelen av denna skorpa gjord av olika blandningar av mineraler som klassificeras som bergarter. Granit, för till exempel är en relativt vanlig sten som består av en blandning av fältspat, kvarts och glimmer. Majoriteten av ädelstenar är dock sammansatta av bara ett mineral, det viktigaste undantag är lapis lazuli, som innehåller en blandning av lazurit, sodalit, kalcit och pyrit, och är därför en sten och inte ett mineral.

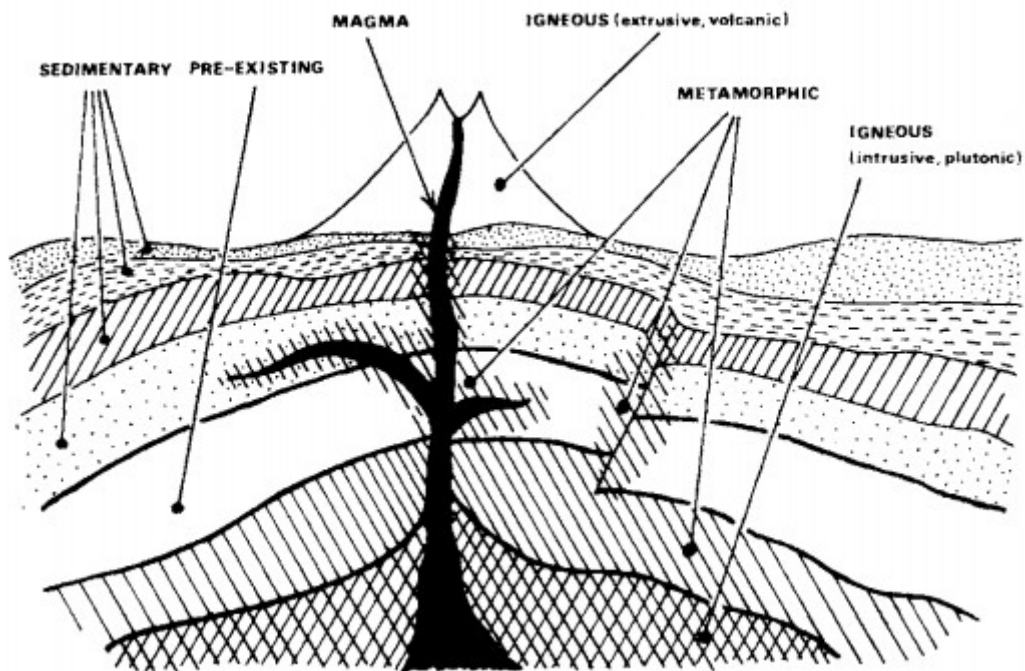


Fig. 1.2. Skiss som visar de relativa positionerna för magmatiska, sedimentära och metamorfa bergarter

Bergarter och deras ingående ädelstensmineraler kan delas i tre breda grupper som anger på vilket sätt de bildades (Figur 1.2). Dessa grupper är följande.

Vulkanisk

Denna typ av berg stelnade från den smälta magman heller inom jorden eller på dess yta. De där stenarna som stelnade djupt inne i jorden kallas påträngande, plutoniska eller avgrundsdjup stenar (som granit), medan de som bildades av snabbare nedkyllning av magma vid ytan kallas extrusiv eller vulkanisk (t.ex. lava). De flesta av de viktiga ädelstensmineralerna,

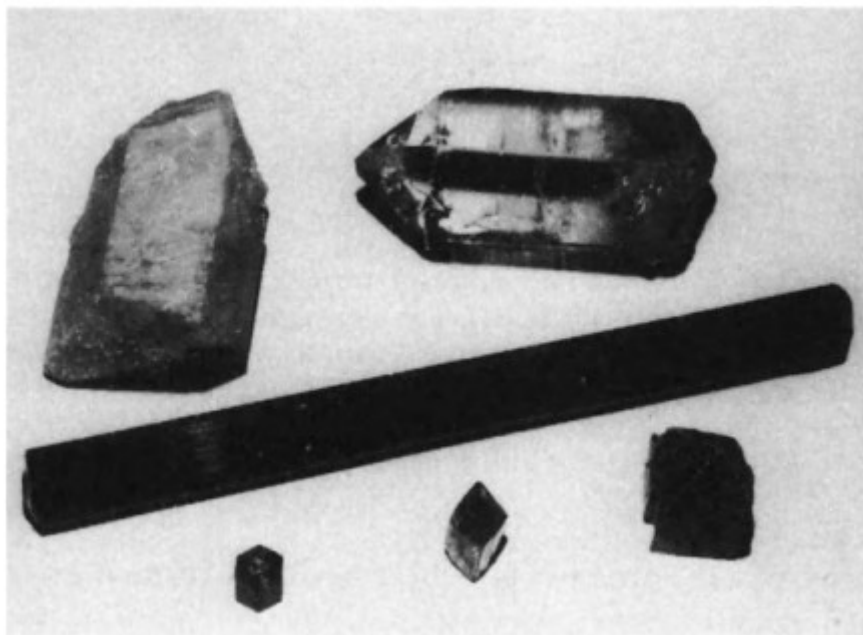


Fig. 1.3. Enkristaller av fältspat, kvarts, turmalin, beryl, topas och zirkon, som bildas i påträngande eller plutoniska bergarter

såsom fältspat och kvarts, turmalin, beryl, topas och zirkon, finns i påträngande eller plutoniska bergarter, den långsammare hastigheten kylning som gör det möjligt för ganska stora kristaller att bildas från de smälta resterna (Figur 1.3). Som temperaturen e på den ursprungliga smälta magman tappade, fältspatmineralerna var de första att soUdify, och de hade gott om utrymme producerade stora välformade kristaller. När magman fortsatte för att svalna kristalliserade andra mineraler ut. Av dessa var kvarts en av de sista att stelna, och eftersom den hade mycket mindre utrymme än de andra att växa i, kunde inte alltid producera t.ex sådana väldefinierade kristaller.

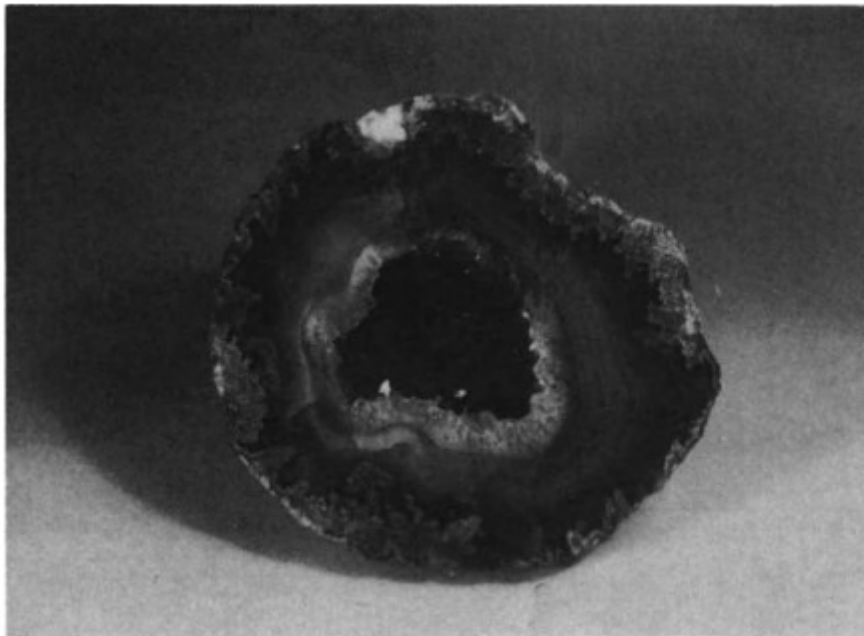


Fig. 1.4. Den sågade och polerade delen av en geod. Snabb kylning producerade troligen det huvudsakliga agatskiktet av mikroskopiska kristaller, medan en mer lugn temperatursänkning gavs tid för de större kvartskristallerna i mitten att form. Metoden med vilken de koncentriska banden var produceras är fortfarande en fråga om spekulat

Många av de påträngande stenarna med ädelstenar bildades som grovkorniga graniter som kallas pegmatiter. Geoder är en annan form av magmatisk förekomst där ädelstensmineraler har fällts ut som kristaller i nästan sfäriska håligheter bildade av smälta eller vattenhaltiga rester fångade i magman (Figur 1.4).

Sedimentära

Denna grupp bildades av de fina avlagringarna av sand, grus och lera som eroderades från gamla redan existerande stenar av verkan av regn, vind och strömmande vatten för att bilda lager av sandsten eller kalksten. Förutom organiska material som bärnsten och jet, dessa stenar innehåller inget primärt ädelstensmaterial. Dock, om den ursprungliga väderbitna bergarten innehöll tyngre mineraler (t.ex. ädelstensmineraler) dessa tvättades ofta ur och sopades bort till bildar sekundära eller alluviala avlagringar. Dessa ädelstenar är klassificeras som sedimentärt ädelstensmaterial och kan ses i ädelstensgrus i Burma och Sri Lanka. Opal bildas också som en sekundär avlagring och tvättades ur kiselhaltiga bergarter och jordar att stelna i sprickor och springor som tunna ådror poröst silikagelmaterial.

Metamorfa

Dessa är redan existerande magmatiska eller sedimentära bergarter som har utsatts för höga tryck och temperaturer under jordens yta, och som ett resultat har genomgått förändringar av kemi och form. Marmor är en metamorf sten som har tillverkats på detta sätt av kalksten. I en av dessa metamorfa processer tvingades flytande magmas in i kylare stenar som orsakade reaktioner som

producerade ädelstensvarianterna av smaragd, alexandrit, rubin och safir. Andra ädelstensmineraler bildades som ett resultat av den storskaliga klippningen och krossningen av stenar. Exempel på dessa är granat, andalusit, serpentin, nefrit och jadeit.

Det sätt på vilket ädelstenar tillverkades i naturen t.ex kan därför relateras till de magmatiska, sedimentära eller metamorfa processerna vid bergbildning. En ädelsten är normalt klassificeras dock efter den typ av fyndighet i vilken den finns. Detta kallas källan eller förekomsten av ädelstenen och är antingen en primär eller en sekundär insättning. I primära insättning, Ädelstenar finns på den plats där de ursprungligen fanns bildas. Denna typ av insättning är av särskilt intresse för mineralog och geolog eftersom det ger bevis på metoden för ädelstensbildning. Sekundära, eller sedimentära, avlagringar har burits från platsen för deras bildande antingen av väderpåverkande ämnen som vind eller regn, eller vid floder (när de kallas alluvialavlagringar). Bevis för de sträckor som sedimentära avlagringar tillryggalagt kan ses på deras slitna ytor (t.ex. som i vattensönderripen topaz småsten eller Namibias rundade diamantkristaller kustlinjen).

Diamanter (Figur 1.5) skiljer sig från resten av ädelstenen mineraler genom att de bildades mycket djupare i jordens skorpa. Man tror att diamanter kristalliserade minst 100 miles under jordytan från grafit, koldioxid eller metan vid mycket höga temperaturer och tryck. Den diamanthärande magman drevs sedan upp till ytan av explosivt gastryck och stelnade för att bilda dagens kimberlit rör som utgör världens primära källa till diamanter.



Fig. 1.5. Grova diamantkristaller. Från vänster till höger: en triangulär tvinnad 'made', en 'form' (distortedoktaeder), en 'sten' (oktaeder), och en "klyvning". (Foto med tillstånd av De Beers)

Topparna på rören tros ursprungligen ha förlängts ovanför jordens yta som kullar, eller, i fallet med större rör, som berg. Under hundratals miljoner år, dessa kimberlitkullar eroderades av vittringsverkan av vind och regn till lågt liggande kullar eller 'kopjes', diamanterna i dem sköljs bort för att bilda sekundära avlagringar längs flodbäddar och marina terrasser.

Sammansättningen och egenskaperna hos ädelstenar

Lyckligtvis för gemmologen, vars uppgift det är att identifiera okända exemplar, ädelstensmineraler är i allmänhet väldigt olika från varandra i sina fysiska egenskaper. Dessa skillnader beror främst på deras kemiska sammansättning, som kan variera från den enkla kolbeståndsdelen i diamanter till den komplexa borsilikatföreningen av turmalin. En av de egenskaper som huvudsakligen beror på

ädelstenens kemiska sammansättning är dess hållbarhet. Detta kan bäst vara ses genom att gruppera ädelstensmineralerna i följande fyra kemiska kategorier:

Oxider	Dessa är i allmänhet hårda och resistenta mot kemikalier ge sig på.
	Krysoberyll BeAl_2O_4
	Korund Al_2O_3
	Opal $\text{SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$
	Kvart och kalcedon SiO_2
	Spinell MgAl_2O_4
Karbonater	Dessa är mjuka och angrips lätt av syror.
	Kalcit CaCO_3
	Malakit $\text{Cu(OH)}_2\text{CuCO}_3$
	Rhodokrosit MnCO_3
Fosfater	Dessa är mjuka och inte särskilt motståndskraftiga mot syra ge sig på.
	Apatit $\text{Ca}_5(\text{F,Cl})(\text{PO}_4)_3$
	Turkos Ett komplex hydratiserat fosfat av koppar och aluminium
Silikater	Dessa är hårda och mycket hållbara. De representerar majoriteten av ädelstenar.
	Beryll $\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_6$
	Fältspat Ett aluminiumsilikat i kombination med natrium, kalium eller kalcium.
	Granat Ett silikat av olika kombinationer av magnesium, mangan, järn, kalcium, aluminium och krom
	Jadeit $\text{NaAl(SiO}_3)_2$
	Nefrit $\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5(\text{OH})_2$
	Topas $(\text{Mg,Fe})_2 \text{SiO}_4$
	Turmalin En komplex borosilikat av aluminium och alkalier, med järn, kalcium, litium, magnesium, mangan och kalium
	Zirkon ZrSiO_4

Grupper, arter och sorter

Ädelstenar kan också grupperas i arter och sorter sistnämnda skiljer sig endast från varandra i färg eller allmänt utseende. Ett exempel på detta kan ses i rubin och safir som är sorter av mineralarten korund. Kvarts är också en mineralart och innehåller sorterna ametist, citrin, rökkvarts och bergskristall. Alla sorter av samma arter har samma kemiska sammansättning och kristallstrukturerna.

Inom mineralogin finns det över två tusen olika mineralarter. Som ett hjälpmedel vid klassificeringen samlas dessa samman i en serie grupper, som var och en innehåller arter som har liknande egenskaper eller egenskaper. Men inom gemmologin det finns bara två uppsättningar av ädelstensarter som har tillräckligt gemensamt för att kvalificera sig som grupper. Dessa arter omfattar fältspat och granat ädelstenar.

Det är lätt för gemmologstudenten att bli förvirrad med de uppenbarligen alternativa namn en ädelsten kan ha under rubrikerna för arter och sorter (och ibland grupper). För att lösa eventuella

tvetydigheter, dessa ädelstenar besitter både h en sort och ett artnamn anges i tabell LI, som visar även sambanden i fältspat- och granatgrupperna.

Tabell 1.1

Grupp	Arter	Mängd
	Beryll	smaragd, akvamarin, morganit (rosa), heliodor (gul), goshenit (färglös)
	Krysoberyll	krysoberyll (gul, gröngul), alexandrit (röd i volframljus, grön i dagsljus), cymofan (grönaktig- gul kattöga)
	Korund	rubin, safir (blå, violett, grön, gul, rosa, orange, färglös)
Fältspat	Ortoklas	månsten, ortoklas (gul)
	Mikroclin	amazonit (grön)
	Plagioklas	oligoklas (gul), labradorit (multi färgad glans), solsten eller aventurin (brons eller guldbeslag), albit månsten
Granat	Almandin	(lila/röd)
	Pyrope	(blodröd)
	Grov hessonit	(orange/brun, grön och rosa) massiv grov (jadegrön)
	Andradit	demantoid (grön), topazolit (gyllene gul)
	Spessartite	orange, gul, lågröd
	Uvarovite	smaragdgrön
	Opal	vit opal, svart opal, vattenopal (färglös med inre iris) Mexikansk eldopal (orange)
	Kvarts	amethyst, citrin (gul), rosékvarts, bergskristall (färglös), aventurin kvarts (grön, blå eller brun med glimmer spangles), tigeröga (gul/brun), hököga (blå/grön), jaspis (röd/ brun)
	Kalcedon (krypto-kristallin kvarts)	kalcedon (blå/grå utan hand), agat (böjda koncentrisk band), cornelian (röd), Chrysoprase (grön), onyx (raka band)
	Turmalin	akroit (färglös), indicolite (blå), rubellit (röd/rosa), schorl (svart), turmalin (grön, gul, brun)

Användning av handlinsen och mikroskopet

I början av detta kapitel var menat skapat av olika ädelstenstestning utrustning nu tillgänglig till edelstenen molog. Trots dessa sofistikerade instrument, kanske är det inte användbart och ofta används av alla ädelstenar mologs "verktyg" är det han och en lins, eller lupp, eftersom det är ibland kallad.

Deoptimum förstoringfaktor för ett annat objektiv är 10x, eftersom detta är tillräckligt kraftfullt för att avslöja de flesta av en e identifiera funktioner. Linser med en förstoring på 20x eller fler finns tillgängliga, men deras fokus är tämligen kritiskt och deras synfältet begränsat, vilket allt är svårt att använda sig av. Bildförvrängning och färg-'fransar' är problem förknippas med högförstoringslins, och även med en 10x lins detta är en designfaktor som måste beaktas.



Fig. 1.6. Ett urval av handlinsor

Av denna anledning, alla högkvalitativa lupp, särskilt de avsedda att användas vid diamantsortering, är försedda med blandning linsor som vanligtvis består av ett element med tre linsor (Figur 1.6). Dessa "triplett" linsor är korrigerade för både sfäriska och kromatisk aberration, som är mer vetenskapliga termer för distorsion och färgkanter.

Gemmologistudenten får till en början svårigheter att bibehålla fokus när du använder ett handobjektiv. Detta beror på att det är nödvändigt för att hålla ädelstenen, linsen och huvudet helt stadig när man tittar in i stenen. Den bästa tekniken är att håll linsen nära ögat, håll handen som håller i linsen genom att vila den mot kinden. Ädelstenen kan då vara hålls (helst i en pincett) i andra handen, och placerad för bästa fokus. Vacklande av handen som håller i pincett kan förhindras genom att vila den mot handen som håller linsen (Figur 1.7). Om glasögon bärs, bör linsen vara höll kontakt med dem.



Fig. 1. 7. Författaren demonstrerar metoden för att hålla handlinsen och pincett för maximal stabilitet

Med alla lappar, belysning av stenen under inspektion spelar en viktig roll. Lampan bör justeras så att direkt ljus på sidan av ädelstenen, och inre kännetecken på den verkar starkt upplyst mot en relativt mörk bakgrund. Vid förstoring, mekanisk stabilitet eller belysning blir begränsande faktorer måste vi vända oss till mikroskopet , som för många gemmologer är i alla fall det föredragna instrumentet.

Trenden att avdelningar binokulära mikroskop har inneburit att den är nu möjligt att spendera längre perioder, utan ansträngning, i inspektion av en ädelsten. Medan en av användningarna av mikroskopet är i klassificeringen av ädelstenar, kanske det mest användbar funktion är att skilja mellan syntetiskt och naturligt ädelstenar och för att hjälpa till att upptäcka imiterade ädelstenar.

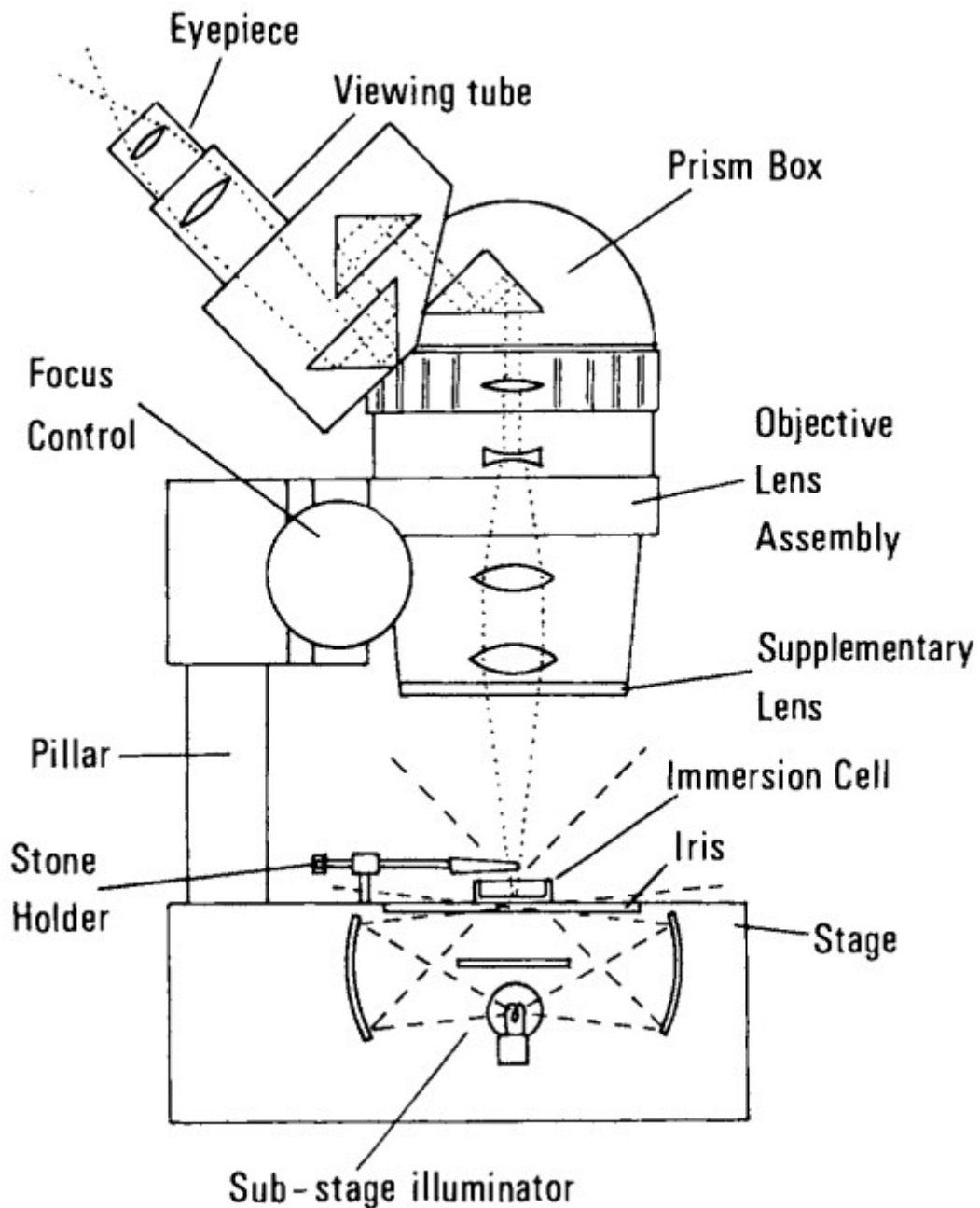


Fig. 1.8. Skiss som visar komponenterna och strålbanan för ena halvan av ett typiskt stereomikroskop. Illuminatorn i understeget monteringen är inställd för mörkfältsarbete

Skissen i figur 1.8 kommer att tjäna till att identifiera komponenterna i ett standardkikarmikroskop. De flesta moderna instrument är av typen kikare, och det är dessa tillverkas i två grundversioner. Den enklare typen har ett linssystem med ett objektiv vars bild delas och delas av de två okularen. Den dyrare typen är en äkta stereoversion och har två oberoende objektivsystem, vart och ett kopplat till sitt eget okular.

För gemmologisk användning, de mest lämpliga förstoringarna ligger i intervallet 10x till 80x, där det mesta arbetet utförs i området 15x till 30x. Detta förstöringsområde kan vara

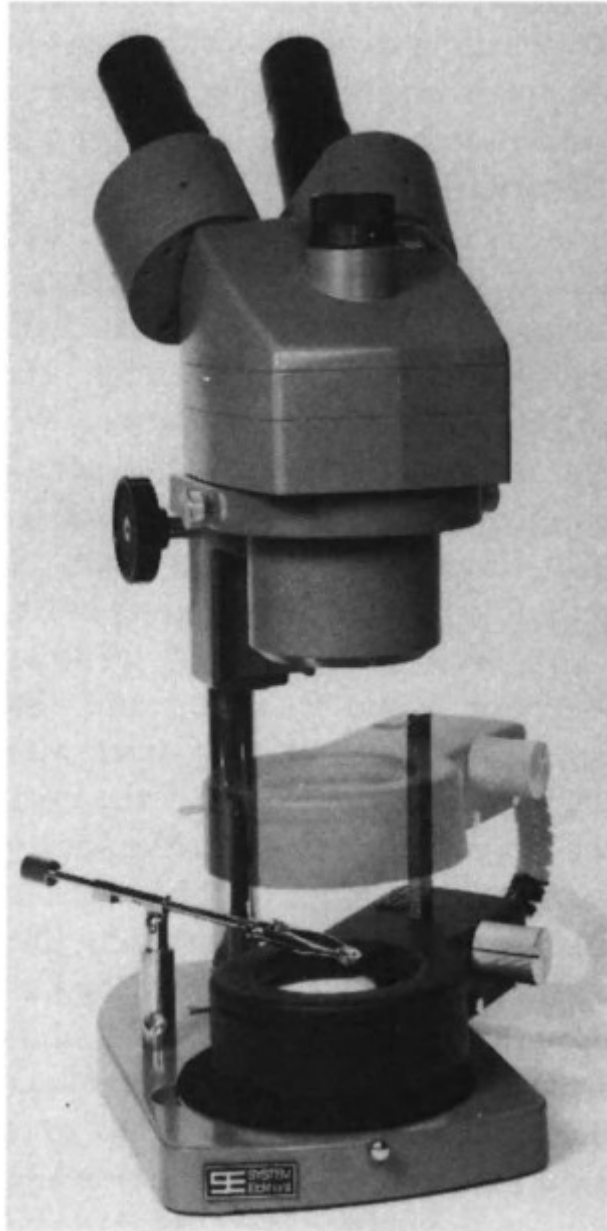


Fig. 1.9. En typisk stereo zoommikroskop designat för gemmologiskt arbete. De ring-typ belysning kan vara höjt för att ge skugga mindre incident belysning (med tillstånd från Eickhorst & Co.)

täcks av användningen av utbytbara objektiv monterade i ett "torn". Många mikroskop har ett zoomlinssystem som ger en steglöst intervall av förstoringar (Figur 1.9). Medan en zoom anläggning kan låta attraktiv, är det inte nödvändigtvis alltid bästa valet, eftersom kompromisser i designen av ett zoomobjektiv kan resultera i en prestanda som är sämre än ett torn linssystem. För jämförande arbete, där dimensioner är viktigt, de kända fasta förstoringarna av multiobjektivet tornlins kan göra det att föredra framför den steglösa förstoringen räckvidd för ett zoomsystem.

En del från de enklaste monokulära modellerna är de flesta mikroskop försedda med ett inbyggt sätt att belysa exemplar på scenen. Detta kan vara så grundläggande som en lampa och kondensorlinsenhet under scenen, med en iriskontroll för att variera belysningsområdet. I det mer sofistikerade modeller, valet av infallande, ljusfälts- eller mörkfältsbelysning nation tillhandahålls, varvid de två sistnämnda ingår i understegslampa. Med ljusfältsbelysning är ljus överförs uppåt genom provet och in i syftet med mikroskopet. Med mörkfältsbelysning, ljuset riktas in i ädelstenen

från sidorna, och det finns ingen direkt ljusväg mellan lampan och objektivet. Mörk- fältbelysning är i allmänhet den föredragna metoden för gemmologiskt arbete då det ger bättre kontrast.

För att undvika möjligheten att sänka målet till exemplar när man fokuserar, och därmed repar linsen, är det god praxis alltid att börja med målet precis utanför provet och för att hitta den initiala fokusinställningen genom att justera målet bort från exemplaret. Det är lättare att fokusera utförs genom att använda den lägsta förstoringseffekten av mikroskop och t e n öka detta efter behov.

Om mikroskopet är försett med en egen ljuskälla, detta bör ställas in för mörkfältsbelysning. Om bara ljusfält belysning tillhandahålls, bör iriskontrollen ställas in så att det minsta ljuset släpps ut runt stenens sidor. Om endast extern belysning är tillgänglig, denna bör justeras så att ljuset riktas in på sidan av stenen.

När man inspekterar det inre av en ädelsten, särskilt när man använder de högre förstoringarna, uppstår ofta problem eftersom det upplysande ljuset reflekteras tillbaka från stenens facetter. Mörkfältsbelysning övervinner ofta detta problem, men om det uppstår svårigheter med facettreflektioner kan dessa elimineras genom att placera ädelstenen i en nedsänkingscell av glas (se figur 1.8) och fylla cellen med en vätska som har ett brytningsindex nära stenens. I praktiken behöver vätskan inte matcha brytningsindex för ädelstenen, och även nedsänkning av stenen i vatten minskar reflektioner (se kapitel 6).

2. Färg, lyster och glans

I kapitel 1 angavs utseendets skönhet som den främsta egenskapen hos en ädelsten . I en värld där färg är en av de dominerande visuella sensationerna är det inte förvånande att en ädelstens skönhet till stor del bestäms av dess färg. Även om färg är en vanlig vardagsupplevelse, och som sådan normalt tas för givet, är det i gemmologiskt arbete viktigt att förstå exakt hur effekterna av färg produceras i en ädelsten.

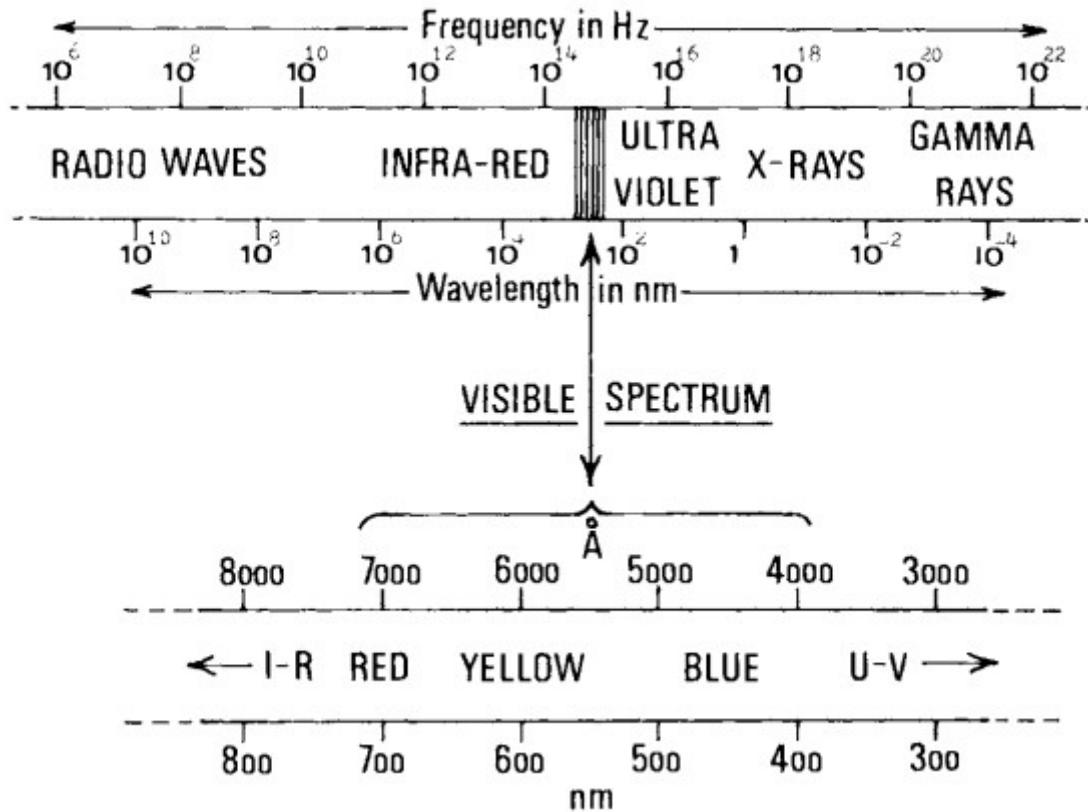


Fig. 2.1. Diagram som visar frekvenser och våglängder i det elektromagnetiska spektrumet . Den skuggade delen i mitten representerar den lilla synliga delen

Först och främst måste vi ta en titt på själva ljusets natur. Ljus är en form av energi som utstrålas med hjälp av elektromagnetiska vågor. Dessa liknar de som genereras för radio- och tv-sändningar, men har en väldigt mycket kortare våglängd. De relativa positionerna som upptas av ljus och radiovågor i det elektromagnetiska spektrumet kan ses i Figur 2.1. Ljusvågor i det synliga spektrumet begränsas till den långvågiga röda änden av infraröda värmestrålar, och vid violetta änden av ultravioletta strålar.

Medan med radio- och tv-sändningar är våglängderna mäts i meter och centimeter, våglängderna för ljus mäts antingen i ångströmenheter (i äldre läroböcker) eller i den mer nyligen antagna nanometern standar (en nanometer är en miljondels millimeter och är lika med tio ångströmsenheter).

Förhållandet mellan en elektrons våglängd magnetisk våg och dess frekvens ges av följande uttryck:

$$\text{Våglängd} = \frac{\text{Ljusets hastighet}}{\text{Frekvens}}$$

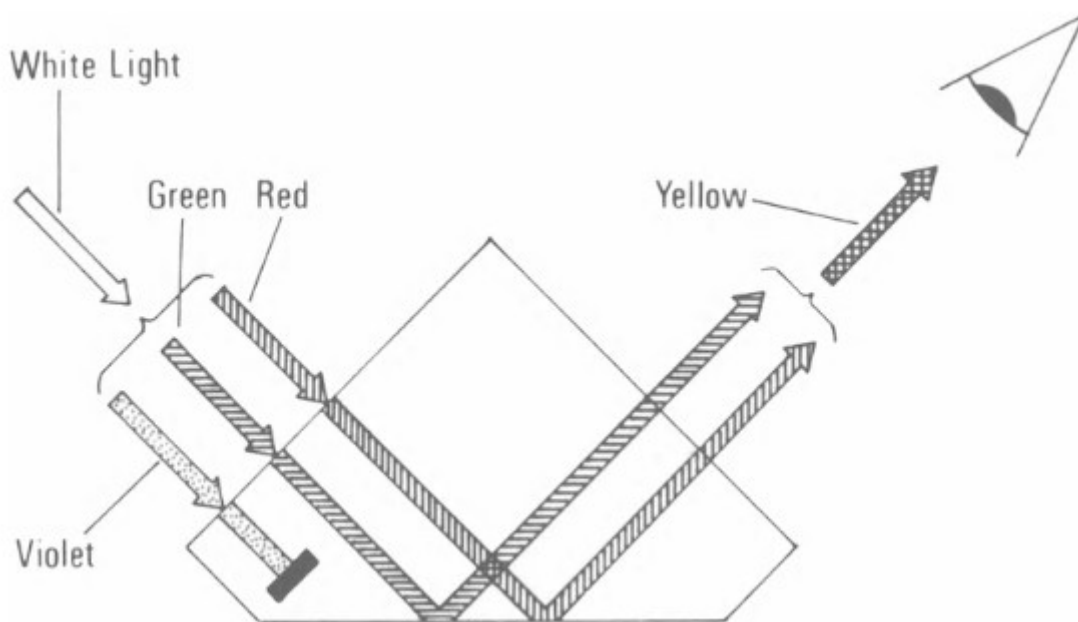
$$\text{Våglängd i meter} = \frac{300}{\text{Frekvens i megahertz}}$$

$$\text{Våglängd i nanometer} = \frac{300 \times 10^9}{\text{Frekvens i megahertz}}$$

Selektiv absorption

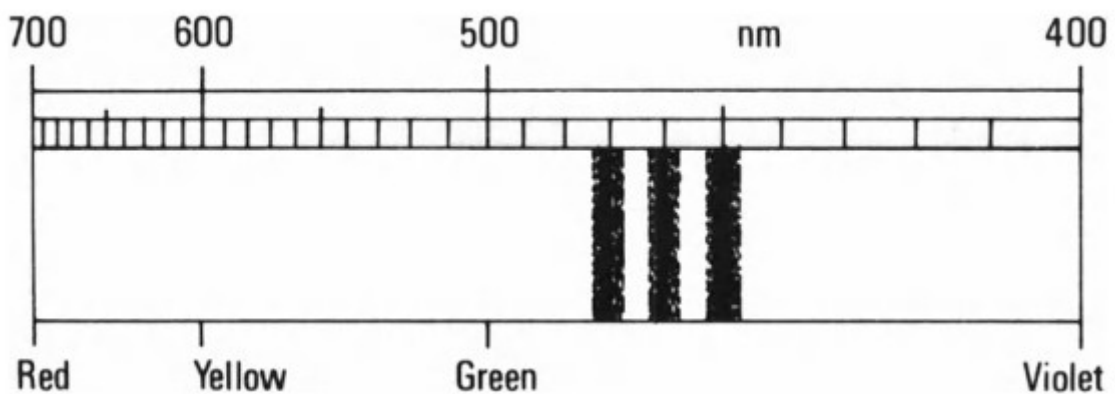
Vitt ljus är sammansatt av en ungefär lika blandning av alla färger eller våglängder som utgör det synliga spektrumet. När vi tittar på en färgad ädelsten i vitt ljus, färgen vi ser är resultatet av absorptionen av stenen av olika våglängder i det ursprungliga vita ljuset. I en genomskinlig sten, dessa våglängder kommer att absorberas från ljuset när det passerar genom stenen; med en ogenomskinlig sten blir våglängderna absorberas när ljuset reflekteras tillbaka från stenens yta.

Fig. 2.2.



Effekten på vitt ljus av en ädelsten som har en absorption band i den violetta änden av spektrumet

Fig. 2.3.
Ett



absorptionsspektrum som visar de tre järnbanden som är diagnostiska för safir

Denna dämpning av vissa våglängder eller färger i vitt ljus kallas selektiv absorption och kan göras synlig med hjälp av ett instrument kallat spektroskop. Ljus passerar genom ädelstenen (eller reflekteras från dess yta) och riktas sedan in i spektroskopet där en kombination av prismor sprider ut ljuset i ett kontinuerligt spektrum av färger. De olika våglängder som har absorberats av ädelstenen är synliga längs spektrumet som en serie mörka band. Resultatet som ses i spektroskopet kallas ett absorptionsspektrum och är ofta tillräckligt distinkt för att ge en metod för identifiering av ädelstenar (Figur 2.3). En detaljerad beskrivning av spektroskopet och dess användning ges i Kapitel 8.

Aliokromatiska och idiokromatiska ädelstenar

Den selektiva absorptionen av ljus av en ädelsten orsakas antingen av föroreningar som finns i ädelstenen (som krom i rubin eller järn i ametist) eller av kemikalier i stenens sammansättning (t.ex. koppar i malakit eller mangan i rhodonit). Ädelstenar vars färger orsakas av föroreningar kallas allokromatiska (d.v.s. 'annanfärgade'), medan de som får sin färg från sin egen kemiska sammansättning kallas idiokromatiska (d.v.s. 'självfärgade'). Majoriteten av färgade ädelstenar är allokromatiska, och några av dessa förekommer också som rena, färglösa varianter. Exempel på detta kan ses i 'vit' safir, zirkon och topas, samt i goshenitvarianten av beryll.

Övergångselementen

Den selektiva absorptionen av ljus i både allokromatiska och idiokromatiska ädelstenar orsakas huvudsakligen av närvaron av så kallade övergångselement. I de allokromatiska ädelstenarna fungerar dessa som färgande föroreningar, medan de i de idiokromatiska stenarna är en integrerad del av ädelstens kemiska formel.

De åtta metalliska övergångselementen, tillsammans med exempel på ädelstenar som är färgade av dem, är följande:

Vanadin	Blå zoisit, grön vanadiumberyll, syntetisk korund (alexandritsimulant), blå/violett safir.
Krom	Rubin, smaragd, alexandrit, röd spinell, pyropgranat, kromgrossulärgranat, demantoidgranat, kromdiopsid, jadeit, rosa topas.
Järn	Safir, sinhalit, peridot, akvamarin, turmalin, enstatit, ametist, almandin.
Nickel	Krysopras, syntetiska gröna och gula safirer.
Mangan	Rhodochrosit, rhodonit, spessartin, rosenkvarts.
Koppar	Malakit, turkos, diopas, syntetisk grön safir.
Kobolt	Syntetisk blå spinell, blå syntetisk kvarts, koboltglas. (Kobolt finns inte i någon naturlig transparent ädelsten.)
Titan	Blå safir.

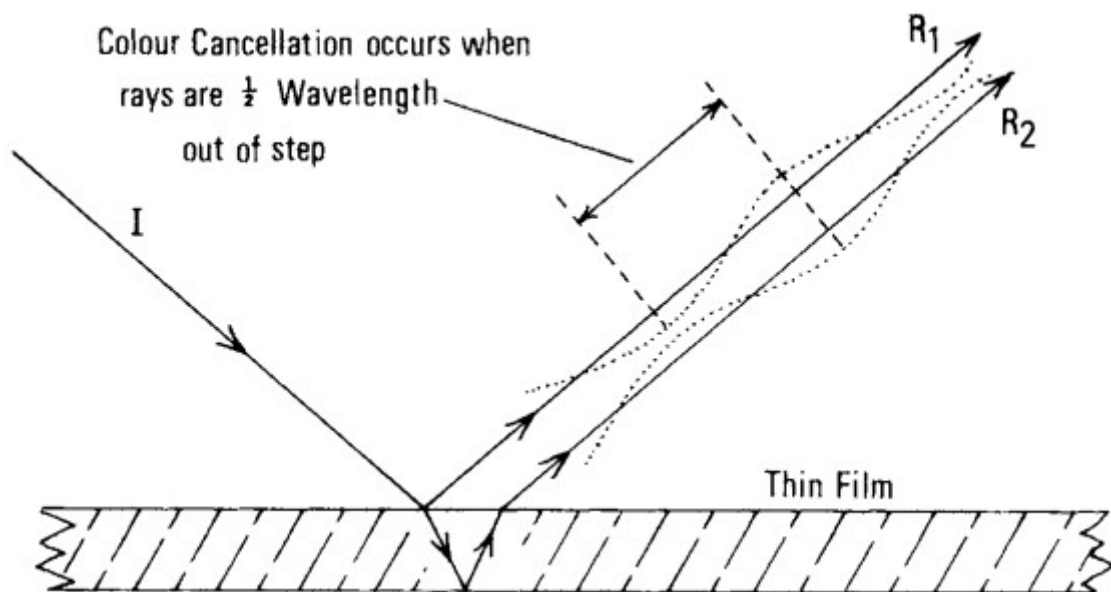
Notera. Övergångselementen har här arrangerats, inte i ordning efter deras atomnummer, utan så att de enkelt kan komma ihåg med hjälp av en enkel minnesregel: 'various colours in nature make completely contrasting tints'. I vissa fall kan positionerna för absorptionsbanden som produceras av ett övergångselement orsaka att stenens grundfärg ändras när den flyttas från en typ av belysning till en annan. Denna färgförändringseffekt kallas metamerism, och kan ses mest påfallande i den sällsynta alexandritvarianten av chrysoberyll. I denna specifika ädelsten finns ett brett centralt

absorptionsband i den gula delen av spektrumet, vilket gör att stenen verkar röd i det blåfattiga ljuset från en glödlampa och grön i det mer balanserade spektrumet av dagsljus.

På grund av alexandritens sällsynthet och höga pris har flera simulantomaterial marknadsförts som försöker efterlikna denna färgförändringseffekt. En av dessa är en syntetisk korund dopad med vanadium. Färgförändringen med denna simulat är från en ametistlila färg i glödljus till en blekblå färg i dagsljus, vilket gör att stenen enkelt kan särskiljas från den äkta varan. En syntetisk spinellsimulant har också marknadsförts, och denna närmar sig mer de sanna alexandritfärgerna.

År 1977 marknadsfördes en sann syntetisk kopia av chrysoberyll med den korrekta färgförändringen av högkvalitativ sibirisk alexandrit. Även om denna syntetiska alexandrit är många gånger dyrare än de syntetiska korund- eller spinellversionerna, är den endast en bråkdel av kostnaden för den naturliga ädelstenen och utgjorde ännu en identifieringsutmaning för gemmologer.

Fig.
2.4.



Representation av färgproduktion i en tunn film genom interferens mellan reflekterade strålar. Våglängden eller färgen som är relaterad till den extra sträcka som R^2 färdas antingen avbryts där denna är lika med en halv våglängd (som visas), eller förstärks när den är en hel våglängd (d.v.s. när de två strålarna är i fas).

Färg effekter kan också produceras genom interferens mellan strålar som reflekteras från en ädelstens yta (Figur 2.4). Om en stråle av vitt ljus (I) träffar ett mycket tunt genomskinligt lager, kommer den att reflekteras både från toppytan av detta lager och från den nedre ytan. Båda reflekterade strålarna (R_1 , R_2) kommer att vara parallella med varandra, men eftersom den stråle som penetrerat lagret har färdats längre, kommer den att vara ur steg, eller ur fas, med den andra.

Vid en viss färg eller våglängd i det reflekterade ljuset kommer de två strålarna att vara exakt en halv våglängd ur fas (och därför i fasopposition - se Figur 2.4), och färgen representerad av denna våglängd kommer att avbrytas. De återstående komponenterna i det reflekterade ljuset kommer då att kombineras för att producera den komplementära färgen (som vid selektiv absorption). Alternativt, om avståndet ur fas är sådant att de två strålarna är exakt i fas igen vid en viss våglängd, kommer denna färg att förstärkas, och det reflekterade ljuset kommer att innehålla denna som sin dominerande färg. Den roll som denna interferenseffekt spelar i färgproduktionen hos ädelopaler, labradorit och månsten förklaras senare i detta kapitel.

Till skillnad från majoriteten av ädelstenar, vars olika nyanser orsakas av närvaron av övergångselement, produceras färg i diamant av defekter i kristallgittret. I den gulaktiga Cape-serien beror dessa defekter på spridda kväveatomer som ersätter några av kolatomerna i gittret. Större mängder kväveatomer producerar färgen i de mindre vanliga gröna stenarna, medan bruna diamanter troligen får sin färg från närvaron av både kväve och amorft kol. I naturliga blå diamanter orsakas de färgproducerande defekterna av närvaron av boratomer.

Medan värdet av en färgad ädelsten påverkas av färgens djup och renhet, bestäms priset på diamant vanligtvis av den fullständiga avsaknaden av färg. Undantagen är de så kallade 'fancy'-diamanterna, vars nyanser av gult, rött, rosa, orange, brunt, grönt och blått är tillräckligt attraktiva och sällsynta för att ge dem ett förhöjt värde. Eftersom diamanter också kan färgas artificiellt genom behandling i en atomreaktor, är det möjligt att färgerna i 'fancy'-diamanter beror på gitterdefekter som orsakas av naturlig bestrålning i jorden.

Även om färgen på en ädelsten sannolikt är dess viktigaste egenskap och säkert har stor inverkan på dess kommersiella värde, är den inte ofta till mycket nytta för en gemmolog när det gäller att göra en identifiering. Det finns naturligtvis uppenbara undantag, såsom den ljusa gräsgröna färgen hos peridot, den lila färgen hos ametist och den orange färgen hos eldopal.

För de transparenta allochromatiska ädelstensmineralerna beryll, korund, turmalin och topas är färg dock mycket mindre användbar som ett särskiljande drag, eftersom dessa ädelstenar kristalliseras i många olika nyanser. I dessa stenar beror färgen helt på vilket av övergångselementen som var närvarande vid tidpunkten för mineralets bildning. När det gäller turmalin hittas ibland kristaller där den färgande föroreningen ändrades under mineralets tillväxt och producerade ett prisma som förändras längs sin längd från blått till grönt eller rosa.

Zirkon finns också i en mängd olika färger, även om de populära blå och gyllenbruna nyanserna produceras genom värmebehandling. Liksom diamant får zirkon sin färg inte från övergångselementen, utan från kristalldefekter. I zirkon orsakas detta av närvaron av små mängder radioaktiva uran- och toriumatomer. I de så kallade "låga" gröna och bruna zirkonerna har alfapartikelbombardemang från dessa element nästan helt brutit ner den interna kristallstrukturen, och stenen beskrivs som en metamikt zirkon.

Andra egenskaper hos de låga zirkonerna påverkas också av nedbrytningen av kristallstrukturen. Dessa inkluderar både brytningsindex och dispersion, som är avsevärt lägre i metamikt zirkon än i normala typer (se i Appendix B under "zirkon").

Med det möjliga undantaget av zirkon, som har andra lätt igenkännliga optiska egenskaper, kan det ibland vara svårt att särskilja allochromatiska ädelstenar endast genom utseendet. Tidigare, innan kemin och egenskaperna hos ädelstenar var fullt förstådda, klassificerades många stenar helt enkelt efter sin färg. Bevis på detta kan ses i de brittiska kronjuvelerna, där Black Prince och Timur-rubinerna faktiskt är röda spineller!

För opaka ädelstenar, och i synnerhet de idiokromatiska arterna malakit, turkos, rhodonit och rhodochrosit, är färg en mycket mer distinkt identifieringsfunktion. Andra opaka ädelstenar som är lätt igenkännliga på grund av sin färg och ytmönster är varianterna tigeröga, aventurinkvarts, agat, onyx och amazonit.

Optiken av lyster och glans

Det finns två ytterligare optiska kvaliteter som, precis som färg, bidrar till en ädelstens skönhet.

Dessa kallas glans och skimmer, och har att göra med hur ljusstrålar reflekteras från stenen. Glansen hos en ädelsten är den optiska effekt som skapas av stenens ytreflektivitet. Glans är direkt relaterad till kvaliteten på stenens ytglans och är därför delvis beroende av stenens hårdhet samt dess inre struktur. På grund av skillnader i hårdhet och andra egenskaper har inte alla ädelstensmaterial samma grad av glans efter polering. Av denna anledning har olika termer kommit i bruk för att beskriva de mest distinkta glanser som visas av olika ädelstenar. Följande lista är ett urval av de mest använda termerna, tillsammans med några illustrativa exempel på ädelstensmaterial:

Metallisk	Den typ av mycket hög glans som är förknippad med metaller (t.ex. guld, silver, platina) och som ses i vissa metalliska föreningar (t.ex. pyrit, galena).
Adamantin	Den höga ytpoleringen som uppnås med diamant, bra kvalitet på zirkoner och demantoidgranat.
Glasartad	En glasliknande glans som är typisk för de flesta ädelstenar (t.ex. korund, topas, kvarts).
Hartsartad	Den mer dämpade poleringen som ses i bärnsten.
Vaxartad	Den nästan matta ytan som är typisk för turkos och jadeit.
Fettartad	Utseendet av polerad täljsten och nefrit.
Pärlemorsglans	Den glans som ses hos pärlemor.
Silkesglans	En fibrous glans som är typisk för satinspat.

Dessa adjektiv är endast avsedda som relativt breda beskrivningar av ytan på en polerad sten, men på senare år har ett instrument kallat en reflektivitetmätare gjort det möjligt att mäta en stens glans med viss noggrannhet. Detaljer om denna mätteknik och hur den används vid identifiering av ädelstenar ges i Kapitel 7.

Medan glans beskriver ytan på en sten i reflekterat ljus, är skimmer den optiska effekt som skapas av ljusstrålar som reflekteras tillbaka från ytan under ädelstenen. Precis som med glans finns det flera beskrivande namn som används för att beskriva de olika typerna av skimmer som uppvisas av ädelstenar. Dessa namn är följande:

Chatoyance	Detta är "kattöga"-effekten som orsakas av reflektion av ljus från parallella grupper av fibrer, kristaller eller kanaler inom stenen (Figur 2.5). När det gäller pseudokrokidolit, eller tigeröga som det är bättre känt, är dessa kanaler fossiliserade rester av asbestfibrer som har ersatts av kvarts. Ju finare och mer reflekterande fibrerna eller kanalerna är, desto ljusare blir den resulterande chatoyanta "linjen". Medan många stenar poleras som cabochoner för att visa denna chatoyanta effekt, uppträder de finaste kattöga-stenarna i cymofane-varianten av chrysoberyll.
Asterism	Detta är en "stjärneffekt" som finns i vissa rubiner och safirer (som vanligtvis poleras i cabochonform för att visa effekten på bästa sätt). Liksom chatoyance beror effekten på fina parallella fibrer eller kristaller, men i detta fall finns det tre uppsättningar av dem som skär varandra i 60°. Även om den bästa asterismen uppträder i korund som en sexuddig stjärna, kan den också ses ibland i rosenkvarts. I diopsid och vissa granater uppträder den som en

fyruddig stjärna. I dessa stenar finns det bara två grupper av fibrer, och de skär varandra i 90° för granat och 73° för diopsid. Syntetiska stjärnrubiner och stjärnsafirer har producerats, men med dessa tenderar stjärneffekten att vara mycket mer framträdande än i naturliga stenar.

Iridescens

Detta är "spel" av regnbågsfärgat ljus som orsakas av extremt små regelbundna strukturer under

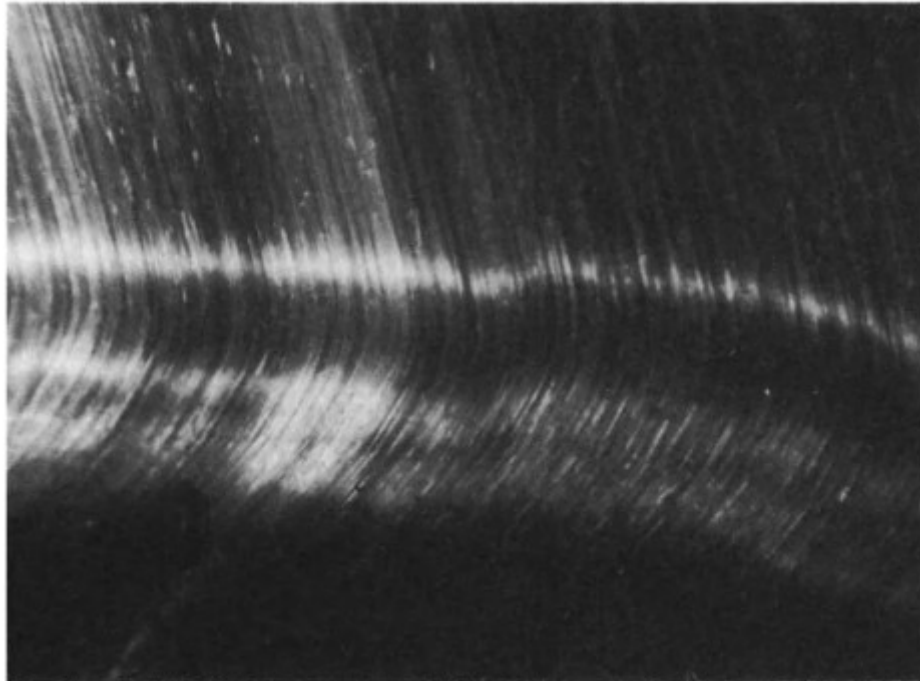


Fig. 2.5. En förstörd bild av de parallella kvartskanalerna under ytan av ett polerat stycke tigeröga. De ljusa chatoyant linjer löper ungefär i rät vinkel mot dessa kanaler

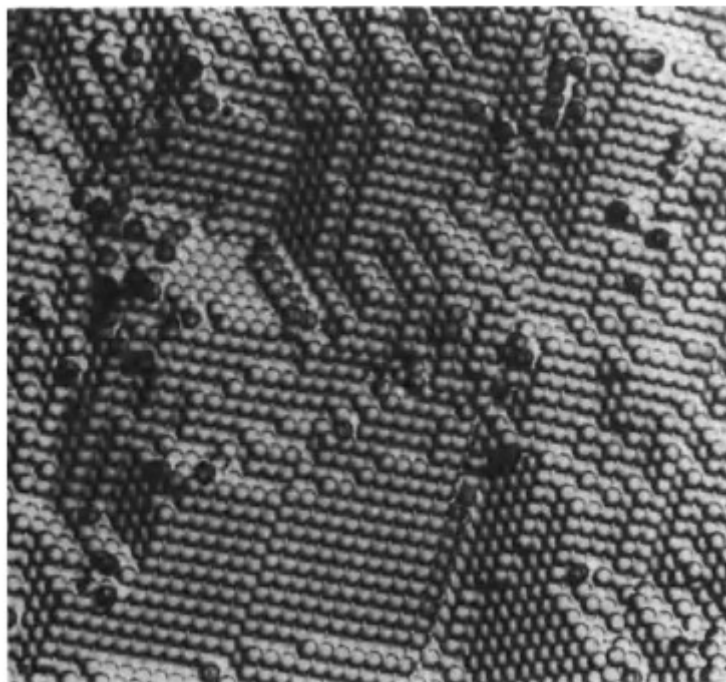


Fig. 2.6. Det ordnade arrangemanget av silikagel sfärer i opal, som avslöjas av elektronen mikroskop med en förstoring av 25 000 x

ytan av ädelstenen. Precis som en tunn film av olja som producerar ett färgat skimmer, stör dessa strukturer ljuset som reflekteras från ädelstenen, förstärker vissa färger och avbryter andra (se Figur 2.4).

Effekten ses som bäst i ädelopal, där den orsakas av miljontals mikroskopiska sfärer av silikagel som utgör största delen av ädelstenen. Dessa sfärer är alla av samma storlek och är arrangerade i regelbundna rader och mönster (Figur 2.6). På grund av deras identiska storlek och symmetrin i deras arrangemang färgar de det reflekterade ljuset genom en kombination av interferens- och diffraktionseffekter. Den senare effekten produceras när vitt ljus delas upp i sina spektrala färger genom att passera genom en smal öppning eller en serie öppningar (som i det optiska gitter som används i diffraktionsgitter-spektroskopet - se Kapitel 8).

Färgerna som produceras av ädelopal beror både på betraktningvinkeln och på sfärernas diameter. En opal som innehåller sfärer med 300 nm diameter kommer att förstärka ljus med en våglängd upp till dubbelt denna dimension (d.v.s. från rött till violett), medan en med sfärer på 200 nm endast kommer att förstärka ljusstrålar i den blå/violetta delen av spektrumet. I vanlig eller 'potch' opal är sfärerna av slumpmässig storlek, och det finns mycket lite diffraktion eller förstärkning av det reflekterade ljuset. Detta resulterar i en mjölkvit opalescent effekt som nästan helt saknar färg.

Labradorescens Detta är en speciell form av iridescens som kan ses i labradoritvarianten av fältspat och i spektrolit, en vacker finsk typ av labradorit. I båda fallen orsakas effekten av tunna lager eller flak av fältspat under stenens yta.

Adularescens Även känd som 'Schiller', är detta det blåaktiga skimret som ses i månsten. Det är en annan form av iridescens och orsakas av tunna laminerade plattor eller lager inom stenen.

Transparens

Genomskinlighet är ytterligare en viktig optisk kvalitet hos en ädelsten som påverkar både dess skönhet och dess värde. De olika graderna av genomskinlighet, halvgenomskinlighet, genomlysning och ogenomskinlighet definieras som följer:

Transparent	Ett objekt som ses genom stenen kan ses klart utan förlust av detaljer (t.ex. diamant, bergkristall).
Halvtransparent	Bilden av ett objekt som ses genom ädelstenen kommer att vara suddig men fortfarande igenkännbar (t.ex. månsten, eldopal).
Genomlysande	Stenen släpper igenom lite ljus, men objekt kan inte ses genom den (t.ex. krysopras, jadeit).
Halvgenomlysande	Lite ljus kan fortfarande tränga igenom stenen, men bara genom kanterna (t.ex. turkos, aventurinkvarts).
Ogenomskinlig	Stenen är tillräckligt tät optiskt för att förhindra passage av något ljus (t.ex. malakit, jaspis).

Färgen på en ädelsten har också en effekt på dess genomskinlighet. Djupt färgade stenar släpper igenom mindre ljus än lätt färgade. En annan faktor som påverkar genomskinlighet är förekomsten av inre fel eller inklusioner. Dessutom, ju tjockare stenen är, desto större blir ljusförlusten när det passerar genom den. Av dessa skäl poleras en djupt färgad sten i cabochonform ofta med urholkad bas (d.v.s. basen är urholkad för att göra stenen tunnare, vilket förbättrar dess genomskinlighet och ljusar upp dess färg).

Konstgjord färgning

Många ädelstenar utsätts för värmebehandling för att förbättra eller förändra sin färg. Även om detta i de flesta fall är en permanent och oåterkallelig process, måste dyra ädelstenar som safirer och rubiner beskrivas som 'behandlade' om deras färg har förbättrats på detta sätt.

Många citriner framställs genom värmebehandling av ametist och beskrivs ibland som 'bränd ametist'. Mörkgröna turmaliner från sydvästra Afrika kan förändras till en ljusare smaragdgrön nyans genom upphettning, och blekgrön beryll kan omvandlas till en mer attraktiv blå akvamarinfärg. De lila tonerna i blå zoisit kan blekas för att producera en blå sten som mer liknar safir, och färgen på vissa safirer kan ljusas upp och därmed förbättras med samma metod. De flesta rubiner från Sri Lanka är värmebehandlade för att driva ut järnfärgande föroreningar och producera en mer attraktiv ljusröd nyans.

Topas och zirkon är kanske de mest kända av alla värmebehandlade ädelstenar. Brun och gul topas från Brasilien förlorar sin färg vid 500-600 °C, men blir rosa när den svalnar. Om stenarna upphetas över denna temperatur förblir de färglösa när de svalnar. När bruna zirkoner värms upp till 900-1000 °C i en reducerande atmosfär (d.v.s. en som är fattig på syre) blir de vanligtvis en attraktiv blå nyans. Denna färg är dock benägen att blekna om stenarna utsätts för starkt solljus under lång tid (blekningen sker snabbare under långvågigt ultraviolett ljus), men den blå färgen kan återställas genom att värma stenarna i luft till en dov röd temperatur. Om bruna zirkoner värms upp till 850-900 °C i närvaro av syre (d.v.s. i luft) blir de vanligtvis gyllenbruna eller färglösa. De fysiska och kemiska förändringarna som orsakas av värmebehandling är ganska komplexa och inte helt förstådda ens idag. Det är dock troligt att processen i ädelstenar som blå safir och turmalin förbättrar stenens färg genom att driva ut järn. Zirkonens färg (liksom diamantens) är associerad med defekter i kristallgittret, och i detta fall tillämpningen av värme resulterar sannolikt i en delvis omformning av kristallstrukturen.

Den andra metoden för att färga ädelstenar är att färga eller betsa dem, men detta kan inte betraktas som en legitim och permanent färgförändring jämförbar med värmebehandling. Kryptokristallina ädelstensmaterial har en något porös yta och deras färg förbättras eller förändras ofta med hjälp av kemikalier. Agater färgas för att öka kontrasten i deras bandning, och en svart onyximitation har producerats genom att koka kalcedon i en sockerlösning och sedan behandla stenen med svavelsyra. Jaspis har färgats för att imitera lapis lazuli, och kallas då Swiss eller German lapis. Vit eller dåligt färgad jadeit har ibland färgats för att efterlikna den mer värdefulla gröna varianten, och turkosens färg har förbättrats på liknande sätt.

Medan det är mycket svårt att upptäcka färgförbättring eller färgförändring som har producerats genom värmebehandling, är det faktum att de flesta färgade material har färgats för att imitera andra ädelstensmineraler gör dem lättare att upptäcka. De material som har färgats enbart för att förbättra sin färg kan ofta upptäckas med fluorescerande eller spektroskopiska metoder.

Som redan nämnts kan diamanter färgas artificiellt genom bestrålning med neutroner i en atomreaktor. Detta ger en homogen grön kroppsfärg, som kan ändras till gul eller kanelbrun genom

en efterföljande värmebehandling vid 500-800 °C. Vissa mer sällsynta typer av diamant kan förändras till röd eller lila med denna metod, men generellt är det bara de sämre färgade gula "Capes" som är värda att förbättra. Stenarna är intensivt radioaktiva efter behandlingen, men detta avtar snabbt.

Diamanter färgades först artificiellt genom bestrålning i början av detta århundrade, när Sir William Crookes använde en radiumkälla för att färga prover gröna. Till skillnad från de mer moderna neutronbestrålade diamanterna penetrerade färgen på dessa stenar inte djupare än ytan och kunde därför enkelt poleras bort. Viktigare är att de radiumbehandlade stenarna var starkt radioaktiva efter behandlingen.

Aktiviteten hade en mycket lång "halveringstid" eller sönderfallshastighet, vilket gjorde stenarna osäkra att använda i smycken.

En färgförändringseffekt kan också produceras genom elektronbombardemang i en elektronaccelerator, och med denna process blir vissa diamanter ljusblå eller blå/gröna. Färgen är dock endast "ytlig" och kan poleras bort.

Protoner, deuteroner och alfapartiklar genererade av en cyklotron kan också användas för att ändra färgen på en diamant, och den resulterande gröna nyansen är återigen endast ytlig. Liksom neutronbestrålade stenar förlorar dessa snabbt sin initiala radioaktivitet.

I alla dessa bestrålningsprocesser är färgförändringen permanent och åstadkoms genom att skapa defekter i diamanterns kristallgitter som påverkar ljuset som passerar genom stenen. Medan det är legitimt att förbättra färgen på en diamant på detta sätt, är det bedrägligt att sälja den (som en "fancy") utan att avslöja att den har färgats artificiellt.

Upptäckten av bestrålade diamanter sker främst genom spektroskopisk analys (se Kapitel 8), men diamanter som har blivit blå genom elektronbombardemang kan särskiljas från naturliga blå diamanter genom att testa dem för elektrisk ledningsförmåga. Naturliga blå stenar är halvledare och leder elektrisk ström, men artificiellt färgade blå diamanter är elektriskt icke-ledande.

Om en diamant har blivit cyklotronbestrålade genom sidan av sin paviljong, kommer en färgzon att vara synlig nära rundisten; om den bestrålats genom bordet, kommer en mörk ring att vara synlig när man tittar på paviljongens sida av stenen. Om diamantern har behandlats genom paviljongen i rät vinkel mot rundisten, kommer en kammform att ses runt culet när man tittar ner genom bordet.

3. Kristallografi, vetenskapen om kristallstrukturer

Kristallografi spelar en viktig roll både inom gemmologi och mineralogi, och även om det vid första anblicken kan verka som ett ganska akademiskt ämne för studenten, har det många praktiska tillämpningar inom lapidararbete, i diamantpolering och vid identifiering av ädelstenar.

Alla material, inklusive de som används i smycken, är antingen amorfa eller kristallina ämnen. I ett amorft ämne är atomerna och molekylerna positionerade slumpmässigt (dvs. de är inte länkade till varandra i någon speciell ordning eller mönster), och på grund av detta kan de aldrig ha någon naturligt förekommande karaktäristisk form. Glas är ett vanligt exempel på ett amorft material och har varken en regelbunden molekylär struktur eller en karaktäristisk extern form. Andra exempel på amorfa ämnen är bärnsten, jet och opal.

Majoriteten av ädelstenar är dock mineraler, och dessa är alla kristallina ämnen där atomerna och molekylerna är anordnade i ett regelbundet och symmetriskt tredimensionellt mönster. I de flesta fall blir denna underliggande symmetriska kristallstruktur synlig i den yttre formen av det råa mineralprovet. De få ädelstensmineraler som, även om de är kristallina ämnen, inte har en naturligt förekommande karaktäristisk form kallas massiva, en term som refererar till deras brist på identifierbar form snarare än deras storlek. Ett vanligt exempel på ett massivt kristallint ädelstensmaterial är rosenkvarts.

Den viktigaste egenskapen som en kristallin substans besitter (och som saknas hos en amorf) är att dess fysiska egenskaper varierar med kristallens orientering. För ett amorft material är egenskaperna desamma oavsett mätningens riktning, men i en kristallin substans är de relaterade till de riktade plan som bildas av dess beståndsdelar atomer och molekyler.

Ett slående exempel på en riktningberoende egenskap kan ses i diamant, som kan klyvas i fyra riktningar som är parallella med dess oktaedra kristallplan, men i inga andra riktningar. Hårdhet i en diamant är en annan egenskap som varierar med riktningen, vilket är en faktor som poleraren måste ta hänsyn till när han slipar denna hårdaste av alla ädelstenar.

Förutom klyvning och hårdhet kan optiska egenskaper såsom färg också variera med riktningen i kristallina material, och dessa är alla faktorer som är av särskild relevans för lapidaren.

Hittills har vi sett hur kunskapen om kristallografi kan vara till hjälp för diamantpoleraren som använder den för att polera fasetter i riktningen med minst hårdhet, för klyvaren som kan spara värdefull sågningstid genom att snabbt dela stenen i två längs ett klyvningsplan, och för lapidaren som använder sin förståelse av en ädelstens optik för att framhäva dess färg på bästa sätt. En ytterligare praktisk tillämpning av kristallografi är identifieringen av opolerade kristallprover genom att känna igen deras karaktäristiska former eller "vanor". Detta kan vara särskilt användbart när provets storlek eller ytskicktillstånd gör det svårt att utföra optiska tester.

Element av symmetri

Hittills har adjektiven 'regelbunden', 'symmetrisk' och 'mönster' alla använts för att beskriva en kristallin substans. Inom kristallografi är begreppet symmetri som tillämpas på kristallstrukturen mycket viktigt. För de flesta gemmologiska arbeten är det tillräckligt att kunna känna igen ädelstens kristallvanor och att vara medveten om deras associerade optiska egenskaper. Däremot de tre symmetrielementen är grundläggande för studiet av kristallografi och definieras här för fullständighetens skull.

Symmetriaxel

Detta är en imaginär linje placerad så att när kristallen vrids runt den, framträder kristallens karakteristiska profil två, tre, fyra eller sex gånger under varje fullständig rotation.

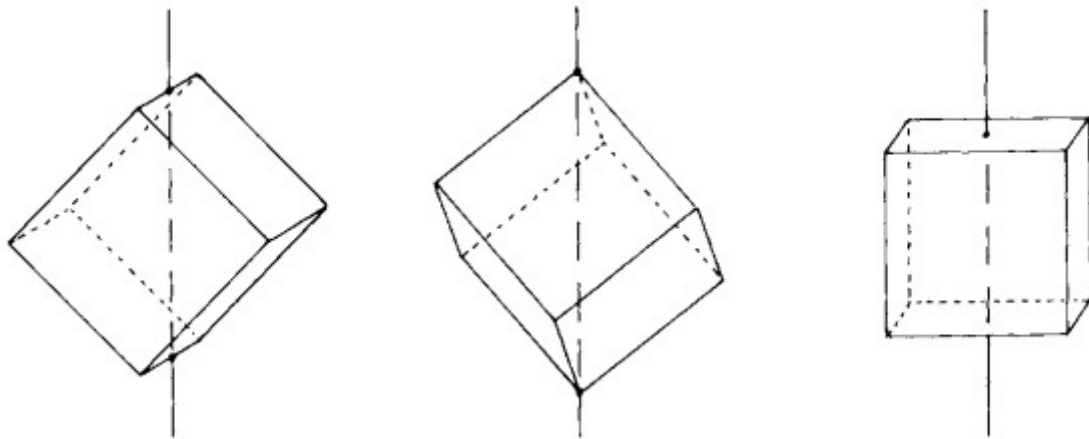


Fig. 3.1 Från vänster till höger, exempel på två-, tre- och fyra vik symmetriaxlar i en kubisk kristall

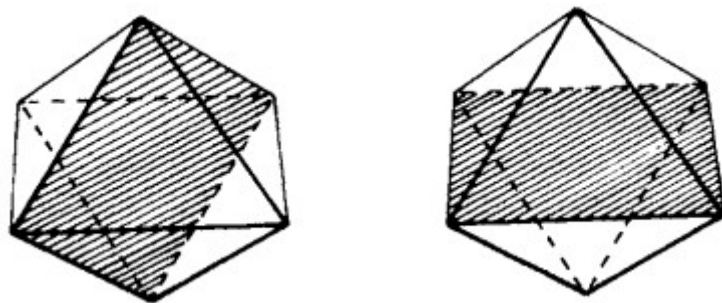


Fig. 3.2 Två av symmetriplanen i en oktaeder

Det finns vanligtvis flera möjliga symmetriaxlar i en kristall, och dessa beskrivs som två-, tre-, fyra- eller sexfaldiga axlar, beroende på hur många gånger kristallprofilen framträder under en enda rotation av kristallen (se Figur 3.1).

Symmetriplan

Detta är ett plan genom en kristall som delar kristallen i två spegelbildslika halvor (se Figur 3.2). En kub har nio sådana plan.

Symmetricentrum

En kristall har ett centrum av symmetri när identiska ytor och kanter förekommer på exakt motsatta sidor av en central punkt.

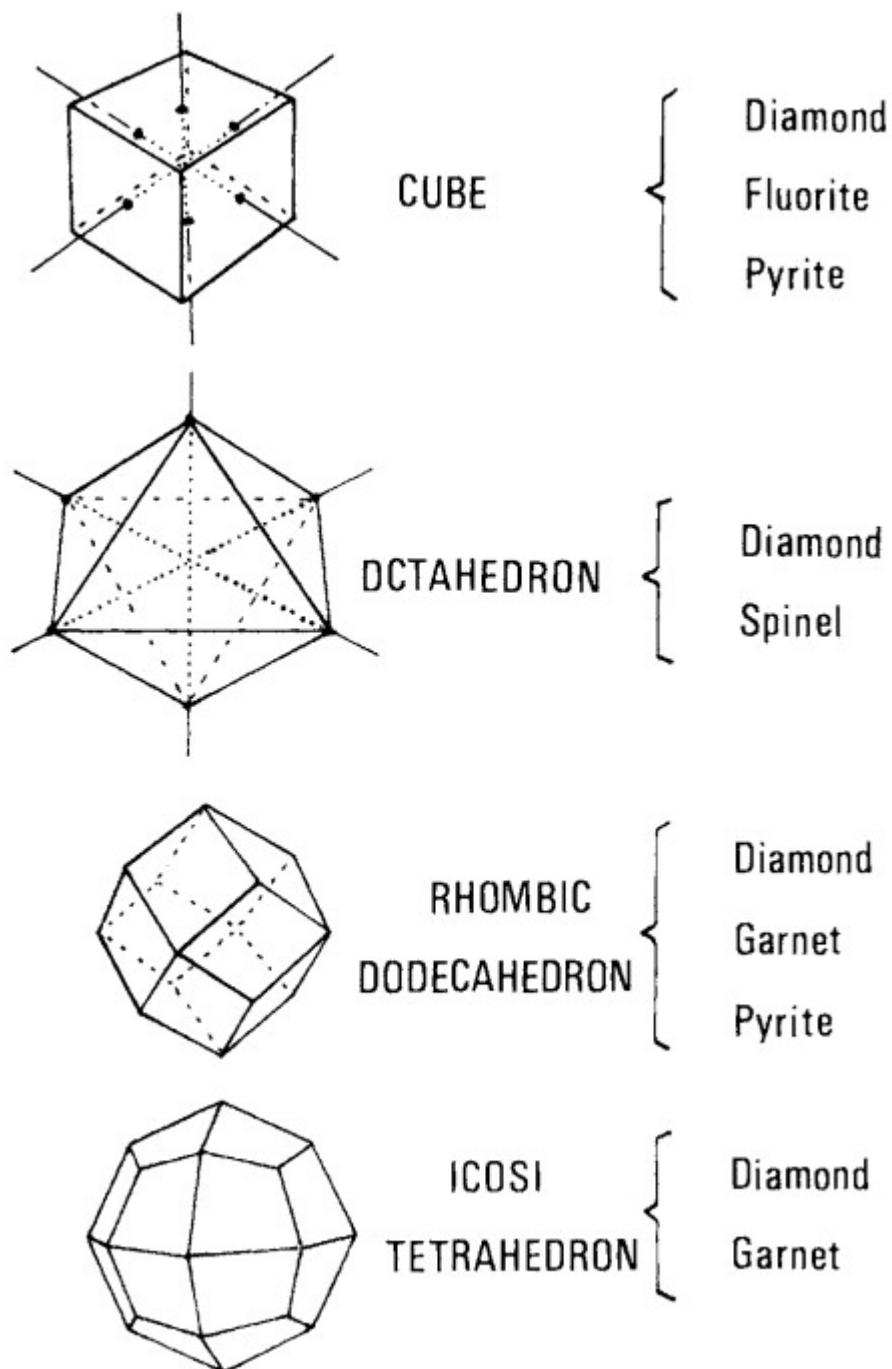
De sju kristallsystemen

Kristaller kan grupperas i sju grundläggande kristallsystem, som alla har olika grad av symmetri. Dessa sju kristallsystem klassificeras utifrån imaginära referenslinjer som kallas kristallaxlar, vilka passerar genom mitten av kristallytorna eller kanterna och möts vid en punkt inuti kristallen som kallas ursprunget. Axlarna används i praktiken för att indikera kristallens form, och de sju kristallsystemen definieras utifrån antalet axlar, deras längder och vinklarna mellan dem. Systemen

definieras vidare med hjälp av deras symmetrielement. De sju kristallsystemen med deras associerade axlar och element av maximal symmetri är följande:

1. Kubiskt system (Isometriskt system)

Kristaller i detta system har den högsta graden av symmetri och kallas ibland isometriska. Det kubiska systemet har tre axlar, som alla är av lika längd och skär varandra i räta vinklar. Det finns tretton symmetriaxlar (sex tvåfaldiga, fyra trefaldiga och tre fyrfaldiga), nio symmetriplan och ett symmetricentrum.



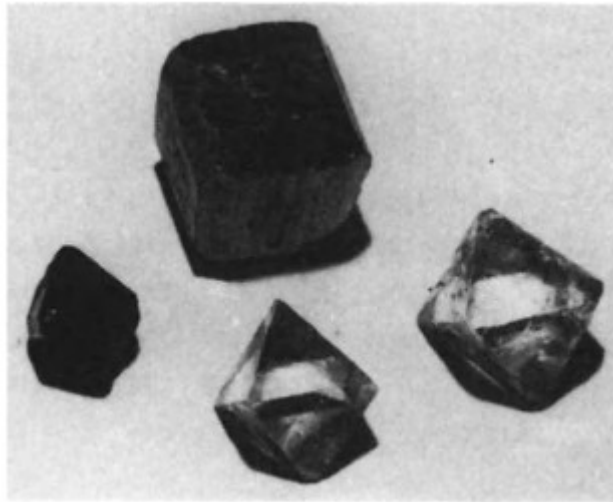


Fig. 3.3. Det kubiska systemet, med exempel på pyrit (bak), spinell (vänster) och flusspatkristaller

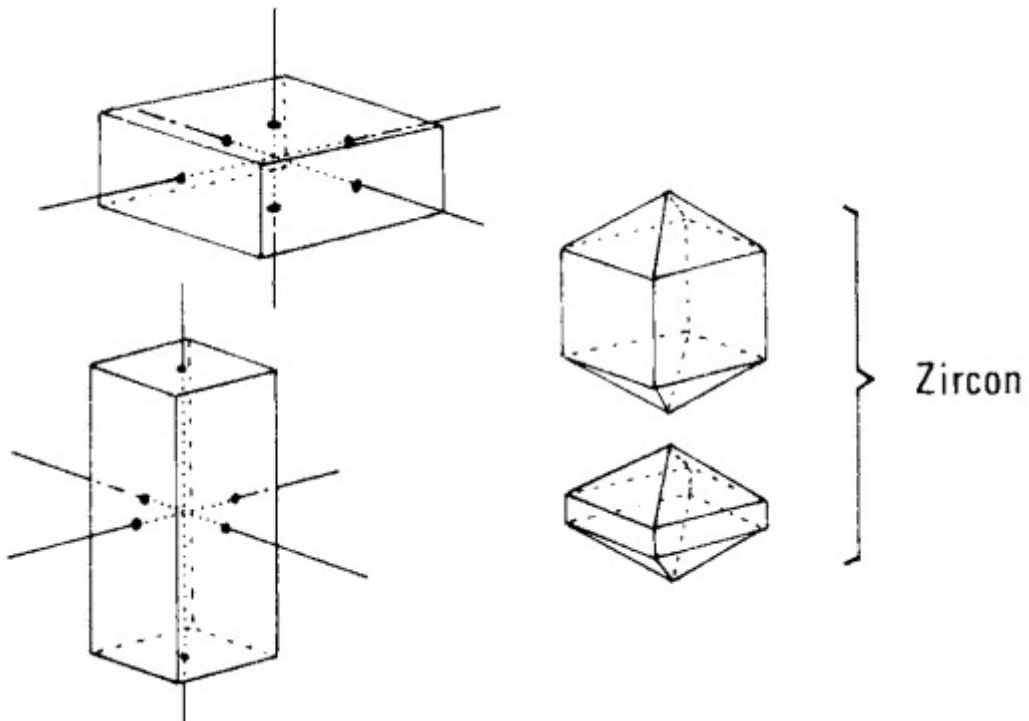


Fig. 3.4. Det tetragonala systemet med exempel på zirkonkristaller

Vanliga former är kuben, den åttasidiga oktaedern och den tolvsidiga dodekaedern (Figur 3.3). (Exempel: diamant, granat, spinell).

2. Det tetragonala systemet

Detta system har två axlar av lika längd som är vinkelräta mot varandra och en tredje (huvud-) axel som är antingen kortare eller längre än de andra två och är vinkelrät mot dem. Det finns fem symmetriaxlar (fyra tvåfaldiga och en fyrfaldig), fem symmetriplan och ett symmetricentrum.

Den vanligaste formen är det firsidiga prismet (Figur 3.3). (Exempel: zirkon, scapolit).

3. Det hexagonala systemet

Det finns fyra axlar i detta system, de första tre är av lika längd och skär varandra vid 60° i samma plan. Den fjärde (eller huvud-) axeln är vinkelrät mot de andra och är vanligtvis längre. Det finns sju symmetriaxlar (sex tvåfaldiga och en sexfaldig), sju symmetriplan och ett symmetricentrum.

Den vanligaste formen är det sexsidiga prismet (Figur 3.5). (Exempel: beryll, apatit).

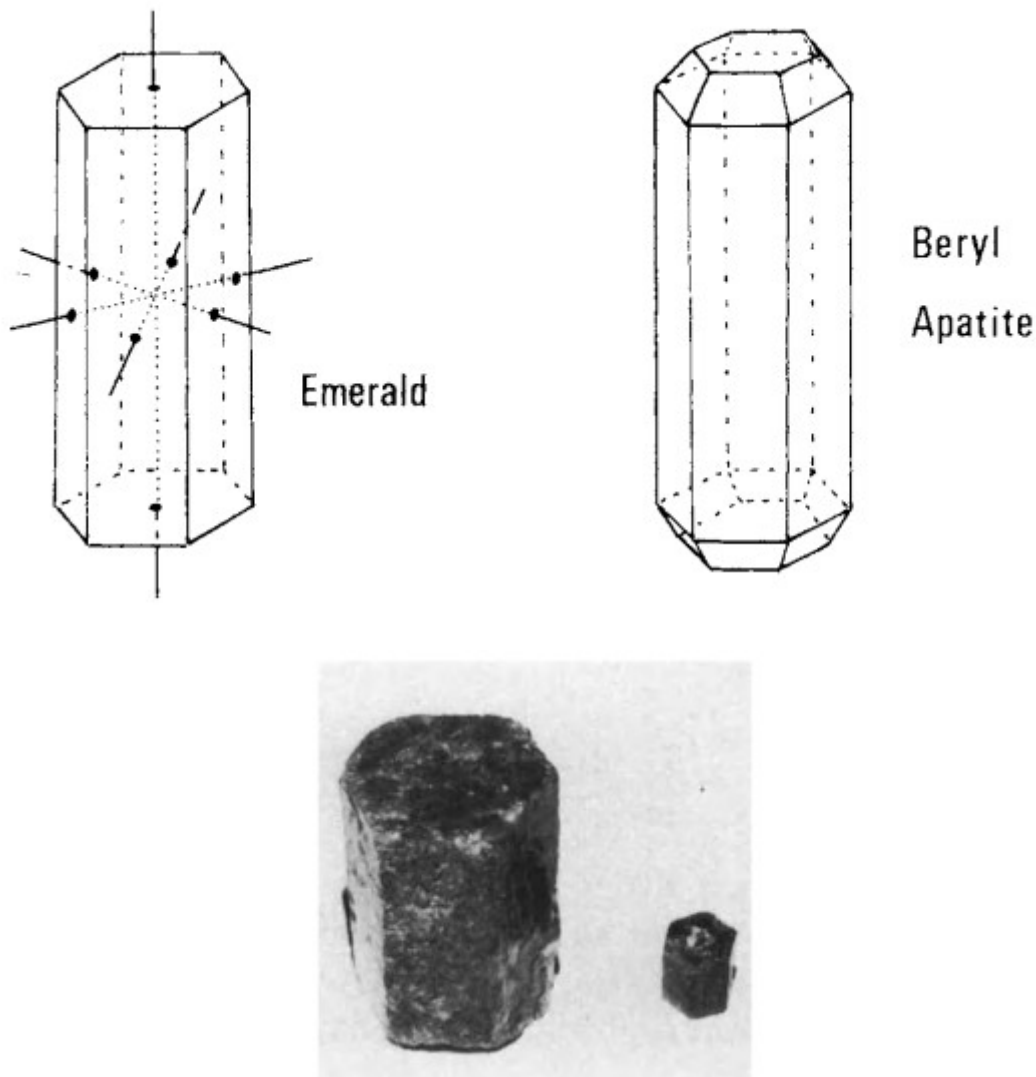


Fig. 3.5. Det hexagonala systemet med exempel på apatit (vänster) och smaragd kristaller

4. Det trigonala systemet

Detta system har också fyra axlar som är arrangerade på samma sätt som i det hexagonala systemet. Symmetrin i det trigonala systemet är dock lägre än i det hexagonala systemet. Full, eller maximal, symmetri kan ses i ädelstensmineralet benitoit, som har fyra symmetriaxlar (tre tvåfaldiga och en trefaldig), tre symmetriplan och ett symmetricenter.

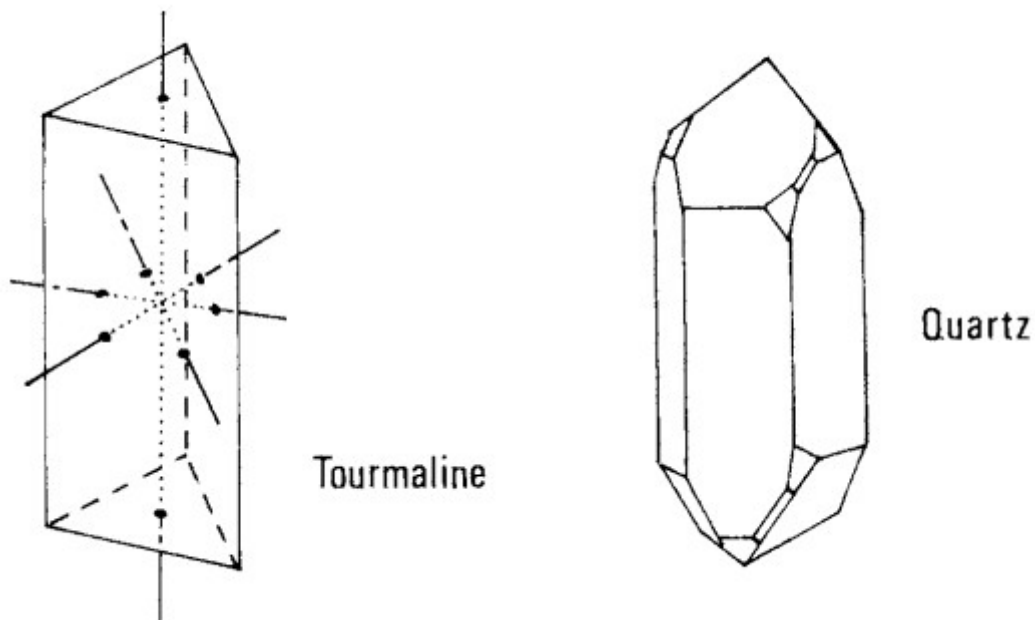


Fig. 3.6. Det trigonala systemet. Exempler på kvarts (till vänster) och kalcitkristaller illustrerar kontrasterande vanor i samma system. Romboedernformen kan också uppnås genom att klyva ett hexagonalt format prisma av kalcit.

Huvuddelen av trigonala kristaller har det som beskrivs som normal symmetri, och detta består av en symmetriaxel (trefaldig), tre symmetriplan och ett symmetricenter. Vanliga former är tre- och sexsidiga prismor (Figur 3.6). (Exempel: kvarts, korund, turmalin, där den senare saknar symmetricenter).

5. Det ortorombiska systemet

Detta system har tre axlar, alla i räta vinklar mot varandra och alla av olika längd. Det finns tre symmetriaxlar (alla tvåfaldiga), tre symmetriplan och ett symmetricentrum.

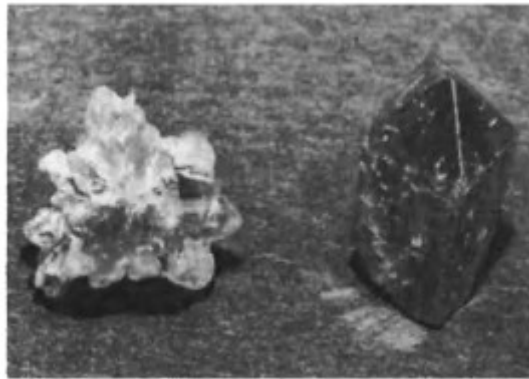
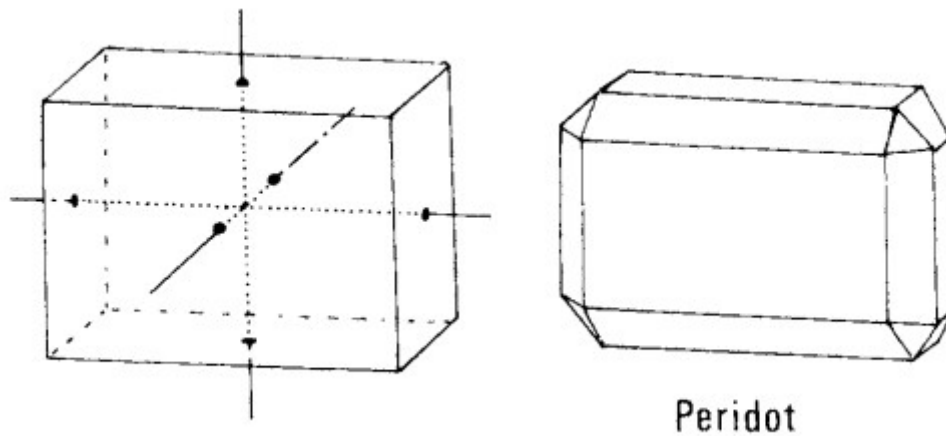


Fig. 3.7. Det ortorombiska systemet, med exempel på chrysoberyll- och topaskristaller. Chrysoberyllkristallen till vänster är formad av trippel interpenetranta tvillingar.

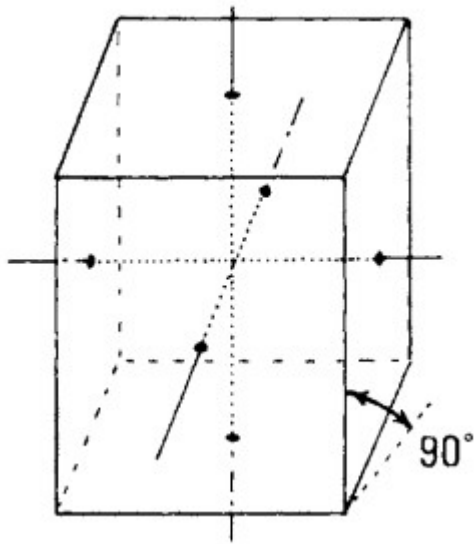
6. Det monokliniska systemet

Det finns tre axlar i detta system. Alla har olika längd. Två axlar är lutade i en vinkel (annat än 90°), och den tredje är vinkelrät mot de andra två. Det finns en symmetriaxel (tvåfaldig), ett symmetriplan och ett symmetricentrum.

Vanliga former är blockiga, kilformade kristaller (Figur 3.8). (Exempel: månsten, jadeit, nefrit).

7. Det trikliniska systemet

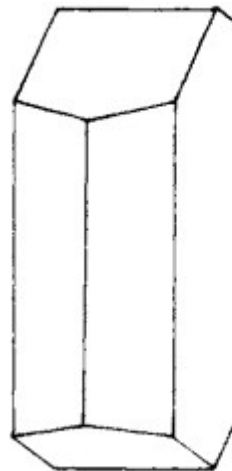
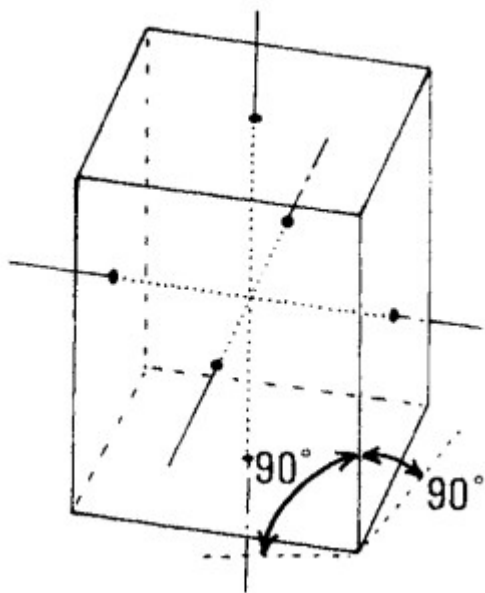
Detta är det minst symmetriska av alla de sju systemen. Det har tre axlar, alla med olika längd och alla lutade i vinklar (andra än 90°) mot varandra. Det finns ett symmetricentrum, men inga symmetriaxlar eller symmetriplan.



Orthoclase
Feldspar



Fig. 3.8. Det monoklina systemet med en månstenkristall.



Amazonite

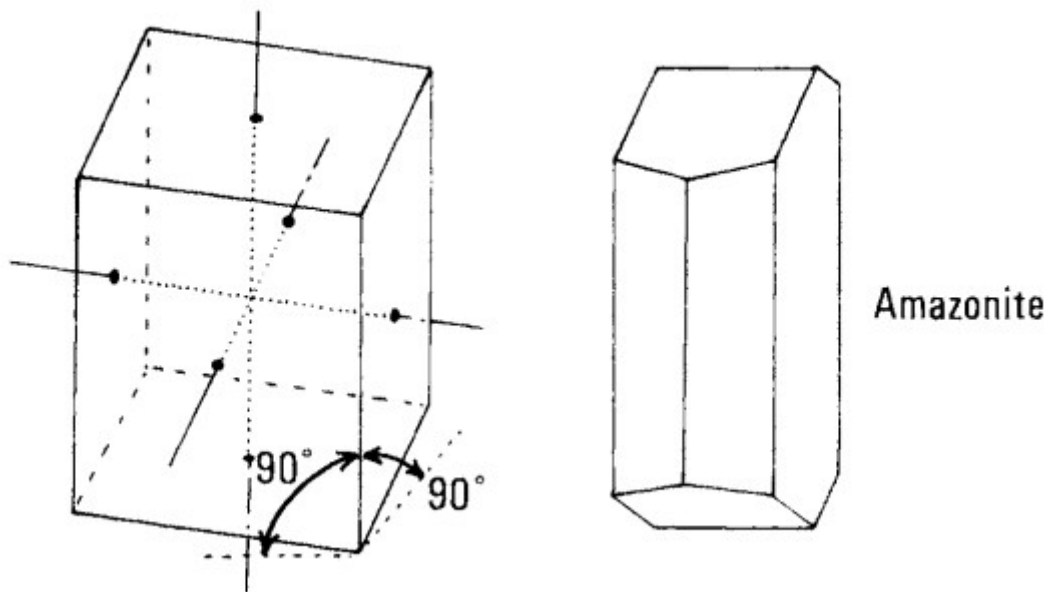


Fig. 3.9. Det triklina systemet, med ett typiskt blockigt prism av amazonit.

Vanliga former är blockiga, kilformade kristaller (Figur 3.9). (Exempel: amazonit, rhodonit, solsten).

Identifiering av grova ädelstensprover efter form

Även från de få exempel som visas i illustrationerna är det tydligt att mineraler som tillhör samma kristallsystem ofta kan ha mycket olika former, trots likheten i deras inre kristallstrukturer. Dessa skillnader i form kan vara resultatet av kombinationer av grundformer inom systemet.

Andra skillnader beror på variationen av ändar, eller avslutningar, som vissa kristaller antar. Några av de mer komplicerade formerna orsakas av parallell tillväxt eller inträngning av två eller fler kristaller, som kan ses i chrysoberyll-exemplaret i Figur 3.7.

De många skillnaderna i kristallform kan vara förvirrande i början för studenten, som kan ha svårt att associera dem med de enkla grundformerna i de sju kristallsystemen. Denna mångfald kan dock vara en fördel, eftersom den ofta gör det möjligt att identifiera ett mineral genom dess unika form.

Ett av de bästa sätten att bli bekant med kristallformerna hos ädelstensmineraler är att tillbringa tid med att undersöka en välfylld samling. Sådana samlingar finns i många museer, och förmodligen en av de mest omfattande av dessa är den som visas i ädelstensmineralhallen i Geological Museum i South Kensington, London. Här kan alla viktiga arter och varianter av de olika mineralerna ses både i opolerat och polerat tillstånd. Som ytterligare hjälp för att bli bekant med kristallformerna finns en uppsättning 35 mm färgbilder tillgängliga från Gemmological Association of Great Britain (se sidan 228 för adress). Dessa bilder består av individuella diagram över kristallsystemen, var och en omgiven av ädelstensmineralprover som illustrerar det specifika systemet.

Liksom de flesta vetenskapliga grenar har kristallografi sitt eget "språk". Detta består av termer som hjälper till att beskriva de olika egenskaperna hos en kristall. Följande är de mest användbara för gemmologiska ändamål.

Acicular	Slanka, nålliknande kristaller.
Botryoidal	Liknar en druvklase (t.ex. malakit).
Columnar	En kristallstruktur bestående av en serie slanka prismor. Mycket fina prismor kallas fibrösa.
Kontaktvillingar	Detta är när kristallens tvillinghalvor har vuxit med den ena halvan roterad 180° mot den andra halvan. I diamanter kallas en kontaktvilling för en "made". Upprepad tvillingbildning skapar en lamellär struktur.
Interpenetranta tvillingar	Här har två (eller fler) kristaller vuxit i närheten av varandra och har penetrerat varandra. Resultatet är ofta en kors-, stjärn- eller hexagonal form.
Kristallyta	En av flera plana ytor som omger en kristall.
Dendritisk	En "grenliknande" eller trädliknande egenskap. Används ofta för att beskriva en typ av inklusion (som i mossagat och grön träagat).
Kupol	En form vars ytor skär den vertikala axeln och en horisontell axel, men är parallella med den tredje axeln.
Form	En grupp liknande kristallytor.
Isomorfism	Mineraler uppvisar isomorfism när de har identiska yttre former men skiljer sig kemiskt (t.ex. granatgruppen).
Isomorf ersättning	Ersättningen av ett element i ett mineral med ett annat element med samma valens, vilket, medan det bibehåller samma form och kristallstruktur, kan orsaka stora variationer i mineralens fysiska egenskaper (t.ex. granaterna).
Polymorfism	Mineraler som skiljer sig i yttre form men har samma inre sammansättning (t.ex. grafit och diamant; andalusit, kyanit och sillimanit).
Lamellär	En kristallstruktur bestående av raka eller böjda plattor eller blad.

Mamillär	Rundade korsande konturer (t.ex. hematit).
Massiv	Utan kristallform.
Oktaeder	Åttasidig kristall (bi-pyramid) i det kubiska systemet.
Dodekaeder	Tolvsidig kristall i det kubiska systemet.
Parallell tillväxt	Till skillnad från tvillingkristaller har parallellväxtens ytor samma orientering.
Pinakoid	Ett par kristallytor som är parallella med två kristallaxlar och skärs av den tredje. I ett basalt pinakoid är ytorna parallella med kristallens laterala axlar och formar ofta prismats avslutande ytor. Makropinakoiden skärs av den längre (makro-) axeln, och brakypinakoiden skärs av den kortare (braky-) axeln.
Prisma	En kristallform vars ytor är parallella med huvudaxeln och skärs av de laterala axlarna. I förstahandsprismor skär varje prismasida två laterala axlar; i andrahandsprismor skär varje sida endast en lateral axel (se Figur 3.4 och 3.5).
Pseudomorf	Ett mineral som har antagit en yttre form annan än sin normala vana genom att kopiera, till exempel formen av en förutvarande kristall eller organisk struktur.
Skalenoeder	En sexsidig bipyramid med ojämna sidor.
Strieringar	Tillväxtlinjer på ytan av en kristall.
Tabulär	En kristall med en platt, tablettliknande form.
Termination	Kristallformen som ofta finns i änden av ett prisma.

Kryptokristallina ädelstenar

Exempel på de vanligaste ädelstensmineralerna och deras kristallformer ges i Tabell 3.1. Tabellen inkluderar ädelstensarter som kalcedon, jadeit, nefrit och turkos, vilka klassificeras som kryptokristallina.

Denna typ av mineral har inte vuxit som en enda stor kristall utan som en samling av små eller mikroskopiska kristaller (eller kristallina fibrer) slumpmässigt orienterade inom ädelstens kropp. På grund av detta är formen hos kryptokristallina mineraler alltid massiv, och ädelstenarna är huvudsakligen halvgenomskinliga eller opaka. Några av deras andra optiska egenskaper skiljer sig också från normala kristallina mineraler och dessa beskrivs i Kapitel 6.

Även om det totala antalet kryptokristallina mineraler kan verka litet, säkerställer antalet varianter inom kalcedonarten (se lista i Tabell 1.1) deras frekventa förekomst i smycken.

Tabell 3.1

Ädelsten	Kristallsystem	Form
Apatit	Hexagonalt	Långt sexsidigt prisma, ofta avslutat med pyramid (även kort prisma, tabulär och massiv)
Beryll (smaragd, akvamarin)	Hexagonalt	Långt sexsidigt prisma, ofta vertikalt strierat; avslutningar är sällsynta
Kalcit	Trigonalt	Romboedriska prismor, skalenoedrar och sexsidiga prismor

Ädelsten	Kristallsystem	Form
Kalcedon (agat)	Trigonalt (kryptokristallin)	Massiv, botryoidal, mamillär, noduler, geoder
Chrysoberyll	Ortorombiskt	Långa prismatiska kristaller; trippel interpenetranta tvillingar som bildar "hexagon"
Korund (rubin, safir)	Trigonalt	Avsmalnande tunnformad bipyramid, hexagonalt prisma
Diamant	Kubiskt	Oktaeder, dodekaeder, ikositetaeder (kubform är sällsynt), kontakttvilling (made)
Fältspat (månsten)	Monoklina	Kristaller av båda typerna liknar varandra i form; båda är prismatiska och ofta blockiga med kilformade ytor
Fältspat (amazonit, oligoklas, labradorit)	Triklina	Kristaller av båda typerna liknar varandra i form; båda är prismatiska och ofta blockiga med kilformade ytor
Fluorspar	Kubiskt	Kub, interpenetranta kuber och oktahedriska kristaller (naturligt förekommande oktaedrar är sällsynta, men kuben klyvs lätt till denna form)
Granat	Kubiskt	Dodekaeder, ikositetaeder (och kombinationer av båda)

Tabell 3.1 fortsättning

Ädelsten	Kristallsystem	Form
Jadeit	Monoklin (kryptokristallin)	Massiv
Nefrit	Monoklin (kryptokristallin)	Massiv
Peridot	Ortorombiskt	Tabulär
Pyrit	Kubisk	Kub, dodekaeder (även massiv och granulär form)
Kvarts	Trigonal	Sexsidigt horisontellt strierat prisma med romboedriska avslutningar
Rhodochrosit	Trigonal	Massiv
Rhodonit	Triklin	Tabulär och massiv
Rutil	Tetragonal	Fyrsidigt prisma med pyramidala avslutningar (även acikulär och massiv granulär)
Scapolit	Tetragonal	Fyrsidigt prisma (även massiv)
Spinell	Kubisk	Oktaeder och spinell-tvilling (kontakttvilling)
Topas	Ortorombiskt	Tillplattat fyrsidigt prisma med pyramidala eller kupolformade avslutningar (prismaytor ofta vertikalt strierade)
Turkos	Triklin (kryptokristallin)	Massiv

Ädelsten	Kristallsystem	Form
Turmalin	Trigonal	Triangulärt prisma (vanligtvis med rundade ytor, kraftigt strierade längs längden)
Zirkon	Tetragonal	Fyrsidigt prisma med bipyramidala avslutningar

På grund av deras mikrokristallina struktur är ytorna på kryptokristallina ädelstenar något porösa och kan färgas med olika färger. Agater färgas ofta för att framställa tilltalande och kontrasterande nyanser av denna bandade variant av kalcedon, men bleka exemplar av jadeit har också färgats för att imitera den högre kvaliteten och därmed mer värdefulla gröna varianten av detta jade-material.

Även om alla kryptokristallina mineraler är massiva till sin form på grund av deras inre struktur, faller gemmologistuderenter ofta i fällan att tro att alla massiva material är kryptokristallina. Detta misstag händer ibland när man klassificerar rosenkvarts, eftersom den mycket sällan ses med en identifierbar extern kristallform och också är genomlysande i utseende.

Kristallina material har också det som kallas optiska axlar, vars betydelse kommer att diskuteras vidare i kapitel 6, som behandlar optiken hos ädelstensmaterial. Kristaller i de tetragonala, hexagonala och trigonala systemen har en optisk axel och kallas enaxliga, medan ortorombiska, monoklina och trikliniska kristaller har två sådana axlar och kallas tvåaxliga.

På samma sätt som en punkt i tredimensionellt utrymme kan definieras med hjälp av tre koordinatuppsättningar, kan de olika ytorna på en kristall identifieras med det som kallas kristallografiska index. De mest använda indexen är de som utvecklades av den brittiske kristallografen W. H. Miller på 1800-talet. Dessa Miller-index består av tre siffror för en treaxlig kristall, eller fyra siffror för en fyraaxlig kristall, och gör det möjligt att bestämma en kristallytas orientering i rummet av en kristall ansikte att vara entydigt kodade. För studenter som är intresserade av ämnet finns ytterligare detaljer om Miller-indexsystemet i Bilaga B.

Det metamiska tillståndet

Vissa mineraler som har utsatts för alfa-partikelbombardemang (antingen från sin omgivning eller från radioaktiva föreningar eller beståndsdelar) har därmed förlorat sina ursprungliga kristallstrukturer och blivit amorfa. Dessa mineraler beskrivs som metamiktiska substanser. I "låg" zirkon har det metamiktiska tillståndet orsakats av närvaron av små mängder radioaktivt uran och torium inom ädelstenen. Det sällsynta mineralet ekanit, som finns i de lankesiska ädelstensgruset, är också ett metamiktiskt material och innehåller en stor mängd torium.

Leverantörer av mineral exemplar

Brian Lloyd Minerals,

15a Pall Mall, London SW1Y 5LU

Gregory Bottley & Co.,

30 Old Church Street, London SW3

R. Holt & Co. L t d ,

98 Hatton Garden, London EC1

Manchester Minerals,

420 Manchester Road , Heaton Chapel, Stockport , Cheshire

Roughgems Ltd,

121 - 123 Charterhouse Street, London EC1M 6AA

The Gemmological Association of Great Britain,

St Dunstan's House, Carey Lane , London EC2V 8AB

4. Hårdhet, Brott, Klyvning och Delning

I kapitel 1 definierades de primära egenskaperna hos ett ädelstensmaterial som skönhet, sällsynthet och hårdhet. Medan en ädelstens skönhet eller sällsynthet kan kvalificera den för användning i smycken, är dess hårdhet eller hållbarhet den slutliga avgörande faktorn. Detta beror på att en ädelsten måste kunna motstå det slitage som smycken utsätts för i vardaglig användning. Den största faktorn här är inte så mycket de tillfälliga hårda stötar som en ring eller ett armband kan få, utan snarare den universella närvaron av mikroskopiska kvartsartiklar i atmosfären och i hushållsdamm. Dessa partiklar är i ständig kontakt med ädelstens yta och verkar som ett fint slipmedel.

För både gemmologiska och mineralogiska ändamål definieras hårdheten hos ett material som materialets förmåga att motstå repning när en spetsig bit av ett annat ämne dras över det (förutsatt att trycket som används inte är tillräckligt för att orsaka klyvning).

Mohs skala

Skalan för hårdhet som används universellt inom gemmologi och mineralogi utvecklades av den tyske mineralogen Friedrich Mohs. Denna skala är en jämförande skala och baseras på principen att varje ämne med ett givet hårdhetsvärde eller nummer kommer att repa ett annat ämne med ett lägre nummer, och i sin tur bli repad av ett ämne med ett högre nummer.

Mohs hårdhetsskala

1. **Talk (Talc)** - 1: Mjukt och lätt repbart.
2. **Gips (Gypsum)** - 2: Kan repa talk.
3. **Kalcit (Calcite)** - 3: Kan repa gips.
4. **Fluorit (Fluorite)** - 4: Kan repa kalcit.
5. **Apatit (Apatite)** - 5: Kan repa fluorit.
6. **Fältspat (Feldspar)** - 6: Kan repa apatit.
7. **Kvarts (Quartz)** - 7: Kan repa fältspat.
8. **Topas (Topaz)** - 8: Kan repa kvarts.
9. **Korund (Corundum)** - 9: Kan repa topas.
10. **Diamant (Diamond)** - 10: Hårdast, kan repa alla andra material.

Kanske det viktigaste att komma ihåg när man använder Mohs hårdhetsskala är att den är relativ och inte linjär (dvs. skillnaden i hårdhet mellan varje påföljande nummer är inte densamma). Till exempel är skillnaden i hårdhet mellan korund på 9 och diamant på 10 mycket större än den mellan topas och korund (på den linjära Rosiwalskalan för skärhårdhet är topas 175, korund 1000 och diamant 140000).

Även om hårdhet mätt på Mohs skala är en distinkt konstant för de flesta ädelstensmaterial, är dess användning inom gemmologi som en identifieringsfunktion begränsad. Detta beror på att en hårdhetstest i allmänhet är destruktiv eftersom den vanligtvis resulterar i en permanent repa eller märke på den testade ädelstenen. I många fall har ädelstenar liknande hårdhetsvärden, och testet skulle inte i något fall vara bekräftande. Eftersom det ofta finns mer pålitliga tester som kan göras på en ädelsten, bör en hårdhetstest endast övervägas som en sista utväg, och även då måste den utföras med stor försiktighet och begränsas till den minsta möjliga repa på den minst synliga delen av ädelstenen.

Hårdhetstestet är kanske ett av de mer tvivelaktiga arven från de tidigare dagarna av gemmologi innan andra mer pålitliga testtekniker hade utvecklats.

Det finns dock några tillfällen då en hårdhetstest är berättigad. Om till exempel en stor snidning ska identifieras och andra tester inte är praktiska, kan det vara tillåtet att utföra en repatest på basen av snidningen utan att förstöra dess utseende. Ett annat tillfälle när en hårdhetstest kan rättfärdigas är när man testar för diamant. Diamant är den enda ädelstenen som kommer att repa korund, och i detta fall testet är bekräftande och därför värt besväret. Hårdhetstester kan också användas på råa mineralprover, särskilt där storleken eller tillståndet hos provet utesluter andra tester.

På Mohs skala har kvarts en hårdhet på 7, och eftersom kvartsdamm är en stor orsak till slitage på smycken med ädelstenar, måste ädelstenar ha en hårdhet åtminstone jämförbar med detta om de ska behålla sin lyster när de sätts i ringar, broscher, hängen och armband. Ädelstenar med en hårdhet på 6 eller lägre tenderar att förlora sin ytglans snabbare än hårdare stenar och kan också drabbas av skador på fasetter från tillfälliga stötar eller slag. (Mohs hårdhetsvärden för alla ädelstensmaterial finns i tabellerna över konstanter i Bilaga B.)

Hårdheten hos en ädelsten beror delvis på dess densitet och delvis på dess kristallstruktur. Betydelsen av strukturen kan ses med grafit och diamant, som är de två kristallina formerna av kol. De atomiska lagren i grafit är placerade med 0,335 nm mellanrum, medan i diamant är lagren mer tätt bundna med 0,154 nm mellanrum, vilket gör diamant till det hårdaste av alla naturligt förekommande ämnen. Det är intressant att notera att den lösare bindningen mellan grafitens lager tillåter dem att glida relativt mot varandra, och det är denna egenskap som gör grafit till ett användbart smörjmedel.

Riktad hårdhet

Vissa kristallina ädelstensmaterial har också riktad hårdhet. Kyanit, till exempel, har en hårdhet på 4 i en riktning och vinkelrätt mot denna en hårdhet på 7. Diamant varierar också i hårdhet beroende på riktning, där planerna på dodekaederns ytor (formade vid skärningarna av den oktaedriska bipyramiden) är de mjukaste, och planerna parallella med de oktaedriska ytorna är de hårdaste. Skillnaden i hårdhet mellan kub- och oktaedrriktningarna i diamant kan vara så stor som tio till ett.

Förändringar i kristalltillväxt som producerar tvillingbildning (som i en diamant-tvinnad kristall), kan ytterligare komplicera situationen i ett mineral med riktad hårdhet och kan orsaka problem när det kan bli nödvändigt att såga eller polera över tvillingsgränserna. Alla dessa faktorer är relaterade till kristallografin hos ädelstenar och påverkar arbetet för både lapidärer och diamantpolerare, som måste vara medvetna om de bästa riktningarna för sågning och polering av ädelstenens kristall. Det faktum att diamant, det hårdaste av alla naturliga ämnen, alls kan skäras beror på dess riktade hårdhetsegenskaper.

Diamantdamm, som används som slipmedel vid sågning eller polering av diamanter, består av små, slumpmässigt orienterade partiklar av diamant. Det är denna slumpmässiga orientering av diamantdammens partiklar som säkerställer att några av deras skäreggar kommer att vara i riktningen med maximal hårdhet när de kommer i kontakt med ytan som poleras eller sågas. När diamantpoleraren måste placera en fasett parallellt med det oktaedriska planet med maximal hårdhet, kommer han att vinkla denna fasett något för att uppnå en arbetsskillnad mellan diamantens hårdhet och diamantdammens hårdhet.

Hårdhet, och de relaterade faktorerna densitet och atomstruktur, påverkar också kvaliteten på den glans som kan produceras på ytan av en ädelsten. Mjuka stenar kan vara svåra att polera och är

vanligtvis begränsade i sin glans, medan vissa kryptokristallina ämnen som jadeit har variationer i hårdhet över ytan vilket ger dem ett lätt gropigt eller apelsinskaligt utseende när de poleras. I kontrast till detta är diamant en av de främsta ädelstensmaterialen både vad gäller kvaliteten på dess adamantina glans och i plattheten som kan uppnås på dess polerade fasetter.

Trots sin hårdhet är diamant dock inte oförstörbar. I de tidiga dagarna av diamantprospektering i Sydafrika fanns det väldigt få personer som var tillräckligt erfarna för att identifiera diamant från andra stenar. På grund av detta baserade många prospektörer sitt test för diamant på den felaktiga tron att det var det enda mineralet som kunde överleva ett slag från en slägga. (Detta var ett av de test som förespråkades av den romerska filosofen Plinius för cirka 2000 år sedan!) Som ett resultat förstördes många fina diamanter av detta mest rigorösa av alla hårdhetstester. Mycket mindre drastisk behandling än detta kan också orsaka skador på en fasetterad diamant, eftersom det finns vissa riktningar längs vilka en diamant kan delas eller klyvas utan att använda överdriven kraft. Det är möjligt, till exempel, att en oturlig stöt på fel plats kan skada de sårbara fasettkanterna på en polerad diamant genom att klyva av en flisa från dess yta. Zirkoner, trots att de har en hårdhet på 7,5, har också en spröd kvalitet, och lösa stenar bör inte tillåtas att gnidas mot varandra i ett paket, utan bör vara individuellt inslagna.

Den populära tron att en diamant kan identifieras genom sin förmåga att repa glas bortser från det faktum att det finns flera imitationer av diamant (t.ex. syntetisk spinell, topas, YAG och till och med kvarts) som också kan repa glas. Men om ett repatest görs på glas med diamant i jämförelse med de hårdare av dess imitationer, är märket gjort av diamant definitivt djupare, och diamanten "biter" glaset lättare än de mjukare ädelstenarna.

Det är lika lärorikt att göra en serie repatester på en vanlig glas-mikroskopglas med olika bitar av ädelstensmineraler och använda samma tryck för varje test. Medan diamant gör en djup repa med lätthet, blir de som görs med korund och topas successivt mindre djupa, och när ett hårdhetsvärde nås som är bara ett steg högre än glasets, blir det ganska svårt att börja repa utan att tillämpa extra tryck. Som ett mycket enkelt sätt att uppskatta en ädelstens hårdhet, kan en mikroskopglas därför utgöra ett användbart referensmaterial, och eftersom det är relativt mjukt är det osannolikt att skada en ädelsten.

Speciella hårdhetspennor tillverkas för användning i repatester, och dessa består av metallhållare i vilka spetsiga fragment av ädelstensmineraler är monterade. Hårdhetstalet för varje mineral är präglat i ändarna på pennan.

När man använder hårdhetspennor bör den ädelsten som testas repas (företrädesvis i området kring kullen där märket blir minst synligt) med början från den mjukaste pennan och arbeta sig uppåt på skalan tills man når en som precis lämnar en synlig repa. Hårdheten hos ädelstenen kommer att vara någonstans mellan hårdheten för denna penna och den föregående.

Repan bör sedan torkas av och inspekteras med en lupp för att säkerställa att det är ett märke på ytan och inte en linje av pulver från testpunkten.

Som ett alternativ till den ganska riskabla användningen av hårdhetspennor kan en ädelsten testas genom att dra dess kula (inte dess fasettkanter) över den plana ytan av ett mineral med känd hårdhet. Ett set av hårdhetsplattor som omfattar månsten (6), kvarts (7), syntetisk spinell (8) och syntetisk korund (9) kan beställas från de flesta lapidärer och kommer att vara tillräckliga för de flesta hårdhetstester. En polerad sektion av en syntetisk korundboule kan också ge en användbar bekräftande testplatta för diamant.

Det måste dock betonas att när det blir nödvändigt att identifiera en ädelsten med hjälp av ett hårdhetstest, måste extrem försiktighet iakttas för att undvika att skada stenen. Denna varning gäller lika mycket för diamant som för de mjukare ädelstenarna.

Hittills har vi diskuterat det inneboende styrkan hos ett ädelstensmaterial i termer av dess förmåga att motstå nötning. Nu måste vi titta på två andra inneboende egenskaper hos en ädelsten som har att göra med dess strukturella svaghet.

Karakteristiska frakturer

Sättet på vilket en ädelsten bryts (annat än genom klyvning eller delning) kallas brott, och ytans kontur av ett brott kan ibland vara tillräckligt distinkt för att utgöra en användbar identifieringsfunktion. När man försöker identifiera en ädelsten är det därför ofta givande att undersöka den med en lupp eller ett mikroskop för tecken på karakteristiska brottskador. Typiska typer av brott, tillsammans med exempel på ädelstenar där de förekommer, är följande:

Konchoidalt brott	Detta är ett musselskalsliknande brott bestående av en serie små skalade ringar, liknande de som finns i en musselskal. Skapar släta, böjda ytor som liknar de på en musselskal. Exempel är Kwarts, obsidian.
Splinteraktigt brott	Denna typ av brott kännetecknas av dess långa, fibrösa splinter, vilket gör det till ett användbart identifieringsverktyg för material som jadeit, nefrit och elfenben.
Slät eller jämt brott	Denna typ av fraktur, eftersom den är helt platt, visar inga tecken på identifierbara oegentligheter. Exempel på släta frakturer kan ofta ses i rådiamanter
Hackigt brott	Denna typ av brott kännetecknas av dess ojämna och grova yta, vilket gör det till ett användbart identifieringsverktyg för både bergarter och material som bärnsten.

Klyvningsplan

Klyvningsegenskapen hos en ädelsten kan också hjälpa till vid dess identifiering, men det är oftare av intresse för lapidärer och polerare. Liksom vissa former av hårdhet är klyvning en riktad egenskap och kan därför endast finnas i kristallina ämnen.

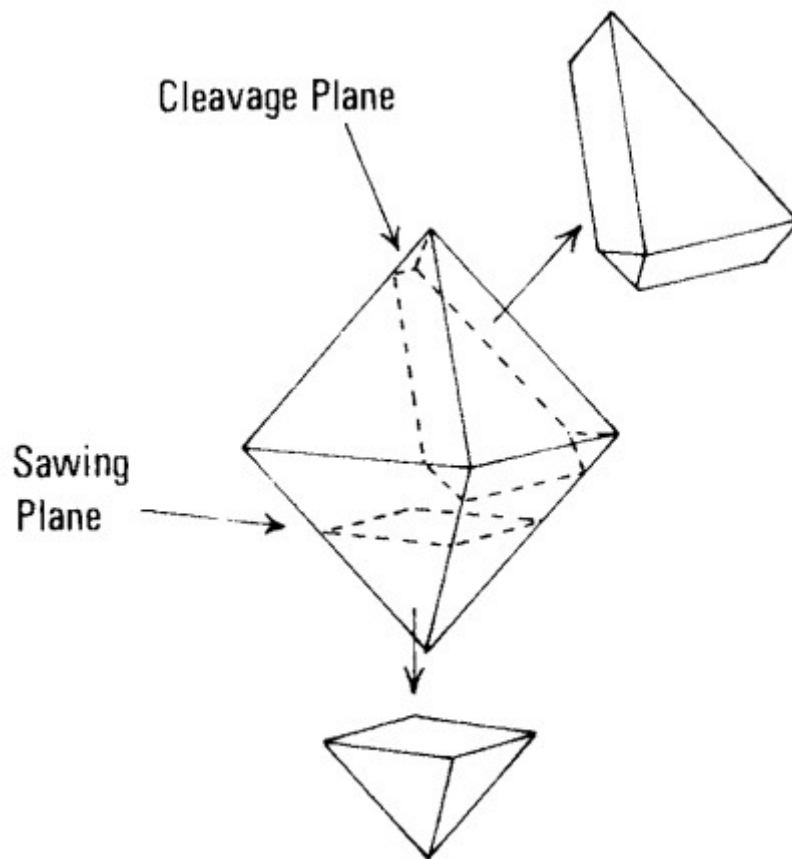


Fig. 4.1. Klyvning och sågning av plan i en oktaedral diamantkristall. Det finns fyra riktningar klyvning, var och en parallell med en oktaederyta

En ädelsten som kan klyvas sägs ha "ofullständig", "lätt" eller "perfekt" klyvning, beroende på hur lätt den kan delas i två längs ett plan med svag molekylär bindning. Klyvningsriktningar eller -plan finns i många ädelstensmineraler där "vidhäftningen" mellan molekylskikten är svag, och dessa skikt kan jämföras med fiberriktningen i ett trästycke. Alla kristallina ädelstenar har en "fiberstruktur", och vissa av dem, likt trä, kan bearbetas antingen genom att såga dem tvärs över fiberriktningen eller dela dem i två längs fiberriktningen. Det finns också många ädelstenar, som kvarts, som inte kan klyvas alls.

Exempel på ädelstenar med perfekt klyvning är fluorspar, topas och enstatit. I fluorspar och topas kan tecken på begynnande klyvning vanligtvis ses i den råa kristallen. I fluorspar framträder dessa klyvningsplan över hörnen av kuben (som kan klyvas successivt för att bilda en oktaeder), och i topas kan de ses vinkelrätt mot prismats längd. Klyvning beskrivs som prismatisk när den uppstår längs huvudaxeln av ett prisma, basal när den är vinkelrätt mot denna axel, eller oktaedrisk när den är parallell med ytorna av oktaederkristallen. När en lapidär slipar en ädelsten med perfekt klyvning undviker de klyvningsplanet för att förhindra att stenen delas.

Den mest kända användningen av klyvning sker med diamanter, där en stor oregelbundet formad kristall ibland delas på detta sätt snarare än genom den mycket långsammare metoden att såga. Det mest dramatiska exemplet på detta inträffade med den 3106 karat stora Cullinan-diamanten, som initialt klyvdes i tre delar. Innan en diamant kan klyvas måste dock en skåra skapas på diamantens yta, parallellt med en av de fyra oktaedriska klyvningsplanen. Skåran görs med en bit spetsig diamant fastsatt i änden av en pinne eller, på senare tid, med en laserstråle.

En klyvkniv sätts sedan in i denna skåra, där radien på bladets kant är sådan att det pressar utåt mot sidorna av skåran som en kil (Figur 4.2). Bladet ges en skarp knackning, och förutsatt att

klyvningsplanet har identifierats korrekt, kommer diamanten att delas rent i två. Och hos mer symmetriska diamanter är klyvningsplanen nästan aldrig i en riktning som skulle resultera i den bästa utbytet av polerade diamanter. I dessa fall sågas diamanterna i två delar i en riktning parallellt med kristallens naturliga rundning.

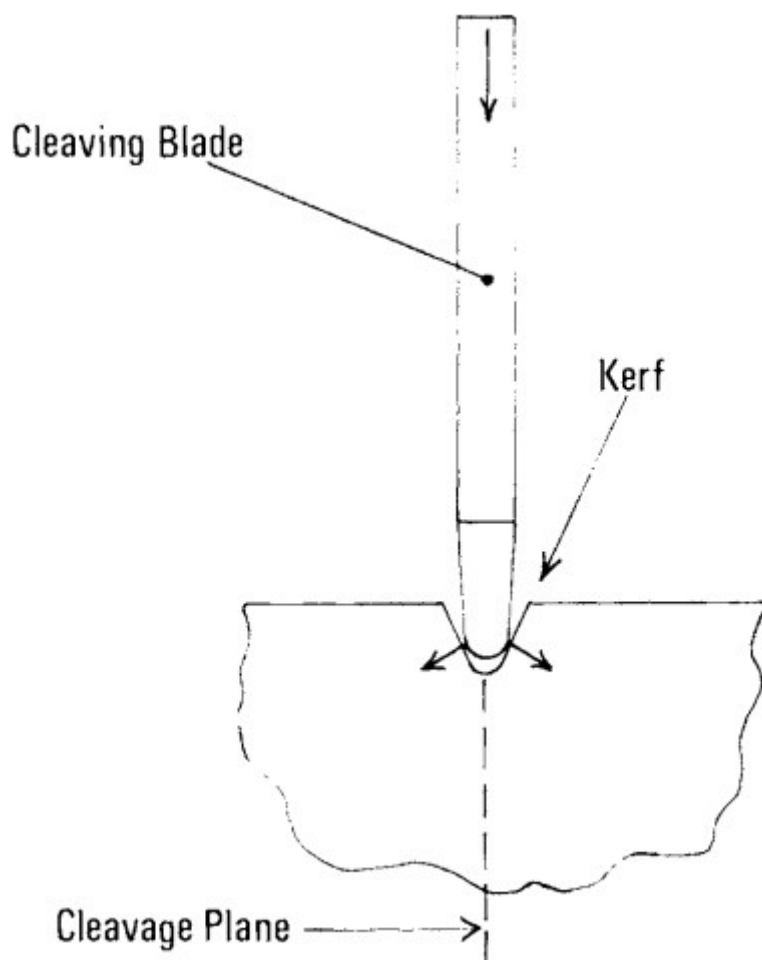


Fig. 4.2. Visar tekniken som används för att klyva en diamanter. Spetsen på den klyvande blade fungerar som en kil

Falsk klyvning eller avsked

Pseudoklyvning, falsk klyvning eller delning förekommer ofta i ädelstensmineraler som, även om de inte har klyvningsplan, har en riktning av svaghet som kallas ett delningsplan. Delning orsakas vanligtvis av sekundär eller lamellär tvillingbildning av ädelstenens kristall och förekommer i mineraler som rubin och labradorit. Det antas bero på höga tryck som har resulterat i att tunna plattor bildats inom stenen, vilka har en bestämd inriktning i förhållande till kristallstrukturen.

5. Specifik vikt

Archimedes' princip, formulerad av den grekiske vetenskapsmannen, matematikern och filosofen för över två tusen år sedan, fastslår att en kropp nedsänkt i en vätska upplever en uppåtriktad kraft som är lika stor som vikten av den undanträngda vätskan. Det var detta koncept som gav den första idiotsäkra metoden för att testa guld för renhet, och har sedan dess blivit grunden för en av de viktigaste testteknikerna inom gemmologi.

Innan vi tittar på de olika sätten på vilka Archimedes' princip har anpassats för gemmologiskt arbete, måste vi definiera termerna specifik vikt (ibland kallad relativ densitet när det gäller vätskor) och densitet, så att det inte råder någon förvirring mellan de två.

Den specifika vikten av ett ämne är förhållandet mellan dess massa och massan av en identisk volym rent vatten vid 4 °C. Eftersom det uttrycks som ett förhållande behövs inga måttenheter. Den specifika vikten (SG) för diamant är till exempel 3,52. Vatten väljs som standard för jämförande mätningar eftersom det är både stabilt och universellt tillgängligt. Enligt definitionen är den specifika vikten för vatten 1,0.

Densiteten av ett ämne definieras som dess massa per volymenhet och mäts inte som ett förhållande utan i termer av massenheter och volymenheter. De internationella SI-enheterna som valts för densitetsmätning är kilogram och kubikmeter. Kilogram per kubikmeter uttrycks matematiskt som kg/m^3 . Med dessa enheter är densiteten för diamant 3520 kg/m^3 .

För gemmologiskt arbete är vi dock huvudsakligen intresserade av den specifika vikten av ett ämne. Eftersom detta är en tillförlitlig konstant för de flesta ädelstensmaterial kan det vara mycket användbart som ett medel för att identifiera ett okänt prov, och även när ett prov inte kan identifieras positivt på detta sätt kan dess SG fortfarande vara av värde för att begränsa antalet möjligheter (SG-värden för de huvudsakliga ädelstensmineralerna finns med i konstanstabellerna i Appendix B). Den specifika vikten (SG) för ett ämne beror delvis på de atomära vikterna av dess beståndsdelar och delvis på hur kompakt strukturen som bildas av dessa element är. Diamant, till exempel, med sina relativt lätta men kompakt arrangerade kolatomer, har en högre SG än kvarts, som består av tyngre men mer spridda atomer av kisel och syre.

När man hanterar ädelstenar blir det snart uppenbart att stenar av liknande storlek kan kännas betydligt tyngre än andra. Zirkon är dubbelt så tungt som en opal med samma dimensioner. Denna metod att känna av en ädelstens SG är givetvis mycket grov och enkel, men den kan ibland vara av värde när man gör en snabb subjektiv bedömning av en sten.

Förskjutningsmetod för SG-bestämning

Eftersom en ädelstens SG bestäms av förhållandet mellan dess massa och massan av en identisk volym vatten, kan det vid första anblicken verka som om mätningen av dess SG skulle innebära beräkningen av stenens volym. Om stenen inte har en enkel och regelbunden geometrisk form, kan en sådan beräkning vara svår. Archimedes ställdes också inför detta problem. Hans lösning var att använda provet som ska testas för att förskjuta dess egen volym vatten in i ett mätkärl. För att uppnå detta designade han en apparat som kallas en eureka-bägare. Denna typ av anordning används fortfarande idag och består av en metallbehållare utrustad med ett överloppsror.

För att mäta SG av ett prov fylls eureka-bägaren först med vatten tills det precis börjar rinna ut ur röret. När vattnet har stabiliserats och överflödet upphört, placeras en tom bägare under röret, och provet som mäts sänks försiktigt ner i behållaren. Vattenvolymen som förskjuts till bägaren

representerar då volymen av provet. Det förskjutna vattnet kan sedan antingen vägas, eller dess volym kan mätas i en behållare graderad i kubikcentimeter (en kubikcentimeter rent vatten väger exakt ett gram vid 4 °C), den temperatur vid vilken dess densitet är maximum. Den specifika vikten av provet kan sedan beräknas genom att dividera volymen (eller vikten) av det förskjutna vattnet med vikten av provet:

$$\text{Specifik vikt} = \frac{\text{Vikten på ädelstenen (i gram)}}{\text{Vikten på det undanträngda vattnet (i gram)}}$$

$$\text{Specifik vikt} = \frac{\text{Vikten på ädelstenen (i gram)}}{\text{Volymen på det undanträngda vattnet (i kubikcentimeter)}}$$

Även om förskjutningsmetoden för att bestämma specifik vikt är lämplig för stora objekt (som sniderier, prydnadsföremål eller råa mineralprover), är den inte tillräckligt noggrann för användning med ädelstenar på grund av deras jämförelsevis lilla volym. Däremot används ofta tre andra metoder, som alla är baserade på Archimedes princip, inom gemmologiskt arbete.

Hydrostatisk vägning

Eftersom denna metod bygger på mycket noggrann vägning, bör den endast utföras med en balkvåg av analytisk typ med en känslighet på $\pm 0,001$ karat ($\pm 0,0002$ gram). Toppanvågar, som offerar känslighet för bekvämlighet, är normalt inte lämpliga för hydrostatisk vägning på grund av deras lägre känslighet och mindre anpassningsbara konstruktion.

Den hydrostatiska metoden är baserad på principen att ett objekt som är helt nedsänkt i en vätska upplever en uppåtriktad kraft, eller lyftkraft, som är lika stor som vikten av den undanträngda vätskan. Metoden innebär att man väger ädelstenen i luft och sedan igen när den är helt nedsänkt i rent vatten:

1. Väg stenen i luft och notera vikten (W1).
2. Väg stenen igen medan den är nedsänkt i vatten och notera vikten (W2).

Skillnaden i vikt mellan de två mätningarna (W1 - W2) ger vikten av den undanträngda vattnet, vilket motsvarar volymen av stenen. Den specifika vikten (SG) kan sedan beräknas med följande formel:

$$\text{Specifik vikt} = \frac{\text{Vikten i luft (W 1)}}{\text{Vikten i luft (W 1) - Vikten i vatten (W 2)}}$$

Denna metod är tillräckligt noggrann för att användas för små ädelstenar och ger ett pålitligt mått på deras specifika vikt.

Detta kan uttryckas i den enkla ekvationen:

$$\text{Specifik vikt} = \frac{A}{A - B}$$

där

A = Vikt av ädelsten i luft

B = Ädelstenens vikt i vatten

Eftersom metoden beror på mycket små skillnader i viktmätningar begränsar balansens känslighet användningen av hydrostatisk vägning till stenar på två karat och uppåt. Däremot, när man väger stora objekt, såsom sniderier, är det inte praktiskt att använda en balkvåg. En uppskattning av specifik vikt kan dock fortfarande erhållas genom att använda en fjädervåg för att väga objektet i luft och sedan när det är nedsänkt i en lämplig behållare med vatten. Med försiktighet kan man till och med bestämma skillnaden mellan jade-mineralerna nefrit på 3.0 och jadeit på 3.3 med denna metod.

När man använder den hydrostatiska metoden behövs några tillbehör till balansen (se Figur 5.1). Först och främst krävs en bägare med destillerat eller renat vatten, och denna måste placeras ovanför balansens vågskål genom att använda, till exempel, en träplattform som spänner över skålen utan att röra den. En spiraltrådshållare för att hänga upp ädelstenen i vattnet behövs också, och denna kan tillverkas av en bit 20-22 s.w.g. koppartråd. Spiralhållaren för stenen kan sedan fästas med ett tunt snöre till vågskålens upphängning.

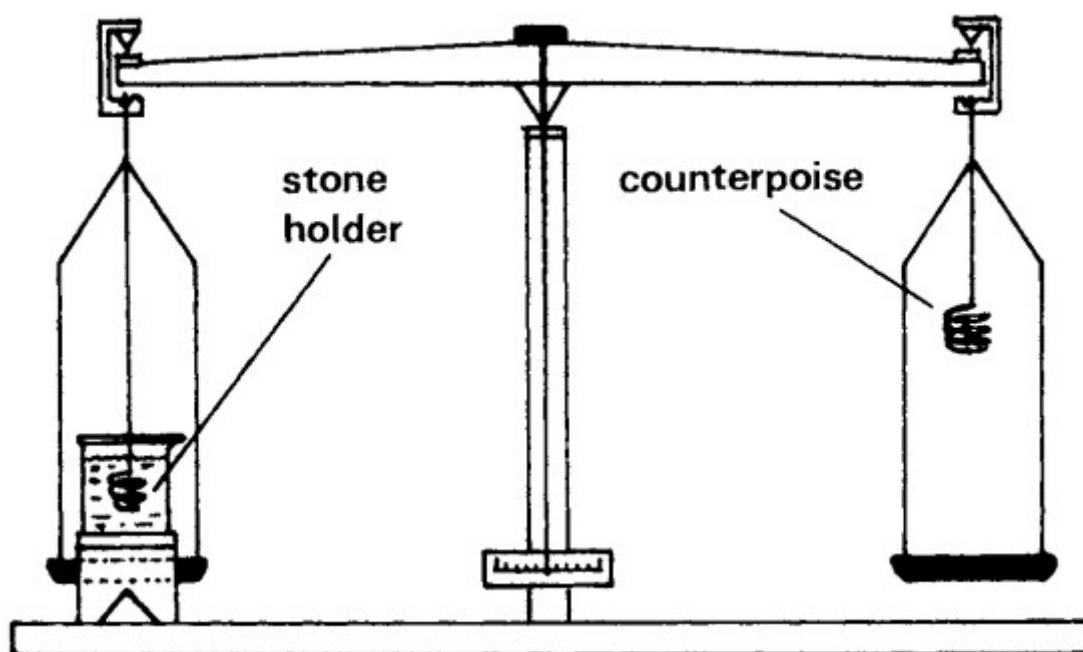


Fig. 5.1. Diagram som visar användningen av en strålbals för hydrostaten mätning av specifik vikt

Tråden som stödjer spiralhållaren bör vara av fin-gauge monofilamentnylon och inte flätad glastråd eller vävd tråd, eftersom dessa absorberar vatten genom kapillärverkan. Dess längd bör justeras så att spiralhållaren förblir nedsänkt i vattnet under hela balansens vertikala rörelse. Alternativt kan tråden uteslutas och spiralen förlängas så att den kan fästas direkt på vågskålens upphängning (detta kan dock minska balansens känslighet genom att påverka dess fria svängning).

Slutligen, för att förenkla beräkningarna av specifik vikt (SG), kan en motvikt monteras på den andra vågskålen för att balansera vikten av stenhållaren när den är nedsänkt i vattnet. Detta kan göras av en längre bit liknande tråd, som sedan kan klippas tillbaka tills balansen är i jämvikt.

De fyra tillbehören som krävs för hydrostatisk vägning kan köpas från Gem Instruments Corporation och består av en bägare, en bägarställning, en stenhållare och en motvikt. Liknande tillbehör tillverkas av Sauter (Figur 5.2), Sartorius och Mettler för användning med deras substitutionsbalanser av analytisk typ.

Även om specifika gravitationsmätningar enligt definition bör göras med rent vatten vid 4 °C, kommer de fel som introduceras genom att använda renat eller destillerat vatten vid rumstemperatur främst att påverka den tredje decimalen i resultaten, och kan därför bortses från vid normalt gemmologiskt arbete.

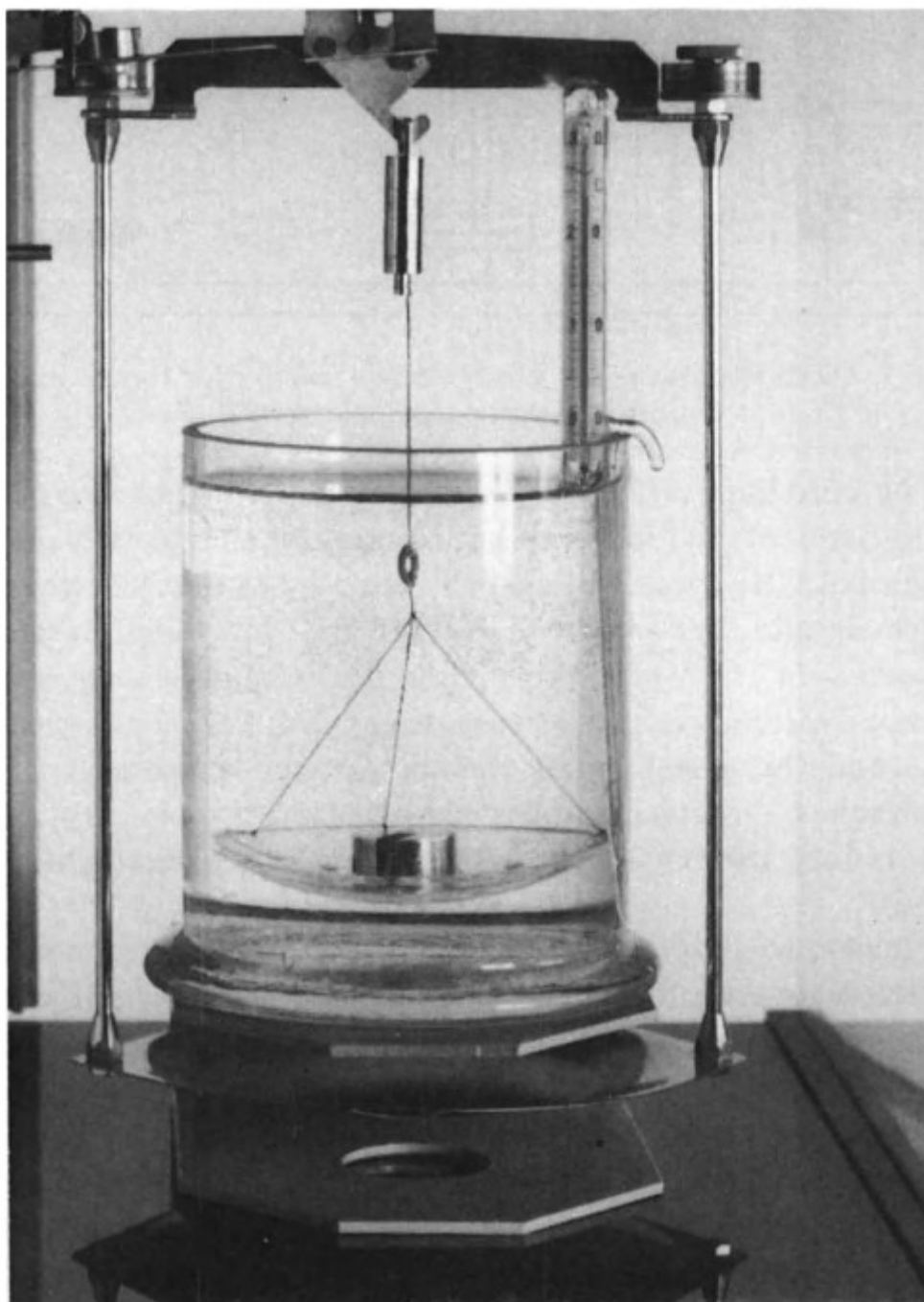


Fig. 5.2. Ett kit med tillbehör för bestämning av specifika gravitation genom hydrostatisk vägning (monterad på en Sauter-våg)

Fel kan också uppstå på grund av bubblor som fastnar på ädelstenen och på grund av vattnets ytspänning, vilket kan orsaka en friktionsliknande dragning på trådstöd som rör sig genom vattnet. Bubblor kan avlägsnas genom att noggrant väta ädelstenen före nedsänkning. Eventuella kvarvarande bubblor kan sedan försiktigt avlägsnas från stenen och trådstödet med hjälp av en fin pensel. Användning av destillerat vatten kommer att förhindra att bubblor bildas från luft som finns i vattnet. Ytspänningseffekter kan minskas genom att blanda en droppe diskmedel med vattnet. Alternativt kan vattnet i bägaren ersättas med en vätska som har lägre ytspänning, såsom toluen,

och den resulterande SG-bestämningen multipliceras med SG för vätskan (0,869 för toluen). Eftersom toluens SG är mycket känsligare för temperatur än vad vatten är, är det viktigt att göra en korrigering för rumstemperaturen när denna avviker avsevärt från 15 °C (d.v.s. temperaturen vid vilken toluens SG anges). En tabell som anger SG för toluen över ett intervall av temperaturer finns inkluderad i R. Websters Gemmologists' Compendium.

Eftersom en framgångsrik hydrostatisk bestämning av SG beror på noggrann vägning, är detta ett bra tillfälle att beskriva den rekommenderade metoden för att använda en tvilling-pan balkvåg. Antingen gram eller metriska caratvikter är lämpliga för gemmologiskt arbete. (Det finns fem metriska carat per gram, och ett tusen gram per kilogram. Se Appendix B för andra enheter.) Ett gramsätt av vikter kommer vanligtvis att omfatta intervallet från 100 ned till 1 gram i mässingsvikter och från 0,5 ned till 0,001 gram i aluminiumvikter.

När du gör en vägning, ska en enskild vikt väljas som är precis tyngre än objektet som vägs. Denna ersätts sedan med ett motsvarande värde av mindre vikter som avlägsnas från vågskålen en i taget, och arbetar igenom viktintervallet tills objektet som vägs är precis tyngre än vikterna. Den lägsta värdevikten som avlägsnades återställs sedan på vågskålen med ett motsvarande värde av mindre vikter och processen upprepas, arbetande metodiskt igenom underindelningarna tills en balans uppnås. Vikterna på vågskålen kan sedan summeras för att komma fram till vikten av stenen för att undvika att skada balansens vridpunkter är det viktigt att stoppa balansen innan vikter tas bort eller läggs till på vågskålen. Vikterna bör hanteras med pincett för att undvika kontaminering som kan påverka deras noggrannhet. När du använder en modern substitutionsanalysvåg hanteras vikterna mekaniskt, men metoden att arbeta systematiskt genom viktintervallen förblir densamma.

Innan vi lämnar ämnet hydrostatisk vägning bör Hännema specific gravity balance nämnas, vilket möjliggör en direkt SG-mätning utan behov av beräkning. Vågen består av en lång, lätt aluminiumstråle som är upphängd från dess mitt med en tråd. Ädelstenen vägs i luft på en skål som är upphängd i ena änden av strålen, och strålen balanseras genom att lägga till vikter på en "hängare". Vägningen upprepas sedan med ädelstenen nedsänkt i vatten, och strålen balanseras igen genom att glidande vikt hängaren mot strålens stödpunkt. Ädelstenens SG läses sedan av på en skala på strålen vid viktens hängarens upphängningspunkt.

Tunga vätskor

Ett av de alternativa (även om mindre precisa) sätten att bestämma en ädelstens specifika vikt involverar användning av tunga vätskor. Denna teknik har dock två fördelar: den är vanligtvis snabbare, och det finns ingen nedre storleksgräns för dess användning.

I sin enklaste form använder SG-testet tre eller fyra vätskor med specifika vikter mellan 2,65 och 4,15. Ädelstenen som testas nedsänks i varje vätska i tur och ordning, dess specifika vikt ligger mellan SG för vätskan i vilken den just sjunker och den för vätskan i vilken den just flyter. Principen som används här är återigen Archimedes'. Om ädelstenen som testas blir fritt svävande i en av de tunga vätskorna, indikerar detta att den upplever en uppåtriktad kraft (på grund av förskjutningen av vätskan) som är exakt lika med dess egen vikt. Dess SG är därför exakt lika med vätskans.

Tunga vätskor började användas seriöst inom gemmologi på 1920-talet vid Gem Testing Laboratory inom Londons handelskammare, där de användes för att skilja de tätare japanska odlade pärlorna från de naturligt formade orientaliska pärlorna. Medan en mängd olika tunga vätskor har experimenterats med genom åren, har två av dessa, bromoform och metyljodid, kommit till allmän användning på grund av deras relativa stabilitet och säkerhet. En tredje tung vätska, Clericis

lösning, även om den är både giftig och frätande, används ibland för bestämningar av hög specifik vikt. Kompositionerna och specifika vikterna för dessa tre vätskor är följande:

- Bromoform, CHBr_3 : 2,89
- Metyljodid, CH_2I_2 : 3,32
- Clericis lösning*: 4,15

Dessa tre grundläggande tunga vätskor kan spädas ut för att producera ytterligare testvätskor med specifik vikt (SG) som motsvarar några av de viktigaste ädelstensarterna (t.ex. kvarts vid 2,65 och turmalin vid 3,05 - se Figur 5.3). Detta möjliggör snabb och noggrann bestämning av en ädelstens SG, vilket underlättar identifiering och klassificering.



Fig. 5.3. En uppsättning tunga vätskor som används för att uppskatta det specifika gravitationen av ädelstenar. Flaskan i mitten innehåller ett salt lösning som används för att testa bärnsten

* Talliummalonat och talliumformiat i vatten.

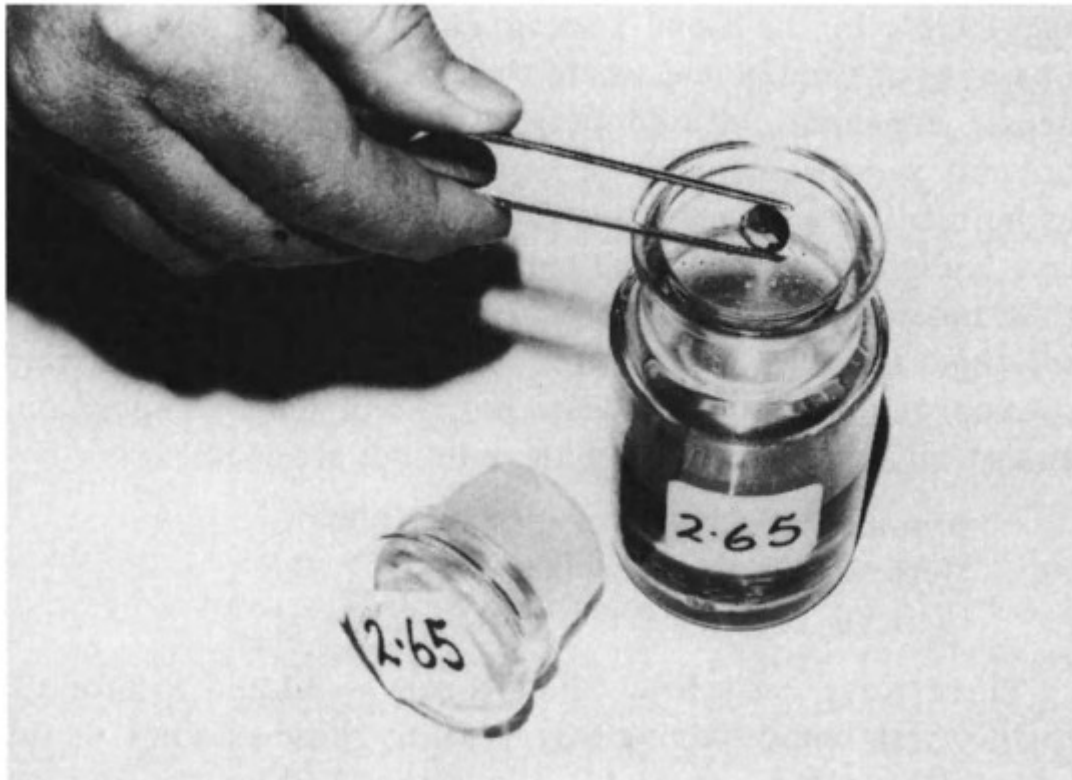


Fig. 5.4. Överst: ett okänt ädelstensexemplar tappas i en flaska tung vätska med ett SG på 2,65. Nederst: det okända ädelsten flyter fritt i vätskan, vilket bekräftar att det är en av kvartssorterna

Flaskan består av en liten glasflaska med en slipad glaspropp genom vilken en kapillärkanal löper. Flaskan är i huvudsak en exakt kalibrerad behållare och har vanligtvis sin inre volym (uppmätt vid 20 °C) ingraverad på utsidan av glaset. Om flaskan först vägs tom och sedan när den är fylld med den okända tunga vätskan (kapillärkanalen i proppen säkerställer en exakt fyllning), kommer skillnaden mellan dessa två vägningar att ge vikten av den tunga vätskan.

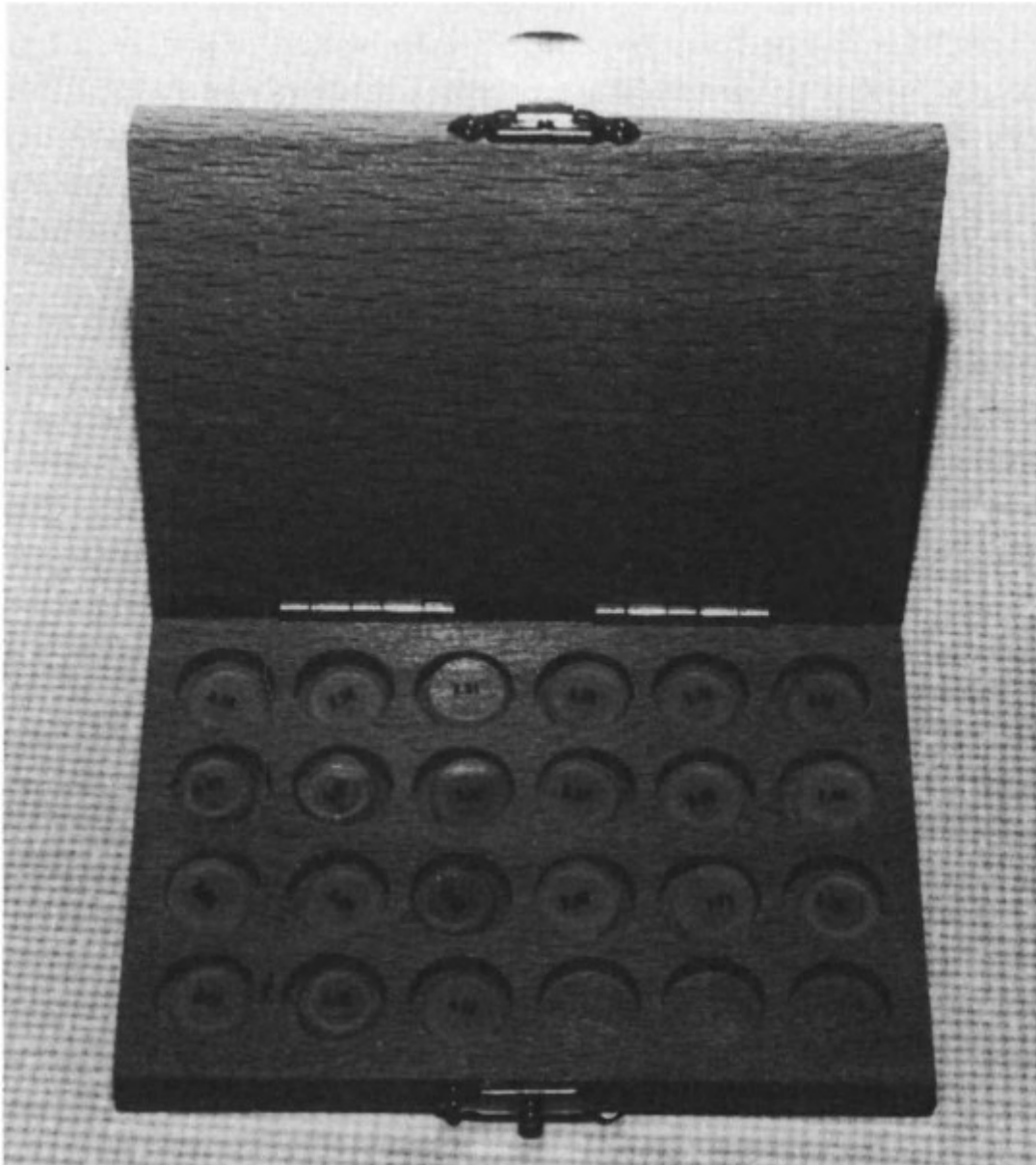


Fig. 5.5. En låda med tjugoen glasspecifik viktindikatorer från 2.28 till 4.05. Indikatorerna har sina SG-värden outplånligt smälta i dem och kan lätt läsas när de är nedsänkta. (Gemmologisk Instruments Ltd - se sidan 77)

Om denna vikt divideras med flaskans inre volym i milliliter (kubikcentimeter) ger detta vätskans specifika vikt och även den testade ädelstenens specifika vikt. Specifik gravitet-flaskor (listade som "densitetsflaskor") finns tillgängliga från Baird and Tatlock och från Wood Brothers Glass Co. Ltd, i storlekarna 10, 25, 50 och 100 milliliter (se sidan 77 för adresser).



Fig. 5.6. En "densitetsflaska" för det exakta bestämning av specifik vikt med hjälp av blandade tunga vätskor (Baird och Tatlock)

På grund av de tunga vätskornas natur bör de aldrig användas för att testa porösa stenar som opal och turkos. Det är inte heller lämpligt att sänka ner en sprucken eller defekt sten i någon av vätskorna, eftersom dessa kan tränga in i stenen och orsaka tillfällig missfärgning.

När man testar en sten är det praktiskt att använda en pincett för att sänka ner stenen i vätskan och för att ta upp den igen. För att undvika att kontaminera vätskorna är det viktigt att både pincetten och stenen rengörs noggrant mellan varje test. Om Clericis lösning används, måste både stenen och pincetten sköljas i vatten efter testet.

Säkerhetsåtgärder

Försiktighet bör iaktas för att undvika att få Clericis lösning på huden eller kläderna, eftersom den är både giftig och frätande. Det är också lämpligt att undvika onödig kontakt med andra tunga vätskor, eftersom deras starkt luktande och något giftiga ångor kan ta tid att sprida sig.

Följande säkerhetsanmärkning, publicerad i april 1979-utgåvan av Journal of Gemmology, innehåller råd från Health and Safety Executive vid Department of Health and Social Security om användning av gemmologiska testvätskor.

Försiktighet bör iaktas när man använder etylen dibromid (en misstänkt cancerframkallande vätska som ibland används för SG-bestämningar och vid hydrostatisk vägning) eller någon annan tung

vätska som används inom gemmologi, för att undvika hudkontakt eller inandning av ånga. Under inga omständigheter bör någon av de vätskor som används av gemmologer för stentester sväljas. Vid hudkontakt bör vätskan tvättas av; om den kommer i ögonen, bör de sköljas noggrant med rinnande vatten; vid förtäring bör kräkning framkallas och medicinsk hjälp sökas. Som med vissa andra flyktiga vätskor är det också lämpligt att undvika rökning när man använder tunga vätskor.

Om metyljodid lämnas exponerad för dagsljus, kommer den långsamt att mörkna i färg på grund av frisättning av jod inom lösningen. Tillsats av några bitar koppartråd till flaskan kommer dock att absorbera joden och ljusa upp vätskans färg igen. Bromoform mörknar också när den utsätts för dagsljus, men i detta fall beror missfärgningen på frisättning av brom. Vätskan kan ljusas upp genom att tillsätta en liten mängd kvicksilver till den och skaka flaskan kraftigt.

Testar för bärnsten

En ytterligare "tung" vätska, som föreslagits av R. Webster, kan användas för att testa bärnsten och skilja den från dess imitationer. Testvätskan består av en lösning gjord av tio jämna teskedar vanligt salt upplösta i en halv pint vatten. Den resulterande vätskan har en tillräckligt hög specifik vikt (SG) för att få bärnsten (SG = 1,08) att flyta, medan de olika plast- och Bakelitimitationerna sjunker (kopalhartser och polystyren kan tyvärr inte skiljas från bärnsten med detta test).

Leverantörer av SG-testutrustning

Baird and Tatlock (London) Ltd,
PC Box 1, Romford RM1 1HA, Essex
Gem Instruments Corporation,
1660 Stewart Street, PO Box 2147, Santa Monica, California 90406, USA
Gemmological Instruments Ltd ,
St Dunstan's House , Carey Lane, London EC2V 8AB
Hanneman Lapidary Specialties,
PO Box 2453, Castro Valley, California 94546, USA
Wood Brothers Glass Co. Ltd ,
Borough Flint Glass Works, Barnsley, South Yorkshire S71 IHL

6. Brytningsindex och dubbel refraktion

För identifieringsändamål är den enskilt viktigaste informationen om en ädelsten dess brytningsindex. Anledningen till detta är att brytningsindexet (RI) för de flesta ädelstenar är en konstant som kan mätas med precision till fyra betydande siffror (dvs. till tre decimaler). På grund av denna precision och konstans kan de flesta ädelstenar lätt särskiljas, även när deras RI skiljer sig mycket lite (t.ex. naturlig och syntetisk spinell; rosa topas och turmalin).

Brytningsindexet för ett material är ett mått på graden till vilken det böjer eller bryter ljusstrålar som passerar genom det. När en ljusstråle passerar från ett medium (som luft) in i ett annat medium med större optisk densitet (som en ädelsten) bryts strålen, eller böjs, mot normalen (dvs. mot en tänkt linje dragen vinkelrätt mot ytan - se Figur 6.1). Omvänt, när strålen lämnar ädelstenen och passerar ut i luften, bryts den bort från normalen. (Observera: för optiskt arbete anges alla strålvinklar i förhållande till normalen.)

Kanske det vanligaste exemplet på brytning är den skenbara böjningen av en stav när den är delvis nedsänkt i vatten. Brytningsindexet för ett material kan faktiskt uttryckas som förhållandet mellan materialets optiska densitet och den för luft (standarden för alla praktiska gemmologiska ändamål):

$$RI = \frac{\text{Materialets optiska densitet}}{\text{Optisk densitet av luft}}$$

Ju större skillnaden är i optisk densitet mellan de två medierna, desto större kommer ljusets brytning att vara när det passerar genom dem. Eftersom ljusets hastighet minskar i ett optiskt tätt material (och är omvänt proportionellt mot den optiska densiteten), kan RI för materialet också uttryckas som förhållandet mellan ljusets hastighet i luft och ljusets hastighet i mediet.

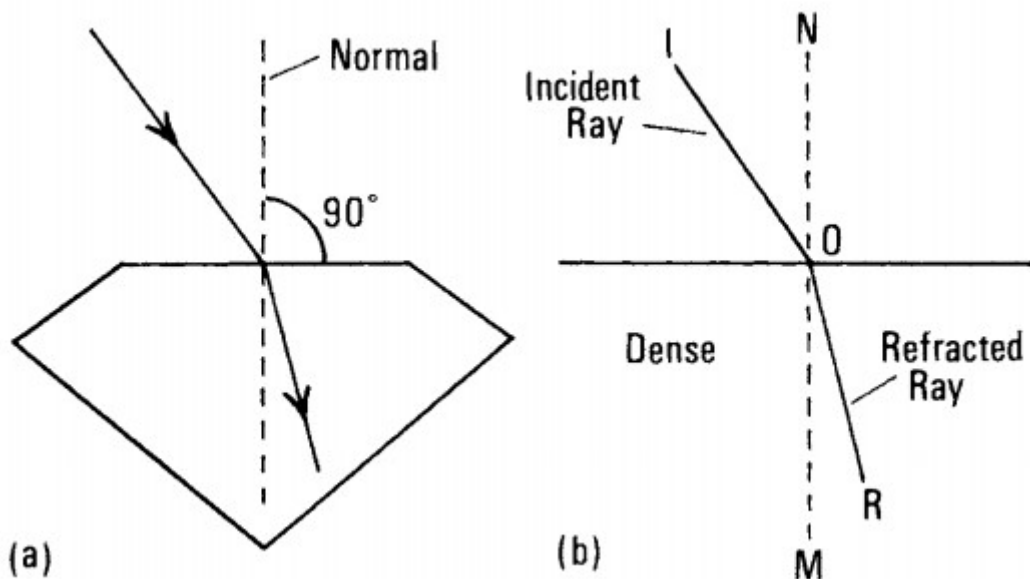


Fig. 6.1. Vid (a) bryts en infallande ljusstråle som går in i en ädelsten från luft mot normalen. En stråle som lämnar ädelstenen och passerar in i luft kommer att brytas bort från normalen. Det allmänna fallet visas i (b), där brytningsindexet för ett optiskt tätt material i ett mindre tätt medium (som luft) kan beräknas genom att dividera sinus för vinkel ION med sinus för vinkel MOR.

År 1621 upptäckte W. Snell, en professor vid Leyden Universitet, brytningslagen och möjliggjorde därmed de efterföljande snabba framstegen inom tillämpad optik. Snells lag säger att:

(1) När en ljusstråle passerar från ett medium till ett annat, finns det en bestämd relation mellan sinus för infallsvinkeln och sinus för brytningsvinkeln, som endast är beroende av de två medierna och ljusets våglängd.

(2) Den infallande strålen, normalen (vid infallspunkten) och den brutna strålen ligger alla i samma plan

Enligt Snells lag kan materialets brytningsindex därför uttryckas som förhållandet mellan infallsvinkeln i luft och brytningsvinkeln i materialet (Figur 6.1(b)).

$$RI = \frac{\sin ION}{\sin MOR}$$

Lyckligtvis för den upptagna gemmologen finns det flera metoder för att bestämma en ädelstens RI utan att behöva mäta vinklar och hänvisa till trigonometriska tabeller.

Approximering av RI genom nedsänkning

När en färglös transparent ädelsten sänks ner i en vätska med ett brytningsindex (RI) nära stenens, blir den nästan osynlig. Även om ädelstenen har en kroppsfärg blir dess fasettkonturer (eller dess form) otydliga. Detta ger en enkel metod för att approximera stenens RI, eftersom stenen kan doppas i sin tur i en serie små krukor eller skålar som innehåller vätskor med olika brytningsindex. Stenens RI kommer att vara nära vätskans RI där stenens konturer verkar mest suddiga. Precis som med SG-bestämningar med tunga vätskor, bör denna metod inte användas med ädelstenar med en porös yta (dvs. opal och turkos), eller med ämnen som kan vara lösliga i testvätskan! Lämpliga nedsänkingsvätskor och deras brytningsindex är som följer:

Vatten 1.33	Bromoform* 1.59
Alkohol 1.36	Jodbenzen 1.62
Petroleum 1.45	Monobromonaftalen 1.66
Bensin 1.50	Jodnaftalen 1.70
Kryddnejlikeolja 1.54	Metylenjodid* 1.74
Refraktometerkontaktvätska 1.81	

*Tung vätska som används för SG-tester (se säkerhetsanmärkning i slutet av kapitel 5).

Approximering av RI med Becke-linje-metoden

Även om denna teknik ursprungligen utvecklades för mätning av pulverprover av okända material (eller inneslutningar), anpassades den av R. K. Mitchell för användning med fasetterade ädelstenar. Metoden kräver användning av ett mikroskop med ljusfältsbelysning (dvs. genomlyst ljus), en irisjustering och en förstörningsfaktor på mellan 30 x och 40 x.

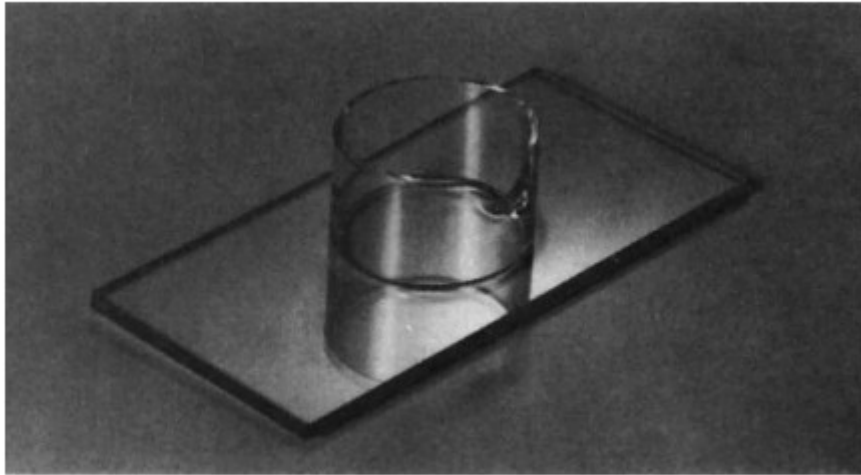


Fig. 6.2. En glassänkingscell kan användas för att approximera en ädelstens brytningsindex med Becke-linjemetoden. (Gemmological Instruments Ltd.)

Ädelstenen som testas placeras, med bordfacet nedåt, i en nedsänkingscell (Figur 6.2) som innehåller en vätska med känt brytningsindex. Nedsänkingscellen placeras på mikroskopets scen så att paviljongens kanter är synliga, och irisreglaget stängs så att ljusvägen begränsas till området kring ädelstenen. Mikroskopet fokuseras sedan ner från vätskan in i stenen. Om facetkanterna ändrar utseende från ljus till mörk när mikroskopet fokuseras in i stenen, är brytningsindex för ädelstenen högre än vätskans. Om det motsatta inträffar, och facetkanterna ändrar från mörk till ljus, är brytningsindex för stenen lägre än vätskans. Genom att successivt byta vätskan i nedsänkingscellen till en med högre eller lägre brytningsindex kan en nära approximation av ädelstenens brytningsindex erhållas. I vissa fall SG för ädelstenen kommer att vara lägre än testvätskans, och det kommer att vara nödvändigt att sänka ner stenen medan testet genomförs.

Direct method of RI measurement

Denna avläsning subtraheras från den första fokuseringsavläsningen (d.v.s. av stenen), erhålls stenens verkliga djup. Det slutliga steget är att dividera det verkliga djupet med det skenbara djupet, vilket ger stenens brytningsindex.

Denna metod är användbar för att bestämma brytningsindex hos höga RI-stenar såsom diamant (2,42) och zirkon (1,93). Till skillnad från andra tekniker som beskrivs senare i detta kapitel, är den också oberoende av stenens ytfinish och kvalitet.

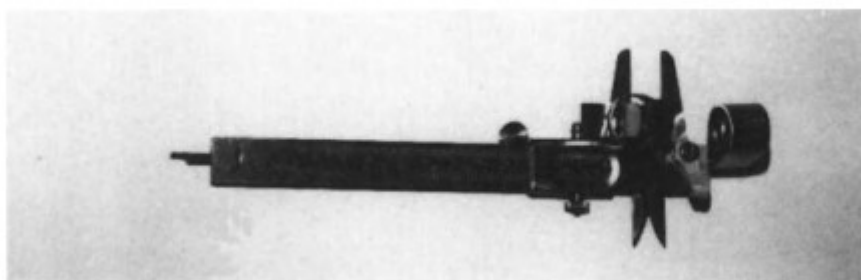
När metoden används, placeras ädelstenen på mikroskopet med sin spets (culet) i kontakt med scenen och dess övre fasett parallellt med scenen (en liten bit plastelin kan användas för att fixera stenen i denna position). Med maximal förstoring (för att få ett grunt fokuseringsdjup), fokuseras mikroskopet försiktigt på ytan av bordets fasett, och fokuseringsinställningen läses av från skalan. Mikroskopet fokuseras sedan ner genom stenen tills spetsen är skarpt definierad, och en andra avläsning tas. Om den andra avläsningen subtraheras från den första, blir resultatet stenens skenbara djup.

Det verkliga djupet kan erhållas genom att flytta stenen åt sidan och fokusera mikroskopet på scenens yta. Om denna avläsning subtraheras från den första fokuseringsavläsningen (d.v.s. av stenen), erhålls stenens verkliga djup. Det slutliga steget är att dividera det verkliga djupet med det skenbara djupet, vilket ger stenens brytningsindex.

Sammanfattningsvis erbjuder denna metod en direkt mätning av ett materials brytningsindex och är särskilt användbar för ädelstenar med högt brytningsindex, samtidigt som den eliminerar beroendet av stenens ytfinish.

Om denna tredje avläsning subtraheras från den första, kommer resultatet att vara stenens verkliga djup (alternativt kan detta mätas separat med en Leveridge-mätare). Stenens brytningsindex kan sedan erhållas genom att dividera det verkliga djupet med det skenbara djupet.

För studenter som inte har ett kalibrerat mikroskop kan ett alternativt instrument, designat av H. Bartman, produceras till rimlig kostnad genom att modifiera en skjutmått (Figur 6.3). Modifieringen består i att montera en handlins (med minst 10x förstoring) till den övre rörliga delen av mätaren, och att montera en lämplig klämma för att hålla stenen eller ringens skänkel mot mätarens kropp.



Figur 6.3. En skjutmått, modifierad med tillägg av en handlins och en monteringsklämma, kan användas för att mäta en ädelstens brytningsindex med den direkta metoden

Mätverktyget används först konventionellt för att mäta ädelstenens verkliga djup från bordfacet till kulan. Stenen fästs sedan i klämman med bordfacet uppåt, och mätverktyget justeras tills först bordfacet och sedan kulan är i fokus. Avläsningarna för dessa två inställningar läses av från vernierskalan och subtraheras från varandra för att erhålla stenens skenbara djup. Precis som med mikroskopmetoden är stenens RI lika med det verkliga djupet delat med det skenbara djupet.

Mätning av RI med en refraktometer

Kritisk vinkel-refraktometern är kanske ett av gemmologens viktigaste instrument för ädelstensidentifiering för att förstå hur den fungerar måste vi först överväga vad som händer när ljusstrålar som färdas i ett optiskt tätt medium möter ytan av ett mindre tätt eller sällsynt medium (Figur 6.4). Om vi tar stråle I1, som är lutad i en stor vinkel mot normalen, kommer denna att reflekteras tillbaka helt från gränssytan mellan de två medierna som R1, och följer reflektionslagen (dvs. infallsvinkeln är lika med reflektionsvinkeln, och både den infallande strålen, normalen vid infallspunkten och den reflekterade strålen ligger i samma plan). När infallsvinkeln gradvis minskar (I2), kommer strålen fortsätta att reflekteras (R2), men till slut nås en punkt (I3) där strålen inte längre följer reflektionslagen utan istället färdas längs gränssytan mellan de två medierna (R3). Vinkeln vid vilken detta inträffar kallas den kritiska vinkeln för total reflektion och beror på brytningsindexen för både det tunnare och det tätare mediet. (I ädelstensbearbetning och diamantfasettering är den kritiska vinkeln för en ädelsten - relativt luft - av största vikt, och dess beräkning och praktiska tillämpning kommer att diskuteras mer ingående i nästa kapitel.)

Fig. 6.4. Den kritiska vinkeln för total reflektion beror på brytningsindexen hos båda medierna. Vid vinklar större än den kritiska (I_{cNd}), reflekteras de infallande ljusstrålarna. Vid vinklar mindre än den kritiska vinkeln bryts strålarna genom det tunnare mediet.



Fig. 6.5. En standard kritisk vinkelrefraktometer med kontaktvätska och polariseringsfilter.
(Gemmological Association of All Japan)

Slutligen kommer större delen av ljuset i strålarna I4, I5, som har en vinkel mot normalen som är mindre än den kritiska vinkeln, att passera in i det tunnare mediet och följa brytningslagarna, och endast en del av detta ljus kommer att reflekteras tillbaka från gränssytan. Om det tätare mediet utgör en del av ett optiskt instrument (som i en refraktometer - Figur 5.5), och det tunnare mediet är en ädelsten, kommer ljusstrålarna som passerar genom det tätare mediet att reflekteras tillbaka från ädelstenens yta över en båge av infallsvinklar större än den kritiska vinkeln, men de kommer att "fly" genom ädelstenen vid infallsvinklar lika med eller mindre än den kritiska vinkeln. Som tidigare nämnts är den kritiska vinkeln beroende av de två mediernas brytningsindex:

$$\sin \text{ för den kritiska vinkeln} = \frac{RI \text{ för det tunnare mediet}}{RI \text{ för det tätare mediet}}$$

Eftersom RI för det tätare mediet är en del av det optiska instrumentet är det därför en konstant. RI för det mer sällsynta mediet i Figur 6.4 (d.v.s. ädelstenen) är därför direkt relaterad till den kritiska vinkeln:

$$RI = n_1 \sin I_{cOND}$$

där n_1 är RI för det tätare mediet (dvs. refraktometerns 'glas') och I_{cOND} är kritiska vinkeln. Ju större stenens RI är, desto större blir den kritiska vinkeln mellan den och det tätare mediet.

Den kritiska vinkelrefraktometern består i grunden av en glaskula eller prisma, ett optiskt betraktelsessystem och en genomskinlig kalibrerad skala (Figur 6.6). De ljusstrålar som har en infallsvinkel större än den kritiska vinkeln reflekteras tillbaka vid gränssytan mellan ädelstenen och glaset och går in i det optiska systemet. Strålar med en vinkel mindre än den kritiska vinkeln bryts ut i ädelstenen. De strålar som reflekteras används för att lysa upp den genomskinliga skalan. Detta resulterar i att skalan får en starkt belyst del (reflekterade strålar) och en mörk del (strålar som bryts ut genom ädelstenen). Skugggränsen mellan de två delarna fungerar som en markör för att indikera ädelstenens RI på den kalibrerade skalan.

På grund av svårigheten att uppnå en god optisk kontakt mellan ädelstensfacetterna och refraktometerns glas används en kontaktvätska. En droppe av denna vätska placeras på glasets mitt och ädelstenen sänks ner på den. Vätskan utesluter effektivt all luft från gränssytan mellan ädelstenen och glaset,

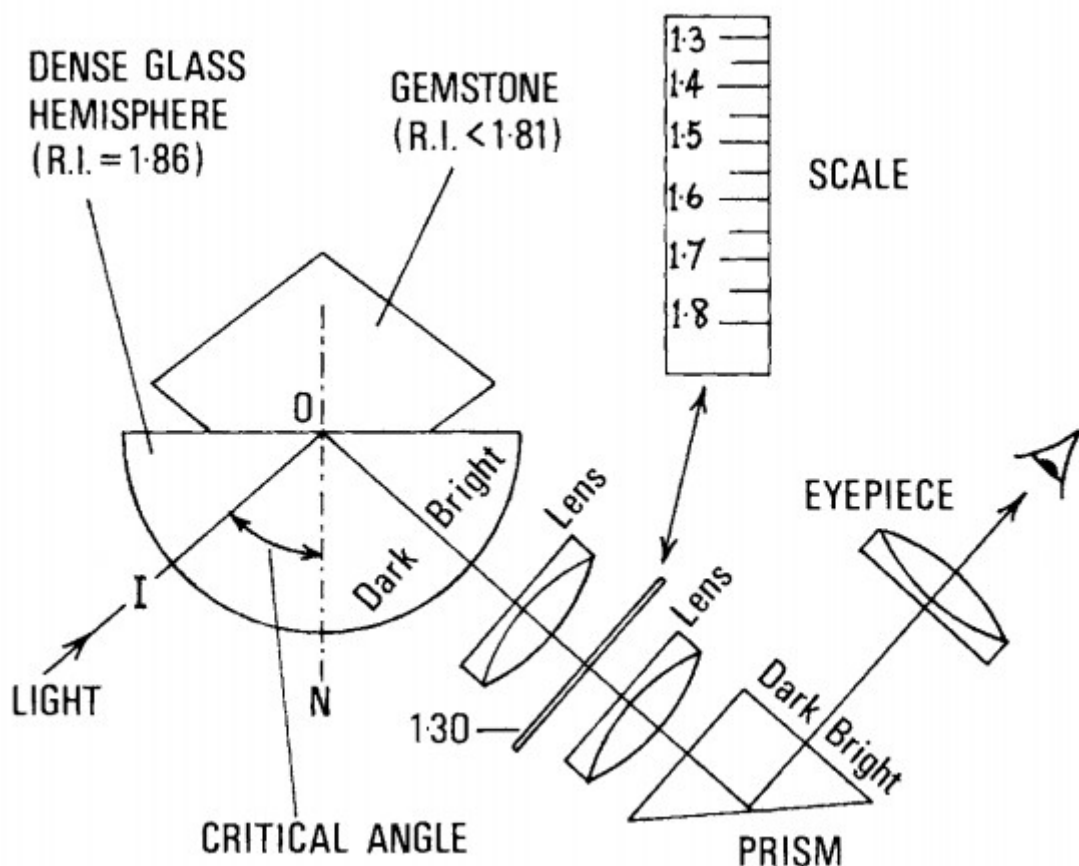


Fig. 6.6. Komponenter och strålväg för refraktometern för kritisk vinkel

och på grund av dess höga RI (1,81) stör den inte ädelstensavläsningar (en svag skuggkant, orsakad av vätskan, kan ses på 1,81 på skalan och bör inte förväxlas med ädelstensskugglinjen). Kontaktvätskan består av en mättad lösning av svavel i metylenjodid plus tetrajodetylen.

Det finns två huvudsakliga nackdelar med den kritiska standarden vinkelrefraktometer. En är att den övre änden av dess sortiment är begränsat av RI för både refraktometerglaset och kontaktvätska. Av denna anledning ädelstenar vars brytande index är över 1,81 ger inte en skugglinje på refraktometer och sägs ha en "negativ avläsning". Till uppnå högsta möjliga RI-intervall refraktometerprismat är gjord av ett glas vars höga blyoxidhalt höjer dess RI till 1,86. Tyvärr är den här typen av glas relativt mjuk, och detta är orsaken till instrumentets andra nackdel, känsligheten hos dess prisma för repor. På grund av detta, omsorg måste vidtas för att undvika att skada prismats yta när testa

ädelstenar. Även appliceringen av kontaktvätskan måste göras noggrant, särskilt om detta görs med ett glas droppare. En sådan dropper bör bara föras tillräckligt nära till glaset för att överföra en liten droppe av vätskan, och bör inte tillåtas vidröra glaset. Dropparen försedd med Rayner kontaktvätska har en flexibel plaständsektion för att skydda glaset.

Mängden vätska som placeras på glaset bör begränsas till en droppe 2-3 mm i diameter. När testet är klart, detta måste tas försiktigt bort från glaset (och från ädelsten) med en mjuk vävnad. Om vätskan får torka på glaset kommer det att matta ytan. För att förhindra försämring av prestanda refraktometer, fläckar på glaset bör försiktigt tas bort med metylenjodid. Om detta misslyckas med att ta bort dem, glaset bör poleras försiktigt med juvelerarens rouge. Om instrumentet inte ska användas under en längre period är det bra praxis att applicera en tunn film av vaselin på ytan av glas.

Eftersom ett materials brytningsindex varierar med ljusets våglängd (eller färg), RI-värden för ädelstenar citeras i termer av gult natriumljus (som har en våglängd på 589,3 nm). Natriumljus väljs eftersom det är en ljus och lätt reproducerbar monokromatisk belysning. Om rött ljus används, vilket ger en lägre RI-avläsning.

Blåljus ger en högre läsning. När du använder refraktometern är det nödvändigt att tillhandahålla en källa till belysning. Om denna källa är polykromatisk (dvs glödlampa eller dagsljus), sedan refraktometerskuggan kanten kommer att vara mindre distinkt och kommer att bestå av ett band av prismatisk färger (på grund av skillnader i ljusspridning mellan glaset prisma och ädelstenen). Eftersom brytningsindex för ädelstenar definieras i termer av gult monokromatiskt ljus, avläsningar måste göras vid den gula/gröna gränsen i färgad skuggkant när du använder en vit ljuskälla. Alternativt kan alla utom den gula delen av denna skuggkant vara avlägsnas genom att montera ett djupgult filter framför refraktometersokularet.

För noggrant arbete är det bäst att använda en monokromatisk gul ljuskälla. Tyvärr kostar en natriumurladdningslampa enhet ännu mer än en refraktometer, och vissa tillverkare kompromissa genom att tillhandahålla en stark vit ljuskälla monterad med ett smalbandigt gult filter (som ett interferensfilter). Eftersom dessa lampor avleder mycket mer värme än natriumljus källa, det är god praxis att stänga av dem under perioder när refraktometern inte används, för att undvika överhettning och efterföljande skada på lampsockeln. Utbudet av brytningsindex n med t inom gemmologi sträcker sig från 1,43 för flusspat, till 3,08 för hematit. (RIs av majoriteten av ädelstenar anges i tabellerna i bilaga B.)

Dubbelbrytning och dess mätning

Ljus som passerar genom ett amorft (d.v.s. icke-kristallint) material, såsom bärnsten eller glas, eller genom en ädelsten som tillhör det kubiska kristallsystemet, kommer att följa Snells lag om brytning och producera en enda bruten stråle, oavsett i vilken riktning strålen träder in i ädelstenen. Sådana ädelstenar och material kallas isotropa och är enkelbrytande.

När en stråle träder in i ett ädelstensmineral som tillhör ett av de andra sex kristallsystemen (d.v.s. tetragonala, hexagonala, trigonala, ortorombiska, monoklina eller triklina), delas den upp i två strålar som är polariserade i räta vinklar mot varandra. Dessa två strålar kallas den ordinarie strålen och den extraordinära strålen, och de rör sig genom ädelstenen med olika hastigheter. På grund av denna skillnad i hastighet bryts de två strålarna olika mycket.

Ädelstenar som får ljuset att delas upp i två polariserade strålar kallas dubbelbrytande, birefringenta eller anisotropa. Sådana ädelstenar har två brytningsindex, och dessa kan ses på refraktometern som två separata skugglinjer.

Eftersom polariserat ljus spelar en viktig roll i gemmologiskt arbete, är det värt att vid denna punkt göra en avvikelse och överväga fenomenet polarisation. Med vanligt opolariserat ljus vibrerar strålarna i alla riktningar vinkelrätt mot transmissionslinjen. Med planpolariserat ljus vibrerar strålarna endast i en riktning, eller plan, vinkelrätt mot transmissionslinjen.

Polariserat ljus kan produceras genom att låta opolariserat ljus passera genom ett polariserande filter, vilket endast tillåter de ljusstrålar att passera som vibrerar i samma plan som filterets transmissionsplan. Omvänt kan de två planpolariserade strålarna som kommer ut från en dubbelbrytande ädelsten separeras för individuell visning genom att införa ett lämpligt orienterat polariserande filter (se under "Polarisationsmikroskopet" för beskrivningar av filtertyper).

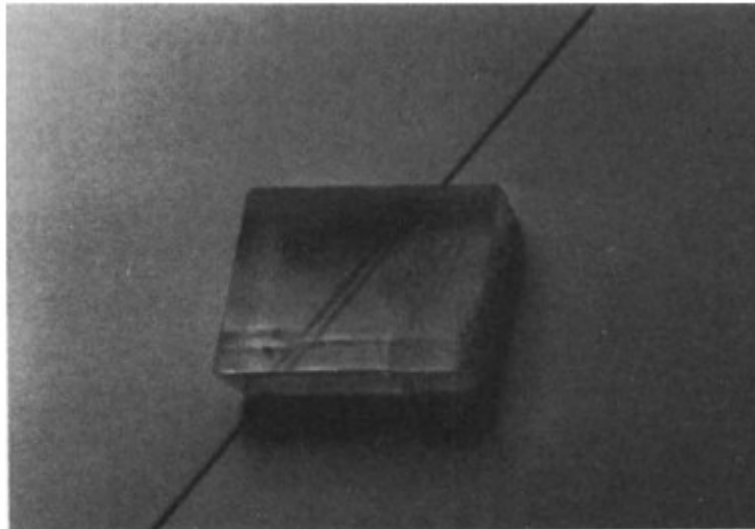


Fig. 6.7. Den dubbla bilden av en bläcklinje avslöjar den stora dubbelbrytningen hos denna romb av Islands-spar.

Mängden och typen av dubbelbrytning som en ädelsten har är en värdefull identifieringsfunktion. Storleken på en ädelstens dubbelbrytning (DR) erhålls enkelt genom att subtrahera RI för den lägsta strålen från den högsta strålen. Stenar som har hög dubbelbrytning, såsom zirkon (0,058), kan vanligtvis identifieras genom den tydliga dubbla bilden av paviljongfacetternas kanter när dessa ses genom tabellfacetterna med en lupp. Den visuella effekten av stark dubbelbrytning kan ses ännu tydligare i Islandsspar-varianten av kalcit (DR = 0,165) som producerar en uttalad dubbelbild (Figur 6.7).

Optiska egenskaper och optiska tecken

Anisotropa (dubbelbrytande) ädelstenar har antingen en (uniaxiell) eller två (biaxiella) riktningar längs vilka ljuset inte dubbelbryts. Dessa riktningar av enkelbrytning i en annars dubbelbrytande sten kallas optiska axlar och kan identifieras med ett instrument som kallas konoskop (se under "Polariscope").

Beskrivningarna isotrop, uniaxiell och biaxiell används för att definiera en ädelstens optiska karaktär. Både amorfa material och kristallina ämnen kan grupperas under dessa tre rubriker av optisk karaktär enligt följande:

Isotrop	Kubisk och amorf
Uniaxiell	Tetragonal, hexagonal, trigonal

Biaxiell Ortorombisk, monoklin, triklin

Detta ger oss ytterligare ett hjälpmedel för att identifiera ädelstenar. De stenar som tillhör den uniaxiella gruppen visar ett fast brytningsindex för den ordinära strålen, medan deras brytningsindex för den extraordinära strålen varierar med infallsvinkeln för den inkommande strålen (dvs. med stenens rotation på refraktometerns glas). I de stenar som tillhör den biaxiella gruppen varierar brytningsindexet för båda strålarna med infallsvinkeln för den inkommande strålen. Beroende på hur de två skugglinjerna på refraktometern rör sig i förhållande till varandra, kan stenarna ytterligare identifieras som att ha en positiv eller negativ optisk tecken. Metoden för att identifiera den optiska karaktären och det optiska tecknet för en dubbelbrytande ädelsten kommer att beskrivas i följande stycken.

Användning av kritisk vinkel-refraktometer

När refraktometern och ljuskällan är redo att användas, och stenen som ska testas har rengjorts noggrant, bör en liten droppe kontaktvätska placeras i mitten av refraktometerns glas, och stenen sänkas ned, med bordfasetten nedåt, på den. Det kan vara nödvändigt, medan man betraktar skugglinjen, att försiktigt flytta stenen över glasytan för att få det tydligaste resultatet. Om stenen är dubbelbrytande, kommer det också att vara nödvändigt att rotera stenen för att observera den maximala separationen av de resulterande dubbla skugglinjerna. Eftersom det är alltför lätt att repa glasets yta under dessa operationer, har Rayners designat en Rotagem-attachment för användning med sina instrument. Denna enhet underlättar rotationen av ädelstenen på ett kontrollerat sätt.

De dubbla skugglinjerna hos en dubbelbrytande ädelsten kan normalt ses ganska lätt, men ibland, där skillnaden mellan de två brytningsindexen är liten, kan de separata linjerna vara svårare att bestämma. Under dessa omständigheter kan ett polariseringsfilter fästas över okularen. Rotationen av filtret kommer att göra det möjligt att först se den ena skugglinjen och sedan den andra, och även om de ligger nära varandra, kan den alternerande uppkomsten och försvinnandet av de individuella linjerna detekteras.

Om, när stenen roteras på refraktometern, en skugglinje (orsakad av den "ordinära" strålen) förblir stilla, medan den andra (orsakad av den "extraordinära" strålen) rör sig bort till en position av maximal separation, och sedan återvänder, kan stenen identifieras som dubbelbrytande (birefringent) och dess optiska karaktär som uniaxiell.

Om den rörliga skugglinjen har ett högre RI-värde än den fasta, är stenen optiskt positiv, och om den har ett lägre RI, är den optiskt negativ.

Om däremot två skugglinjer är synliga och båda rör sig när stenen roteras, identifierar detta stenens optiska karaktär som biaxiell. Om den högst avläsande linjen rör sig mer än halvvägs från sin högsta avläsningsposition mot den lägsta avläsningspositionen för den andra linjen, är stenen optiskt positiv. Om den lägre avläsningslinjen rör sig mer än halvvägs mot den högre linjen, är stenen optiskt negativ.

Variationer av dessa förhållanden uppstår beroende på orienteringen mellan de optiska axlarna och fasetten (t.ex. om den optiska axeln hos en uniaxiell sten är vinkelrät mot fasetten, kommer skugglinjen för den extraordinära strålen att förbli fast vid full dubbelbrytning).

Avståndsvisionsmetoden

Medan det är praktiskt att mäta RI (brytningsindex) för vilken fasetterad ädelsten som helst inom refraktometerns räckvidd (förutsatt att en plan fasett av rimlig storlek är tillgänglig), uppstår ett problem om stenen har mycket små fasetter eller har formats till en rundad cabochon. För att övervinna detta problem utvecklade Mr. L. B. Benson Jr. en teknik som kallas "distant vision"-metoden i Storbritannien och "spot"-metoden i USA. Metoden varierar något beroende på typen av refraktometer, men för Rayner-modeller består den först av att koppla den rundade ytan på cabochonen till refraktometerns glas med den minsta möjliga mängden kontaktvätska. Detta görs genom att placera en droppe vätska på en plan yta och sedan lätt röra droppen med cabochonens yta, som då plockar upp den minimala mängd som krävs. Cabochonen placeras sedan på refraktometerns glas med sin vätskedroppe som fungerar som en optisk kopplare.

Refraktometerskalan betraktas sedan med ögat i linje med okularet, men på ett avstånd av 30-45 cm från det. Genom att noggrant positionera synlinjen bör det vara möjligt att se (överlagrat på den begränsade delen av skalan som nu är synlig) en liten "bubbla", som är vätskedroppen som kopplar cabochonen till glaset. Om synlinjen nu sakta flyttas upp och ner, kommer bubblan att växla från mörk till ljus. När den är mörk, kommer bubblan att motsvara en skalaavläsning under stenens RI, och när den är ljus, kommer skalaavläsningen att vara högre än stenens RI.

Om synlinjen justeras noggrant tills bubblan är exakt delad i två halvor (en ljus och en mörk) kommer skalaavläsningen på detta delningsställe att motsvara skalaavläsningen för stenens RI (brytningsindex). Tyvärr, när ögat är fokuserat för bästa observation av bubblan, är skalan ur fokus, och en viss mental skicklighet krävs för att hålla bubblan i sin delade position och läsa av RI från skalan. Dialdex-refraktometern (Figur 6.8) löser detta problem genom att eliminera skalan.

Speciella versioner av refraktometrar

Två varianter av standardrefraktometern med högdensitetsglas (som nu inte längre tillverkas) utvecklades av Anderson och Payne. En variant ersatte refraktometerglaset med spinell, vilket gav en mer öppen skala mellan 1,3 och 1,68. Huvudorsaken till att använda spinell var att dess dispersion mer exakt matchade majoriteten av ädelstenar, vilket gav en skarpare skuggkant i vitt ljus än standardversionen. Den andra varianten använde blende (med ett brytningsindex på 2,37) istället för glas för att utöka skalans högre mätområde.

En tredje variant använde diamant (med ett brytningsindex på 2,42) för att utöka sitt mätområde. Diamant-refraktometern föreslogs också av Anderson och Payne, och en diamantprisma (med hjälp av angränsande glasprismor för att överföra det inkommande och reflekterade ljuset) tillverkades för den första experimentella refraktometern från en 6,632 karat "Silver Cape" sten donerad av Diamond Corporation. Den färdiga prismans vikt var 2,505 karat.

Ett antal diamant-refraktometrar har tillverkats på beställning, med typiska diamantprismans dimensioner 7,5 mm x 3,67 mm x 4,2 mm djup med en vikt på 1,54 karat. Med detta instrument kan brytningsindexavläsningar göras från 1,55 till 2,03, vilket möjliggör mätning av brytningsindex för zirkon, granater och sfene. Kanske ännu viktigare än det breda RI-området är de andra fördelarna som diamant erbjuder, dvs dess större optiska renhet, dess hårdhet (vilket möjliggör en mycket högre polering) och dess förmåga att motstå nötning. På grund av den höga dispersionen av blende och diamant var det nödvändigt att använda ett natriumlampor med båda versionerna.

Tyvärr måste kontaktvätskan ha ett lika högt brytningsindex för att kunna utnyttja det utökade RI-området, vilket innebär användning av obehagliga vätskor som Wests lösning (med ett RI på 2,05). Denna lösning består av en 8:1:1-blandning av gul fosfor och svavel i metyljodid. På grund av fosforens närvaro i blandningen är den självantändande och måste därför hanteras med försiktighet.



Fig. 6.8. Rayners 'Dialdex' refraktometer. Istället för en skala markerad med RI-värden använder detta instrument en kalibrerad kontrollknapp för att justera ett svart band med den projicerade skuggstrecket. (Gemmological Instruments Ltd.)

Dialdex-refraktometern (Figur 6.8) är den senaste utvecklingen av Rayners Model S-instrument. Den använder ett trimmat prisma av tätglas (istället för halvklotet som visas i Figur 6.6) och har en stor öppning baktill för att injicera ljus från en extern källa. En gångjärnsförsedd täckning tillhandahålls som, när den är stängd över ädelstenen som testas, utesluter allt yttre ljus. RI-intervallet som täcks är 1,40 till 1,81; en utdragbar okular är tillgänglig för fokusering.

Den största skillnaden mellan Dialdex och den tidigare Rayner-modellen är, som namnet antyder, att Dialdex är utrustad med en kalibrerad ratt på instrumentets högra sida. Vid mätning av RI hos en ädelsten, roteras denna ratt, som är kopplad till en glidande linjaltyp av rak kant, för att få den raka kanten att sammanfalla med skugglinjen på skalan. RI-avläsningen läses sedan av från den kalibrerade ratten.

Detta sätt att läsa RI har fördelen att användaren kan koncentrera sig på skugglinjens position utan att samtidigt behöva läsa (och sedan komma ihåg) en skala. Det inställda RI-värdet på ratten kan sedan utvärderas i lugn och ro, och avläsningar med en noggrannhet på 0,001 kan enkelt uppskattas. Instrumentet är utrustat med både ett gult och ett polariserande okularfilter.

Bordsspektrometern

Kallas även en goniometer, bordsspektrometern (Figur 6.9) består av en fast kollimator (för att producera en smal stråle av parallella ljusstrålar från en monokromatisk källa), ett bord (för att stödja provet), och en radiellt monterad teleskopvisare med ett okular utrustat med korslinjer. Positionen av teleskopets i förhållande till kollimatoren kan avläsas på en skala på bordet med hjälp av en noniusskala. För gemmologiska ändamål är bordsspektrometern särskilt användbar för att mäta refraktionsindex (RI) hos ädelstenar som ligger utanför det kritiska vinkelrefraktometerns mätningssområde.

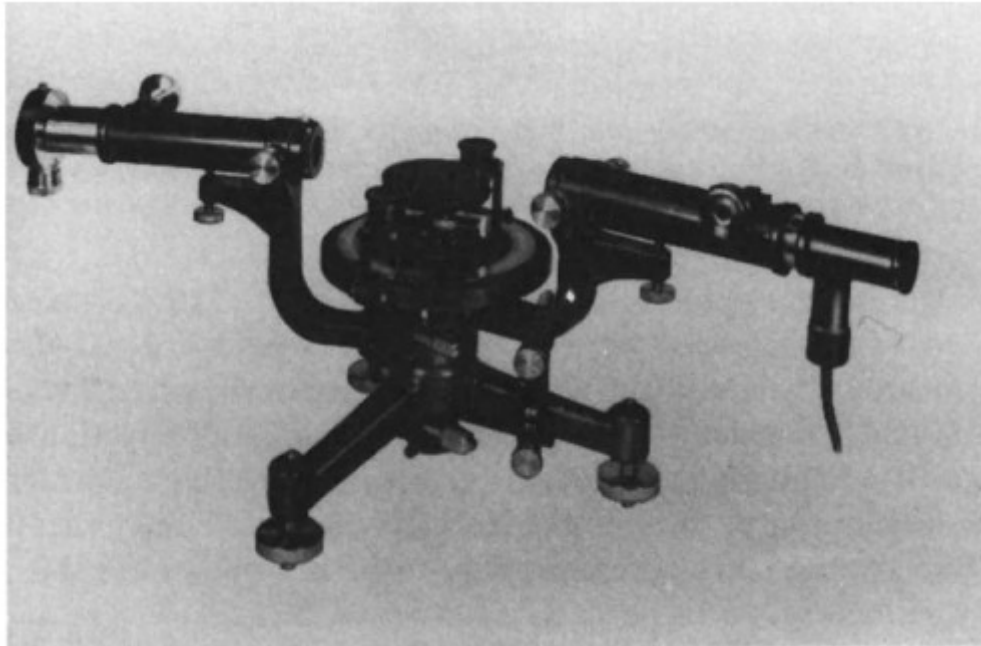


Fig. 6.9. En Lang bordsspektrometer (Krüss)

Förutsatt att ädelstenen har lämpliga fasetter, som kan fungera som två ytor av ett prisma, kan dess brytningsindex bestämmas till bättre än tre decimaler. Detta görs genom att först mäta vinkeln mellan de två fasettytorna och sedan mäta vinkeln för minimalt avvikelse av "prismat". Så länge vinkeln mellan prismans ytor inte är större än dubbla kritiska vinkeln för ädelstenen finns det ingen övre gräns för brytningsindex som kan mätas.

Vinkeln mellan de två utvalda prismaytorna mäts enligt följande. Justera först kollimatoren för en så fin spalt som möjligt genom att fokusera den på teleskopets korslinjer. Placera sedan ädelstenen i mitten av bordet så att dess prismas fasettkanter är exakt vertikala, och så att ljuset från kollimatoren faller på de angränsande ytorna av prismat vars vinkel ska mätas. Vrid teleskopet tills bilden av kollimatorsplalten, reflekterad från en av prismans ytor, är centrerad i teleskopets korslinjer. Ta läsningen av teleskopets vernier (F). Vrid sedan teleskopet för att se bilden som reflekteras från den andra prismaytan, och notera återigen läsningen av teleskopets vernier (W). Prismavinkeln (A) är lika med hälften av skillnaden mellan de två vernierläsningarna:

$$A = \frac{V - W}{2}$$

För att mäta prismans vinkel för minimal avvikelse, ta först bort ädelstenen från bordet och gör en direkt avläsning (X) av kollimatorns spalt som ses genom teleskopet. Placera sedan ädelstenen tillbaka på bordet så att den tar emot ljuset från kollimatoren på endast en av sina prismaytor. Detta ljus kommer att brytas av prismat och teleskopet bör placeras för att ta emot den brutna bilden. Spalten kommer i själva verket spalten kommer att spridas till ett spektrum, och teleskopets korslinjer kan justeras på den gula delen av detta spektrum.

Nästa steg är att hitta en vinkelposition för prismat som resulterar i den minsta avvikelsevinkeln mellan det inkommande ljuset från kollimatoren och det brutna ljuset som teleskopet fångar upp. För att göra detta, titta genom teleskopet och rotera ädelstenen runt dess vertikala axel så att det brutna spektrumet rör sig mot linjen för det inkommande ljuset från kollimatoren; följ denna bild genom att rotera teleskopet. En punkt kommer att nås där bilden verkar stanna och sedan vända riktning. I den

position där bilden stannar, justera teleskopets position så att korslinjerna återigen sammanfaller med den gula delen av spektrumet. Läs av teleskopets vernier (Y).

Minsta avvikelsevinkel erhålls genom att subtrahera den direkta avläsningen X från den brutna bildens avläsning Y:

$$\text{Minsta avvikelsevinkel} = Y - X = B$$

Brytningsindexet för stenen är då:

$$RI = \frac{[(\sin A + B)/2]}{(\sin A/2)}$$

Eftersom det vanligtvis bara finns en lämplig orientering av ädelstenen på spektrometers bord, är det normalt sett endast möjligt att få ett korrekt brytningsindex för den ordinära strålen hos enaxiella ädelstensmineraler. Med biaxiella ädelstensmineraler kan RI-avläsningen vara var som helst mellan den ordinära och extraordinära strålen, eftersom dessa båda varierar med orienteringen. För isotropa mineraler finns naturligtvis inget sådant problem.

Polariskopet

Även om kritisk vinkel-refraktometern är oöverträffad i sin förmåga att avslöja och mäta enkel och dubbel brytning i en ädelsten, är det ibland tillräckligt att bara veta att en sten är isotrop eller anisotrop. För detta okomplicerade diagnostiska test är polariskopet (Figur 6.10) mycket användbart.



Figur 6.10. Polariskopet "Illuminator" använder två polariserande filter fixerade i utrotningsposition. Öppningen framtill kan användas för att ge en vit ljuskälla för en refraktometer (Gem Instruments Corporation).

Det finns flera versioner av instrumentet, men de flesta använder följande tre grundläggande komponenter:

1. En ljuskälla (vanligtvis inbyggd).
2. Ett skyddat polariserande filter över ljuskällan (som också fungerar som en testplattform för ädelstenen).
3. Ett andra polariserande filter genom vilket stenen betraktas.

Ädelstenen placeras på det nedre filtret (som skyddas från skador av en glasplatta), och det övre filtret roteras in i den "korsade" positionen där det planpolariserade ljuset från det nedre filtret blockeras eller "släcks" av det övre filtret. Om stenen roteras 360° och är en dubbelbrytande ädelsten, kommer den att visa fyra distinkta positioner (med 90° mellanrum) där den kommer att transmitta ljus (det vill säga, den kommer att "rotera" det planpolariserade ljuset från det nedre filtret genom 90° så att det passerar genom det övre filtret). Om stenen förblir mörk när den roteras, är den antingen ett amorft eller isotropt (kubiskt) material.

Det är dock fortfarande möjligt att stenen faktiskt är dubbelbrytande men ändå förblir mörk när den roteras. Detta skulle hända om stenen var placerad så att det planpolariserade ljuset passerade

genom den i en riktning som var parallell med en optisk axel. Av denna anledning bör en sten undersökas i minst två riktningar innan man bestämmer att den är enkelbrytande.

Enkelbrytande ädelstenar, såsom diamanter, glas och syntetisk spinell, visar ibland vissa tecken på dubbelbrytning när de testas med polarisationsmikroskopet. När detta händer är det aldrig lika tydligt definierat som den fyrfaldiga förändringen i ljustransmission som ses i en dubbelbrytande sten. Detta kallas "anomal dubbelbrytning" och orsakas av intern spänning i ädelstenen.

Not: Den anomala dubbelbrytningen som ses i glas eller "pasta"-ädelstenar är vanligtvis ganska distinkt och framträder som ett starkt korsmönster av mörka linjer.

Om ett kryptokristallint ämne (t.ex. kalcedon) placeras på polarisationsmikroskopet och roteras, kommer det att framstå som jämnt ljust i alla positioner. Detta beror på den slumpmässiga orienteringen av de många små kristaller som ädelstenen består av.

Polariskop använder relativt billigt plastpolariserande ark, men innan detta material var tillgängligt användes Nicol-prismer för att producera polariserat ljus. En Nicol-prism består av två sektioner av optiskt klar kalcit (isländsk spat) som är sammanfogade med Kanadabalsam. Ljuset som kommer in i prismet delas upp i två planpolariserade strålar. Brytningsindexet för balsamlaget är sådant att det orsakar total reflektion av den "vanliga" polariserade strålen medan den "extraordinära" strålen tillåts passera genom. Plastpolariserande ark innehåller myriader av mikroskopiska kristaller som överför ljus med minimal absorption endast när det vibrerar i ett plan.

Konoskopet

Detta är i grund och botten ett polarisationsmikroskop till vilket en sfärisk konvergerande lins har lagts till. Denna lins är placerad mellan de polariserande filtren och möjliggör lokaliseringen av den optiska axeln i dubbelbrytande stenar genom de interferensmönster som ses genom det övre filtret. Instrumentet används huvudsakligen av ädelstensslipare och är ett värdefullt hjälpmedel för att bestämma den bästa slipriktningen för en sten.

Att söka efter den optiska axeln i en ädelsten kräver viss övning, och det är bäst att först experimentera med en rosenkvartskabochon, som långsamt bör roteras mellan tumme och pekfinger cirka 15 mm under linsen. Den optiska karaktären hos rosenkvarts är enaxlig, och det resulterande korsformade interferensmönstret (som ses genom det övre polariserande filtret) är lättare att upptäcka än det tvåaxliga mönstret. När mönstret är lokaliserat, ligger den optiska axeln i mitten av de koncentriska interferensringarna och är i linje med det polariserade ljusets väg.

Instrumentutveckling

Förbättrade versioner av instrument för ädelstensprovning är ständigt under utveckling. Exempel på detta är Krüss Riplus, Brewster-vinkel och luftgränsrefraktometrar. Riplus använder ett strontiumtitanatprisma för att uppnå ett intervall på 1,75–2,21. Kopplingsmediet är en pasta som blir flytande vid 40 °C på det elektriskt uppvärmda prismet. Brewster-vinkelrefraktometern utnyttjar det faktum att ljus som reflekteras från en yta blir polariserat när det är i 90° vinkel mot den brutna strålen. Luftgränsmodellen jämför en stens paviljong/girdelvinkel med dess totala interna ljusreflektion för att uppskatta brytningsindex.

7. Optiken av polerade ädelstenar

I kapitel 6 nämnde vi att en dubbelbrytande ädelsten kan dela ljuset som passerar genom den i två separata strålar, som är polariserade i rät vinkel mot varandra. I vissa färgade dubbelbrytande stenar kan dessa två strålar (som rör sig i olika hastigheter genom stenen) komma ut i olika nyanser eller färger. När detta händer sägs strålarna ha upplevt differentierad selektiv absorption i ädelstenen (dvs. en annan del av det synliga spektrumet har absorberats från varje stråle). Effekten kallas pleokroism, och när ljuset som passerar genom stenen delas upp i två färger eller nyanser, sägs stenen vara dikroisk. Om tre färger eller nyanser produceras, är stenen trikroisk. Dikroism är associerad med färgade uniaxiella stenar, och trikroism med färgade biaxiella stenar.

Hos vissa ädelstenar, såsom andalusit och zoisit, är pleokroism en attraktiv egenskap, och stenarna slipas för att framhäva alla färger på bästa sätt. I rubin och blå safir är dock en av de dikroiska färgerna svagare och mindre attraktiv än den andra, och stenen slipas så att denna stråle inte är synlig genom kronfacetter.

Följande stenar uppvisar alla varierande mängder pleokroism (den första färgen, i kursiv stil, är stenens kroppsfärg):

Alexandrit	Stark	Grön, gulaktig, rosa (i dagsljus) och Röd, gulaktigt röd, grön (i glödljus)
Amethyst	Svag	Lila, rödaktigt lila
Andalusit	Stark	Grön, gul, röd
Apatit	Stark	Blå, färglös
Akvamarin	Medel	Blå, färglös
Citrin	Svag	Gul, blekgul
Smaragd	Medel	Grön, gulgrön
Enstatit	Medel	Grön, gulgrön
Heliodor	Svag	Blek gul, blek blågrön
Hiddenit	Stark	Grön, gulgrön, blågrön
Iolit	Stark	Blek blå, mörk blå, blek gul
Kornerupin	Stark	Grön, gul, brun
Kunzit	Stark	Rosa, lila, färglös
Morganit	Medel	Rosa, blårosa
Peridot	Medel	Grön, gulgrön
Rubin	Stark	Djupröd, gulrosa
Safir	Medel	Blå, blek gröngul (ingen i gul safir; i andra färger, har den andra strålen en gulaktig nyans)
Sinhalit	Stark	Grön, gul, brun
Sfene	Stark	Gul, rödgul, färglös Grön, färglös
Topas	Medel	Gul, två nyanser av gult Blå, blek rosa, färglös Rosa, blek rosa, färglös
Turmalin	Stark	Två nyanser av kroppsfärgen
Zoisit	Stark	Blå, lila, brun
Zirkon	Svag (förutom i blå)	Två nyanser av kroppsfärgen

Med undantag för några stenar som har stark pleokroism (dvs. andalusit, iolit, rubin, blå safir, sfene och zoisit), kan det vara svårt att upptäcka närvaron av dikroiska eller trikroiska färger med blotta ögat. Eftersom pleokroism ofta kan vara en användbar identifieringsfunktion i en ädelsten, uppfanns

ett instrument som kallas dikroskop för att separera de polariserade strålarna och möjliggöra en jämförelse sida vid sida för tecken på färg- eller nyansskillnader.

Dikroskopet (Figur 7.1) består av en klyvningsromb av optiskt ren kalcit (Islandsspat), som är monterad i ett rör med ett okular i ena änden och en fyrkantig öppning i den andra. En glasprisma är cementerad till varje ände av kalcitromben för att tillåta ljuset från öppningen att passera genom romben i en rak linje. Den inspekterade ädelstenen är placerad så att vitt ljus som passerar genom stenen kommer in i

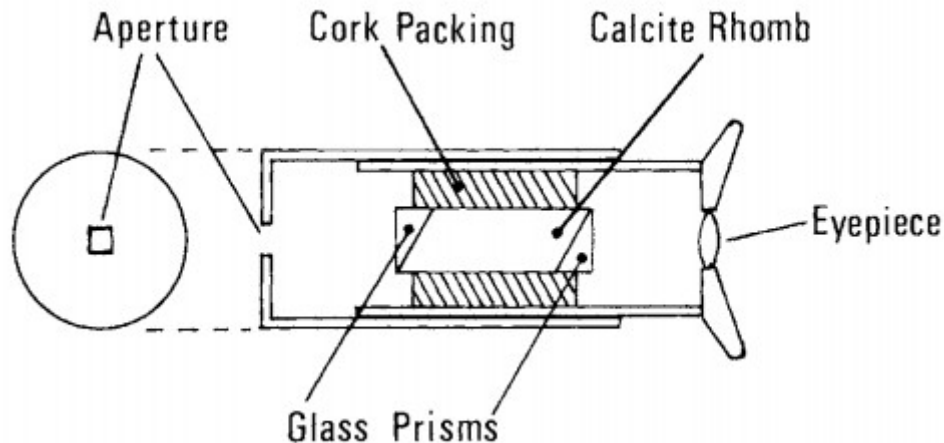


Fig. 7.1 Diagram som visar konstruktionen av prismatypen dikroskop

dikroskopets öppning. De två polariserade komponenterna i ljuset separeras sedan av den starka dubbla brytningen i kalcitromben och presenteras för okularet som sidoställda bilder av öppningen.

Om ädelstenen är pleokroisk och betraktas i en annan riktning än en optisk axel, kommer de två bilderna som visas i okularet att skilja sig i nyans eller färg. Om bilderna är exakt samma färg och nyans har stenen ingen pleokroism och kan möjligen vara enkelbrytande.

När man testar en sten för pleokroism på detta sätt är det viktigt att stenen betraktas i alla riktningar (på samma sätt som när man kontrollerar dubbelbrytning på ett polarisationsmikroskop), eftersom det inte kommer att vara någon synlig pleokroisk effekt om betraktelsesriktningen sammanfaller med en optisk axel, eller om riktningarna för polarisationen av ädelstensstrålarna och kalcitromben är i 45° vinkel mot varandra. För att underlätta inspektionen av ädelstenen kan Rayner dikroskop (figur 7.2) utrustas med ett stenhållar-tillbehör, som möjliggör att stenen kan roteras tills maximal kontrast i nyans- eller färgskillnad uppnås. Eftersom detta tillbehör endast möjliggör rotation i ett plan bör ädelstenen inspekteras i minst två olika orienteringar.

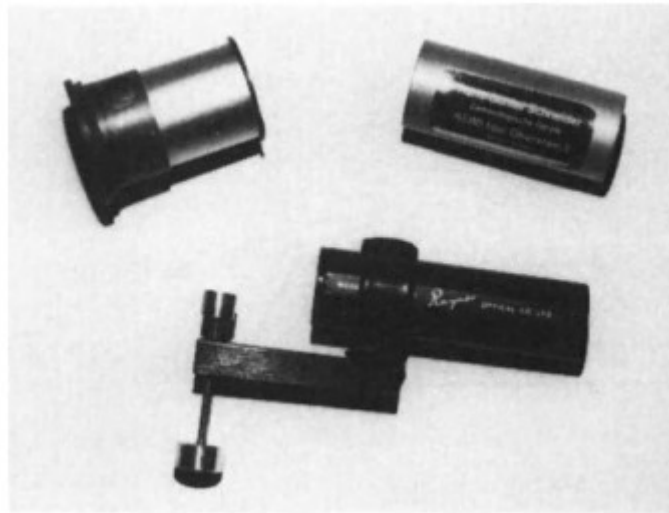


Fig. 7.2. De två övre dichroscopen av Hanneman och av Hans-Günter Schneider använder båda polariserande filter. Rayner dichroscope använder en rämba av Islandsspat.

Dikroism i en ädelsten kan också upptäckas genom att använda en polariserande filter. Om ädelstenen roteras bakom ett sådant filter, först en och sedan den andra polariserade strålen kommer att bli synlig, och om det finns någon pleokroism närvarande kommer detta att möjliggöra konsekutiv visning av nyanser eller färger. Vissa dikroskop faktiskt använd polariserande filter istället för en romb av kalcit (Figur 7.2), och för att erhålla samtidig jämförelse av pleokroiska färger, filtret skärs på mitten och de två delarna roteras in i "korsad" position. Dessa monteras sedan sida vid sida i änden av visningsröret.

Dispersion

I kapitel 2 diskuterade vi de olika sätten på vilka effekten av färg produceras i en ädelsten, och dessa inkluderade selektiv absorption av ljus av ädelstenen, och fenomenet barndom som orsakas av strukturer under dess yta. Ännu ett sätt på vilket en ädelsten kan producera t.ex färg från vitt ljus är genom sin spridning.

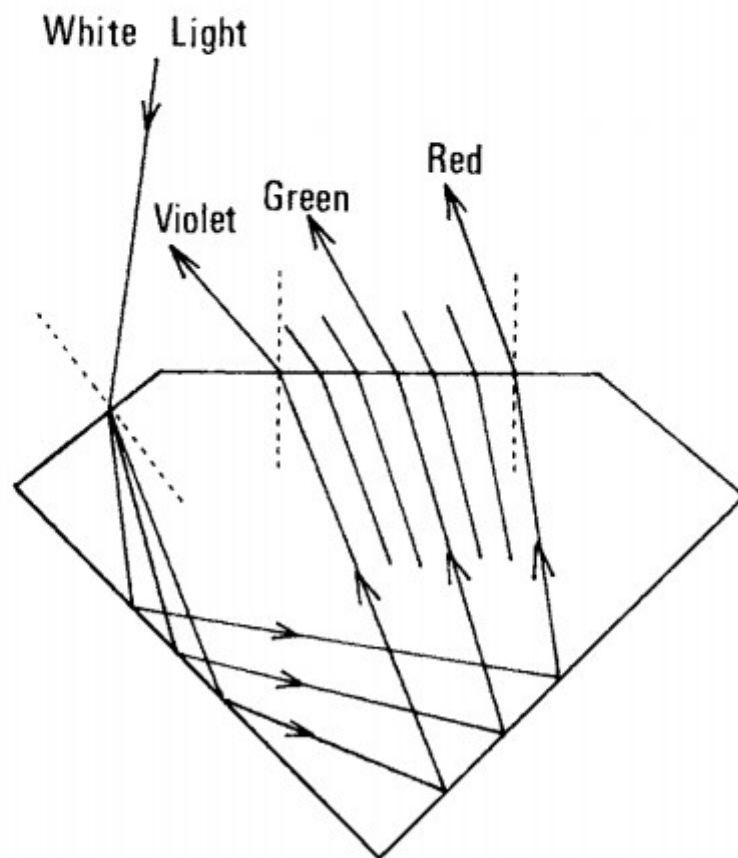
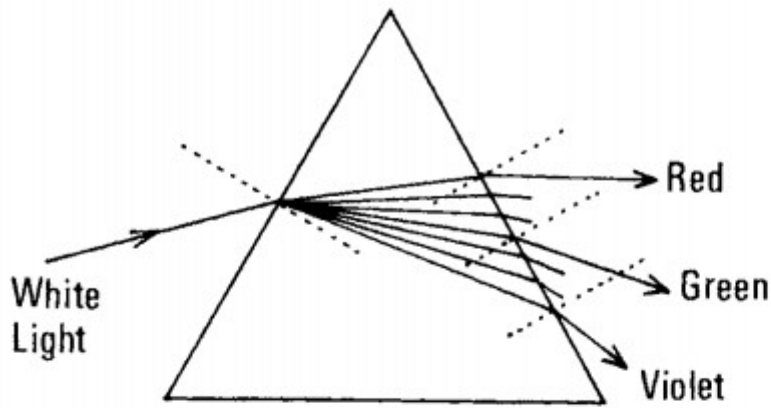


Fig. 7.3. Överst: vitt ljus som kommer in i ett glasprisma sprids i dess spektrala färger. Nederst: visar spridning och total inre reflektion av vitt ljus som kommer in i en ädelsten

Dispersion är en egenskap (besatt av alla olika ädelstenar grader) vilket gör att de enskilda färgkomponenterna är vitt ljus som bryts i olika mängder när de kommer in och lämna stenen. I en mycket spridd sten resulterar detta i produktion av blixtrar av färgat ljus som kallas "eld". Spridningsmekanismen kan ses tydligare med en glasprisma, som kan användas för att sprida vitt ljus i sitt spektrala färger (Figur 7.3). Den röda komponenten t i ljuset bryts av den minsta mängden t och den violetta komponenten t med det största beloppet.

Även om de prismatiska färgerna som produceras på detta sätt är ses mest slående i mycket spridda färglösa ädelstenar (dvs. diamant, zirkon och de syntetiska simulatorerna av diamant - rutil, strontiumtitanat, GGG och kubisk zirkoniumoxid), de är också tydligt synliga i demantoid granat och sfen. Spridningen av en ädelsten är en mätbar konstant, och definieras som skillnaden mellan ädelstenens brytningsindex mätt vid B och G Fraunhofer våglängderna. Dessa två våglängder är

standarder som kan ses som skarpa absorptionslinjer i solens spektrum. B-linjen är i rött vid 687 nm, och G-linjen är i violett vid 430,8 nm. De spridning av ädelstenen mäts vanligtvis med hjälp av en bordsspektrometer eller goniometer (se kapitel 6) och en special ljuskälla som kan ställas in för att producera monokromatiskt ljus vid våglängderna B och G.

Dispersion kan också mätas med hjälp av en kalibrerad mikroskop (med den "direkta" RI-metoden). En stark källa till vitt ljus behövs när du använder denna metod, och brytningsindex för ädelstenen mäts vid B- och G-våglängderna genom att sätta in lämpliga interferensfilter antingen i ljusbanan eller vid instrumentets okular. Spridningsvärden för de flesta ädelstenar anges i tabeller i bilaga B.

Reflektivitet

En ädelstens lyster kan definieras som den karaktäristiska mängd ytpolering som kan erhållas med den här stenen. Som lyster beror på i vilken grad ljuset reflekteras från ädelstensens yta kan den också vara direkt relaterad till stenens reflektionsförmåga. En ytas reflektionsförmåga kan mätas i absoluta tal termer som förhållandet mellan den reflekterade strålens intensitet och det för den infallande strålen:

$$\text{Reflektivitet} = \frac{\text{Intensiteten hos den reflekterade strålen}}{\text{Intensiteten hos den infallande strålen}}$$

Lyster eller reflektivitet hos en sten, som kvalitativt kan beskrivas som adamantin, glasig, hartsaktig, etc., beror på flera faktorer, inklusive mineralets underliggande kristallstruktur, dess hårdhet och dess brytningsindex. Förhållandet mellan ädelstensens reflektivitet och dess brytningsindex (förutsatt en "perfekt" yta) är dock förmodligen inte linjärt, utan påverkas av andra faktorer såsom molekylstruktur och genomskinlighet. Fresnels förenklade ekvation, som relaterar reflektivitet till brytningsindex, formulerades för ett transparent isotropiskt mineral i luft och gäller för det ideala fallet där både infallande och reflekterade strålar är normala (dvs. vinkelräta) mot ytan:

$$\text{Reflektivitet} = \frac{(n-a)^2}{(n+a)^2}$$

där n är ädelstensens brytningsindex och A är luftens brytningsindex (= 1,0).

Om denna enkla ekvation multipliceras med 100 blir resultatet procentandelen av det infallande ljuset som reflekteras tillbaka från ädelstenen. Om man ersätter $n = 2,42$ för diamant (och $A = 1,0$ för luft) får man en reflektivitetsfigur på 17 %. Om man ersätter $n = 1,54$ för kvarts får man en reflektivitetsfigur på 4,5 %. Det är intressant att notera att om värdet för A i ekvationen ökas, minskar ädelstensens reflektivitet. Detta är anledningen till att ädelstenar ofta nedsänks i en vätska med högt RI när de undersöks under ett mikroskop.

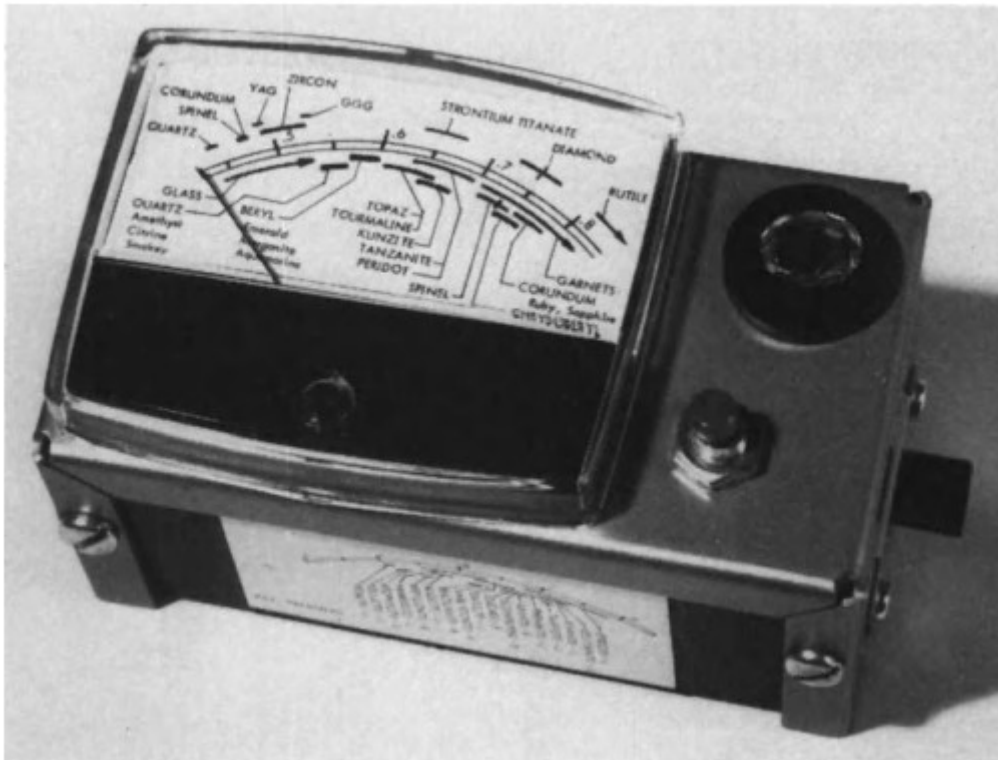


Fig. 7.4. "Jeweler's Eye" dubbelområde reflektivitetmätare (Hanneman Lapidary Specialties)

Nedsänkningstekniken minskar mängden ljus som reflekteras tillbaka från fasetterna och förbättrar därmed sikten på stenens inre.

Under de senaste åren har en mängd olika elektroniska reflektivitetmätare dykt upp på marknaden (Figur 7.4). Även om de flesta av dessa är kalibrerade direkt med stenarnas namn, har en modell (beskriven som en elektronisk refraktometer) sin skala kalibrerad direkt i RI-värden. Antydningen att reflektivitetmätare skulle kunna ge samma precision och konsekvens i mätningar som den kritiska vinkel-refraktometern var förmodligen den huvudsakliga anledningen till att prestandan hos dessa instrument orsakade viss initial besvikelse.

Reflektivitetmätare är utformade för att indikera skillnader i reflektivitet (dvs. glans) mellan de polerade ytorna av ädelstenar, och av denna anledning beskrivs de mer exakt som relativa reflektivitetmätare. Alla instrument av denna typ använder miniatyr infraröda solid-state lampor, kända som LED ljus (lysdioder) som en bekväm och kompakt källa för infallande ljus. En fotodiod är monterad bredvid LED-lampan och används för att detektera mängden infraröd energi som reflekteras tillbaka från den plana ytan på ädelstenen som testas, och visa detta på en lämpligt kalibrerad mätare (Figur 7.5). Intensiteten hos den infallande strålen antas vara konstant, och intensiteten hos den reflekterade strålen, även om den inte är en absolut mätning av reflektivitet, används för att indikera den relativa reflektiviteten hos ädelstenen. (Instrumentet kalibreras genom interna förinställda justeringar, med hjälp av spinell och en diamant som testprover.)

Eftersom det är opraktiskt att ställa in den infallande strålen vinkelrätt mot ädelstenens yta och samtidigt mäta den reflekterade strålen vid normal infallsvinkel, är infallsvinklarna och reflektionsvinklarna i reflektivitetmätaren förskjutna från den normala. På grund av detta, och på grund av faktorer som dubbelbrytning, absorption och ytfinish (som ingen av dem beaktas i reflektivitetsekvationen), kan förhållandet mellan relativ reflektivitet och brytningsindex endast vara en approximation.

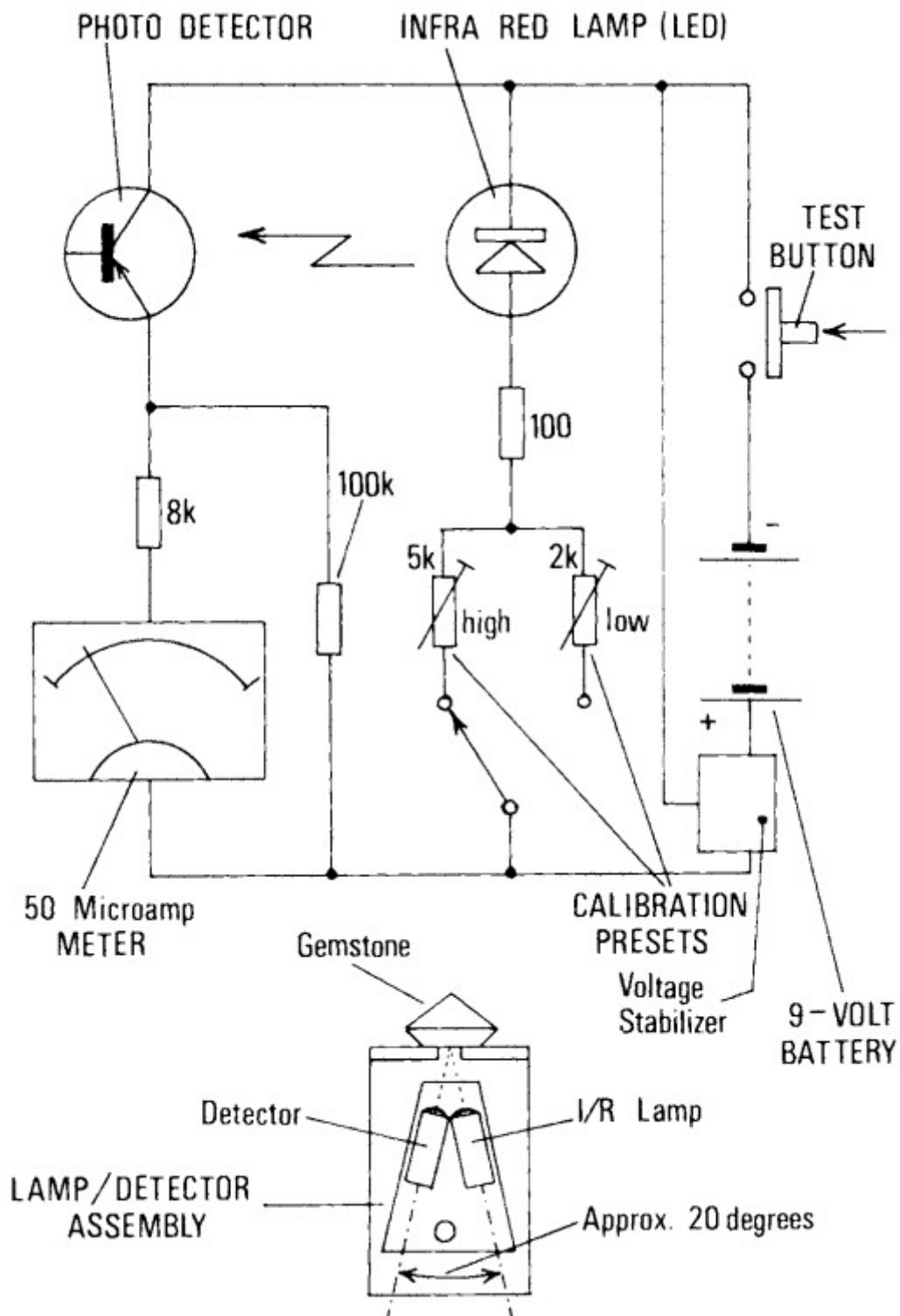


Fig. 7.5. Kretsdiagram för en typisk två-radig reflektivitetmätare (liknande den som används i Hanneman 'Jeweler's Eye')

Dessutom kan användningen av infrarött ljus vid 930 nm för den infallande strålen resultera i missvisande RI-avläsningar på mätaren. Detta beror på att RI-värden för ädelstenar anges i termer av gult monokromatiskt ljus vid 589,3 nm, och RI för en ädelsten med hög dispersion skulle läsas mycket lägre vid 930 nm än vid 589,3 nm. Effekten av detta 'dispersionsfel' kan ses i gapet som finns mellan strontiumtitanat och diamant på skalorna för reflektivitetmätare. Även om båda stenarna har nästan identiska RI-värden, är dispersionen av strontiumtitanat mer än fyra gånger så stor som för diamant. Av denna anledning är det tillrådligt att bortse från det teoretiska sambandet

mellan reflektivitet och brytningsindex och istället använda den relativa reflektivitetmätaren som en jämförande mätning av en stens lyster.

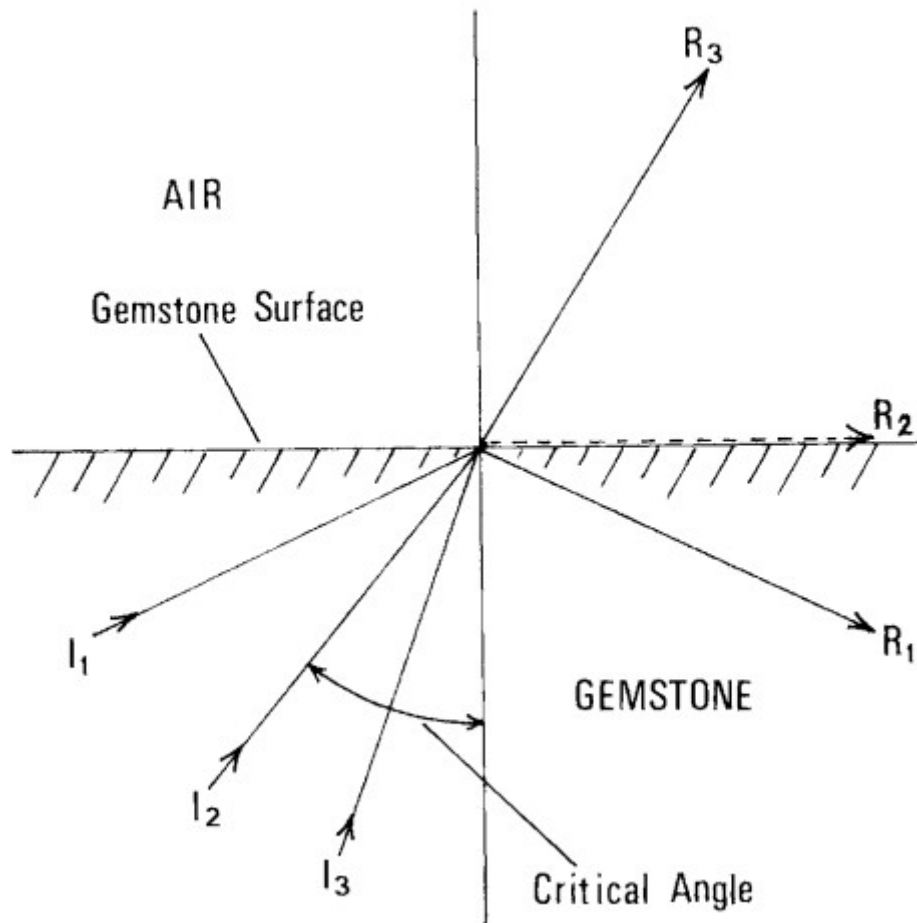
Eftersom denna typ av instrument i praktiken mäter en ädelstens lyster, kommer allt som minskar denna lyster, såsom smuts, fett eller ytrepor, att ge en missvisande låg avläsning. Det är därför viktigt att kontrollera att ytan på ädelstenen ska vara i gott skick och noggrant rengjord innan du gör ett test. (Det är också viktigt att hålla testöppningen fri från damm.) För att förhindra att främmande ljus kommer in i ädelstenen under test och ökar ljusintensiteten som når fotodioden, är de flesta reflektivitetmätare utrustade med ett ogenomskinligt lock som bör placeras över stenen vid testning. Ibland kan stenens slipning resultera i en hög avläsning på grund av oönskade interna reflektioner från paviljongfasetterna. För att undvika att bli vilseledd av felaktiga avläsningar av denna typ, bör flera avläsningar göras över bordets fasett (som måste vara tillräckligt stor för att helt täcka testöppningen) och ovanligt höga eller låga avläsningar bör ignoreras.

Reflektivitetmätare är särskilt användbara för att kontrollera ädelstenar vars brytningsindex är för höga för att mätas med den standard kritiska vinkelrefraktometern. I detta sammanhang gör de det möjligt att ganska enkelt skilja diamant från dess många naturliga och syntetiska imitationer. Den kritiska vinkelrefraktometern är dock fortfarande överlägsen reflektivitetmätaren när det gäller avläsningarnas noggrannhet och den extra information som kan utvinnas från dem (d.v.s. dubbelbrytning, optiska egenskaper, optiskt tecken).

Kritisk vinkel

I kapitel 6 nämndes hur ljusstrålar, som passerar genom ett optiskt tätt medium, reflekteras tillbaka från ytan av ett mindre tätt medium förutsatt att vinkeln mellan de infallande strålarna och normalen är större än de två mediernas kritiska vinkel.

Om det tätare mediet är en ädelsten och det mindre täta mediet är luft, som i figur 7.6, kommer strålen I_1 att reflekteras tillbaka som R_1 . Vid den kritiska vinkeln för total reflektion kommer dock strålen I_2 att upphöra att följa reflektionslagen och kommer istället att brytas längs ädelstensens yta (R_2). Vid vinklar mindre än den kritiska vinkeln kommer strålar I_3 och R_3 att brytas ut ur ädelstenen och in i den omgivande luften.



Figur 7.6. Ljusstrålar reflekteras tillbaka från en ädelstensfasett vid vinklar till normalen som är större än den kritiska vinkeln och bryts ut ur ädelstenen vid vinklar mindre än den kritiska vinkeln.

Om en transparent fasetterad ädelsten ska ha ett ljusstarkt och gnistrande utseende är det viktigt att så många strålar som möjligt som kommer in i ädelstenen genom dess kronfasetter reflekteras tillbaka från paviljongfasetterna och återkommer ut ur stenen som ett resultat av total intern reflektion.

För att uppnå detta måste lapidaristen eller diamantpoleraren justera vinklarna på kron- och paviljongfasetterna så att majoriteten av strålarna som kommer in i kronfasetterna möter de inre ytorna på paviljongfasetterna vid vinklar mot normalen som är större än stenens kritiska vinkel. Om vinklarna är felaktiga kommer strålarna att passera ut genom paviljongfasetterna, och stenen kommer att framstå som mörk. Det är också viktigt att strålarna som reflekteras tillbaka från paviljongfasetterna möter kronfasetterna vid vinklar mindre än den kritiska vinkeln. Om de misslyckas med detta kommer de att reflekteras tillbaka in i stenen igen.

Den kritiska reflektionsvinkeln för en ädelsten beror på både ädelstenens brytningsindex och det omgivande mediet, enligt följande ekvation:

$$\text{Sinus för kritisk vinkel} = \frac{\text{Brytningsindex för omgivande medium}}{\text{Brytningsindex för ädelsten}}$$

Om det omgivande mediet är luft,

$$\text{Sinus för kritisk vinkel} = \frac{1}{\text{Brytningsindex för ädelsten}}$$

$$\text{Kritisk vinkel} = \text{Arc sinus} \frac{1}{\text{Brytningsindex för ädelsten}}$$

dvs. vinkeln vars sinus är lika med

$$\frac{1}{\text{Brytningsindex för ädelsten}}$$

För att bestämma den kritiska vinkeln för ett ädelstensmaterial i luft, inverteras dess RI-värde helt enkelt (dvs. divideras med 1,0), och detta värde tas som sinus för den kritiska vinkeln. Vinkeln i sig kan sedan härledas från en uppsättning trigonometriska tabeller. För diamant, med en RI på 2,417,

$$\text{Sinus för kritisk vinkel} = \frac{1}{2,417} = 0,413$$

$$\begin{aligned} \text{Kritisk vinkel} &= \text{Arc sinus } 0,413 \\ &= 21^\circ 26' \end{aligned}$$

För kvarts, med en RI på 1,54,

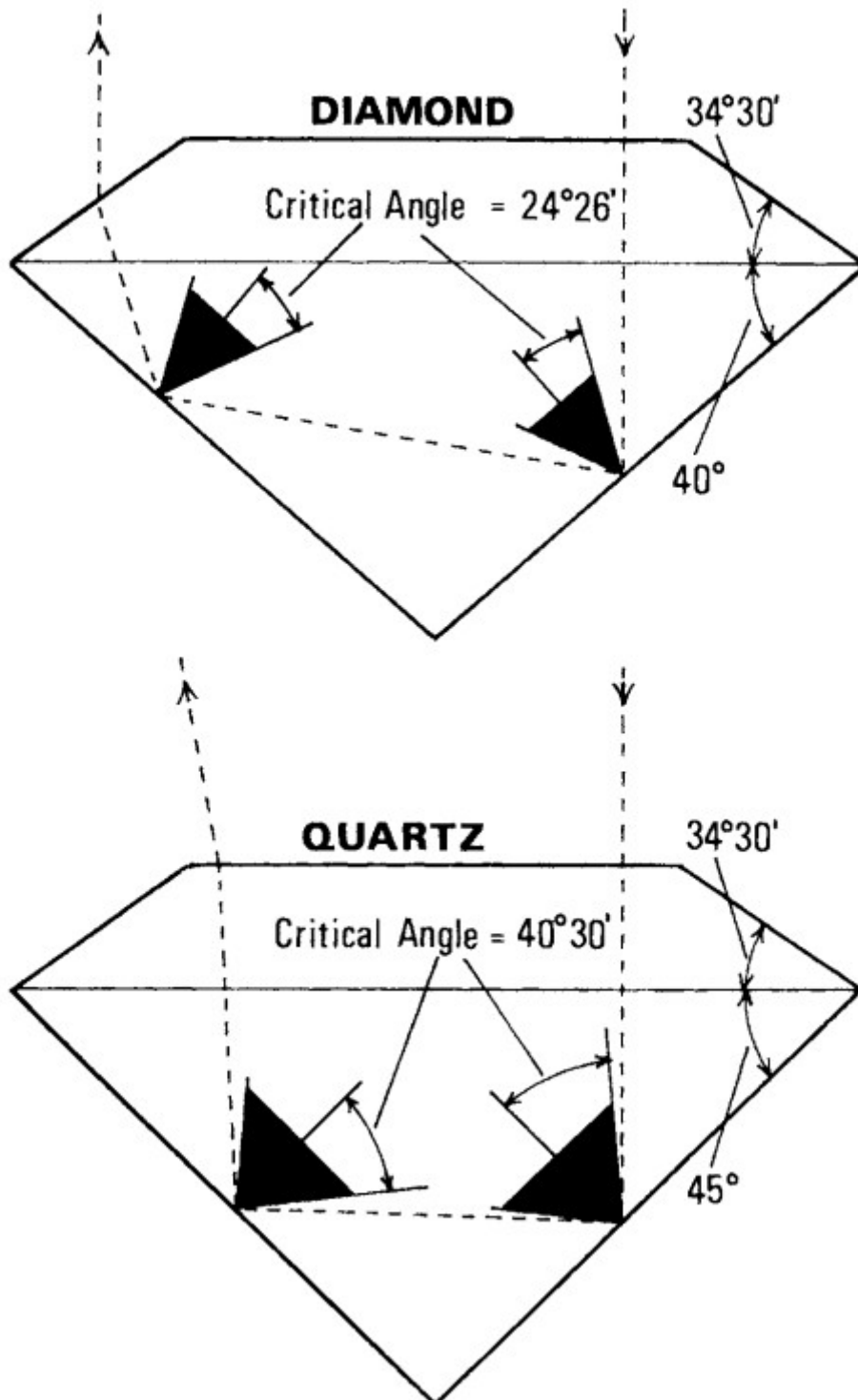
$$\text{Sinus för kritisk vinkel} = \frac{1}{1,54} = 0,649$$

$$\begin{aligned} \text{Kritisk vinkel} &= \text{Arc sinus } 0,649 \\ &= 40^\circ 30' \end{aligned}$$

För kvarts, med ett RI på 1,54, blir den kritiska vinkeln cirka $40^\circ 30'$. Från detta kan man se att för optimal briljans (som uppnås genom total intern reflektion) kommer paviljong/girdel-vinkeln för en kvartsädelsten att vara avsevärt annorlunda än för en briljant-slipad diamant. I Figur 7.7 (översta diagrammet) visas en enskild ljusstråle som genomgår total intern reflektion i en diamant med en kritisk vinkel på $24^\circ 26'$. Om en kvartsädelsten slipas till samma paviljong/girdel-vinkel som diamanten, skulle denna stråle inte reflekteras tillbaka från paviljongfaceterna, eftersom den skulle möta dem vid en vinkel mindre än $40^\circ 30'$ (den kritiska vinkeln för kvarts). Men om paviljong/girdel-vinkeln ökas från 40° till 45° (se nedre diagrammet i Figur 7.7), skulle strålen reflekteras tillbaka framgångsrikt genom bordfaceterna.

Diagrammen i Figur 7.7 är naturligtvis mycket enkla och visar endast banan för de strålar som går in i bordfaceterna vid normal infallsvinkel. Stråldiagram som tar hänsyn till alla strålar som går in i kronfaceterna är mycket mer komplicerade. På grund av deras komplexitet ritas de ibland med hjälp av en dator, som snabbt kan visa hur en ädelstens briljans påverkas av varierande facetvinklar.

Betydelsen av en ädelstens kritiska vinkel för dess briljans har också en mer jordnära aspekt. Om paviljongfaceterna på en ädelsten tillåts bli kontaminerade med fett och tvål, kommer resultatet att bli en minskning av stenens övergripande briljans. Detta beror på att RI för fett och tvål är högre än för luft, vilket kommer att öka stenens kritiska vinkel (se ekvationen). Effekten är särskilt märkbar i fallet med en briljant-slipad diamant och är tillräcklig anledning för att regelbundet rengöra ädelstenen i ett fettlösningsmedel.



Figur 7.7. Det övre diagrammet visar den totala inre reflektionen av strålar som möter paviljongfacetterna hos en diamant vid vinklar större än den kritiska vinkeln. I det nedre diagrammet har paviljongen gjorts djupare för att uppnå total inre reflektion i kvarts, som har en större kritisk vinkel.

Ädelstensslipningar

I en färglös transparent ädelsten är huvudkravet att producera en polerad sten som har det maximala briljansen i utseende. Denna briljans bestäms av två faktorer, varav den ena är graden av reflekterande förmåga eller glans som kan uppnås genom ytförfining, och den andra är stenens förmåga att producera total inre reflektion av de ljusstrålar som träder in i den (Figur 7.3). Om ädelstensmaterialet har en märkbar grad av dispersion, måste stenens slipning också utnyttja detta för att framhäva dess "eld".

Dispersionen av vitt ljus till dess spektralfärger för att producera effekten av eld minskar mängden av odisperserat vitt ljus som reflekteras tillbaka från pavilionens fasetter, och i detta fall måste stenens design hitta en balans mellan eld och briljans. Eftersom infallande strålar som träder in och lämnar stenens bordfasett i rät vinkel (dvs. normal) mot dess yta inte bryts och därför inte påverkas av stenens dispersiva egenskaper, desto större bordområdet är, desto mer briljant kommer stenens utseende att vara. För att uppnå mer eld minskas bordområdet så att fler strålar genomgår dispersion när de träder in eller lämnar sidofasetten.

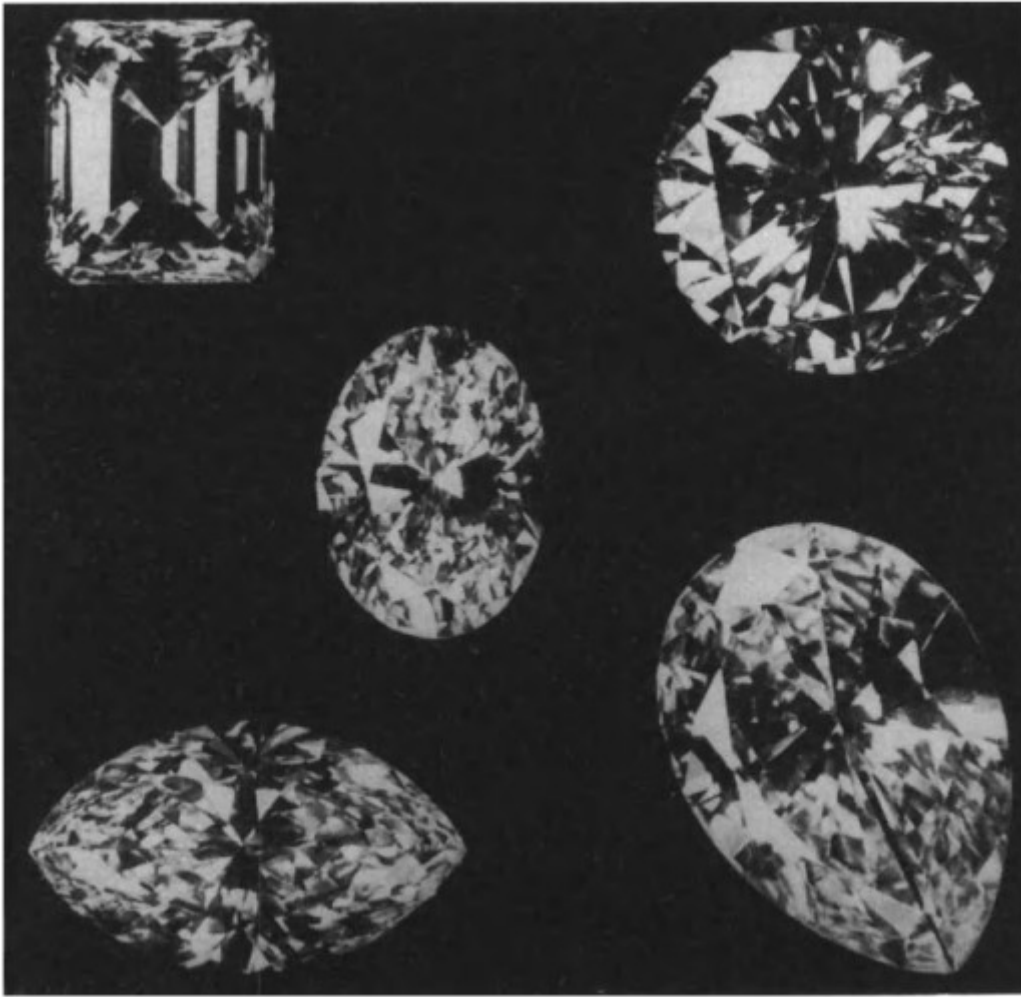
När det gäller högt värderade ädelstenar som diamant, kan stilen på slipningen också påverkas av formen på den råa stenen för att uppnå den bästa möjliga "utbytet". Till exempel kan en långsträckt oktaderkristall slipas till en ädelsten med en avlång, oval eller päronformad profil snarare än den traditionella runda "brillianten" (se Figur 7.8, 7.9) eftersom detta resulterar i en tyngre och därför mer värdefull slutprodukt.

En av de tidigaste slipningsstilarna för diamant var rosen-slipningen (Figur 7.10). Denna hade en platt bas och en fasetterad kupolformad topp, och även om den saknade eld hade den en rimlig grad av briljans. De efterföljande briljant-slipningsstilarna utvecklades långsamt över flera hundra år när slipare började förstå optiken associerad med diamantens höga brytningsindex och började justera vinklarna och proportionerna på stenens fasetter för att uppnå maximal briljans och eld.

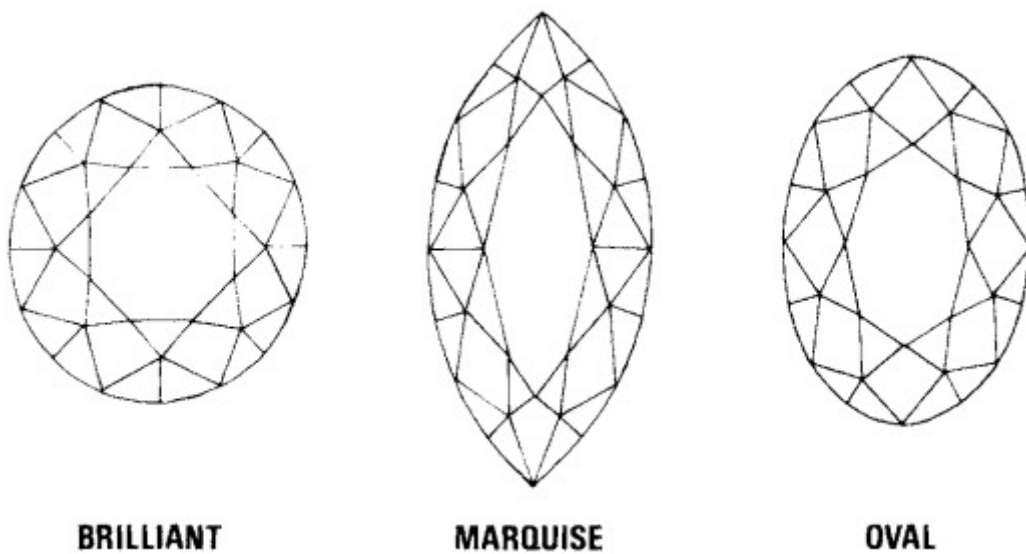
Den moderna briljantslipningen (Figur 7.17) består av femtiosju fasetter, varav trettio är ovanför rondisten och bildar kronan, och tjugofyra är nedanför och bildar paviljongen. En extra liten fasett, kallad kulen, är polerad på basen av paviljongen som en säkerhetsåtgärd för att förhindra skador på den utsatta spetsen.

Zirkonslipningen liknar briljantslipningen, men eftersom brytningsindexet för zirkon är lägre än för diamant, läggs vanligtvis ytterligare åtta fasetter runt kulen för att minska ljusläckage genom paviljongen.

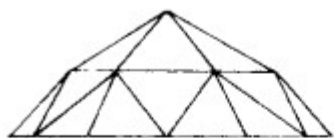
Med färgade stenar finns det också ett behov av att uppnå maximal briljans genom total inre reflektion av ljuset.



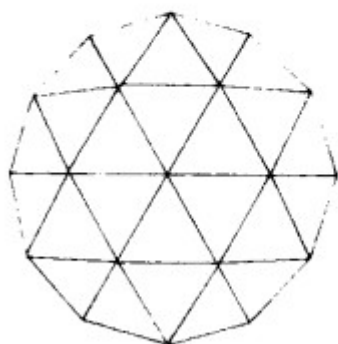
Figur 7.8. Illustrerar olika slipningar av diamant. Överst till vänster är en smaragdslipning och överst till höger är en briljantslipning. De återstående slipningarna är alla baserade på briljantslipningen (nere till vänster: marquise; i mitten: oval; nere till höger: pendeloque eller päronform) (De Beers).



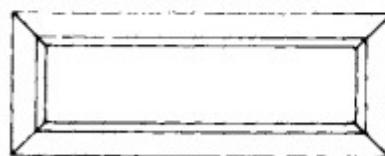
Figur 7.9. Tre varianter av briljantslipningen. Alla tre slipningar har trettiotre kronfasetter, tjugofyra pavilionfasetter och en culet.



CABOCHON

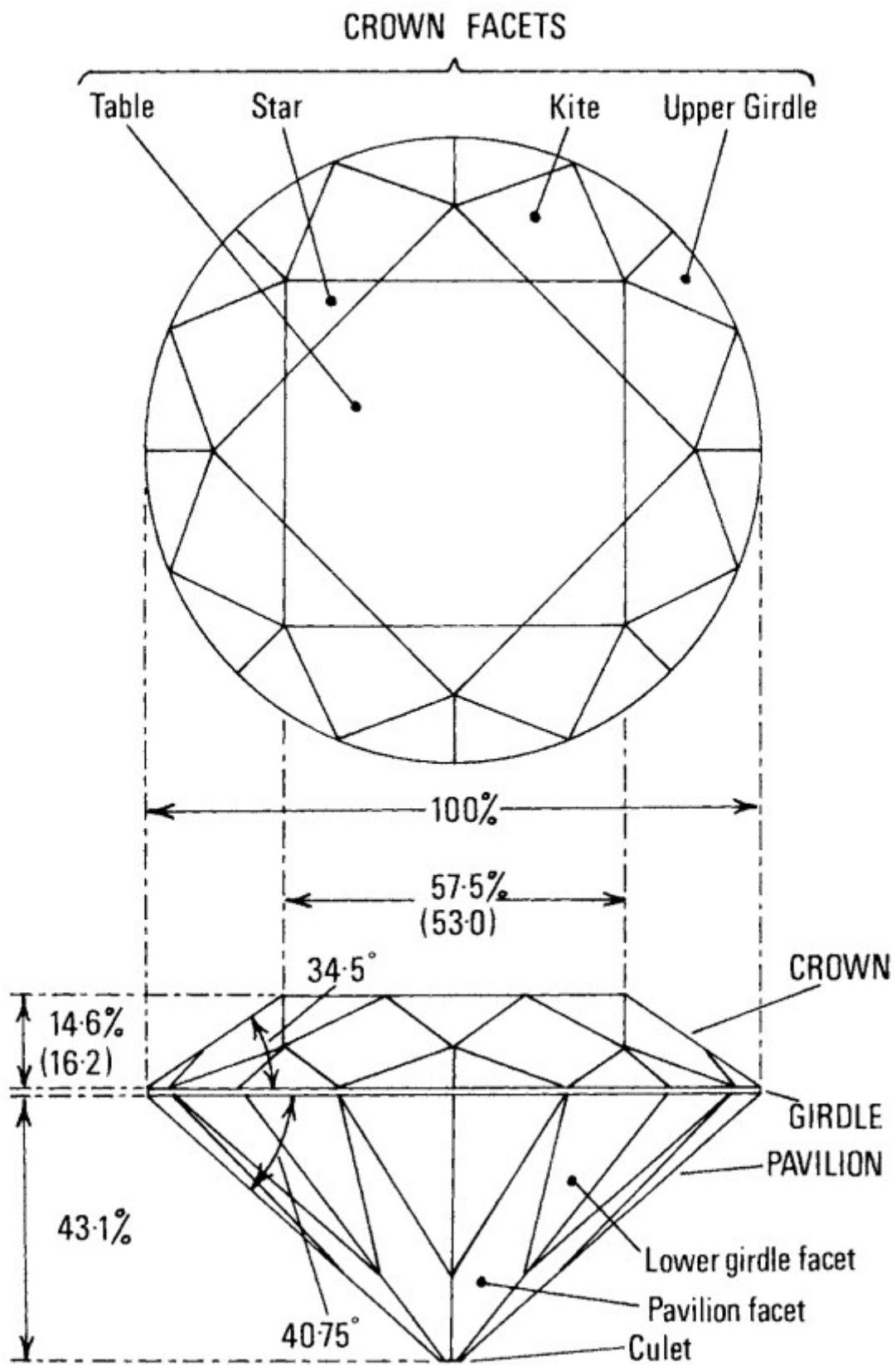


ROSE cut



BAGUETTE

Figur 7.10. Ädelstensslipningar som visar den tidiga rosenslipningen och den enkla välvda cabochonformen (som används för opaka stenar, kattögon och stjärnstenar). Baguetten används ofta för små diamanter.



Figur 7.11. Ideala proportioner för briljantslipade diamanter enligt Ideal Scan. (Tolkowskyproportioner visas inom parentes där de skiljer sig).

Den inkommande ljustrålarnas reflektivitet kommer också att påverka stenens snitt, men snittet kommer också att utformas för att framhäva stenens kroppsfärg på bästa sätt. Smaragdslipningen (som också är känd som trapets- eller stegslipning) och saxslipningen (Figur 7.12) är exempel på slipstilar för färgade stenar, även om de ibland också används för färglösa ädelstenar. Den blandade slipningen används också för färgade ädelstenar, särskilt för safirer. Den består av en briljantslipad krona och en stegslipad pavilion.

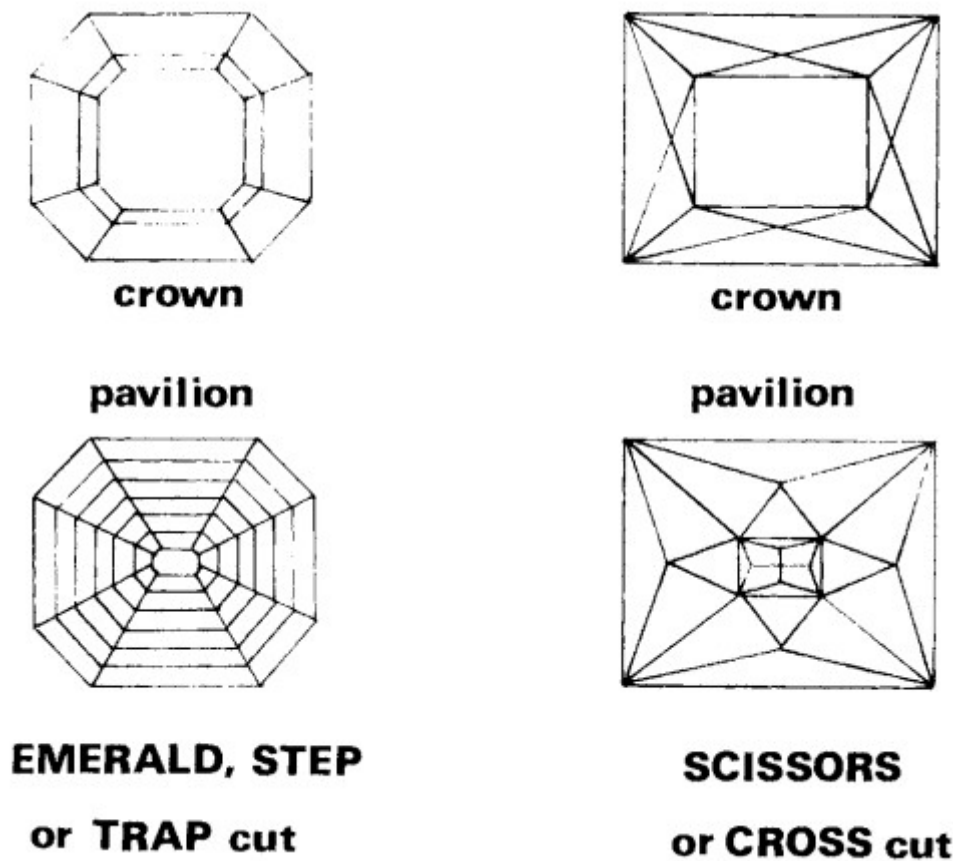


Fig. 7.12. De mer traditionella slipningarna som huvudsakligen används för färgade ädelstenar.

I vissa stenar, som blå safir, är färgen ofta ojämnt fördelad, och symmetrin av slipningen modifieras då för att placera huvudområdet av färg lågt i paviljongen så att det verkar fylla stenen när den betraktas genom kronan. Med stenar som har stark pleokroism kommer kronan noggrant att placeras i förhållande till stenens optiska axel för att visa endast den bästa färgen genom bordfacet.

Den enklaste formen av ädelstensslipning är den kupolformade cabochonen, och denna används vanligtvis för genomskinliga eller ogenomskinliga stenar, eller sådana med speciella optiska egenskaper som chatoyans eller asterism (t.ex. tigerns öga eller stjärnsafirer och rubiner). Om stenen är genomskinlig men färgen är mörk, kommer cabochonen att slipas i en grund profil för att ljusa upp färgen. Ibland kommer baksidan av cabochonen att vara ihåligt slipad för att uppnå samma effekt.

Ädelstenspolering

Den grundläggande metoden för polering av en ädelsten (förutom diamanter) är en kombination av grovslipning av sliparen för att skapa den grundläggande facetprofilen, följt av en avslutande operation av poleraren för att uppnå den slutliga facetglansen.

I praktiken sågas det råa ädelstensmaterialet först till en lämplig form för sliparen med hjälp av en roterande skiva laddad med diamant- eller karborundumpartiklar, där materialet vanligtvis hålls för hand mot skivans skäregg. Den sågade "blanka" stenen överlämnas sedan till sliparen som slipar facetter på stenen, med hjälp av diamantdamm, karborundumpulver eller ett emery-abrasiv på en roterande horisontell gjutjärns- eller kopparskiva.

Facettvinklarna kontrolleras antingen helt och hållet med ögonmått, med en tillfällig kontroll under en handlins, eller genom att använda en av de moderna halvautomatiska hållarna, vilket gör att stenen kan roteras till de exakta facettvinklarna. Vid slutet av denna operation har alla facetterna slipats på stenen, men de har lämnats med en grov matt yta.

Ädelstenen rengörs därefter noggrant för att ta bort alla spår av det grova slipmedlet och överlämnas till poleraren för att producera den slutliga högglossiga lyster på facettens ytor. Denna slutliga polering utförs på en läder- eller materialklädd koppar- eller träskiva som är impregnerad med ett "mjukare" slipmedel som ceriumoxid, juvelerarens rouge (pulveriserad hematit) eller grön rouge (kromoxid).

Medan "handslipning" fortfarande används för de mer värdefulla ädelstenarna, är många andra stenar, inklusive syntetiska, facetterade av automatiska maskiner. I Gilsons syntetiska verk dessa maskiner är programmerade att producera olika slipstilar genom ett hålkortssystem. Både vid manuell och automatisk polering är den växande trenden idag att använda graderat diamantpulver eller diamantföreningar (dvs. diamantpulver blandat med lanolinkräm) för både slipning och polering, med början på 60 till 90 mikron storlek för grov borttagning av material, och sedan gå vidare till 30 till 60 mikron för formning, 6 till 12 mikron för förpolering, och slutligen 1 till 6 mikron för den slutliga poleringen.

Under många år ansågs både slippnings- och poleringsprocesser vara helt abrasiva, där den slutliga ytpoleringen uppnåddes genom finare och finare grad av slipning. I början av förra seklet upptäckte dock G. T. Beilby att, med undantag för diamant, uppnås den slutliga högblanka ytan på en ädelsten inte genom abrasiv verkan utan genom den höga temperatur som uppstår vid poleringen. Denna temperatur får ytskiktet på stenen att flyta i en vätskebetonad form. Den resulterande högre reflekterande huden kallas Beilby-skiktet och täcker effektivt över polermärken på ytan under.

För ädelstenar som korund och kvarts återkristalliserar Beilby-skiktet omedelbart igen och anpassar sig till stenens kristallstruktur. I andra stenar, som kalkspat och kyanit, tenderar Beilby-skiktet att stelna som ett molekyllärt lager av amorft material, som endast återkristalliserar om det är parallellt med en huvudkristallplan. Hos stenar som spinell och zirkon stelnar Beilby-skiktet som ett amorft skikt på alla ytor, men på grund av dess extrema tunnhet påverkar det inte de optiska indexen hos dubbelt brytande stenar när dessa mäts med en refraktometer.

På grund av diamantens höga smältpunkt beror den polering som uppnås på dess fasetter inte på bildandet av ett Beilby-skikt utan är helt och hållet ett resultat av fin abrasiv verkan. Denna faktor, tillsammans med dess extrema hårdhet, gör att fasett-slipningen av diamant skiljer sig avsevärt från andra ädelstenar, både vad gäller utrustning och teknik.

När det gäller den råa diamantkristallen inspekterar en expert stenen och beslutar hur den ska slipas för att uppnå bästa möjliga resultat för att uppnå bästa möjliga avkastning i polerade stenar. Han markerar sedan stenens yta med indiskt bläck för att ange de riktningar i vilka stenen måste sågas eller klyvas (för större stenar kan båda metoderna användas).

Klyvning utförs genom att först rispa en grund fåra i diamantens yta (se Figur 4.2). En tunnbladig mejsel placeras sedan i fåran och ges ett kraftigt slag för att dela stenen längs klyvningsplanet.

Sågning utförs med hjälp av ett tunt, styvt fastklämt fosforbronsblad som är impregnerat med fint diamantdamm och roterar med 5000 varv per minut. Sågning kan endast ske i två riktningar över kristallens korn, en av dessa riktningar är parallell med den naturliga bälten av den oktahedra kristallen (Figur 4.1) och den andra är vinkelrätt mot denna genom spetsarna av bipyramiderna och mitten av deras gemensamma baslinjer.

Den sågade eller klyvda stenen rundas eller brutas genom att rotera den på en spindel och föra en annan diamanant i kontakt med den som ett skärverktyg.

Nästa steg är att slipa kron- och pavillonfasetterna genom att montera den brutna stenen i en hållare som kallas dop och föra den i kontakt med ytan av en 12-tums järnslipsskiva som kallas scaife (Figur 7.13). Denna är behandlad med en blandning av olivolja och diamantdamm och roterar med 3000 varv per minut.

Två typer av dop används: den äldre versionen som använder lågsmältande lödtenn för att fästa diamanten, och den moderna typen av dop som använder en mekanisk klämmanordning. Båda typer av dop är monterade på en kopparstång som böjs för hand till rätt fasettvinkel. Stången hålls i en sadelformad hållare, som är viktad för att uppnå rätt sliptryck (Figur 7.3). I moderna mekaniska doppar är fasettvinklarna indexerade av dopmekanismen. I båda fallen slipar poleraren kron- och pavillonfasetterna i en fast sekvens, och kontrollerar djupet av varje fasett med ögat innan han går vidare till nästa.

Flera helt automatiska diamanfacettslipningsmaskiner har utvecklats, och dessa är huvudsakligen avsedda för polering av små diamanter för att minska arbetskostnaderna. En sådan maskin, Piermatic, utvecklades av ett dotterbolag till De Beers. och används nu i alla större slipningscenter.



Fig. 7.13. En grupp av tre diamanter som poleras i mekaniska hållare. Hållarna är monterade i stöd som är viktade för att skapa rätt tryck mellan diamanten och den roterande skivan (De Beers).

Arbetet med att fasettera diamanten delas vanligtvis upp mellan tre experter. Bruteraren, som redan nämnts, skapar den grundläggande runda profilen. Korskutteren tar sedan stenen och slipar bordet, de sexton huvudkrona- och paviljongfaceterna samt culen. Om korskutteren har funnit det nödvändigt att polera sin sekvens av faceter något utanför stenens mittlinje (för att ta bort en ytinclusion eller defekt), kommer stenen att återvändas till bruteraren för att omslipa girdeln så att den är symmetrisk med faceterna. Stenen överlämnas slutligen till briljantsliparen, som slipar den sista sekvensen av tjugofyra kronfaceter och sexton paviljongfaceter, och ger alla faceter deras slutliga polering.

8. Absorptions- och emissionsspektra

I de flesta ädelstenar beror färgen på närvaron av ett eller flera av de åtta övergångselementen (se kapitel 2). Dessa element förekommer antingen som föroreningar (t.ex. krom i rubin, nickel i chrysopras) eller som en integrerad del av ädelstenens kemiska sammansättning (t.ex. koppar i malakit, mangan i rodonit). I båda fallen skapas färgeffekten genom att vissa våglängder av vitt ljus absorberas när det passerar genom stenen eller reflekteras från dess yta. Detta fenomen kallas selektiv absorption och kan göras synligt med hjälp av ett instrument som kallas ett spektroskop, vilket använder prismor för att sprida ljuset från ädelstenen i dess spektralfärger. Resultatet kallas ett absorptionspektrum, där de färger eller våglängder som absorberas av ädelstenen framträder som mörka band.

Det var Sir Isaac Newton som 1666 först visade att vitt ljus består av ett kontinuerligt spektrum av färger från rött i ena änden till violett i den andra. Hans utrustning, som bestod av en cirkulär öppning för att släppa in en ljusstråle i ett mörkt rum och en glasprisma för att sprida ljuset i dess komponentfärger, resulterade i att angränsande färger överlappade varandra och skapade ett dåligt definierat spektrum. Det var inte förrän 1814 som en bayersk optiker och vetenskapsman vid namn Fraunhofer, med hjälp av en finare öppning för att släppa in ljuset och ett teleskop för att observera, förfinade detta experiment och visade att det vita ljuset som strålar ut från solen innehåller ett absorptionspektrum bestående av en serie fina linjer.

Dessa kallades senare för Fraunhoferlinjer och upptäcktes senare av de tyska forskarna Kirchhoff och Bunsen att huvudsakligen bero på absorptionen av vissa karakteristiska våglängder av ångan från olika element i kromosfären runt solen. Det första dokumenterade användandet av spektroskopet för att observera absorptionspektra i ädelstenar kom år 1866 när Sir Arthur Church skrev ett brev till *Intellectual Observer* och beskrev sin upptäckt av absorptionsband i exemplar av ceylonzirconer och almandingranater.

Prismspektroskopet

De tidiga spektroskop som utvecklades av Zantedeschi, Kirchhoff och Bunsen bestod av en liten öppning eller springa för att släppa in ljuset, en konvergerande lins, ett prisma och ett kikarsikte för att observera spektret. Den viktigaste förbättringen var kollimeringen av det infallande ljuset. Detta uppnåddes genom att placera öppningen i den fokala planen för den konvergerande linsen, vilket säkerställde att endast parallella strålar träffade prismet. Resultatet var produktionen av ett "rent" spektrum (det vill säga ett där det inte fanns någon överlappning eller kontaminering mellan de olika färgerna).

En av de största begränsningarna med de tidiga en-prisma-spektroskoperna var att spridningsvinkeln var för liten för att möjliggöra detaljerad granskning av spektret. Ett sätt att öka spridningsvinkeln var att använda flera prismor. Men när fler prismor lades till ökade avvikelsevinkeln mellan det inkommande ljuset och det utgående spektret (se figur 7.3 i kapitel 7), vilket satte en praktisk gräns för denna metod för att öka instrumentets spridning.

För att åstadkomma ett relativt kompakt "i linje"-instrument med en användbar spridningsvinkel, blev det nödvändigt att designa ett flerprisma som hade noll avvikelse mellan det inkommande ljuset och mittlinjen för det utgående spektret. År 1860 producerade Amici ett sammansatt prisma som använde komponenter av kron- och flintglas med olika brytningsindex för att ge spridning utan avvikelse (figur 8.1).

Konstruktionen av ett modernt "direkt visions"-spektroskop med ett tre-element Amici-prisma kan ses i figur 8.2.

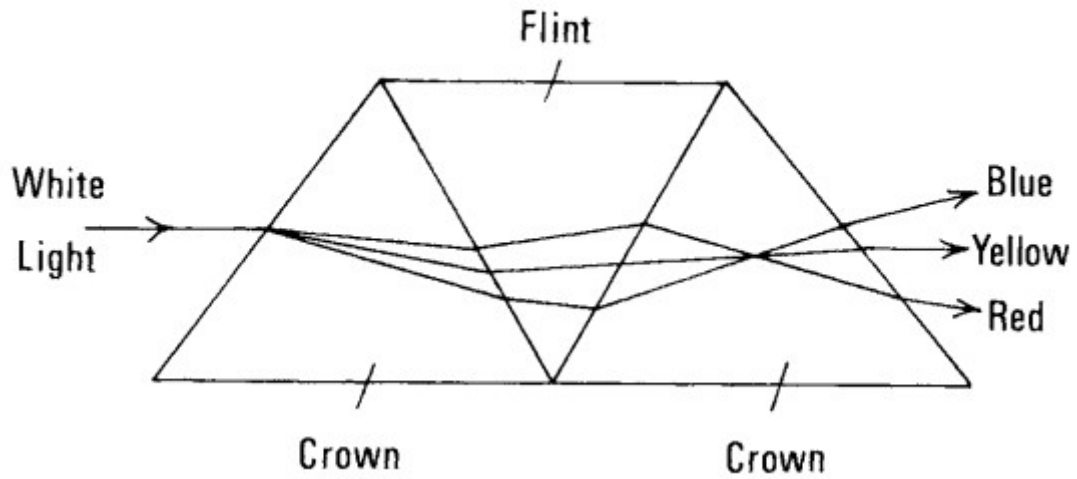


Fig. 8.1. Visar de tre komponenterna i ett Amici-sammansatt prisma där de olika brytningsindexen är valda för att ge noll avvikelse för den gula strålen i det utgående spektret.

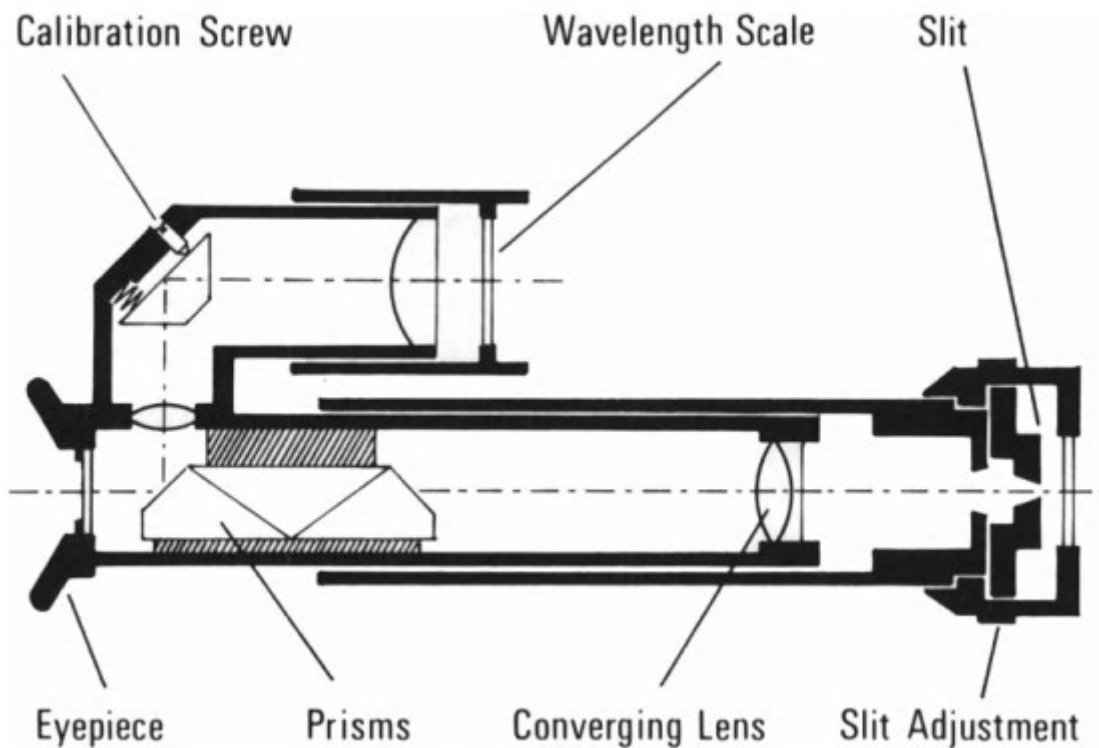
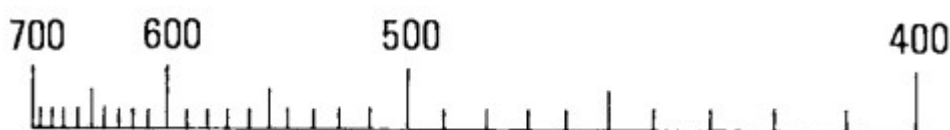


Fig. 8.2. Konstruktion av ett direktvisions-prismaspektroskop med inbyggd våglängdsskala och spalt.

Öppningen eller spalten genom vilken ljuset som ska analyseras passerar. Det spektrum som produceras av instrumentets optik är i själva verket en serie bilder av denna spalt. Om spalten är bred kommer dessa bilder att överlappa varandra (som de gjorde i Newtons experiment), och det resulterande spektrumet blir inte rent. Av denna anledning är de flesta spektroskop utrustade med en justerbar spalt som kan ställas in för en upplösning som är relevant för det spektrum som analyseras. Inställningen av spaltens bredd är vanligtvis en kompromiss mellan att erhålla maximal definition för fina linjer och att släppa in tillräckligt med ljus för att producera ett synligt spektrum. När man initialt ställer in spalten och fokuserar okularet kan spektroskopet riktas mot dagsljus och justeringarna göras för bästa upplösning av Fraunhofer-linjerna. Alternativt kan spektrallinjerna från ett natrium- eller ett lysrör användas.

Som nämnts tidigare är en annan förutsättning för att producera ett rent spektrum att ljusstrålarna som faller på den första prismet

(a)



Våglängder i nanometer - multiplicera med tio för att få Ångströmenheter, dela med tusen för mikrometer (μm).

(b)

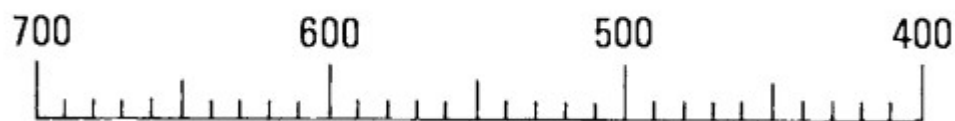


Fig. 8.3. Våglängdsskalan för prismaspektroskopet är komprimerad vid den röda änden och utspridd vid den violetta änden (a). Den linjära skalan för diffraktionsgitter-spektroskopet visas i (b).

I en serie är de infallande ljusstrålarna parallella. Detta uppnås genom att placera en konvergerande lins mellan slitsen och prismet och positionera denna lins så att dess brännpunkt sammanfaller med slitsen.

En ytterligare förbättring av spektroskopet är tillägget av en kalibrerad våglängdsskala, som med hjälp av en separat ljuskälla och lämplig extra optik överlagras på bilden av spektrumet. En kalibreringskruv är vanligtvis tillgänglig som möjliggör att skalan kan flyttas i förhållande till spektrumet. Denna justering görs vanligtvis när man tittar på en natriumkälla, så att 589,3 nm-punkten på skalan kan ställas in så att den sammanfaller med natriumets emissionslinje. I vissa instrument flyttar en kalibrerad ratt spektrumet i förhållande till en fast markör, och våglängdsavläsningen beräknas från kontrollrattens avläsning.

Våglängderna i spektrumet som produceras av ett prisma-instrument är inte linjärt fördelade, utan på grund av dispersionen är de koncentrerade vid den röda änden och utspridda vid den blå/violetta änden (Figur 8.3(a)). Detta gör det svårare att urskilja tätt placerade linjer vid den röda änden av spektrumet och gör det nödvändigt att ha en överlagrad våglängdsskala om våglängdsmätningen är viktig.

Diffraktionsgitter-spektroskopet

Detta instrument använder ett diffraktionsgitter för att sprida ljuset i dess spektrala komponenter. Gittret är vanligtvis en glasskiva där en serie svaga parallella linjer är tryckta. Linjerna har ett avstånd på mellan 15 000 till 30 000 per tum, och de är tryckta på glaset fotografiskt genom optisk reduktion från ett mycket större masternegativ.

Även om diffraktionsgitter-spektroskopet kan verka vara ett enklare instrument än dess prismavariant, är dess funktionsprincip ganska komplex och involverar både diffraktions- och interferensfenomen. Konstruktionen av ett typiskt diffraktionsspektroskop liknar i vissa avseenden prismaversionen. Spalten ligger i fokalplanet för en konvergerande lins fungerar tillsammans med den som en kollimator, vilket gör att det infallande ljuset faller som parallella strålar vinkelrätt mot gitterplanet. Gittret producerar en serie diffrakterade strålar, varav den huvudsakliga fokuseras och visas genom okularet.

Det resulterande spektrumet är inte lika rent eller ljusst som det som erhålls med ett prismaspektroskop, eftersom flera spektra också produceras på vardera sidan om huvudspektrumet och tenderar att späda ut det. Av denna anledning är det bättre för studenten att använda ett prismaspektroskop tills hen har blivit bekant med teknikerna för att observera absorptionsspektra. Diffraktionsgitter-spektroskopet har dock en fördel gentemot prisma-typen genom att våglängderna är jämnt fördelade över spektrumets bredd (figur 8.3(b)).

Den icke-förstörande testningen av en ädelsten med hjälp av dess absorptionsspektrum representerar en liten del av den totala vetenskapen om spektroskopi. Inom industrin används spektroskopi för att mäta de beståndsdelar som finns i ett prov genom att förånga det i en elektrisk båge (eller i en laserstråle) och inspektera en fotografisk registrering av det resulterande spektrumet. Spektroskopi används också för att inspektera infraröda (IR) och ultraviolettera (UV) områden av det icke-synliga spektrumet, och absorptionsband i dessa områden visas grafiskt med hjälp av inspelande spektrometrar som plottar IR- och UV-responser på inbyggda diagramregistratorer.

Användning av spektra för ädelstensidentifiering

Även om spektroskopet kan kräva mer expertis i användningen än refraktometern, kommer det till sin rätt när man identifierar fasetterade ädelstenar vars brytningsindex är för högt för att mätas med refraktometer, eller obearbetade ädelstensprover. Det finns också tillfällen då spektroskopet kan vara det enda sättet att skilja en naturligt färgad ädelsten från en behandlad.

För gemmologiskt arbete är vi främst intresserade av att använda spektroskopet för att undersöka hur ädelstenen under test har modifierat spektrumet av vitt ljus som passerar genom stenen eller reflekteras från dess yta. Eftersom de flesta övergångselement kan associeras med karaktäristiska grupper av absorptionsband eller linjer, är det möjligt att med vissa färgade ädelstenar identifiera stenen enbart genom dess absorptionsspektrum.

Det finns också stenar som zirkon, apatit och YAG som kan visa ett "finlinjespektrum" på grund av närvaron av antingen radioaktiva eller "sällsynta jordartsmetaller". Dessa linjer är ofta så jämnt fördelade längs spektrumet att de har liten påverkan på stenens övergripande färg.

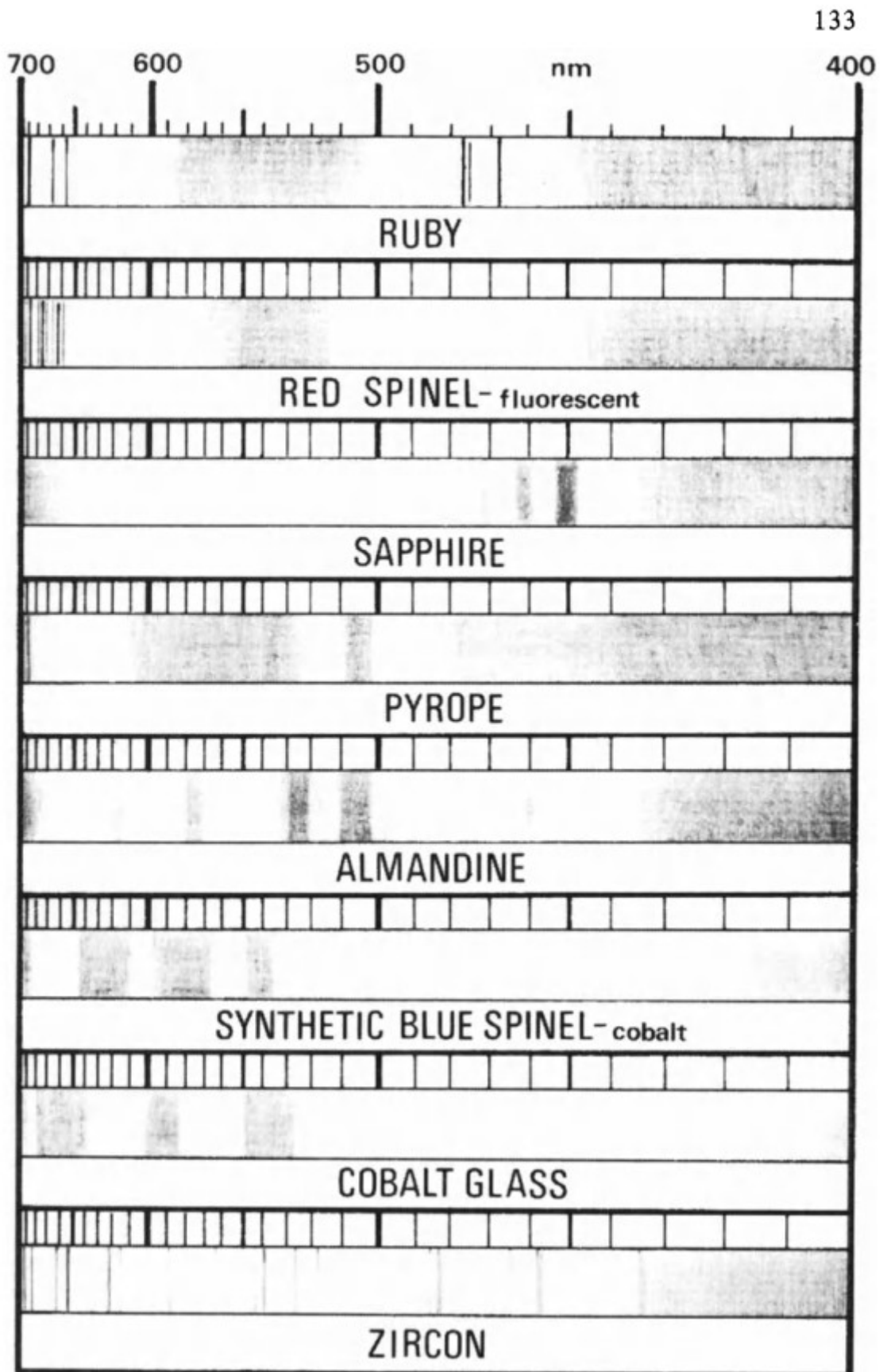
Figur 8.4 visar några av de viktigare ädelstensspektra. För ett mer komplett spektrum hänvisas till Andersons *Gem Testing* eller Liddicoats *Handbook of Gem Identification* (se bibliografi i bilaga C). För att undvika förvirring när man hänvisar till gemmologiska läroböcker (särskilt amerikanska) bör det noteras att konventionen i Storbritannien för att visa och illustrera spektra är att placera rött till vänster, medan konventionen i USA är att placera violett till vänster.

Hittills har vi endast betraktat närvaron av absorptionslinjer eller band i ljusspektrumet. I vissa fall är det möjligt för energin i ljuskällan, som belyser ädelstenen under inspektion, att stimulera färgelementen i stenen så att de istället för att absorbera karaktäristiska våglängder i det infallande ljuset, emitterar ljus vid dessa samma våglängder och producerar fluorescerande linjer.

De viktigaste ädelstenarna som visar fluorescerande emissionslinjer i sina spektra är rubin och röd spinell. Hos båda dessa stenar framträder emissionslinjer vid spektrumets röda ände och beror på närvaron av krom.

För att se linjerna tydligare med spektroskopet rekommenderas det att placera ett blått filter framför ljuskällan så att spektrumets röd/orange ände effektivt blockeras. Denna teknik kan också användas med fördel när man inspekterar absorptionslinjer eller band i spektrumets blå ände.

Rubinspektrumet överst i Figur 8.4 är ett av de mest distinkta av alla ädelstensspektra och gör det möjligt att identifiera denna sten snabbt.



Figur 8.4. Ett urval av några av de viktigaste ädelstensspektra, även vissa syntetiska blå safirer.

Ädelstenen kan identifieras positivt och skiljas från andra stenar med liknande utseende (t.ex. röd spinell, pyrop och almandingranat, röd zirkon). Absorptionslinjerna och banden i rubinens spektrum orsakas av krom. Linjen i det djupröda vid 690 nm är faktiskt ett par tätt sammanställda linjer (kända som en dubbel). Denna linje ses vanligtvis som en enda ljus fluorescerande linje när stenen betraktas i reflekterat ljus, eller som en enda absorptionslinje vid användning av genomträngande ljus. Det finns också två svaga linjer centrerade vid 660 nm, och ett brett absorptionsband i den gula/gröna delen av spektrumet. Dubbeln i det djupröda, tillsammans med de smala banden i det blå, gör detta spektrum diagnostiskt för rubin. Vissa naturliga rubiner innehåller järn, och detta hämmar den djupröda fluorescerande dubbeln. Rubiner från Thailand, till exempel, innehåller ofta tillräckligt med järn för att helt undertrycka dubbeln. Järnet i dessa rubiner är också anledningen till deras mörka almandinfärg.

Absorptionspektret för syntetisk rubin är tyvärr identiskt med det som erhålls från den naturliga stenen, förutom att linjerna och banden tenderar att vara mer intensiva, vilket gör dem lättare att observera (metoder för att skilja mellan naturliga och syntetiska stenar beskrivs i kapitel 11). Röd spinell, liksom rubin, är också färgad av krom och visar de karakteristiska emissionslinjerna i det djupröda. Dessa är vanligtvis fler än i rubin, och i de ljusröda kromrika typerna är linjerna tillräckligt framträdande för att beskrivas som "orgelpipor". Till skillnad från rubin finns det inga band i det blå.

Förekomsten av järn i naturliga blå, gröna och gula safirer indikeras av tre breda absorptionsband i det blå, även om ibland bara bandet vid 450 nm är synligt. I syntetiska gröna och gula safirer, som är färgade med nickel, saknas dessa band. I syntetiska blå safirer, som är färgade med järn och titan, avdunstar det mesta av järnet ur boulen under kristallodlingsprocessen och finns därför inte i tillräcklig mängd för att producera dessa tre typiska absorptionsband.

Ädelstenen kan identifieras positivt och skiljas från andra stenar med liknande utseende (t.ex. röd spinell, pyrop och almandingranat, röd zirkon). Absorptionslinjerna och banden i rubinens spektrum orsakas av krom. Linjen i det djupröda vid 690 nm är faktiskt ett par tätt sammanställda linjer (kända som en dubbel). Denna linje ses vanligtvis som en enda ljus fluorescerande linje när stenen betraktas i reflekterat ljus, eller som en enda absorptionslinje vid användning av genomträngande ljus. Det finns också två svaga linjer centrerade vid 660 nm, och ett brett absorptionsband i den gula/gröna delen av spektrumet. Dubbeln i det djupröda, tillsammans med de smala banden i det blå, gör detta spektrum diagnostiskt för rubin. Vissa naturliga rubiner innehåller järn, och detta hämmar den djupröda fluorescerande dubbeln. Rubiner från Thailand, till exempel, innehåller ofta tillräckligt med järn för att helt undertrycka dubbeln. Järnet i dessa rubiner är också anledningen till deras mörka almandinfärg.

Absorptionspektret för syntetisk rubin är tyvärr identiskt med det som erhålls från den naturliga stenen, förutom att linjerna och banden tenderar att vara mer intensiva, vilket gör dem lättare att observera (metoder för att skilja mellan naturliga och syntetiska stenar beskrivs i kapitel 11). Röd spinell, liksom rubin, är också färgad av krom och visar de karakteristiska emissionslinjerna i det djupröda. Dessa är vanligtvis fler än i rubin, och i de ljusröda kromrika typerna är linjerna tillräckligt framträdande för att beskrivas som "orgelpipor". Till skillnad från rubin finns det inga band i det blå.

Förekomsten av järn i naturliga blå, gröna och gula safirer indikeras av tre breda absorptionsband i det blå, även om ibland bara bandet vid 450 nm är synligt. I syntetiska gröna och gula safirer, som är färgade med nickel, saknas dessa band. I syntetiska blå safirer, som är färgade med järn och titan, avdunstar det mesta av järnet ur boulen under kristallodlingsprocessen och finns därför inte i tillräcklig mängd för att producera dessa tre typiska absorptionsband.

Australiensiska och thailändska safirer innehåller vanligtvis tillräckligt med järn för att producera alla tre banden med rimlig styrka, och i blå safirer resulterar detta i mörkare nyanser, ofta med en antydning till grönt. Däremot saknar safirer från Sri Lanka järn, och endast ett mycket svagt 450 nm-band är vanligtvis synligt i dessa stenar.

Medan både pyrop och almandin innehåller järn, vilket i almandin indikeras av tre band i det gula, gröna och gröngröna/blå, döljs alla utom det gröngröna/blå järnbandet i pyrop av förekomsten av krom, som producerar ett brett absorptionsband i det gula/gröna. Det faktum att almandinens absorptionsband ser väldigt olika ut jämfört med järnspektra som ses i safirer beror på hur färgföroreningen påverkar ljuset när den är innesluten i olika mineralstrukturer.

Syntetisk blå spinell är färgad av kobolt. De tre breda karakteristiska koboltbanden i det orangea, gula och gröna området av spektrumet tjänar till att skilja syntetisk från naturlig blå spinell, som visar en bred komplex struktur på grund av järn. Den blå ädelstensimitationen, koboltglas, visar också ett distinkt koboltspektrum, men i detta fall är mittbandet smalare och förskjutet mot det orangea området av spektrumet, medan de två yttre banden är längre isär.

Spektrumet som erhålls med zirkon kan vara ganska varierande, från ett fint linjespektrum (på grund av uran) i gula och gröna stenar, till inga linjer alls i vissa röda zirkoner. I de zirkoner (utom de röda undantagen) som inte uppvisar ett fint linjespektrum, finns vanligtvis en linje synlig vid 653,5 nm.

Chrysopras är en relativt sällsynt och dyr grön kryptokristallin kvarts, och kan vara svår att skilja från andra mindre kostsamma gröna kalcedonier såsom kromfärgade och grönfärgade varianter. Dock, till skillnad från Chrysopras, beror ingen av de andra varianterna på nickel för sin färg, och det enda sättet att skilja den äkta ädelstenen är att använda ett spektroskop för att leta efter det smala nickelabsorptionsbandet vid 632 nm.

Krom-kalcedon kan i sin tur skiljas från grönfärgade exemplar genom dess starka krom-dublett i det djupröda området.

Hos diamanter tenderar absorptionsbanden att vara svaga och svåra att upptäcka. I gula Cape-diamanter finns ett band i det violetta området vid 415,5 nm, med svagare band vid 435, 451 och 478 nm; ju djupare den gula nyansen är, desto mer framträdande är banden. I bruna diamanter är det huvudsakliga bandet vid 504 nm, med ett svagare band vid 498 nm.

Spektroskopet har spelat en framträdande roll i att upptäcka dåligt färgade gula Cape-diamanter vars färg har förbättrats artificiellt genom neutronbestrålning följt av värmebehandling vid 800 °C. Upptäckten av stenar som behandlats på detta sätt har blivit viktig på grund av det höga priset för sällsynta "fancy"-färgade diamanter, och risken för bedräglig försäljning av behandlade stenar som "fancies". Hos de bestrålade och värmebehandlade diamanterna finns ett avslöjande smalt absorptionsband i det djupt gula området vid 594 nm, vilket inte finns i naturligt färgade stenar, och under flera år har detta tjänat som den huvudsakliga diagnostiska indikatorn.

År 1978 upptäckte forskare vid King's College i London att om en bestrålad diamant upphettas till 1000 °C, försvinner 594 nm-bandet helt och hållet och permanent. Avsaknaden av 594 nm-bandet kan därför inte längre tas som en positiv indikation på att en diamant är naturligt färgad. Testerna för artificiellt färgade diamanter bygger nu på ännu svagare band vid 504 nm och 498 nm (inducerade av den nya färgen), och dessa kan endast pålitligt upptäckas efter att diamanten kylts ned i flytande kväve. Om dessa är närvarande, i kombination med det ursprungliga gula Cape-bandet vid 415,5 nm, är detta bevis på att diamanten har färgats artificiellt.

Förutom att användas för att identifiera ädelstenar genom deras absorptionspektra, kan spektroskopet också användas för att skilja mellan naturligt färgade och färgade ädelstensmaterial. Dåligt färgade jadeiter färgas ibland för att imitera den dyrare gröna varianten.

Grön jadeit får sin färg från krom, och en vag dublett kan vanligtvis upptäckas vid 691,5 nm, med ett par svagare linjer vid 655,0 nm och 630,0 nm. Ett intensivt järnband kan också ses i reflekterat ljus vid 437,0 nm. Om jadeitens gröna färg beror på färgning kommer inga av dessa band att vara synliga, men färgämnet kommer att skapa ett brett absorptionsband i det röda området.

Finlinjespektra och de sällsynta jordartsmetallerna

Finlinjespektra som observeras i vissa zirkoner har viss likhet med de som produceras av apatit, syntetisk scheelit, syntetiska granater och av vissa typer av glas. Dock är spektrallinjerna som utvecklas i dessa senare material vanligtvis mycket mer framträdande än de i zirkonspektrumet och beror på närvaron av "sällsynta jordartsmetaller" som erbijum och didymium. Även om dessa spektra från sällsynta jordartsmetaller är användbara som identifieringsfunktioner, spelar de generellt ingen roll i produktionen av färg. De kan ibland ses i syntetiska diamantsubstitut (d.v.s. YAG, GGG, scheelit) som ofta är dopade med en av de sällsynta jordartsmetallerna.

Användning av spektroskopet

Innan du börjar använda spektroskopet bör spaltjusteringen ställas in på ett delvis öppet läge, och instrumentet bör fokuseras på antingen Fraunhofer-linjerna (genom att rikta det mot dagsljus) eller på linjerna i en natrium- eller lysrörslampa. Nästa steg är att belysa provet så att tillräckligt med ljus kan passera genom det (eller reflekteras från det) för att skapa ett synligt spektrum.

En av de viktigaste tillbehören för användning tillsammans med spektroskopet är en källa till starkt vitt ljus. I vissa sammansatta spektroskopenheter är detta inbyggt, tillsammans med en kylfläkt och ett värmefilter, som förhindrar att provet överhettas. Det finns flera kommersiella ljuskällor tillgängliga som använder flexibla glasfiberljusguider för att rikta ljuset mot provet i den mest fördelaktiga vinkeln (Figur 8.5).

Även när den infraröda delen av ljuskällans emission tas bort med hjälp av ett värmefilter, finns det fortfarande en betydande mängd energi i ljuset, och det är inte lämpligt att lämna en sten exponerad för en stark ljuskälla för länge. Överexponering kan till exempel påverka färgen på en zirkon, och om en sten innehåller en spänningsdefekt eller spricka, kan ljusenergin orsaka att detta förlängs till en fraktur.

Om ett mikroskop finns till hands kan det också användas som en praktisk montering för spektroskopet och som ett medel för att belysa ädelstenen som testas. Provet placeras på mikroskopets scen, mikroskopet ställs in på sin lägsta förstoring, och okularet tas bort. Ljuskällan, ädelstenens position och mikroskopets fokus justeras så att mikroskopets tub fylls jämnt med ädelstenens kroppsfärg.

För att undvika att tillfälligt bli bländad av det starka ljuset som kommer från tittarröret, är det lämpligt att placera ett stycke matt eller opalglas över tittarröret medan denna justering görs.

Om mikroskopet är utrustat med en inbyggd ljuskälla bör den ställas in för ljusfältsarbete när man undersöker en transparent ädelsten. Om en iris är installerad bör den justeras så att minimalt med

Ljus slipper ut runt kanterna av provet. För opaka ädelstenar måste en ljuskälla som riktas mot stenen användas, och detta kan vara fördelaktigt även för transparenta eller genomskinliga stenar.

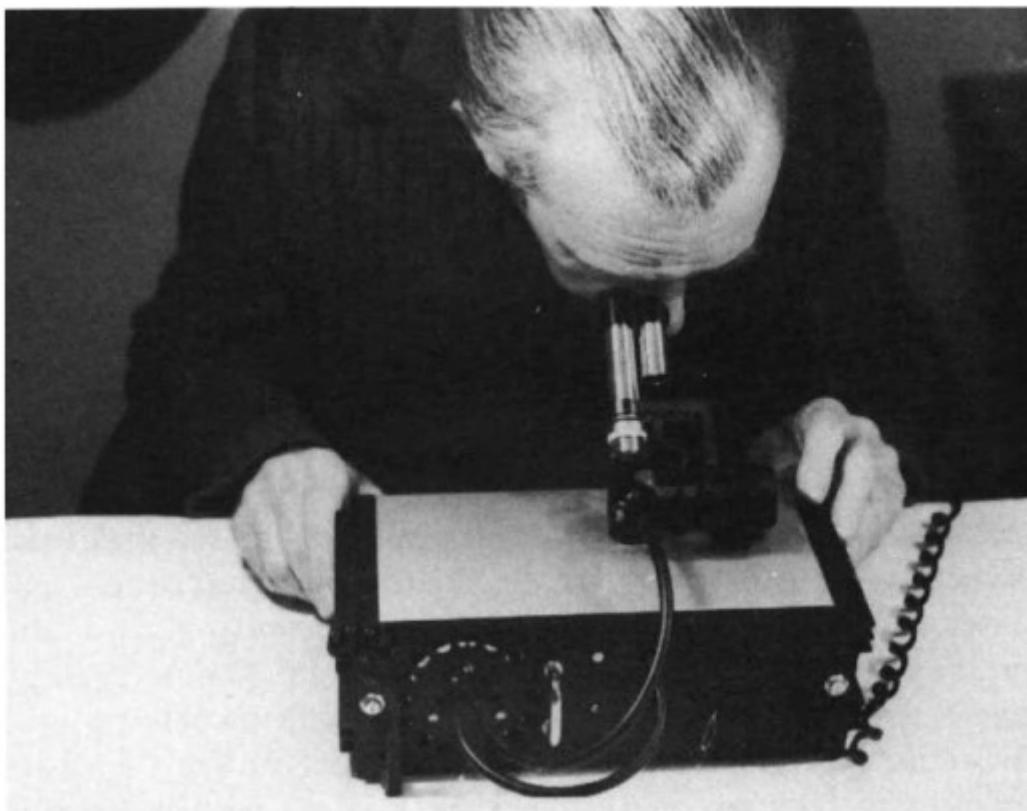


Fig. 8.5. Författaren använder ett Eickhorst kalljus-spektroskop.

När ädelstenen är korrekt belyst, kan spektroskopet sänkas ner i tittarröret och de sista justeringarna göras på slitsen och fokusinställningarna för att få fram ett tydligt spektrum. Det bör noteras att fokusinställningarna skiljer sig något mellan den röda och violetta delen av spektrumet, och små justeringar kan behövas när man undersöker linjer i båda ändarna av spektrumet. För starkt dikroiska stenar bör man också komma ihåg att spektrumet som produceras av den ordinarie strålen skiljer sig från det som produceras av den extraordinära strålen. Av denna anledning bör stenen roteras så att eventuella förändringar i spektrumen kan observeras innan en diagnos ställs (till exempel hos rubin är det centrala absorptionsbandet i det gula/gröna bredare och starkare för en stråle än för den andra). Denna skillnad kan också upptäckas genom att placera ett polariserande filter över okularet.

För de flesta människor minskar ögats visuella känslighet mot den violetta delen av spektrumet. Därför är det ofta svårt att se linjer eller band i dessa våglängder. En viss förbättring kan uppnås genom att belysa ädelstenen under test med ett blått snarare än vitt ljus, eftersom detta ökar kontrasten för eventuella band i den blå änden av spektrumet. Det är också till hjälp att låta ögonen anpassa sig till mörker innan man letar efter svaga linjer och band, samt att hålla belysningsnivån i rummet så låg som möjligt. Det är också olämpligt att stirra på ett starkt upplyst spektrum under en kort tid, eftersom detta kan minska ögats känslighet. Svaga band kan ibland upptäckas genom att titta lite åt sidan från det spektrumavsnitt som undersöks och använda det mer känsliga perifera synfältet.

9. Luminescerande och Elektriska Egenskaper hos Ädelstenar

När vissa substanser får överskottsenergi i en eller annan form, under nivån som skulle orsaka glödhet, svarar de genom att avge en synlig "kall" strålning, som ofta är karakteristisk för just den substansen. Mekanismen som producerar denna kalla strålning, eller luminescens, är kopplad till excitationen av atomer inom substansen. Den energi som absorberas av luminescerande material används för att flytta elektroner ur deras normala atomiska banor (kallade "grundtillstånd") till banor med en högre energinivå (kallade "exciterat tillstånd"). När dessa elektroner slutligen återgår till sina mer stabila banor, avger de sin överskottsenergi i form av elektromagnetisk strålning (dvs. synligt eller, ibland, ultraviolett ljus).

Av de många olika typerna av luminescens som kan uppstå, är fotoluminescens den mest intressanta och användbara för gemmologiska ändamål. Vid denna typ av luminescens är insatsenergin i form av elektromagnetisk strålning (dvs. synligt ljus, ultraviolett ljus eller röntgenstrålar), och den utsända strålningen har en längre våglängd än den ursprungliga excitationen.

Elektronernas orbitala svängningar i ett luminescerande material sker slumpmässigt. Om det praktiskt taget inte finns någon fördröjning mellan att elektronerna får energi och sedan avger den som synligt ljus, kallas fenomenet fluorescens, och upphör omedelbart när excitationen stängs av. Om det däremot finns en märkbar fördröjning innan elektronerna avger sin överskottsenergi, kallas fenomenet fosforescens, och kan ses som ett "eftersken" när excitationen upphör.

Det är möjligt för ett material att både fluorescera och fosforescera, och resultatet kan ibland ses som en förändring i det luminescerande ljuset när strålningskällan stängs av. Vissa material har förmågan att lagra den energi de får från elektromagnetisk strålning och sedan frigöra den igen när de värms upp, och denna effekt kallas termofosforescens.

Medan fotoluminescens produceras av elektromagnetisk strålning i det synliga och nära synliga spektrumet, är de energikällor som orsakar triboluminescens, katodoluminescens och elektroluminescens helt olika. Ett triboluminescerande material är ett som lyser när det gnuggas eller slipas. Detta kan ske i praktiken när en rå diamant poleras på en scaife, vilket gör att stenen lyser intensivt blå eller röd. Om stenen lyfts ur kontakt med scaifen försvinner den fluorescerande effekten omedelbart, vilket visar att den genererades av friktion och inte av värme.

Katodoluminescens är en fluorescerande effekt som visas hos vissa material när de bombarderas med en stråle av elektroner. Medan fosforerna som används på skärmen av TV-apparater är vanliga exempel på katodoluminescerande material, upptäcktes katodoluminescens i mineraler först som en bieffekt när prover betraktades i ett elektronmikroskop. Det har sedan dess utvecklats till ett användbart forskningsverktyg för att upptäcka närvaron av sällsynta jordartsmetaller och specifika mineraler i agglomerat. Det används också för att undersöka kristallografiska egenskaper och kväve-"plattor" i diamantkristaller.

Ytterligare en form av luminescens kan uppstå i vissa substanser genom att en elektrisk ström leds genom dem, och när detta sker sägs substansen vara elektroluminescent. Naturliga blå diamanter är halvledare (dvs. precis som det "dopat" kisel som används i mikroprocessorer, ligger deras elektriska ledningsförmåga någonstans mellan en ledare och en isolator), och ett av testerna som används för att skilja dem från artificiellt färgade blå diamanter (som inte leder elektricitet) är att applicera en likström eller växelström via en strömindikator. Under detta test uppvisar naturliga blå diamanter ofta elektroluminescens under påverkan av den ström som flödar genom kristallstrukturen.

I alla dessa olika former av luminescens beror det utsända ljuset antingen på någon inneboende egenskap i materialet (t.ex. gitterdefekter i diamant) eller på förekomsten av luminescerande föroreningar som kallas aktivatorer (t.ex. kromoxid i rubin). För identifiering av ädelstenar är det viktigt att det utsända fotoluminescerande ljuset alltid har en längre våglängd än den tillämpade strålningen. Effekten av denna våglängdskonvertering innebär att det är möjligt att använda kortvågsstrålningskällor i form av ultravioletter lampor och röntgengeneratorer för att skapa synliga luminescerande effekter. Hos vissa ädelstenar kan till och med kortvågigt synligt ljus i det blå spektrumets ände användas för att producera en längre våglängd i det röda spektrumets ände.

Detta fenomen användes först praktiskt inom gemmologi av B. W. Anderson, som anpassade tekniken med korsade filter för att identifiera ädelstenar vid Gem Testing Laboratory vid London Chamber of Commerce. Det bör påpekas att metoden med korsade filter inte har något att göra med polariserande filter, som man först skulle kunna tro, utan involverar användning av färgfilter.

De olika formerna av elektromagnetisk strålning som är tillgängliga för gemmologer är faktiskt synligt ljus, långvågigt ultraviolett ljus, kortvågigt ultraviolett ljus och röntgenstrålning. Varje form av denna energi har sin särskilda tillämpning vid identifiering av ädelstenar med hjälp av deras luminescerande egenskaper. Teknikerna och utrustningen som är kopplade till dessa fyra former av strålning kommer nu att diskuteras mer i detalj.

Korsade filter

Detta är den enklaste av alla metoder som används för att testa för luminescens, eftersom den nödvändiga utrustningen oftast finns till hands och inte är specialiserad. Allt som behövs är en stark källa till vitt ljus, ett blått filter och ett rött filter. Dessa filter kan vara av enkel gelatinvariant som placeras mellan glasskivor för att skydda dem mot lampans värme. Alternativt kan en flaska med kopparsulfatlösning användas istället för det blå filtret placeras mellan ljuskällan och ädelstenen, och ädelstenen betraktas genom det röda filtret. Om endast det blå filtrerade ljuset tillåts falla på ädelstenen (genom att skärma av på lämpligt sätt), och stenen ses lysa när den betraktas genom det röda filtret, måste den fluorescera.

Ädelstenar som uppvisar fluorescens mest tydligt under korsade filter är de som får sin färg från kromrika föroreningar. Sådana ädelstenar är främst rubin och röd spinell, både naturliga och syntetiska.

Smaragd, rosa topas och den sällsynta alexandrit-varianten av chrysoberyll fluorescerar också rött under de korsade filtren, även om detta kan hämmas i smaragd och alexandrit på grund av förekomsten av järn, även i små mängder. Av denna anledning fluorescerar syntetisk smaragd starkare än naturliga stenar, eftersom de senare ofta innehåller spår av järn. Pyrop och jadeit, som innehåller både krom och järn, fluorescerar inte alls. Naturliga svarta pärlor fluorescerar med ett svagt rött sken som skiljer dem från de som är konstgjort färgade med silverniträt.

Långvågiga ultravioletter lampor

Ultravioletter strålkällor är kvicksilverurladdningslampor eftersom dessa har starka spektrala emissionslinjer som sträcker sig från gult till långt ut i ultraviolett spektrum. Den dominerande kvicksilveremissionslinjen som används för långvågigt (LW) ultraviolett arbete har en våglängd på 366 nm. För att undvika att en ädelstens luminescens döljs av de synliga emissionslinjerna i kvicksilverlampans spektrum används ett filter som blockerar det mesta av det synliga ljuset.

Filtret som används för LW-ultravioletta lampor är ett Wood's glasfilter, som innehåller kobolt och en spår mängd nickel. En kommersiell version av detta är Chance-filter 0X1, som finns tillgängligt som en 50 x 50 mm glasskiva från Gemmological Instruments Ltd. Kvicksilverlampan som används för LW-arbete är av högtrycksurladdningstyp. LW-ultravioletta lampenheter tillverkas i olika former.

Kortvågs-ultravioletta lampor

Kvicksilverlampan som används för kortvågig (SW) ultraviolet belysning är av lågtryckstyp och använder ett kvartsrör eller en kvartshölje. SW-lampans dominerande emissionslinje ligger vid 254 nm, och ett Chance 0X7-filter används för att släppa igenom denna våglängd samtidigt som det filtrerar bort större delen av det synliga ljuset i lampans spektrum.

Det bör noteras att SW-ultravioletta filter försämras under användning och bör kontrolleras för effektivitet efter ungefär 100 timmars användning för att säkerställa att de fortfarande fungerar korrekt.

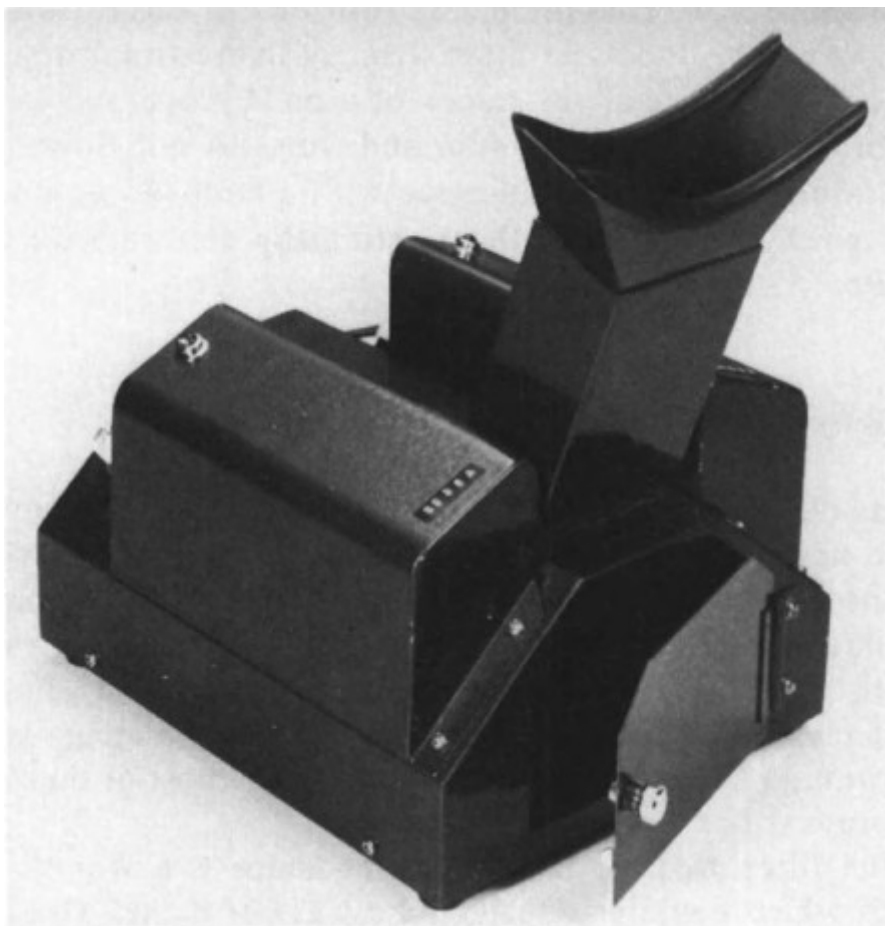


Fig. 9.1. Denna enhet innehåller både långvågs- och kortvågslampor i ett ljussäkert betraktningsskåp (Gemmological Instruments Ltd.)

Lampornas utgångseffekt kan minska med upp till 20 % under de första 100 timmarna av användning. Vissa ultravioletta enheter är utrustade med självständigt styrda LW- och SW-lampor, vilket möjliggör snabb jämförelse av ett materials luminescensegenskaper vid dessa två våglängder (se Figur 9.1).

Röntgenutrustning

På grund av storleken och kostnaden för utrustningen, samt de försiktighetsåtgärder som krävs för att skydda användare mot strålningsrisker, återfinns röntgenkällor vanligtvis endast i forskningslaboratorier. Inom diagnostisk gemmologi används röntgen antingen som ett analysverktyg för att studera en ädelstens inre struktur eller för att identifiera specifika egenskaper som inte kan observeras med andra metoder.

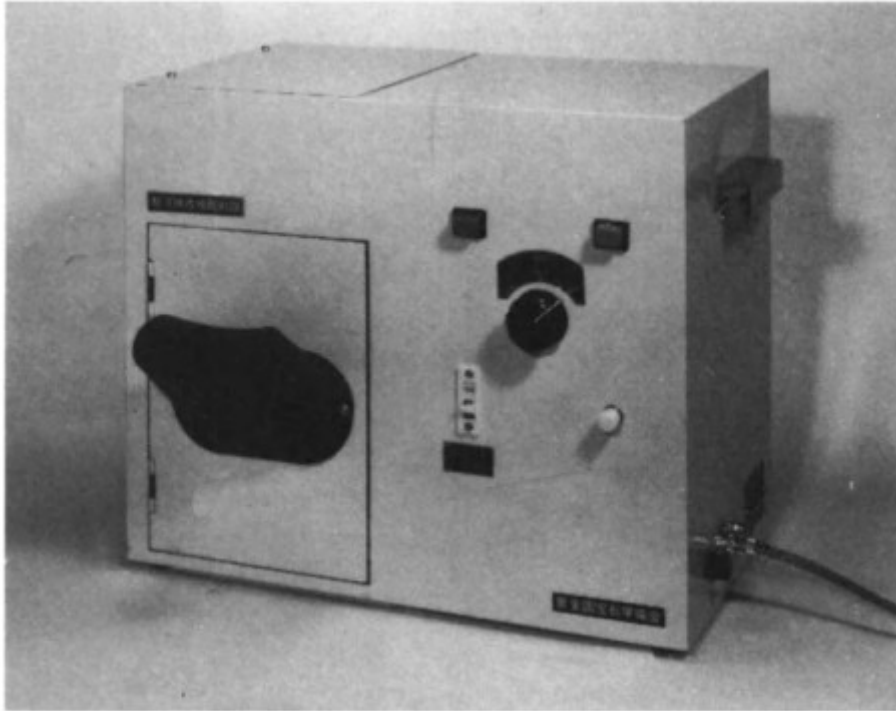


Fig. 9.2. Denna lågstrålnings-röntgenenhet är utformad för att skilja diamant från dess imitationer genom att testa provens genomskinlighet mot röntgenstrålar (GAAJ).

Eller som en energikälla för att stimulera luminescens i ädelstenar, eller som ett sätt att tränga igenom ädelstensmaterial för att ge information om deras inre strukturer. Våglängderna för röntgenstrålar ligger mellan 0,1 och 1,0 nm, vilket gör att strålarna kan tränga igenom med lätthet kan de ämnen vars beståndsdelar har låg atomvikt genomträngas av röntgenstrålar. Till exempel är diamant, som består av kol, nästan genomskinlig för röntgenstrålar, medan andra ädelstensmineraler visar varierande grader av opacitet beroende på beståndsdelarnas atomvikt.

Diamanters genomskinlighet för röntgenstrålar används som en metod för att skilja dem från deras imitationer i en röntgentestare för diamanter, som visas i figur 9.2. Testprover placeras på en reflekterande fluorescerande platta inuti enheten, och när aktiveringsknappen trycks ner, aktiveras den interna röntgenröret och provets opacitet kan ses som en skuggbild genom observationsfönstret.

Inom kristallografisk forskning används röntgenstrålar för att utforska kristallstrukturer och symmetri. En smal röntgenstråle injiceras i provet i riktning mot en kristallaxel och producerar ett distinkt mönster av prickar på en fotografisk film. Detta kallas ett transmissions-Laue-mönster och är resultatet av att röntgenstrålarna bryts av den regelbundna tredimensionella gallret som bildas av atomer i kristallens gitter.

Tekniken kan också användas för att skilja mellan naturliga och odlade pärlor (se kapitel 10). Vid röntgentopografi fokuseras strålen till ett smalt band och skannas långsamt över provet för att skapa en fotografisk bild av kristallens interna defekter. Denna teknik har använts experimentellt för att

"fingeravtrycka" både polerade och råa diamanter för dokumentationsändamål, samt som en metod för att skilja mellan naturliga och syntetiska smaragder.

Att identifiera ädelstenar genom luminescens

Även om inte många ädelstensmaterial har luminescerande egenskaper, kan luminescens ibland hjälpa till att identifiera en ädelsten, särskilt om den luminescerande färgen under långvågs-UV (LW UV) skiljer sig från den under kortvågs-UV (SW UV). Följande anteckningar indikerar några av de typiska färger som kan ses när vissa ädelstenar utsätts för UV-strålning. Ädelstenar utsätts för långvågig (LW) och kortvågig (SW) UV-ljus samt röntgenstrålning.

Apatit

Apatit har det mest varierande luminescensspektrumet av alla ädelstenar. Eftersom dess färger varierar beroende på både typen av bestrålning och ädelstenens kroppsfärg, listas de här i tabellform för tydlighet.

Kroppsfärg	LW UV	SW UV	Röntgen
Gul	Lila	Lila/Rosa till ljusblått	Rosa-vit/gul
Blå	Mörkblå	Svagt senaps- gul	Svagt rosa halmgul
Grön	Senapsgul		Gulaktig vit
Violett	Grönaktigt violett	Ljuslila	Ljus grönaktig-gul med ihållande fosforescens

Benitoit

Denna sällsynta ädelsten är normalt inaktiv under långvågig UV (LW UV), men lyser starkt blått under kortvågig UV (SW UV). Ljusblå till färglösa exemplar kan dock fluorescera med ett svagt rött sken under långvågig UV.

Danburit

Denna ädelsten kan identifieras under långvågig UV (LW UV) genom sin himmelsblå fluorescens.

Diamant

Alla diamanter fluorescerar en kritaktig blå färg under röntgenstrålar, och detta är grunden för den separationsteknik som används i diamanthuggruvor. Dock fluorescerar endast cirka 10 till 15 % av alla diamanter. Under UV-ljus fluorescerar främst diamanter från Cape-serien (dvs. de med en gulaktig kroppsfärg), och deras fluorescerande färger varierar från blått till grönt och gult, med tillfälliga nyanser av rosa och rött. De diamanter som fluorescerar blått visar även en svag gul fosforescens. För att upptäcka detta bestående gula efterglöd behöver ögonen anpassa sig till mörkret, men när det väl ses är det bekräftande för diamanter, eftersom inga andra blåfluorescerande ädelstensmineraler uppvisar en gul fosforescens. Generellt sett visar diamanter mindre luminescens under kortvågigt UV-ljus (SW UV), även om blåfluorescerande stenar ibland visar det typiska gula efterglödet tydligare efter SW-bestrålning.

På grund av diamanternas mycket varierande fluorescerande egenskaper under långvågigt UV-ljus (LW UV) föreslog R. Webster en gång användningen av detta som en metod för att identifiera en bit av diamanthugsmärke. De olika styrkorna och färgerna av fluorescens fungerar som "passfunktioner" när de fotograferas i UV-ljus. På samma sätt kan tekniken användas för att få en

uppfattning om äktheten hos diamanterna. Om alla stenar fluorescerar med identisk färg och styrka är de mer sannolikt simulanter eller till och med glas (särskilt om detta sker under SW UV).

Smaragd

Även om naturliga smaragder visar viss respons under långvågigt UV-ljus (LW UV), är de bäst testade för fluorescens med hjälp av korsfiltermetoden. De flesta syntetiska smaragder uppvisar däremot en distinkt karmosinröd fluorescens under både långvågigt (LW) och kortvågigt (SW) UV-ljus.

Fluorite

Med undantag för 'Blue John', som är helt inert, uppvisar de flesta fluoritvarianter viss fluorescens under långvågigt UV-ljus (LW UV), som i bästa fall är en stark blå/lila färg. Vissa exemplar visar en fosforescerande effekt efter exponering för röntgenstrålar. Efter exponering för LW UV kan långvarig fosforescens ibland uppstå i UV-området snarare än synliga ljusvåglängder, och kan detekteras fotografiskt..

Gadolinium gallium granat (GGG)

Denna sten har en blek halmgul fluorescens under långvågig UV-strålning (LW UV), som ändras till en persikofärg under kortvågig UV-strålning (SW UV). Under röntgenstrålar fluorescerar GGG (Gadolinium Gallium Granat) i lila.

Hydrogrossular granat (även känd som Transvaal jade)

Denna visar en karakteristisk orange glöd under röntgenexponering, vilket hjälper till att skilja den från idokras och jade-mineralerna.

Kunzite

Denna ädelsten lyser i orange eller guld under långvågig UV. Under röntgenfluorescerar stenen starkt i orange, och dess kroppsfärg ändras tillfälligt till en blågrön färg.

Lapis Lazuli

Eftersom detta är en sten som innehåller en blandning av mineraler, tenderar dess fluorescens att vara fläckvis. Under långvågig UV är fläckar och strimmor av orange fluorescens synliga.

Opal

Naturliga opaler kan visa en vit, blåaktig, brunaktig eller grönaktig fluorescens under långvågig UV, ofta med en ihållande grön fosforescens. Syntetisk opal visar ingen fosforescens.

Paste

Detta är generellt inert under långvågigt UV-ljus (LW UV), men lyser i en ljus blekblå eller grön färg under kortvågigt UV-ljus (SW UV).

Rubin

Både naturliga och syntetiska rubiner lyser med en stark röd fluorescens under långvågigt UV-ljus (LW UV), kortvågigt UV-ljus (SW UV) och röntgenstrålning, där fluorescensen hos den syntetiska stenen är starkare i varje fall. Till skillnad från den naturliga ädelstenen visar syntetisk rubin en fosforesceneffekt efter exponering för röntgenstrålning.

Safir

Under långvågigt UV-ljus (LW UV) fluorescerar naturliga vita safirer vanligtvis orange, men visar ingen reaktion under kortvågigt UV-ljus (SW UV). Gula safirer från Sri Lanka lyser med en karakteristisk aprikosgul färg under LW UV, vilket skiljer dem från syntetiska gula korunder som är inerta, och syntetiska orange korunder som lyser starkt rött. Gula safirer från Australien och

Thailand fluorescerar inte alls, och det gör inte heller naturliga blå safirer (på grund av närvaron av järn), men syntetiska blå safirer visar en stark grönblå fluorescens under SW UV på grund av närvaron av titan och avsaknaden av järn. På grund av deras låga järnhalt kan blå safirer från Sri Lanka också visa en grön fluorescens under SW UV.

Scapolit

Detta fluorescerar gult under långvågigt UV-ljus (LW UV) och rosa under kortvågigt UV-ljus (SW UV).

Scheelit

Under kortvågigt UV-ljus (SW UV) fluorescerar denna ädelsten blå, men är inert under långvågigt UV-ljus (LW UV).

Spinell

Gröna och gula syntetiska spineller, som innehåller mangan som färgelement, visar en stark grön fluorescens under långvågigt UV-ljus (LW UV). Blå syntetiska spineller (som innehåller kobolt) fluorescerar rött under LW UV. Naturliga mörkblå spineller (som innehåller järn) fluorescerar inte alls. Under kortvågigt UV-ljus (SW UV) lyser vita syntetiska spineller med en stark blåvit färg i kontrast till deras brist på fluorescens under LW UV. Liksom rubin lyser röda och rosa (både naturliga och syntetiska) spineller starkt rött under både LW och SW UV.

Strontium titanat

Denna konstgjorda ädelsten visar ingen reaktion på någon av de tre typerna av strålning.

Yttrium Aluminium Granat (YAG)

Under LW UV och röntgenstrålning visar denna konstgjorda ädelsten en gul fluorescens.

Zirconia (cubic zirconiumoxide)

Ingen fluorescens uppstår under LW UV, men under SW UV fluorescerar amerikanskt material (stabiliserat med yttriumoxid) mycket svagt gröngult, medan schweiziskt, österrikiskt och ryskt material (stabiliserat med kalciumoxid) lyser med en tydlig gul färg. Alla material visar en tydlig vitaktig fluorescens under röntgenstrålning.

Elektriska egenskaper

De flesta ädelstenar är elektriska isolatorer, men det finns några som är elektriskt ledande och som kan leda ström om en spänning appliceras över dem (Figur 9.3). De halvledande egenskaperna hos naturliga blå diamanter har redan nämnts och beror på förekomsten av bor.

En annan elektrisk egenskap som vissa mineraler besitter, särskilt turmalin, är den pyroelektriska effekten. När pyroelektriska material upphettas utvecklar de en elektrisk laddning över de motsatta ändarna av kristallaxeln. Turmalin och kvarts uppvisar piezoelektriska egenskaper och blir laddade när de utsätts för stress i vissa riktningar.

Vissa material, som diamant, är fotokonduktiva, och deras normalt höga elektriska resistans minskar när de exponeras för ultraviolett ljus. Halvledardiamanter som innehåller boratomer är också fotokonduktiva för gammastrålning och används, likt en geigertub, som radioaktiva räknare i situationer där ett starkt korrosionsbeständigt sensoriskt material krävs.

Bärnsten (och vissa plastimitationer) är ett triboelektriskt material, vilket utvecklar en negativ elektrostatisk laddning på ytan när det gnuggas. I detta tillstånd kan det plocka upp små pappersfragment.

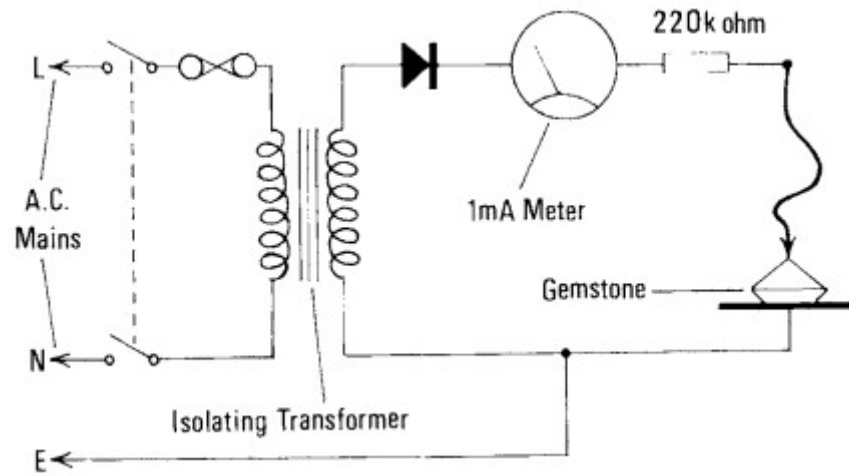


Fig. 9.3. En testkrets för att kontrollera den elektriska ledningsförmågan hos ädelstenar. Den kan användas för att skilja naturligt blå halvledardiamanter från diamanter som har färgats blått artificiellt.

10 Organiska ädelstensmaterial och deras simulanter

Organiska ädelstensmaterial är de som har producerats av levande organismer. Med undantag för pärla och korall är dessa material alla amorfa ämnen, till skillnad från de oorganiska ädelstensmineralerna som har en kristallin struktur.

Pärlor

Trots deras mjukhet och deras sårbarhet för syraattacker, svettning och kosmetika har pärlor lyckats behålla sin status som en av de mest populära ädelstenarna. Liksom andra värdefulla ädelstenar har "naturliga" eller naturliga pärlor många simulanter. Dessa kan delas in i två breda grupper: odlade pärlor och imitationpärlor. Även om både naturliga och odlade pärlor lätt kan skiljas från imitationerna, har en av de svårare uppgifterna som gemmologen och juveleraren står inför varit separeringen av den naturliga pärlan från den odlade produkten.

Den naturliga pärlan bildas inuti en mussla som ett resultat av ett främmande ämne som penetrerar varelsens skal och orsakar irritation. Musslan reagerar genom att omge inkräktaren (som kan vara ett sandkorn eller en parasit) med en "påse" av manteln från sitt skyddande inre lager, och detta i sin tur utsöndrar en avlagring som kapslar in "inkräktaren" med koncentrisk lager av pärlemor. Den pärlemorslika avlagringen består av ett mycket tunt nätverk av conchiolin-celler vars interstitier är fyllda med minutiösa kristaller av aragonit. Dessa kristaller är ortorombiska former av kalcit (CaCO_3) och är orienterade med sina huvudaxlar i rät vinkel mot lagret. När den ursprungliga källan till irritation täcks av pärlemor fortsätter musslan att deponera ytterligare lager i upp till sju år, där de tusentals tunna genomskinliga lagren slutligen bildar en pärla.

Även om de flesta musslor har förmågan att producera pärlor på detta sätt, är den huvudsakliga källan till dessa ädelstenar *Pinctada saltvattenarter*. Dessa musslor lever i varma grunda hav, och skördas för sitt pärlinnehåll på många platser, inklusive Persiska viken, Sri Lanka, Tahiti, nordvästkusten av Australien och kusten av södra Burma.

Bildningen av pärlan inom musslan kan antingen resultera i att "inkräktaren" blir inbäddad i mantellagret för att producera en cystpärla, eller att den fäster sig vid pärlemorskiktet på skalet för att producera en blåspearla. Medan cystpärlan är en fullständigt bildad och vanligtvis sfärisk pärla, måste blåspearlan skäras ut ur musslans skal och är därför inte fullständigt bildad. Med blåspearlor täcks inte den del som var fäst vid skalet med pärlemor. På grund av detta slipas den vanligtvis av och döljs sedan av smyckesinställningen.

Pärlans huvudattraktion ligger i dess iriserande glans. Detta orsakas av en kombination av interferens- och diffraktionseffekter i de tunna ytskikten av ädelstenen, och kallas pärlans orient. Även om majoriteten av ädelstenskvalitativa pärlor har en silvervit lyster, är pärlor som hittas i Mexikanska viken svarta, och färgen sägs bero på havsvattnets innehåll. Rosa pärlor hittas i en univalva mussla kallad "great conch" utanför kusterna av Florida och Västindien.

Sötvattenspärlor produceras av olika mussel- och musselsorter, och hittas främst i floder i Storbritannien och Nordamerika. Pärlor har hårdheter i intervallet 3,5 till 4,0 på Mohs hårdhetsskala, specifika densiteter mellan 2,6 och 2,8, och brytningsindex från 1,52 till 1,66 (1,53 till 1,69 för svarta pärlor).

Odlade pärlor

Odlade saltvattenpärlor produceras genom att infoga en pärlemorkula och en liten bit av manteln i ett snitt i en tre år gammal mollusks skal. Mollusken placeras sedan i en bur och återförs till havet. Tre år senare tas mollusken upp ur havet igen, och pärlemorkulan, som nu har förvandlats till en odlad pärla med ett 1 till 2 mm tjockt lager av pärlemor, utvinns.

Odlade blåsiga pärlor, kända som Mabe-pärlor, produceras genom att limma en liten pärlemorkula på insidan av molluskskalen. Mollusken återförs sedan till havet där kulan täcks med ett lager pärlemor. Efter två eller tre år återtas mollusken och den resulterande blåsiga pärlan sågas ut ur sitt skal. En bit polerad pärlemor limmas sedan på basen av pärlan för att bilda en helt rundad ädelsten.

I en senare produktionsmetod används en mjuk kula i stället för pärlemorkulan. När den blåsiga pärlan har skurits ut ur skalet tas kulan bort, håligheten rengörs (och ibland färgas), och en mindre glaskula limmas på plats. Basen av den blåsiga pärlan täcks sedan som tidigare med en polerad bit pärlemor.

Icke-nukleerade pärlor

Det är nu känt att pärlbildning sker om endast mantelfragmentet sätts in i mollusken. Storleken på den resulterande pärlan är dock mindre eftersom den nästan helt består av avlagrade lager av pärlemor. Icke-nukleerade pärlor av denna typ, kända som Biwa-pärlor, odlas runt stränderna av sjön Biwa i Japan. Dessa är odlade pärlor som produceras i den stora sötvattensmusslan *Hyriopsis Schlegeli*. Förutom avsaknaden av solida kärnor (vilket inte var framgångsrikt när det användes i denna typ av mollusk), är den största skillnaden mellan sötvattensodling i sjön Biwa och de metoder som används för saltvattensodling den simultana produktionen av flera pärlor i varje mussla.

Manteln på musslan görs skårar i på flera ställen, och en liten bit mantel sätts in i varje snitt. Musslan återförs sedan till vattnet under en period av tre år, och efter det pärlorna har skördats från den återförs den till vattnet, där en andra skörd ibland kan ske naturligt. Den första skörden av pärlor är vanligtvis ovala eller barocka i formen, och på grund av avsaknaden av en pärlkärna är de små (mindre än fem grain i vikt). På grund av deras form och storlek sätts de ofta in igen som "frön" i en annan mussla för att producera en andra skörd av större pärlor med bättre form.

Skilja naturliga från odlade pärlor

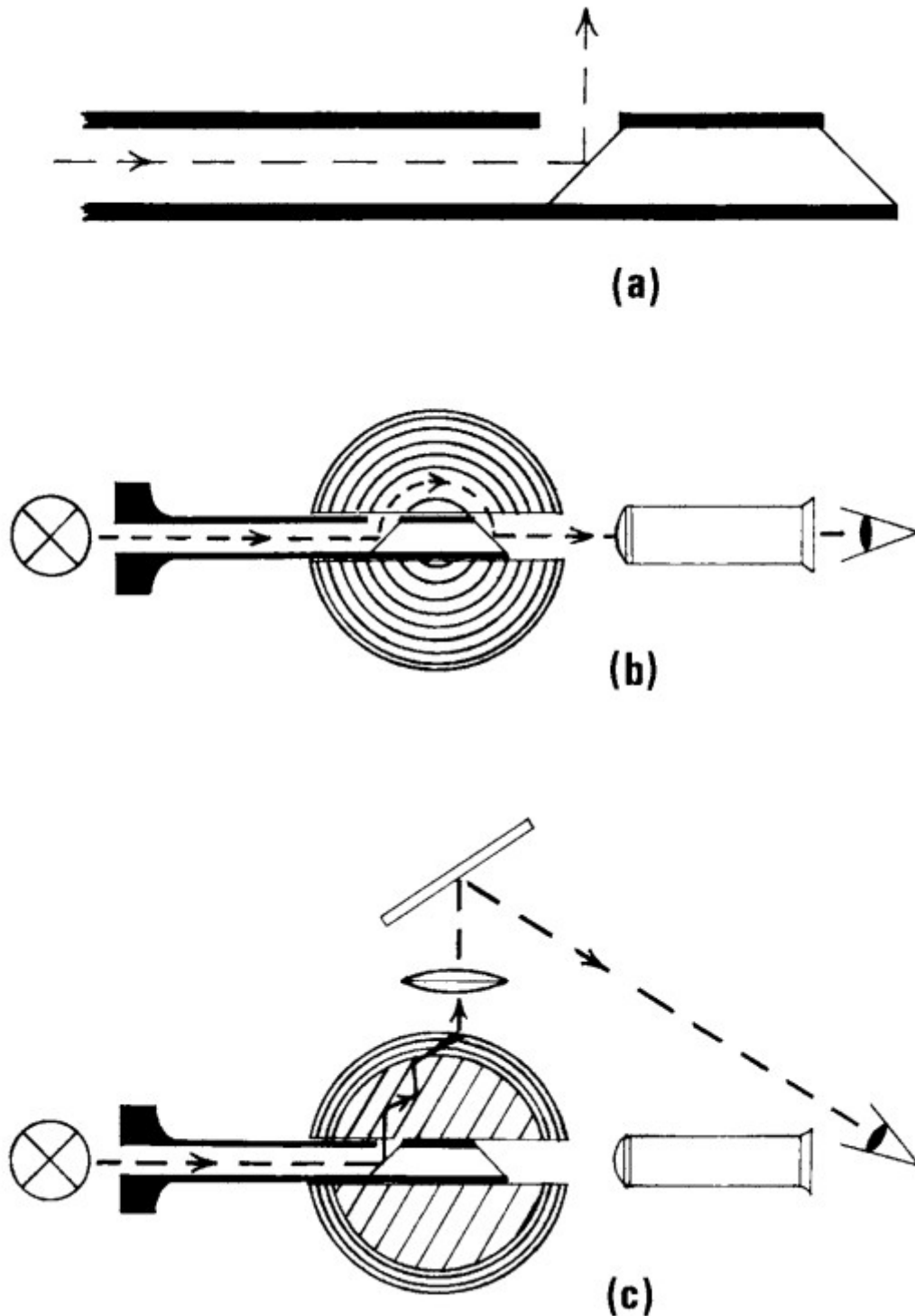
Identifiering av naturliga och odlade pärlor kan vara svår, eftersom båda har ytskikt av samma material. För den erfarna pärlhandlaren kan de subtila skillnaderna mellan de två typerna av pärlor ofta ge tillräckliga ledtrådar för en säker identifiering. Till exempel ger det mer genomskinliga yttre skiktet på den odlade pärlan den en vaxartad lyster, och dess yta är generellt jämnare och mer regelbunden än den naturliga pärlans.

Om man inspekterar borrhålet i borrade pärlor med en lupp är det ofta möjligt att se den skarpa gränsen mellan pärlans kärna och det yttre skiktet i den odlade versionen. Bortom denna gräns saknas också helt tillväxtlinjer.

En teknik kallad "ljusning" kan också avslöja skillnaden mellan odlade och naturliga pärlor. För att utföra detta test roteras pärlan långsamt framför ett starkt ljus som är helt maskerat förutom en testöppning på 1 mm². Om pärlan är odlad projiceras strukturen av moderpärlkärnan som parallella linjer på ytan. Om pärlorna sitter i ett halsband kan de testas genom att sträcka halsbandet och rotera det under ett starkt ljus. Om några av pärlorna är odlade reflekteras ljuset genom det

pärlemorskimrande täckskiktet, vilket ger två ljusglimtar eller blixtrar för varje fullständig rotation av pärlan.

Moderpärlkärnan som utgör kärnan i den odlade pärlan har en högre specifik vikt än den naturliga pärlan, vilket möjliggör ytterligare ett enkelt test. Om pärlorna placeras i en tung vätska som har justerats till specifik gravitet av kalcit (dvs. bromoform utspätt med monobromnaftalen till en SG på 2,71), kommer de flesta naturliga pärlor att flyta medan de flesta odlade pärlor kommer att sjunka.



Figur 10.1 visar konstruktionen av endoskopnålen i (a). Ljuset leds runt de koncentriska lagren i en naturlig pärla och producerar en ljusglimt i mikroskopet som används för observation (b). För en odlad pärla med kärna, passerar ljuset genom moderpärlkulan och kan ses som en ljuslinje på pärlans yta (c).

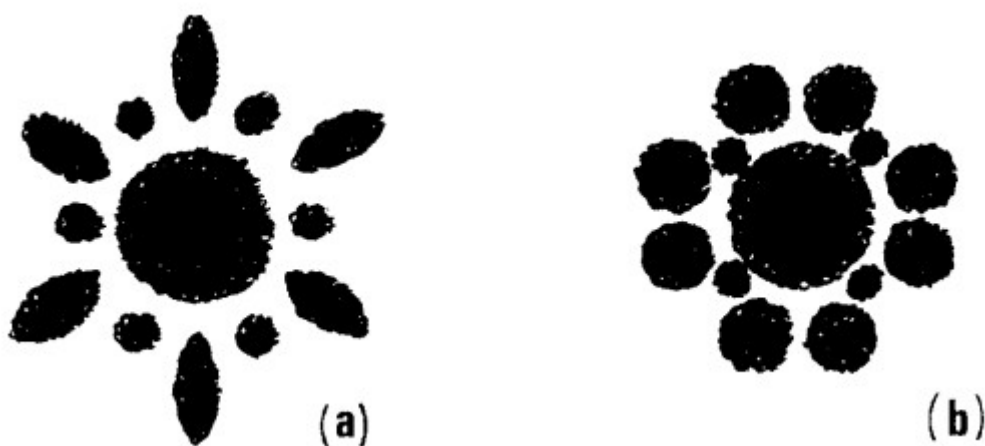
Två ytterligare tester, som ger en mer tillförlitlig identifiering, kommer nu att beskrivas. Den första av dessa använder ett instrument som kallas sinendoskop. Detta tillverkades ursprungligen i Frankrike, men på grund av minskad betydelse av den naturliga pärlan är det nu inte längre tillgängligt. Endoskopet består av en ihålig nål över vilken pärlan träs. Nålens botre ände innehåller en kort metallstav vars ändtytor är polerade i en vinkel på 45° för att bilda två spegelytor (Figur 10.1(a)). Nålens främre del har ett hål som tillåter ljus som injiceras ner i nålen att reflekteras ut och in i pärlan.

Pärlan som testas flyttas försiktigt fram och tillbaka längs nålen medan man betraktar utgångsändan av nålen genom ett mikroskop. Om pärlan är naturlig kan man hitta en position där ljus från hålet i nålen kanaliseras runt de koncentriska lagren av pärlan och reflekteras av den andra spegelytan in i mikroskopet som en ljusblxt (Figur 10.1(b)). Om pärlan däremot är odlad, kan ingen ljusblxt ses i någon position. Om pärlan sedan roteras på nålen, kommer ljusstrålar att passera genom de parallella lagren av pärlans kärna av pärlemor och synas som en ljuslinje på pärlans yttre yta. En lins och en spegel är monterade på endoskopet för att operatören ska kunna se denna effekt från mikroskoppositionen (Figur 10.1(c)).

Mer nyligen har en tunn glasfiberljusguide kopplad till en stark ljuskälla använts som en metod för att belysa insidan av pärlans borrhål.

Det andra bekräftande testet för pärlor beror på användningen av röntgenutrustning. Tekniken, som normalt inte tillhör gemmologens och juvelerarens arbetsområde, finns dock tillgänglig i de mer specialiserade gemtestningslaboratorierna och beskrivs här för fullständighetens skull.

I naturliga pärlor är aragonitkristallerna radiellt inriktade runt pärlan med sina huvudaxlar i rät vinkel mot ytan. När pärlan placeras i en smal röntgenstråle sprider dessa kristaller några av strålarna och skapar ett Laue-diffraktionsmönster av prickar som kan registreras på en fotografisk film. På grund av atomstrukturen inom aragonitkristallerna kommer detta diffraktionsmönster att ha en hexagonal symmetri oavsett orientering av den naturliga pärlan (Figur 10.2 (a)).



Figur 10.2. Det hexagonala Laue-diffraktionsmönstret som uppstår när en smal stråle av röntgenstrålar tränger igenom en naturlig pärla visas i (a). Med en odlad pärla med kärna kan både det hexagonala mönstret och fyrpunktsmönstret som visas i (b) uppstå, beroende på kärnans orientering.

Med den odlade pärlan med kärna produceras det hexagonala mönstret endast i en position där kristallerna i pärlemorsbäret är parallella med röntgenstrålarnas riktning. I alla andra positioner av

pärLAN uppstår ett fyrpunktsymmetrimönster (Figur 10.2(b)). Om det första röntgendiffraktionsbilden av den testade pärLAN visar hexagonal symmetri, tas en andra exponering med pärLAN roterad 90°. Om detta också ger ett hexagonalt mönster, är pärLAN naturlig. Med odlade pärlor är sannolikheten liten att den slumpmässigt skulle vara justerad i den hexagonala positionen, och det diagnostiska fyrpunktsymmetrimönstret produceras vanligtvis vid första exponeringen.

Ett problem med röntgendiffraktionstestet är att om pärlorna är en del av ett halsband måste de tas av snöret så att varje enskild pärla kan testas i båda orienteringarna. Med noggrann justering av exponeringsnivåer och exponeringstid är det nu möjligt att ta en kontakt-röntgenbild, eller radiografi, av en hel pärlsträng genom att bredda röntgenstrålen. Detta ger en tydlig bild av skillnaden i röntgentransparens mellan de yttre lagren av en odlad pärla och dess pärlemor- eller glaspärlekärna. Med en naturlig pärla varierar transparensen jämnare med pärlans tjocklek, och flera fina koncentriska tillväxtlinjer är vanligtvis synliga.

För icke-nukleära pärlor avslöjar röntgenradiografi avslöjande små oregelbundna håligheter eller fläckar nära centrum som är helt olika den cirkulära, ofta bandade strukturen som ses i centrum av naturliga pärlor. Biwa-pärlor, liksom de flesta sötvattenspärlor, innehåller spår av mangan som gör att de fluorescerar under röntgenstrålning. Efter bestrålning visar Biwa-pärlor en ihållande fosforescens, vilket hjälper till vid deras identifiering.

Pärllimitationer

Imitationspärlor eller pastepärlor kan delas in i tre huvudkategorier: solida glassfärer, pärlemorsfärer och ihåliga glassfärer fyllda med vax. Alla dessa får en glänsande yttre beläggning genom att doppas i en blandning som kallas "essence d'orient". Detta är en pasta gjord av fjäll från en fisk som heter löja. Alternativt kan de ihåliga sfärerna beläggas på insidan med essence d'orient innan de fylls med vax. I högkvalitativa imitationer appliceras flera lager av essensen, och pärlorna doppas i klar cellulosa-baserad lack (cellulosaacetat och sedan cellulosanitrat) för att skapa en ljusbrytningseffekt.

Imitationspärlor kan bäst identifieras genom att inspektera kanterna på borrhålen, där man ofta ser flisor i beläggningen eller tecken på den underliggande glasytan. Under mikroskop (vid 40 till 100x förstoring) saknas de parallella kanterna av överlappande lager av nacre som är typiska för ytan på naturliga och odlade pärlor. En nål som förs in i borrhålet på sned kan också avslöja det mjuka vaxet i ihåliga sfärer.

Svarta pärlor från Mexikanska golfen får ofta sin färg förstärkt genom att färgas med silverniträt. Detta tenderar att ge en onaturligt jämn och intensiv svart beläggning, vilket tydligt skiljer sig från de mer brons- eller gråaktigt iriserande nyanserna hos obehandlade pärlor. Svarta pärlor fluorescerar svagt rött under korsade filter eller LW UV, och denna effekt försvinner helt när de är färgade med silverniträt.

Imitationer av svarta pärlor i form av polerade hematitpärlor saknar den iriserande glansen som är typisk för äkta pärlor. Hematitimitationer kan också identifieras genom sin höga specifika vikt (5,1).

Pärlemor och kameor

Pärlemor utvinns från de iriserande nacrelagren som avsätts på den släta insidan av skalet hos mollusker. Precis som med pärlor beror denna irisering på interferens- och diffraktionseffekter som orsakas av de tunna, överlappande lagren av nacre. Vissa skal, såsom den öronformade abalonesorten, är särskilt vackra och har färgade, bandade tillväxtkonturer (Figur 10.3).

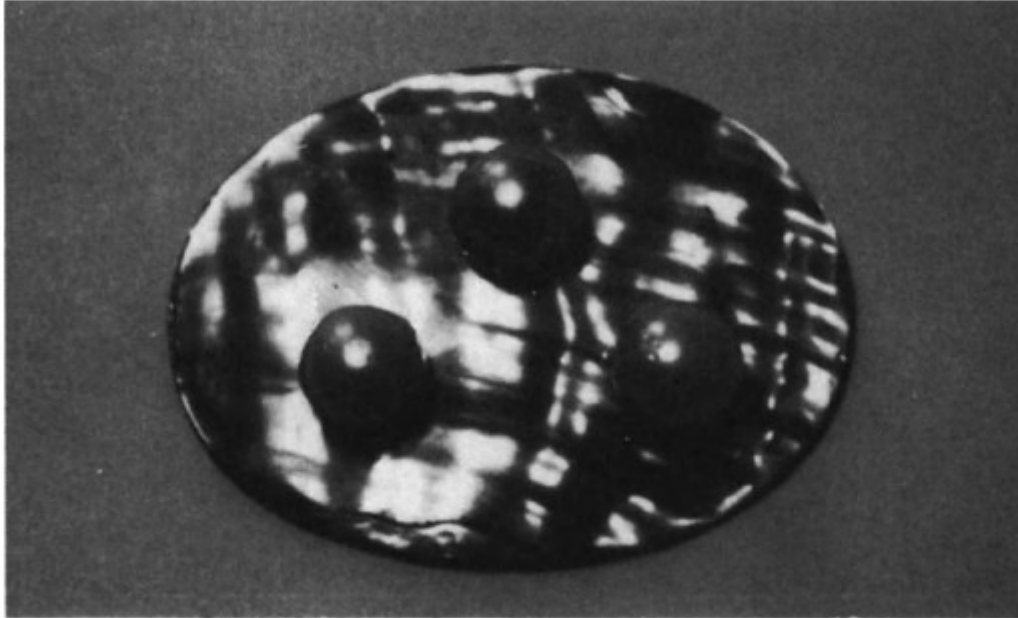


Fig. 10.3. Tre odlade pärlor på en bit formad abaloneskal



Fig. 10.4. En kameo snidad från en bit snäckskal

Kameor snids från skal (och agat) som har två eller fler lager med kontrasterande nyans eller färg. Det översta lagret snids till en relieffigur eller design, medan det underliggande lagret exponeras för att bilda bakgrundsfärgen (Figur 10.4).

Bärnsten

Detta är en fossiliserad form av tallharts, som ursprungligen extruderades från barrträd för ungefär trettio till sextio miljoner år sedan under Eocen- och Paleocen-perioderna.

Grekernas namn på bärnsten var *electrum* (dvs. "solgjord"). Senare upptäckte man att bärnsten producerar en negativ elektrostatisk laddning när den gnids och kan plocka upp små pappersbitar (en förmåga som den delar med flera av sina plastimitationer). På grund av sin ursprungliga koppling till bärnsten gav detta fenomen upphov till ordet "elektricitet", som myntades från det grekiska ordet "*electrum*".

Bärnsten är vanligtvis ett blekgult till brunt genomskinligt material, men rödbruna, grönbruna och svarta varianter förekommer också ibland. Havsbärnsten hämtas från stränderna vid Östersjön (där

den är känd som "Östersjöns guld") och från kusten vid Sicilien. Grävd bärnsten bryts främst i Palmnicken, nära Kaliningrad, tidigare Sovjetunionen, men en mindre viktig källa finns i Rumänien.

Bitar av bärnsten som är tillräckligt stora för att formas till smycken eller prydnadsföremål kallas blockbärnsten. Mindre bitar av tillräcklig kvalitet hettas upp till cirka 180 °C och komprimeras.

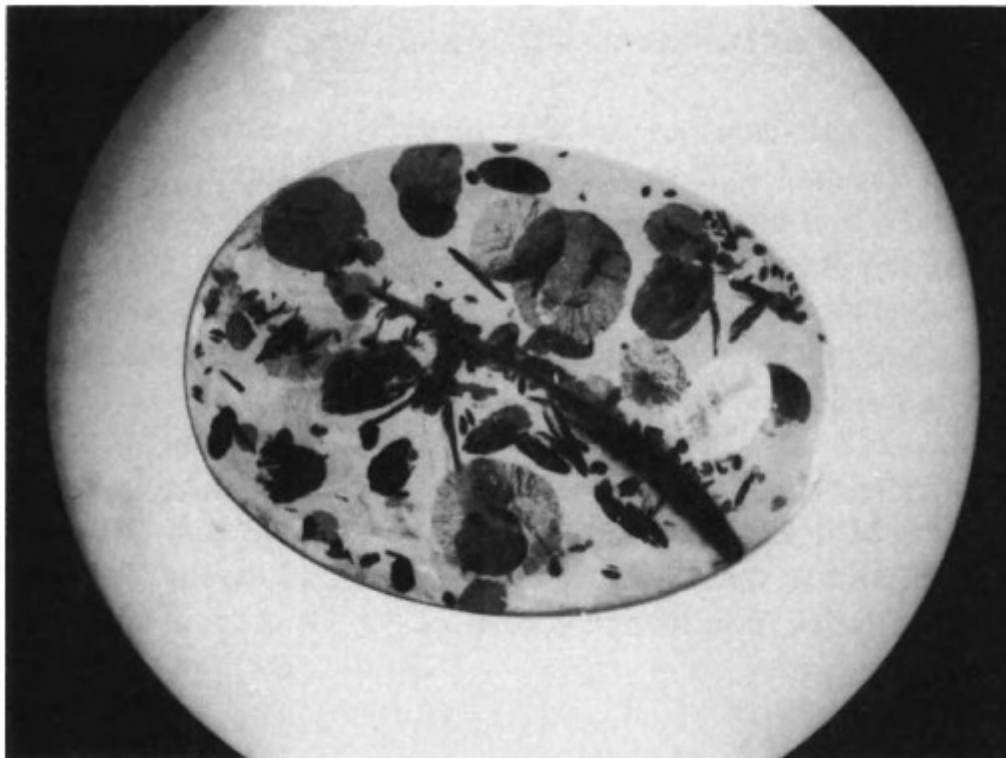


Fig. 10.5. Sprickor i form av cirkulära iriserande fläckar kan ses i denna bit bärnsten som har klarats genom upphettning i rapsolja.

ihop (eller pressas genom silar) för att bilda rekonstruerad eller pressad bärnsten (även känd som "ambroid"). Detta kan skiljas från blockbärnsten genom dess "frusna" trögflytande utseende, genom gränserna av olika färger och klarhet samt genom bubbelinklusionerna, som är avlånga istället för runda.

Grumlig bärnsten klarnas ibland upp genom upphettning i rapsolja. Oljan tränger in i bubblorna, som orsakar grumligheten, och gör dem genomskinliga. Processen ger ofta cirkulära sprickor i form av iriserande fläckar, vilket förhöjer bärnstenens utseende (Figur 10.5).

Bland de många imitationerna av bärnsten är kanske kopalharts den mest övertygande. Kopal kommer från olika tropiska träd och är grunden för kopallack. Tyvärr har kopal en liknande densitet som bärnsten (1,10) och kan inte skiljas från denna genom hydrostatisk vägning eller nedsänkning i saltlösning. Till skillnad från bärnsten mjuknar dock kopal i eter, och en liten droppe av vätskan lämnar en matt fläck på dess yta. Kopal smulas också lätt under en kniv och uppvisar en karakteristisk "krackelerad" yta med ett nätverk av fina sprickor vid brott.

Glasimitationer av bärnsten upptäcks lätt på grund av deras hårdhet (5,0 till 6,0 jämfört med bärnstenens 2,5) och för att de känns kallare vid beröring. Glas kan även skiljas från bärnsten, liksom många av de plastimitationer som bakelit och kasein, genom ett specifikt gravitetstest.

En lämplig "tung vätska" för att testa bärnsten kan tillverkas genom att lösa upp tio teskedar vanligt

salt i en halvliter vatten. Detta skapar en lösning med en specifik gravitet på cirka 1,13. Bärnsten (och kopalharts) har en specifik gravitet på 1,10 och kommer att flyta i saltlösningen, medan glas och plastimitationer, som bakelit och kasein, kommer att sjunka. Bärnsten har ett brytningsindex på 1,54.

Elfenben

Elefantbetar är en välkänd källa till dentinelfenben, men elfenben utvinns också från valrossens och flodhästens betar, samt från framtänderna hos narvalen (en delfinliknande val) och, mer sällan, från betarna av fossila mammutar. En form av vegetabiliskt elfenben tillverkas av den hårda vita kärnan i korozonöten, som är frukten från elfenbensnötspalmen.

Dentinelfenben kan ibland innehålla emalj och andra organiska ämnen. Det är ett relativt mjukt material (2,0 till 3,0 på Mohs skala) och har en splittrig brottyta. Det bästa kvalitetselfenbenet kommer från den indiska elefantens betar, som är mindre än de från den afrikanska elefanten. Mammutelfenben från Uralbergen och Sibirien i Ryssland är hårdare än andra elfenbenssorter, men är vanligtvis defekta med sprickor. Elfenbenets brytningsindex ligger runt 1,54, och dess specifika vikt är mellan 1,7 och 2,0.

Imitationer av elfenben inkluderar många plaster, där celluloid är den mest övertygande. Celluloid är mindre tät än elfenben (SG på 1,3 till 1,8) och till skillnad från elfenben kan den skäras med kniv. Ben används också för att imitera elfenben, men har en högre specifik vikt (1,9 till 2,1), och under mikroskop visar benflisor ett stort antal Haverska kanaler som kan likna en måltavla eller vågiga kanaler (vid högre förstoring liknar bencellerna formen av en utspridd spindel). När elfenben betraktas under mikroskop visar det vågiga parallella linjer liknande årsringarna i ett träd. Detta är en optisk effekt orsakad av den submikroskopiska strukturen hos elfenbenet. Vegetabiliskt elfenben från korozonöten är mindre tät än dentinelfenben (SG på 1,4), och en skärning visar ett mönster av sammanhängande ovala celler.

Odontolit

Odontolit, även känt som "ben-turkos," är fossiliserat ben eller dentinelfenben från förhistoriska djur som mammut. Dess blå färg beror på närvaron av vivianit, ett järnfosfat, och det används ofta som en imitation av turkos. Under mikroskop kan man tydligt se dess organiska struktur. Odontolit är betydligt tätare än vanligt elfenben med en specifik vikt på 3,0 till 3,25 och är också hårdare med en hårdhet på 5,0 på Mohs skala.

Sköldpaddsskal

Det huvudsakliga materialet för sköldpaddsskal kommer inte från sköldpaddor utan från den yttre skalet eller fjällen på Hawksbill-sköldpaddan (*Eretmochelys imbricata*). Skalet består av individuella plattor eller fjäll som har en gulbrun fläckig färg; framplattorna kallas skulderplattor, de mittersta kallas ryggplattor, sidoplattorna kallas huvudplattor, och de bakre kallas svansplattor. Ett klart gult sköldpaddsskal erhålls från sköldpaddans undersida.

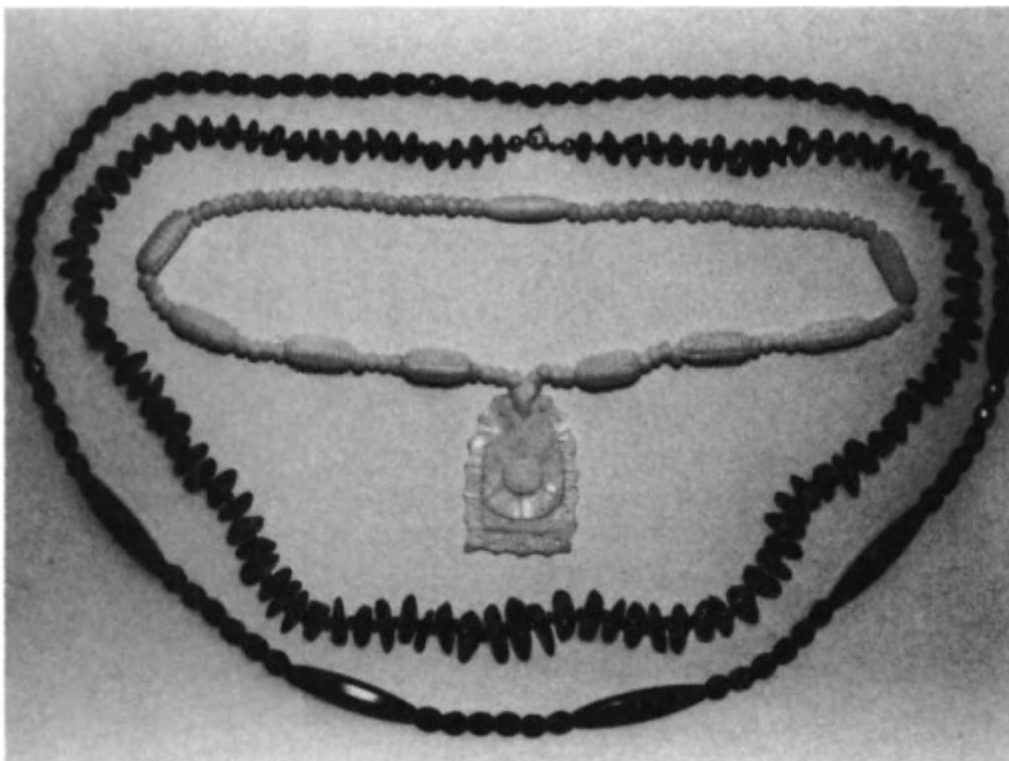
Refraktionsindexet för sköldpaddsskal ligger runt 1,55, och dess specifika vikt är cirka 1,3. Likt bärnsten kan små bitar mjukas upp genom uppvärmning (till 100 °C) och formas samman till mer användbara storlekar.

Olika plastmaterial, inklusive kasein, används för att imitera sköldpaddsskal. Dessa kan skiljas från det äkta materialet genom färgens natur. I sköldpaddsskal kan färgen ses som små pigmentcirkclar under mikroskopet. I de olika plastimitationerna är pigmentet antingen mer homogent eller fördelat som band eller virvlar i materialet.

Jet

Ofta använd som pärlor i viktorianska sorgesmycken (Figur 10.6), har detta material återigen blivit modernt. Jet, en typ av fossiliserat trä, liknande lignit eller brunkol, befinner sig halvvägs i bildandet mellan torv och bituminöst kol. Det har en hårdhet på 3,5, en specifik vikt på 1,3 och ett brytningsindex i området runt 1,66. Under viktoriansk tid hittades en rik källa av jet nära Whitby i Yorkshire. De huvudsakliga källorna för materialet nu är Spanien, Frankrike och Utah i USA.

De fem huvudsakliga imitationerna av jet är svart pressat bärnsten, svart färgad kalcedon, vulkanit (ett hårt svart vulkaniserat gummi också känt som ebonit), gutta-perka och en formad glas känd som 'Fransk jet' eller 'Vauxhall'-glas. Bärnsten kan lätt särskiljas från jet genom sin låga specifika vikt, och kalcedon kan identifieras genom sin större hårdhet och densitet. Om den berörs med en het nål eller bearbetas med en fil avger vulkanit en gummiliknande lukt när den vidrörs med en het nål eller bearbetas med en fil. Fransk jet har en "apelsinskal"-textur och innehåller ofta bubblor som är typiska för glas.



Figur 10.6. Tre halsband gjorda av ben, bärnsten och jet

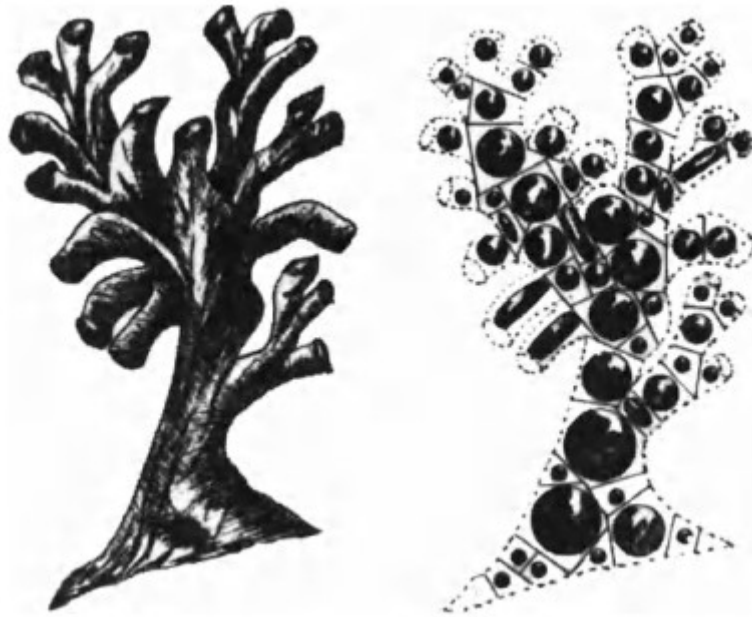


Fig. 10.7. Tillväxt av korall och visar hur pärlor skärs ut från 'trädet'.

Korall

Detta är ett annat populärt viktoriaiskt ädelmaterial som är på väg tillbaka i mode. Korall består huvudsakligen av kalciumkarbonat (CaCO_3). Dess förgrenade växtliknande struktur (Figur 10.7) bildas av skelettresterna från olika typer av marina polyper som lever i kolonier i grunda subtropiska vatten. Ädelkorall är den rosafärgade varianten som används i halsband, armband och ibland i kaméer. Vit korall färgas ibland för att framställa den mer värdefulla rosafärgade varianten. Naturlig korall kan särskiljas från sina imitationer genom sin cellulära struktur och genom att applicering av en liten droppe saltsyra får den att fräsa. Den har en hårdhet på 3,5 till 4,0, och dess specifika vikt varierar från 1,34 för den svarta varianten till 2,6–2,7 för de vita och rosa varianterna.

10. Syntetiska ädelstenar

För gemmologiska ändamål definieras en syntet som ett ämne som har framställts artificiellt och som har samma kemiska sammansättning, kristallstruktur och fysiska egenskaper som sin naturliga motsvarighet. Syntetiska ädelstenar, som är exakta kopior av naturligt förekommande mineralämnen, passar in på denna definition, men många kristallina produkter har tillverkats som inte finns i naturen och dessa beskrivs mer korrekt som "konstgjorda" snarare än syntetiska. För att komplettera bilden behöver en ädelstensimitation endast ha samma utseende som det objekt den imiterar. Förväxling mellan termerna "syntetisk" och "imitation" leder ofta till att beskrivningen "syntetisk diamant" appliceras på en diamantimitation, särskilt när denna råkar vara en konstgjord eller syntetisk substans (t.ex. en YAG eller en syntetisk korund).

Den franska kemisten Frémy producerade de första kommersiella syntetiska ädelstenarna 1877. Dessa var små rubinkristaller som odlades genom att smälta ihop en blandning som innehöll aluminiumoxid i en lerdegskärl, en process som tog cirka åtta dagar. År 1885 dök större "syntetiska" rubiner upp. Vid den tiden trodde man att dessa tillverkades genom att smälta ihop mindre fragment av naturliga ädelstenar, och därför kallades de rekonstruerade rubiner. Dessa "syntetiska" ädelstenar innehöll många bubblor samt vad som verkade vara starkt markerade böjda tillväxtlinjer. Nyare analyser av överlevande exemplar har indikerat att rubinerna förmodligen tillverkades genom en tidig form av flamfusionsprocess, med aluminiumoxidpulver snarare än rubinfragment. Det faktum att sintringen, eller sammansmältningen, av rubinfragment nästan säkert skulle ha förstört deras färg, stödjer också det ill teorin att flamfusion var den troligaste tillverkningsmetoden.

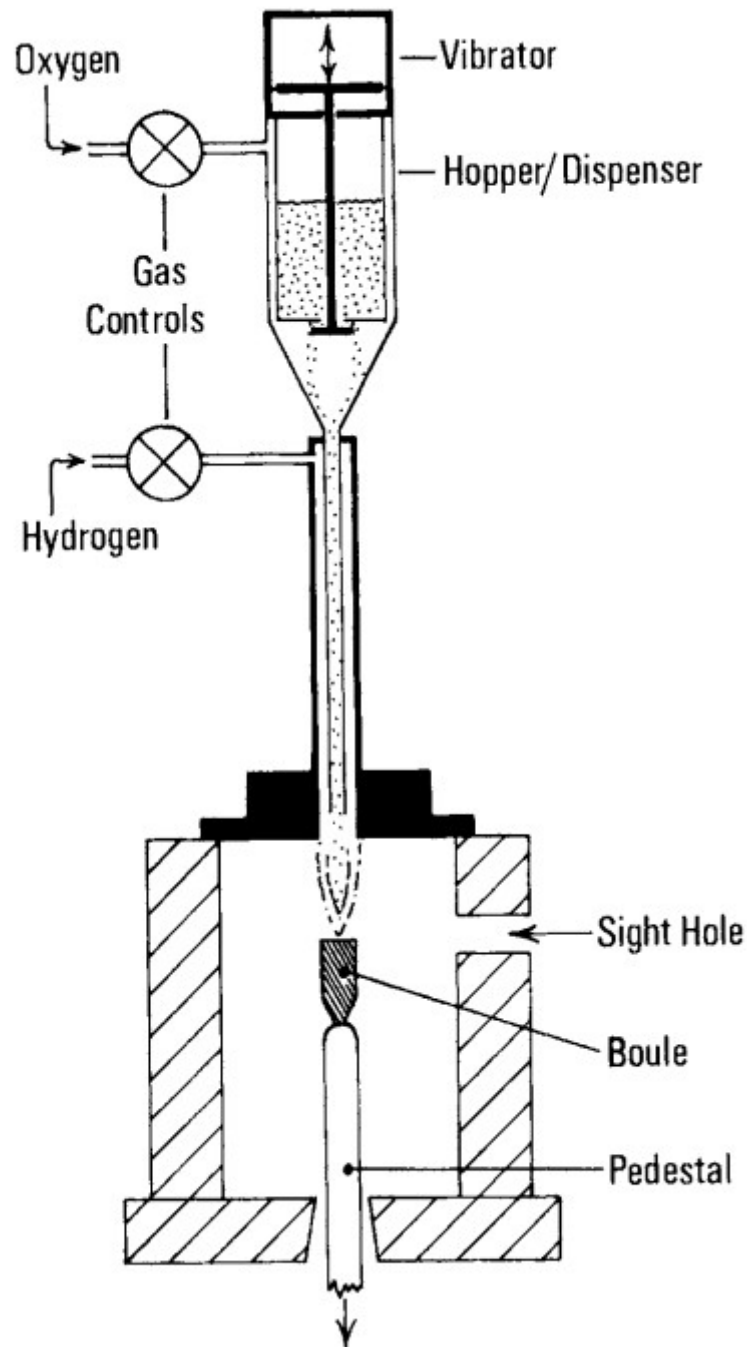
Eftersom vi redan har börjat använda termer som "flamfusion" för att beskriva de tidiga försöken att syntetisera ädelstenar, är detta ett bra tillfälle att integrera historien om syntetisk ädelstensproduktion med beskrivningar av de huvudsakliga kristallodlingsteknikerna.

Vemeuils flamfusionsprocess

Denna metod uppfanns vid sekelskiftet av den franske vetenskapsmannen M. A. Verneuil, som började som assistent till Frémy och ägnade större delen av sitt liv åt syntes av korund. Idag används Verneuils ugnar i många länder, inklusive Frankrike, Tyskland, Schweiz, Österrike, Japan och USA. Ugnen (Figur 11.1) består i grunden av en inverterad syre-vätgasblåsrörsbrännare, en pulverdoserare och en keramisk piedestal.

När korund syntetiseras fylls doseraren med högrenat aluminiumoxidpulver (Al_2O_3). Detta pulver produceras genom rekristallisation av ammoniumalun från lösning i vatten tills det är rent, och därefter kalcineras det i en ugn vid 1100°C . Kalcineringen driver bort ammoniak- och svaveldioxidgaser och lämnar ren gammaaluminiumoxid. Lämplig färgande förorening tillsätts till alunen innan den kalcineras (t.ex. kromoxid för rubin, titan- och järnoxider för blå safir, nickeloxid för gul safir, mangan för rosa safir, koppar för blågrön safir, kobolt för mörkblå safir och vanadiumoxid, plus en spårmängd kromoxid, för en "alexandrit"-färgomväxlingseffekt).

Aluminiumoxidpulvret i doseraren matas automatiskt in i noggrant kontrollerade doser genom blåsrörets centrala syrgasmatningslinje. När pulvret faller genom den 2200°C heta syre-vätgaslågan smälter det och faller ner på ytan av den keramiska piedestalen, som är innesluten i en cirkulär eldfast tegelkammare (Figur 11.1). När det smälta aluminiumoxidpulvret börjar stelna, ökas pulvret matningshastigheten tills en kristall växer.

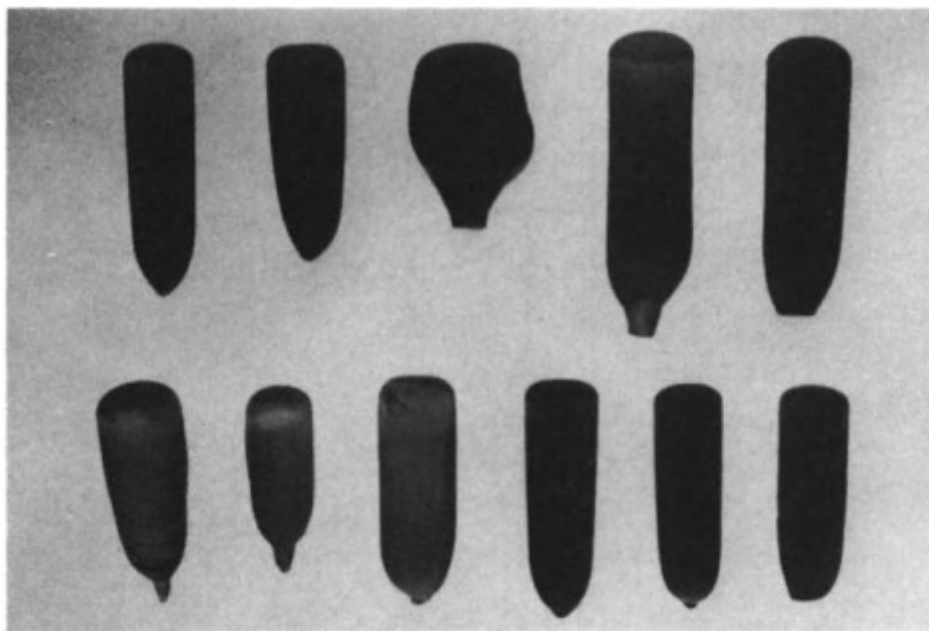


Figur 11.1. Verneuil-ugnen använder en inverterad syre-vätgasbrännare för att producera syntetiska kristallbouler genom flamsmältning av pulveriserat källmaterial.

Korundboulen växer till en diameter på 15 till 25 mm när pulverflödet ökas. Allteftersom boulen växer justeras höjden på piedestalen så att den övre delen av kristallen hålls i den hetaste delen av lågan. En typisk korundboule på 40 till 80 mm, med en vikt mellan 200 och 500 carat, tar ungefär fyra timmar att odla (Figur 11.2).

Den snabba tillväxten och den efterföljande avkylningen av boulen skapar interna spänningar som skulle få den att spricka om den sågas vinkelrätt mot dess huvudaxel. Därför delas boulen i två längs med dess längd för att frigöra dessa spänningar efter att den tagits ut från ugnen. För att få

maximal avkastning skärs ädelstenar från dessa två halvbor med sin huvudaxel (dvs. bälte/bordsfasett) parallell med boulen's längd.



Figur 11.2. Exempel på syntetiska korund- och syntetiska spinelbouler

De första syntetiska rubinerna som producerades med Verneuil-processen dök upp 1910. Den globala produktionen av Verneuil-korund uppgår nu till över 1000 miljoner karat per år, varav huvuddelen används för instrumentlager, klocklager, nåltoppar på skivspelarnålar och som trådledare för textilindustrin. Under många år trodde man att stjärnrubiner och -safirer aldrig skulle kunna reproduceras i syntetisk form. År 1947 började dock Linde Company of America kommersiell produktion av stjärnkorund, och dessa produceras nu också av företag i Tyskland och Japan. Titandioxid tillsätts till aluminapulvret, och den syntetiska korundboulen odlas på vanligt sätt i en Verneuil-ugn. Den färdiga boulen värms sedan igen för att fälla ut titandioxiden som rutilnålar längs linjen av de tre laterala kristallaxlarna.

Syntetiska spineller tillverkades för första gången med Verneuil-metoden 1926, genom att använda en blandning av alumina och magnesia (MgO och Al_2O_3). Överraskande nog har det inte varit möjligt att framgångsrikt odla syntetiska spinellbouler med en 1:1 blandning av dessa två komponenter, och de bästa boulerna produceras genom att använda en del magnesia till tre delar alumina (dvs. $MgO \cdot 3Al_2O_3$). Den resulterande boulen innehåller en blandning av syntetisk spinell och gamma-alumina, vilket orsakar spänningar inom materialet som syns som anomal dubbelfrågning när det betraktas genom korsade polarisationsfilter (se under "Polarisationsinstrumentet" i kapitel 6).

Blandningen av magnesia och alumina gör även att det syntetiska materialets brytningsindex och specifika vikt är betydligt högre än hos naturlig spinell, vilket möjliggör enkel åtskillnad mellan de två materialen. Spinellbouler skiljer sig fysiskt från de runda korundkristallerna genom att de oftast har något tillplattade sidor, vilket är synligt bevis på materialets kubiska kristallsystem.

De huvudsakliga färgämnen som används vid tillverkningen av syntetiska spineller är koboltoxid för blå stenar, järnoxid för rosa stenar och manganoxid för blekgröna stenar. Ingen av dessa färger liknar de nyanser som ses i naturliga spineller, eftersom det inte har varit möjligt att reproducera de mer delikata gråaktiga nyanserna. Därför produceras de flesta syntetiska spineller i färger som imiterar andra ädelstenar (t.ex. akvamarin, safir och zirkon). Röda spineller har visat sig vara svårare att tillverka med Verneuil-processen (även om kristaller har odlats framgångsrikt med

flussmältningsmetoden). Tillsats av kromoxid resulterar i en grön spinell. Dock har röda spineller tillverkats med Verneuil-processen genom användning av kromoxid i en 1:1 magnesia/alumina-blandning. Eftersom de resulterande boulerna lätt spricker kan endast små stenar skäras ut från dem. Syntetisk rutil och strontiumtitanat, varav den senare saknar en naturlig motsvarighet, tillverkas också med Verneuil-processen. Eftersom titanbeståndsdelen i båda dessa material tenderar att förlora sitt syre vid temperaturer nära sin smältpunkt, är det nödvändigt att tillföra boulen extra syre under tillväxten. Detta görs genom att ersätta den vanliga Verneuil-brännaren med en trikonbrännare. Denna brännare har ett extra yttre rör som matas med en separat syretillförsel och berikar flammen med en hölje av gasen. Även med den extra syretillförseln är de färdiga boulerna svarta till färgen och måste anlöpas i syre för att bli genomskinliga.

Czochralski-processen

Detta är en kristall "dragning" process som vanligtvis används för att odla hög renhetsmaterial för den optiska och laserindustrin. Den använder en frökristall som doppas i en uppvärmd platina degel innehållande det smälta källmaterialet. Fröet höjs sedan mycket långsamt upp ur smältan i en noggrant kontrollerad takt. Det smälta källmaterialet kristalliseras på fröet och växer nedåt när det långsamt "dras" ut ur degeln. Tekniken används för att odla stora rubinkristaller och sällsynta jordartsgranater (YAG, YIG, etc.) för användning i lasrar. Den används också för att producera syntetisk scheelite, fluorspat, litiumniobat och, på senare tid, alexandritvarianten av krysoberyll.

Bridgeman-Stockbarger-processen

I denna metod placeras källmaterialet i en degel i den övre delen av en vertikal ugn. När materialet har blivit smält flyttas degeln långsamt in i den svalare nedre delen av ugnen, och kristaller börjar växa i smältan när dess temperatur sjunker. Processen utvecklades för att tillverka lasermaterial och andra specialiserade kristaller. Ädelstensmaterial, inklusive scheelit och fluorit, har sedan dess producerats som biprodukter.

Skalle-degelprocessen

På grund av det höga smältpunkten hos zirkoniapulver (som används i produktionen av diamantsimulanten, kubisk zirkoniumoxid) odlas kristaller av detta material med hjälp av en skallesmältningsteknik som ursprungligen utvecklades vid Lebedev Physical Institute i Moskva. Processen använder en kall "skalle" degel, och smältan hålls inom en skorpa bildad av zirkoniapulvret. Degeln består av en cylindrisk uppsättning vattenkylda koppar"finger".

Zirkoniapulvret (plus en stabilisator för att bibehålla den kubiska kristallformationen av materialet när det svalnar) smälts i degeln med hjälp av radiofrekvensuppvärmning (RF) som induceras från en omgivande kopparspole. Eftersom zirkoniapulver är en isolator vid rumstemperaturer och därför inte kan värmas upp av radiofrekvensfältet från kallt tillstånd, tillsätts bitar av zirkonium till pulvret. Dessa värms snabbt upp och höjer temperaturen på pulvret till en punkt där det blir elektriskt ledande och kan sedan smältas av RF-fältet.

Större delen av zirkoniapulvret smälter, förutom ett tunt lager intill de kylda kopparrören, och detta lager fungerar som en högtemperaturdegel för den smälta zirkonian. Efter några timmar minskar RF-värmeeffekten långsamt, och kubiska zirkoniumoxidkristaller bildas när smältan svalnar. Färgade zirkoniakristaller kan odlas genom att tillsätta olika tillsatser till pulvret.

Hydrotermalprocessen

Till skillnad från Verneuil-, Czochralski-, Bridgeman-Stockbarger- och "skalle"-degelprocesserna, som används för att odla kristaller direkt från det smälta materialet, odlar den hydrotermala metoden kristaller från en vattenlösning av källmaterialet. Om vatten värms upp under tryck kan dess temperatur höjas långt över dess normala kokpunkt på 100 °C. Vid 100 atmosfärens tryck är kokpunkten för vatten 400 °C, och vid denna temperatur fungerar vatten som ett lösningsmedel för många mineraler, inklusive kvarts.

Den hydrotermala processen utnyttjar källmaterialens löslighet i överhettat vatten för att producera en övermättad vattenlösning från vilken ädelstenskristaller kan fällas ut på ett lämpligt frö. För att odla kvartskristaller placeras något alkaliskt vatten (innehållande en procent natriumhydroxid per volym) i en tryckbehållare kallad autoklav (Figur 11.3).

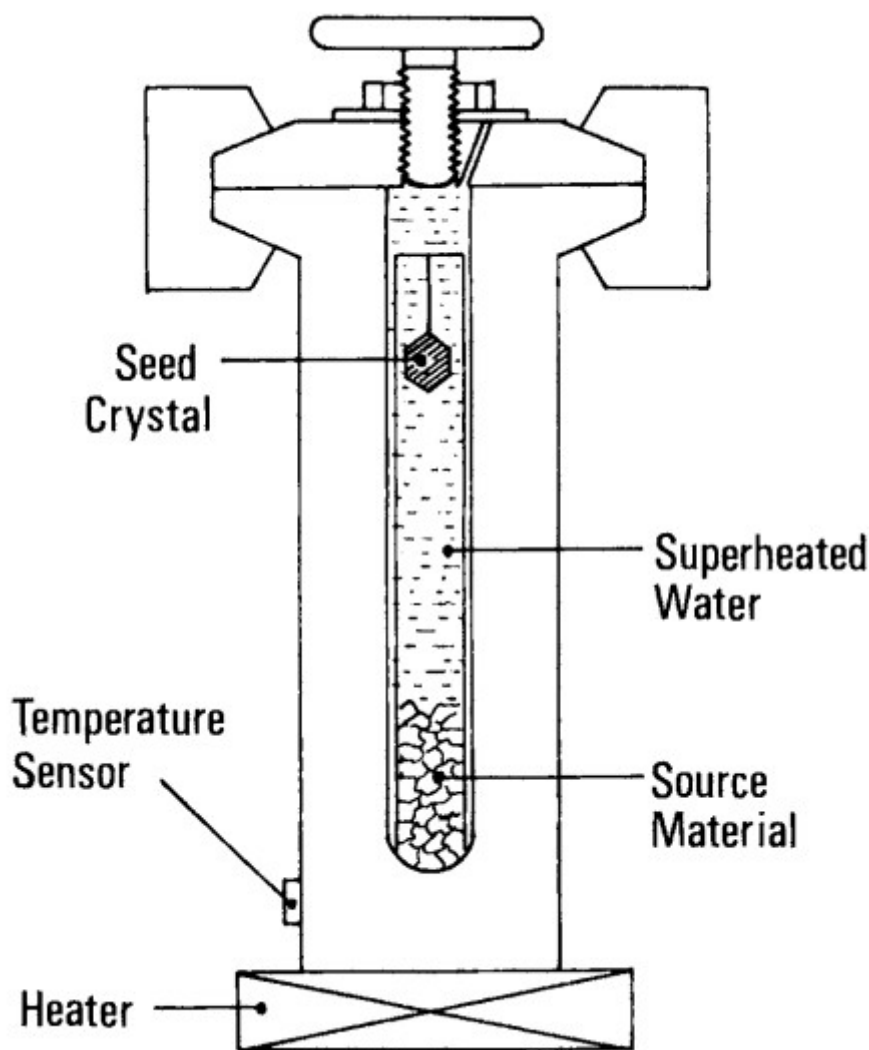


Fig. 11.3. Den hydrotermala metoden används främst för att odla syntetisk kvarts (för elektronikindustrin) och syntetisk smaragd. Källmaterialet löses upp i överhettat vatten i en autoklav och omkristalliseras på ett frö.

Krossade kvartskristaller placeras i botten av autoklaven som källmaterial, och skivor av kvarts hängs i vattnet för att fungera som frön. Behållaren försluts sedan och värmaren aktiveras. När temperaturen i botten av autoklaven når cirka 400 °C löses de krossade kvartskristallerna upp i

vattnet, och den kiseldioxidrika lösningen börjar stiga.

Vattnets temperatur i området kring fröna är cirka 40 °C lägre än vid basen av autoklaven, och när kiseldioxidlösningen når detta svalare område blir den övermättad och kristalliseras på fröplattorna. Kvartskristaller upp till 50 mm i diameter och 150 mm långa kan odlas på tre till fyra veckor med denna metod. Syntetisk färgad kvarts för smycken kan produceras genom att tillsätta kobolt (blått) eller järn (grönt eller gult) till lösningen. Syntetisk smaragd och rubin odlas också med den hydrotermala processen. Syntetisk ametist produceras genom att tillsätta järn och bestråla kristallen med en radioaktiv källa.

År 1960 använde J. Lechleitner från Innsbruck, Österrike, den hydrotermala tekniken för att belägga ett tunt lager av syntetisk smaragd på en redan fasetterad och polerad beryllsten av dålig färg. Kronfacettens yta på den belagda stenen polerades lätt, men paviljongens fasetter lämnades i matt tillstånd för att behålla så mycket färg som möjligt i ädelstenen. De smaragdbelagda beryllstenarna marknadsfördes först under namnet 'Emérita' (som senare ändrades till 'Symerald') och producerades senare av det amerikanska företaget Linde som 'Linde Synthetic Emerald'. Nyligen har Lechleitners belagda smaragd marknadsförts av Sturmlechner i Wien.

År 1964 producerade J. Lechleitner hydrotermiskt odlade syntetiska smaragder från fröplattor, och detta följdes 1965 av en liknande produkt från Linde. En annan syntetisk smaragd tillverkad genom hydrotermalprocessen, och som får sin färg inte från krom (som i naturlig smaragd) utan från vanadin, utvecklades av Crystals Research Company i Melbourne, Australien. År 1979 introducerade det amerikanska företaget Vacuum Venture ytterligare en hydrotermal smaragd.

Flussmältningsprocessen

Denna process, likt den hydrotermala metoden, är en lösningsmedelsbaserad process. Den utvecklades 1935 av det tyska färgämnestillverkningsföretaget I.G. Farbenindustrie i syfte att producera syntetisk smaragd. Metoden använder en uppvärmd platinadegel (Figur 11.4) där de ingående ädelstensematerialen (beryllium- och aluminiumoxider, plus krom som färgämne) löses upp i ett litium-molybdat-lösningsmedel vid cirka 800 °C. Skivor av kiseldioxidglas flyter på smältans yta, och beryllium- och aluminiumoxiderna kombineras med dem för att bilda en berylllösning. Frökristaller av naturlig eller syntetisk beryll sänks sedan ner i lösningen på en platinaställning, och temperaturen i degeln minskas långsamt till en förinställd nivå. När berylllösningen blir övermättad faller syntetiska smaragdkristaller ut ur lösningen och växer på fröna. Processen är mycket långsam och kräver noggrann temperaturstabilisering för att skapa rätt termisk gradient i degeln. Det är också nödvändigt att regelbundet fylla på källmaterialen för att bibehålla kristallernas tillväxt.

År 1939 avbröt kriget det tyska företagens arbete, och deras 'Igmerald' syntetiska smaragd kom aldrig att produceras kommersiellt. År 1940 lyckades den amerikanske kemisten C. F. Chatham också syntetisera smaragd. Processen hölls hemlig, men Chatham-smaragderna var tillräckligt lika den tyska Igmerald för att indikera att de också var produkter av en flussmältningsprocess. År 1963 förbättrade Pierre Gilson i Frankrike ytterligare flussmältningsmetoden för att producera högkvalitativa Gilson-smaragder. En annan syntetisk smaragd, odlad genom flussmältningsmetoden, introducerades av W. Zersass från Idar-Oberstein, Tyskland.

Som redan nämnts är processen för kristalltillväxt genom flussmältningsmetoden mycket långsam och tar mellan sex och tio månader att producera en kristall av lämplig storlek för slipning. I detta avseende speglar den nära den geologiska processen för ädelstensbildning, där snabb nedkyllning producerar en mängd små kristaller och produktionen av stora kristaller kräver en mycket långsam

och stadig utfällning.

Syntetisk rubin, spinell, kvarts, alexandrit och sällsynta jordartsgranater produceras också med denna metod genom att använda lämpligt lösningsmedel och beståndsdelar.

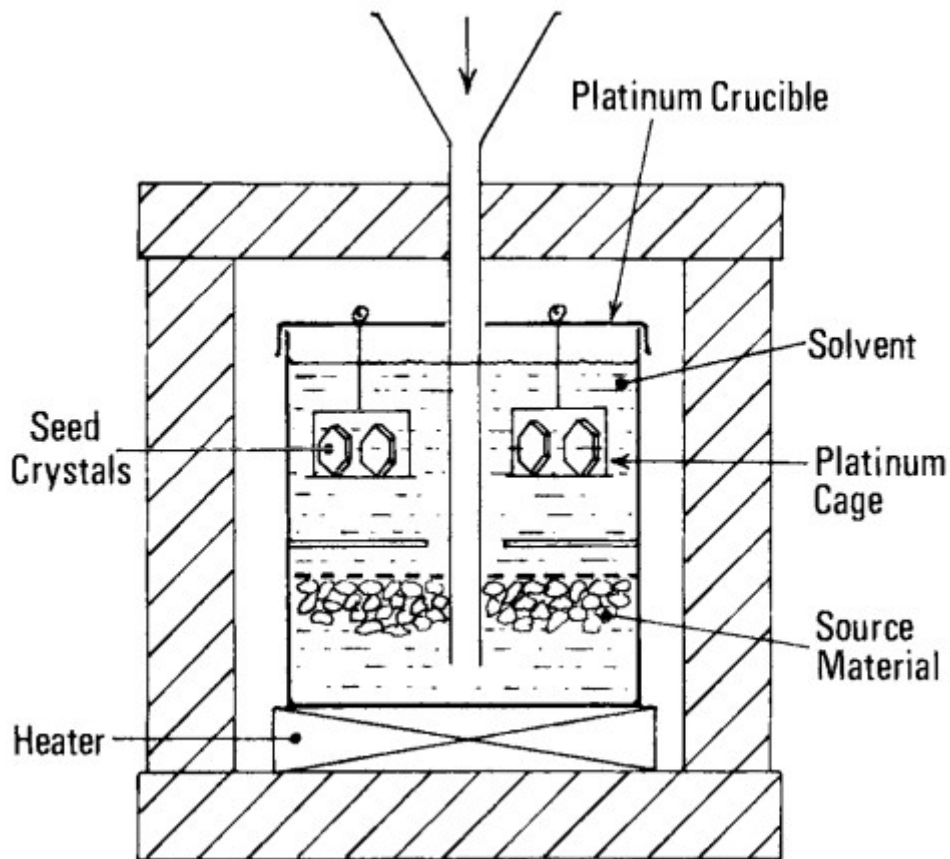


Fig. 11.4. Flusmältningsmetoden används för att odla syntetiska smaragdkristaller från källmaterial upplöst i litium-molybdat.

Syntetisk diamanproduktion

De första autentiserade syntetiska diamanterna producerades 1953 av det svenska företaget ASEA. Deras mål var att tillverka ädelstensstora stenar, och eftersom de inte insåg betydelsen av den industriella marknaden för diamanmgrus, höll de sin framgång inom detta område hemlig tills det amerikanska företaget G.E. tillkännagav sin egen syntes av diamanmgrus 1955. Fyra år senare lyckades även De Beers syntetisera diamanmgrus, och genom att använda ASEA:s högtryckspressar utvecklade de sin metod till en kommersiell process.

Den grundläggande tekniken som används vid storskalig syntes av industriella diamanter innebär att grafit löses upp i smält järn eller nickel vid höga tryck och temperaturer. I denna process fungerar metallen som en katalysator för att omvandla grafitens lösa hexagonala atomstruktur till diamanterns kompakta kubiska struktur. Omvandlingen sker genom att applicera ett tryck på cirka 110 000 atmosfärer på en patron innehållande alternerande skivor av grafit och nickel, samtidigt som dessa komponenter upphettas med en elektrisk ström till 3300 °C. Nickelskivorna smälter, löser upp grafiten och, när temperaturen sjunker, får den att omkristalliseras som kluster av små syntetiska diamanter. Processen tar två till tre minuter, och efter att den stelade metalliska massan har tagits bort från pressen krossas den, och diamanterna extraheras genom att lösa upp icke-diamantinnehållet med syror.

År 1970 odlades syntetiska diamanter av ädelstenskvalitet och karatstorlek under laboratorieförhållanden av det amerikanska företaget G.E. Dessa producerades med en diffusionsteknik där fria kolatomer övertalades att kristalliseras på syntetiska diamantrön. De resulterande tabellformade diamanterna var mycket dyra att producera i jämförelse med naturliga stenar och var därför inte ekonomiskt lönsamma som kommersiell produkt. År 1971 meddelade ryska forskare att de också hade syntetiserat ädelstenskristaller av diamanter, men även de beslutade att produktionen av syntetiska diamanter av ädelstenskvalitet inte var en ekonomisk proposition.

Syntetiska industriella diamanter kan särskiljas från naturliga stenar främst genom att deras snabba kristalltillväxt innebär att kväveatomer, som finns som föreningar, inte har haft tid att bilda aggregat till plattor, utan är utspridda i hela kristallgittret. Alla syntetiskt producerade industriella stenar tenderar därför att vara typ Ib-diamanter och kan identifieras genom sin paramagnetiska egenskap (dvs. de attraheras av en magnet) vilket beror på spår av katalysatorn.

För laboratorieodlade syntetiska stenar av ädelstenskvalitet exkluderades kväve under tillväxten för att producera färglösa typ II-diamanter. Till skillnad från naturliga diamanter fluorescerade de färglösa syntetiska starkt under kortvågig UV-strålning och visade en ihållande fosforescens. De kunde också identifieras genom sin halvledaregenskap, vilket endast finns hos naturliga blå diamanter.

Att skilja syntetiska från naturliga ädelstenar

På grund av den stora prisskillnaden mellan syntetiska och naturliga ädelstenar är det viktigt att gemmologen inte bara kan identifiera vilken mineralart en sten tillhör, utan också kan avgöra om den är en naturlig eller syntetisk produkt. Ädelstenar som används enbart som imitationer av andra stenar kan relativt enkelt identifieras med tekniker som redan beskrivits i denna bok, eftersom deras fysiska egenskaper skiljer sig från de ädelstenar de imiterar. Däremot utgör syntetiska kopior av naturligt förekommande ädelstenar (t.ex. smaragd, rubin, safir, alexandrit och opal) ett svårare problem, eftersom deras fysiska egenskaper ofta är identiska med de naturliga stenarnas.

Identifiering av dessa stenar baseras på avslöjande indikationer inom ädelstenen om de mycket olika sätten på vilka de naturliga och syntetiska kristallerna har vuxit. Dessa inkluderar tillväxtband, färgzonsindelningar och olika andra interna egenskaper, som alla kan användas för att skilja den naturliga ädelstenen från den syntetiska.

De mest användbara av dessa indikatorer är direkt kopplade till den omedelbara miljön där kristallen växte. Naturliga stenar, som kristalliseras långsamt ur det smälta magmat i jordskorpan, var ofta värdar för en mängd små partiklar och kristaller som blev instängda i stenen som inklusioner.

Dessa inklusioner består av tre grundläggande typer: den första kallas förbestående och består av material som fanns innan värdkristallen började bildas (t.ex. fasta partiklar och små kristaller). Den andra typen kallas samtida och består av ämnen som uppstod samtidigt som värdkristallen (t.ex. droppar av vätskan från vilken värdkristallen växte). Den tredje typen kallas post-samtida och uppstod efter bildandet av värdkristallen (t.ex. olika typer av sprickor eller fissurer). Ibland är dessa inklusioner tillräckligt karaktäristiska för att möjliggöra identifiering av ädelstenens ursprungsland såväl som dess art. Syntetiska ädelstenar, även om de är mycket friare från främmande inklusioner än naturliga stenar, innehåller också vissa karaktäristiska interna egenskaper, som sträcker sig från bubblor eller partiklar av osmälta pulver till fel och spänningar.

Följande anteckningar listar de viktigaste identifierande egenskaperna som används för att skilja naturliga från syntetiska ädelstenar. För att göra jämförelsen enklare anges, där det är lämpligt, de fysiska konstanterna och typiska inklusionerna hos den naturliga stenen för varje art eller variant. Som ett extra hjälpmedel innehåller Figur 12.5 skisser av ett urval av typiska interna egenskaper, och en lista över inklusioner finns i slutet av Appendix A i denna bok. För en mer detaljerad studie av ädelstensinklusioner hänvisas till B.W. Andersons *Gem Testing* och E. Gübelins *Internal World of Gemstones*.

Smaragd

Egenskaper hos den naturliga ädelstenen:

- RI = 1,577 till 1,583
- DR = 0,006
- SG = 2,71

Inklusioner:

- Brasilien: Biotit-mica. Tunna filmer som liknar gatstenar.
- Colombia (Chivor och Muzo-gruvorna): Trefasinnehåll (Figur IT5(g)).
- Indien: Tvåfasiga inklusioner som liknar "kommatecken".
- Pakistan: Gatstensmönster av vätskeinhåll. Fenakit-inklusioner.
- Ryssland (Sibirien): Aktinolitkristaller i bladform.
- Rhodesia (Sandawana): Tremolitfibrer. Transvaal-mica.

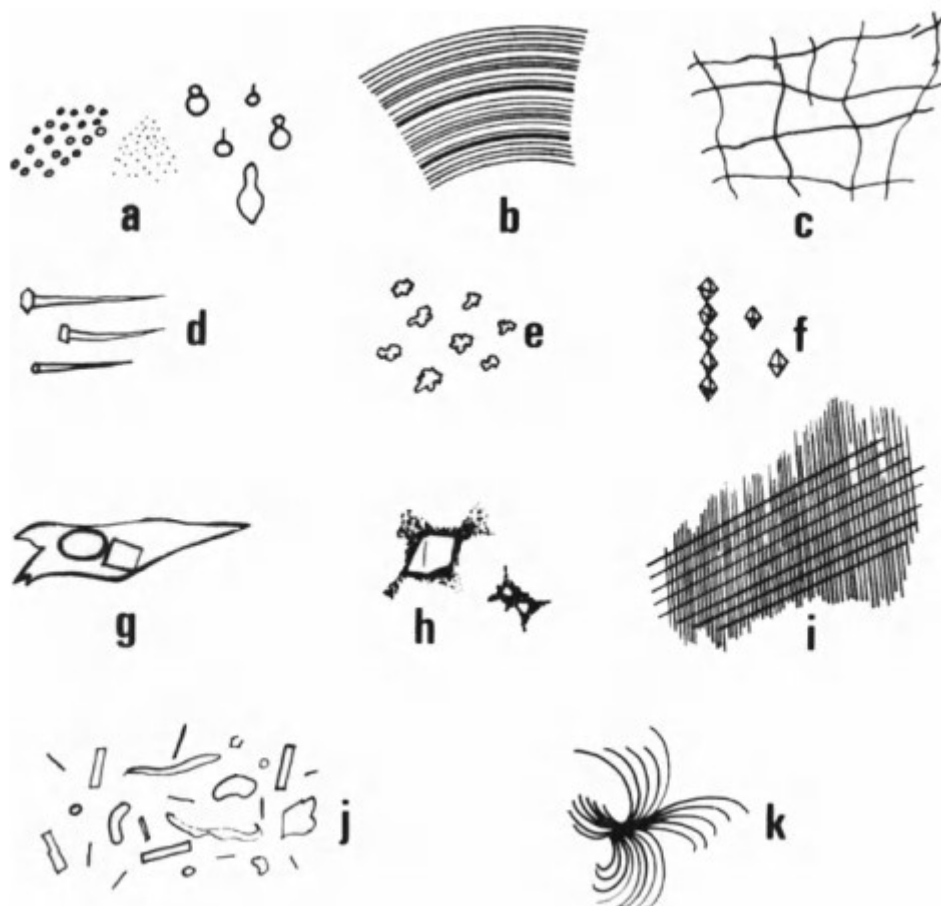


Fig. 11.5. Skisser av några av de mer karaktäristiska inklusionerna och tillväxtfunktionerna som ses i syntetiska och naturliga ädelstenar

- (a) och (b) Bubblor, pulver och tillväxtlinjer som ses i vissa flamfusionssyntetiska korund.
- (c) Ytsprickbildning som ses i det hydrotermiskt avsatta skiktet på Lechleitner-smaragder.
- (d) Fenakitkristaller och koniska håligheter som bildar nagelliknande inklusioner i Lindehydrotermala smaragder.
- (e) Bröds-muleliknande inklusioner i syntetisk kvarts.
- (f) Oktahedrala kristaller i naturlig spinell och safir.
- (g) Trefasinnehåll (vätska, gasbubbla, kristall) som ses i colombianska smaragder.
- (h) Zirkonkristaller omgivna av "halon", som ses i rubiner och safirer från Sri Lanka.
- (i) Rutilnålar som ses som "siden" i naturliga rubiner och safirer.
- (j) Många små transparenta inklusioner som ses i hessonitgranat inkluderar diopsid- och zirkonkristaller.
- (k) "Hästsvans"-inklusion av asbest som ses i demantoidgranat.

RI, dubbelbrytning och SG** för syntetiska smaragder är högre än för naturliga smaragder (RI = 1,560 till 1,563; DR = 0,003; SG = 2,65). Även om järnoxid experimentellt har introducerats i senare Gilson-smaragder för att öka deras SG (och göra inklusionerna mer lik de naturliga), har denna praxis troligen avbrutits eftersom järnet angrep platinafröhallaren.

Om bromoform späds till en SG på 2,65 med bergkristall som indikator kommer Chatham-, Gilson- och Zerfass-smaragder att flyta i vätskan på samma sätt som indikatorn, medan alla naturliga smaragder kommer att sjunka. Separation kan också göras med ett refraktometertest, särskilt om den mer öppna skalan för spinellversionen används.

En typisk inklusion som ses i dessa syntetiska stenar tar formen av en slöjliknande slöja eller en böjd spetsliknande fjäder (som påminner om tunt utspridd cigaretttrök).

Syntetiska smaragder odlade med hydrotermal process (d.v.s. Lechleitner, Linde och Vacuum Venture-produkter) har samma fysiska egenskaper som naturliga smaragder, och identifiering bygger på förekomsten av tillväxtfunktioner och inklusioner. Både Lechleitner- och Linde-"belagda" smaragder visar ofta ett nätverk av fina sprickor på stenens yta (Figur 11.5(c)). Delar av paviljongen kan också vara kvar i ett matt, opolerat tillstånd för att inte försvaga färgen. Om ädelstenen sänks ned i bromoform, kan den mörka kanten av den smaragdgröna syntetiska beryllen ses. I fullt hydrotermala Lechleitner-, Linde- och Vacuum Venture-smaragder kan det vara möjligt att se tecken på frökristallen, som ofta är ljusare i färgen. Förutom de spetsliknande fjädrarna som ses i andra syntetiska smaragder, kan Linde-produkten visa nagelliknande inklusioner med huvuden bildade av fenakitkristaller (Figur 11.5(d)). Linde-smaragder har också en distinkt röd fluorescens som är tillräckligt framträdande för att synas i starkt vitt ljus.

Alla syntetiska smaragder är mer transparenta för kortvågig UV-ljus än naturliga smaragder. Denna egenskap kan testas genom användning av immersionskontaktfotografering. I ett mörkt rum placeras det okända provet på ett fotografiskt papper tillsammans med en naturlig smaragd som referens. Pappret placeras i botten av en grund skål som innehåller vatten och exponeras för kortvågig UV-ljus i två till tre sekunder genom att hålla lampan ungefär arton tum ovanför skålen. Om det fotografiska pappret sedan framkallas och exponeringstiderna har varit korrekta, kommer referenssmaragden att framstå som vit, medan det okända provet, om det är syntetiskt, kommer att framträda svart med en tunn vit kant runt sig.

Syntetiska smaragder, som är rika på krom och helt fria från järn, fluorescerar starkare än naturliga

smaragder under korsade filter, långvågig UV och kortvågig UV. De visar också en djupare röd färg under Chelsea-färgfiltret (se kapitel 12).

Rubin

Egenskaper hos den naturliga ädelstenen:

- RI = 1,764 till 1,772
- DR = 0,008
- SG = 3,99

Inklusioner:

- Burma: Kalcit, zirkon, spinell, rutilnålar (stjärn- och silkeseffekt - Figur 11.5(i)). "Siraps"-virvlar av färg.
- Thailand: Färre inklusioner än Burma. Granat är vanligt (runda, ogenomskinliga kristaller omgivna av fjädrar).
- Sri Lanka: Diffust silke. Zirkonkristaller med "halos" (Figur 11.5(h)).

Syntetiska rubiner har exakt samma fysiska egenskaper och konstanter som den naturliga stenen, och de viktigaste identifieringsfunktionerna är tillväxtlinjer och inklusioner. De tillverkas främst genom Verneuil-flamfusionsprocessen, även om några har producerats genom hydrotermala och flussmältningsmetoder (den senare inkluderar Kashan-rubiner).

Verneuil-rubiner innehåller ibland gasbubblor (sfäriska och kolv- eller grodyngelformade) och moln av osmälta pulver (Figur 11.5(a)). De mest framträdande egenskaperna är dock de böjda tillväxtlinjerna. Dessa ses bäst med hjälp av ett mikroskop och ser, när de betraktas i rätt riktning och med korrekt belysning, ut som de parallella fårorna på en grammofonskiva (Figur 11.5(b)). I naturliga rubiner är tillväxtlinjerna raka och följer kristallens hexagonala struktur.

På grund av hur Verneuil-rubiner skärs från boulen (med bordet orienterat slumpmässigt mot huvudaxeln) är dikroismen ofta synlig genom bordets fasett istället för genom kullen som i en naturlig sten.

I hydrotermala rubiner är identifiering svårare, även om det kan vara möjligt att se tecken på frökristallen, och fjädrar som är typiska för syntetiska smaragder kan också vara närvarande. Fjädrar kan ibland ses i flussmälta rubiner. I Kashan-varianten kan ett typiskt punkt-streckfält av inklusioner vara synligt.

Syntetiska rubiner är mer transparenta för kortvågig UV än naturliga, och det fotografiska immersionskontaktprovet som beskrivs för smaragder kan också användas för rubiner.

Syntetiska stjärnrubiner kan vanligtvis upptäckas med blotta ögat, eftersom färgen är mycket ljusare och stjärneffekten är djävare och mer skarpt definierad än i naturliga stenar. Andra egenskaper som ses i syntetiska rubiner gäller även för stjärnvarianten.

Safir

Egenskaper hos den naturliga ädelstenen:

- RI = 1,760 till 1,768
- DR = 0,008
- SG = 3,99

Inklusioner:

- Burma: Läckningssprickor (ser ut som skrynkliga flaggor). Korta, tjocka rutilnålar.
- Thailand: Innehåller aldrig rutil. Kristaller av plagioklas fältspat.
- Sri Lanka: Fjädrar. Långa, tunna rutilnålar (långt silke). Zirkonkristaller med "halos" (Figur 11.5(h)). Trefasinnehåll (Figur 11.5(g)). Rader av oktahedra kristaller.
- Indien (Kashmir): Grumlighet orsakad av mycket fina sprickor.
- USA (Montana): Hexagonala kristaller omgivna av vätskekristaller.

Tillväxtlinjer är raka och följer kristallens hexagonala struktur.

Precis som för rubin har syntetiska safirer samma fysiska konstanter som den naturliga stenen och tillverkas huvudsakligen genom Verneuil-processen. De viktigaste identifieringsfunktionerna hos safirer är färgzonsindelning och inklusioner. Om en blå safir placeras i en immersionscell och täcks med monobromonaftalen (eller till och med vatten) kan karakteristisk färgzonsindelning ses när stenen betraktas i rätt riktning. I syntetiska blå safirer tar denna zonindelning formen av böjda färglinjer (Figur 11.6). I naturliga blå safirer är färgen mycket mer ojämn och zonindelningen består av färgband som följer kristallens hexagonala struktur (Figur 11.7).

Inklusioner och tillväxtlinjer i syntetiska safirer är desamma som de som redan beskrivits för rubiner, även om safirens tillväxtlinjer är mycket svårare att se och inte alls förekommer i gula safirer. Tillväxtlinjer kan ofta förstärkas genom att betrakta stenen under kortvågig UV-ljus.

Precis som rubiner visar syntetiska safirer ofta dikroism genom bordets fasett istället för genom kullen som i en naturlig sten.

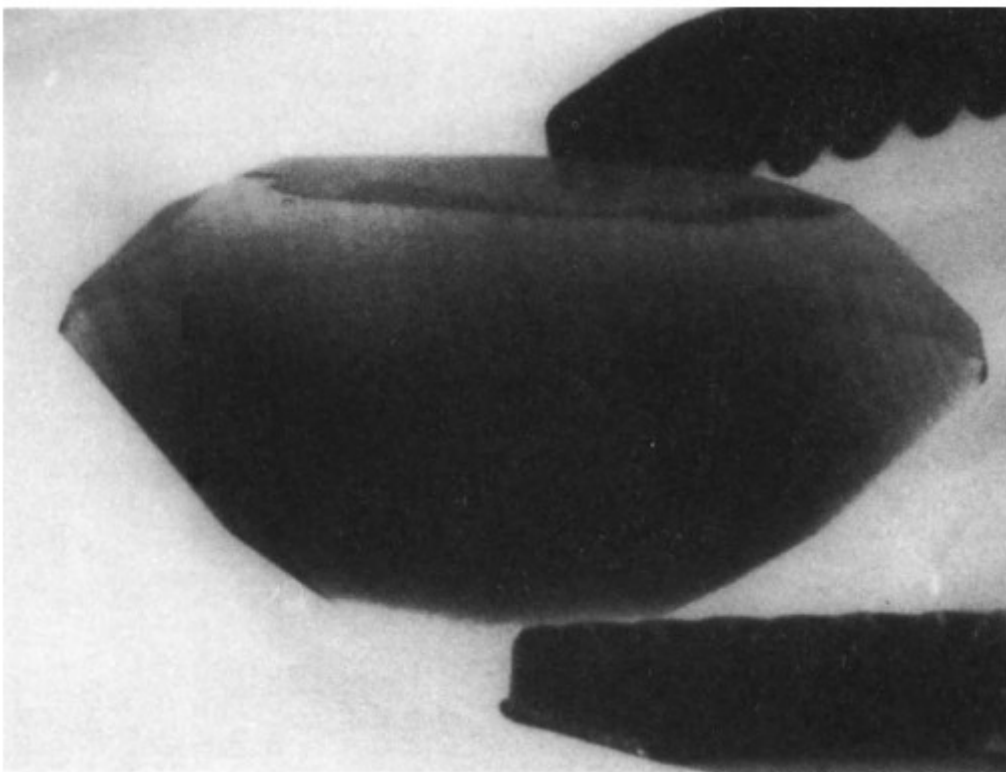


Fig. 11.6. Böjd färgzonsindelning i syntetisk blå safir.

Det finns också betydande skillnader mellan absorptionsspektra för syntetiska och naturliga safirer. De flesta naturliga stenar innehåller järn, vilket kan ses som tre band vid 450, 460 och 471 nm

(förutom för stenar från Sri Lanka som endast visar ett svagt band vid 450 nm). Syntetiska blå safirer innehåller praktiskt taget inget järn, och inga av dessa band är synliga.

I syntetiska gröna och gula safirer, som är färgade med nickel, saknas också de tre järnbanden. Gula safirer från Sri Lanka visar inga av de tre järnbanden, men dessa kan lätt skiljas från syntetiska gula safirer eftersom de fluorescerar en distinkt aprikosgul färg under långvågig UV-ljus, till skillnad från de syntetiska stenarna som är helt inerta. Syntetiska orange safirer fluorescerar rött under långvågig UV.

Naturliga blå safirer är inerta under kortvågig UV (förutom enstaka stenar från Sri Lanka som kan visa en svag grön fluorescens). Syntetiska blå safirer, på grund av sin brist på järn, fluorescerar starkt grönblått under kortvågig UV.

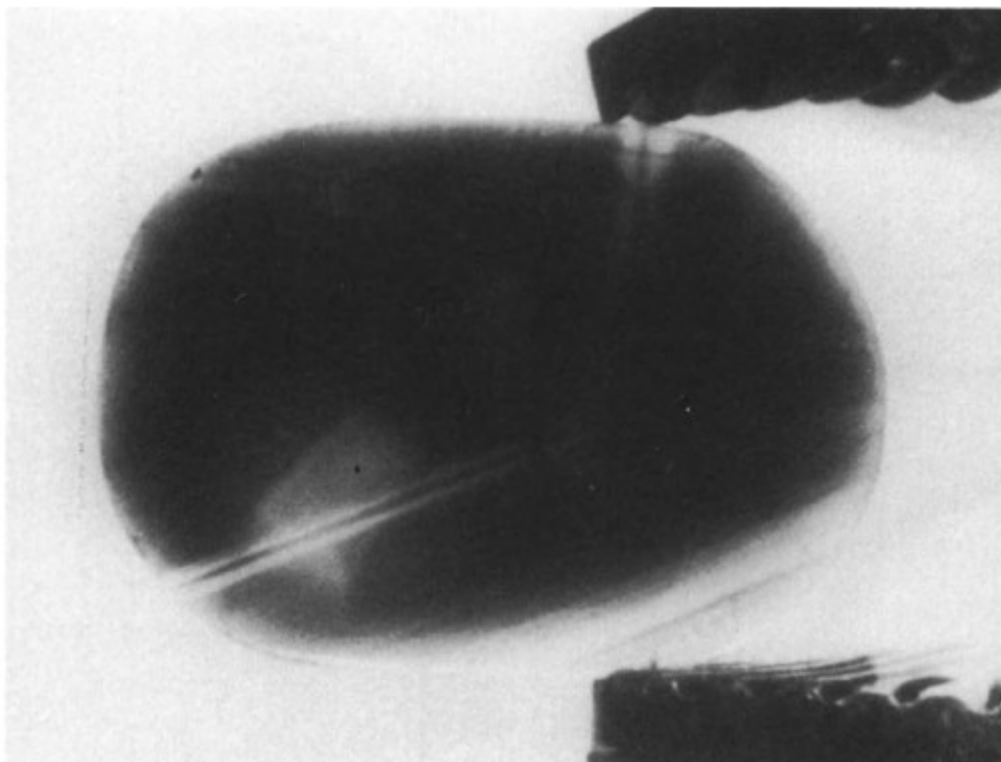


Fig. 11.7. Parallella färgzonsband i naturlig blå safir.

Skillnader mellan syntetiska och naturliga safirer gäller också för stjärnvarianterna. I den syntetiska versionen är färgen vanligtvis mycket ljusare och stjärneffekten skarpare definierad än i den naturliga stenen.

Alexandrit

Syntetisk alexandrit är en verklig kopia av den sällsynta chrysoberyllvarianten och, till skillnad från korund- och spinellimitationer, uppvisar den samma färgskiftning som naturlig alexandrit (d.v.s. blekgrön i dagsljus till brunröd i glödljus). Den tillverkas genom både Czochralski- och flussmältningsprocesser, och även om den har alla de fysiska egenskaperna hos fin sibirisk alexandrit, rapporteras RI vara 0,02 lägre än hos den naturliga varianten. Under mikroskopet kännetecknas syntetisk alexandrit av svärmar av små inklusioner (tydligt parallella med fröytan), liknande de som finns i syntetiska smaragder och flussodlade rubiner; band eller tillväxtlinjer kan

också ses.

Opal

'Gilson' syntetiska opaler tillverkas både som vita och svarta stenar. Av dessa är den vita opalen mest övertygande. Den svarta versionen bör dock inte orsaka några identifieringsproblem för någon som är bekant med den naturliga produkten. Under ett högförstorande (60x) mikroskop liknar strukturlinjerna i de gula färgsegmenten av den äldre typen av vita Gilson-opaler en serie tätt placerade raviner som sträcker sig ner från varje sida av en central ryggrad. Strukturen i ett orange segment av de nyare vita Gilson-opalerna har dock en "galen stenläggning"-utseende.

Gilson-opaler tillverkas av natriumsilikat eller en silikonester som sedan långsamt dehydreras. De små partiklarna som produceras är liknande de kristobalitsfärer som finns i naturlig opal, och eftersom de är extremt små (0,0002 mm i diameter) är de endast synliga med hjälp av ett högförstorande instrument som ett elektronmikroskop. I både syntetiska och naturliga stenar är dessa sfärer arrangerade i regelbundna rader av liknande storlek och ger opalen dess färgspel genom diffraktion och interferens av det reflekterade ljuset (se Figur 2.6 i Kapitel 2).

Särskilda egenskaper hos Gilson-opaler, som kan ses med mikroskop, har sammanfattats av Messrs E. A. Jobbins, P. M. Statham och K. Scarratt som följer:

1. Stenarna visar en mosaik bestående av jämindimensionella eller "blockiga" strukturer sedda uppifrån eller nerifrån.
2. Många vita syntetiska opaler visar en uttalad kolumnstruktur när de betraktas från sidan.
3. Vissa vita syntetiska opaler visar en karakteristisk dendritisk struktur vid högre förstoringar i genomfallande ljus.
4. Under genomfallande ljus har kornen ofta fint taggade kanter som ger dem en "torra löv"-effekt.
5. I senare svarta och vita opaler har kornen ett "ödleskinn"-utseende som ses under förstoring både i genomfallande och reflekterat ljus.
6. Många Gilson-opaler har hög porositet och tenderar att fastna på tungan, en effekt som inte är lika uttalad i många naturliga stenar.

Det är också möjligt att använda opalens luminescerande egenskaper för att skilja naturliga opaler från Gilson-syntetiska. Alla Gilson-syntetiska opaler fluorescerar en "dammig" grön färg (liknande den som visas av pastaimitationer) under kortvågig UV, och några fluorescerar under långvågig UV. Alla opaler som inte visar tecken på fluorescens under långvågig eller kortvågig UV är naturliga opaler. När en naturlig opal fluorescerar under UV (vanligtvis med en vit eller krämfärgad nyans) fosforescerar den också. Denna fosforescens, som ses under mörka förhållanden, fortsätter i ungefär tolv sekunder. Tecken på fosforescens är i stort sett obefintliga i mörkare Gilson-exemplar.

Spinell

Syntetisk spinell, precis som syntetisk korund, produceras huvudsakligen genom Verneils "flamfusionsprocess". Eftersom färgerna i vilka syntetiska spineller tillverkas är avsedda att imitera de dyrare ädelstenarna, är de generellt ganska annorlunda från de som finns i naturliga spineller. På grund av den stora mängd alumina som används i tillväxten av den syntetiska spinellboulén, är dess fysiska egenskaper märkbart annorlunda från de hos naturliga spineller:

- Naturlig spinell: RI = 1,717, SG = 3,6
- Syntetisk spinell: RI = 1,727, SG = 3,64

Ett refraktionsindextest är därför ett pålitligt sätt att identifiera en misstänkt sten. På grund av tillverkningsmetoden innehåller syntetiska spineller ofta inre spänningar som avslöjas som en

onormal dubbelbrytning under ett polarisationsmikroskop. Detta yttrar sig som en ojämn, korsstrimmig variation i ljustransmission när stenen roteras mellan korsade polarfilter, och har träffande kallats "tabby-extinktion" av B. W. Anderson.

Även om spineller i en mängd olika färger har tillverkats med Verneuil-metoden är röda spineller sällsynta eftersom de tenderar att spricka i boule-stadiet. Spineller har också odlats genom flussmältningsprocessen, inklusive röda spineller som, till skillnad från sina naturliga motsvarigheter, inte visar de typiska fluorescerande "orgelpipspektroskopilinjerna".

Diagnostiska inklusioner i naturliga spineller inkluderar små spinelloktaederkristaller (i röda stenar från Burma) som bildar ett spökliknande fjädermönster, samt spinellkristaller arrangerade i linjer (i stenar från Sri Lanka - Figur 11.5(f)). Syntetiska spineller kan ibland visa sfäriska gasbubblor.

Lapis lazuli

Gilsons syntetiska lapis lazuli har mineralen lazurit som huvudingrediens (vilket även är en av beståndsdelarna i den naturliga stenen). Vid ett destruktivt test av Gilson-lapis frigörs en stark svaveldoft, olikt den naturliga stenen. Dessutom reagerar den syntetiska versionen mycket starkare på en droppe saltsyra än den naturliga, och dess SG är mycket lägre.

En rad tester på både syntetisk och naturlig lapis lazuli har visat att den syntetiska versionen har relativt hög porositet (vilket den naturliga inte har), är mindre tät än den naturliga (SG är cirka 2,36 jämfört med 2,8), och reagerar snabbare på svavelsyra, salpetersyra och saltsyra. På grund av dess relativt höga porositet har den ibland beskrivits som en lapis-ersättning i vissa litteraturer.

Mr. H. Andersens tips för att känna igen Gilson syntetisk lapis lazuli:

1. En mycket bra violettblå färg, jämförbar med den finaste naturliga lapis lazuli.
2. Bättre lyster än naturlig lapis (mer lik sodalit).
3. De pyritiska inklusionerna kan repas med en nål.
4. De vita inklusionerna ser ut som långa moln, inte jämförbara med naturliga inklusioner.
5. "Strecket" (skapat genom att gnugga ett fragment mot en bit vit oglaserad porslin, en så kallad streckplatta) är mörkblått istället för ljusblått.
6. Röntgen visar det som ett amorft (röntgentransparent) ämne.

Turkos

Gilson syntetisk turkos, sett under 50x förstoring, består av små mörkblå kantiga partiklar i en vit bakgrundsstruktur, en struktur som är helt olik den i naturlig turkos. Den specifika vikten för ett prov av Gilson-turkos var ungefär 2,635 (jämfört med 2,8 för naturlig turkos), och dess RI var 1,592 (jämfört med 1,62). Andra prover har i genomsnitt haft SG på 2,74 och RI på 1,60. Tyvärr är båda dessa konstanter karakteristiska för naturlig turkos från Amerika, så den bästa metoden att identifiera syntetisk turkos är en visuell undersökning (vid cirka 50x) för de karaktäristiska mörkblå partiklarna i en vitaktig grundmassa.

Kvarts

Syntetisk kvarts odlas hydrotermalt och har tillverkats i många år för optiska och elektroniska industrier. På senare tid har både amerikanerna och ryssarna tillverkat kvarts av ädelstenskvalitet i ädelstensfärger. Eftersom kostnaden för syntetisk kvarts ligger nära den för naturlig kvarts är det

mindre oro för identifiering av syntetisk kvarts, förutom möjligtvis för ametistvarianten. Detta är lyckosamt, eftersom deras fysiska egenskaper, som förväntat, är identiska (naturlig ametist har "tigrerade" inklusioner).

Den färglösa fröplattan är vanligtvis synlig i oskuren syntetisk kvarts, och detta åtföljs av starka färgband parallella med plattan. Inklusioner som liknar brödsbulor kan också vara synliga (Figur 11.5(e)).

12. Ädelstensimitationer

Till skillnad från syntetiska ädelstenar, som har samma kemiska sammansättning, kristallsystem och fysiska konstanter som sina naturliga motsvarigheter, behöver en imitation endast ha en yttlig likhet med ädelstenen den imiterar. Material som används för att simulera de mer kostsamma ädelstensmineralerna sträcker sig från naturliga ädelstenar (ibland färgade) till olika konstgjorda produkter. Deras upptäckt och identifiering är vanligtvis enkel, eftersom deras fysiska konstanter nästan aldrig är desamma som de för ädelstenen de imiterar. Monterade diamantsimulant är förmodligen de mest problematiska, eftersom deras brytningsindex vanligtvis ligger över standardrefraktometerns räckvidd. Av denna anledning har de behandlats ingående i de följande noteringarna, som även anger vilka kännetecken man bör leta efter i imitationer av de mer värdefulla färgade ädelstenarna.

Alexandritsimulanter

Både syntetiska korunder och syntetiska spineller har producerats som imiterar den karakteristiska färgförändringen som ses i alexandritvarianten av chrysoberyll. Medan alexandrit skiftar från en blekgrön färg i dagsljus till en brunröd i glödljus, förändras de flesta syntetiska korunder (dopade med vanadin och kromoxider) från en urvatnad gråblå färg i dagsljus till en ametistlila färg i tungstenljus. Den syntetiska spinellversionen är mindre vanlig, och även om den matchar alexandritens färgförändring mer exakt, är spinell enkelbrytande och har därför ingen pleokroism. Den starka pleokroismen i alexandrit (röd, orange, grön i (tungstenljus) skiljer sig också från korundsimitation (brunaktig-gul, lila i tungstenljus).

Den specifika vikten för alexandrit (3,72) är högre än för spinell (3,64) och lägre än för korund (4,0). Även om alexandrit och korund har liknande RI-värden (1,746 till 1,755 och 1,760 till 1,768 respektive), kan spinell (1,727) enkelt identifieras på en standardrefraktometer.

Akvamarinsimulanter

Förutom pasta imitationer och kompositstenar (som beskrivs under separata rubriker) är den vanligaste akvamarinsimitationen syntetisk blå spinell. Ett enkelt test på en polarisator (med försiktighet för att inte låta sig luras av spänningsmönstren som ofta ses i spinell) kommer att skilja den dubbelt brytande akvamarinen från den enkelt brytande spinellen. En mer pålitlig identifiering kan göras med refraktometern (RI för akvamarin = 1,570 till 1,575; RI för syntetisk spinell = 1,727). Med en omonterad sten kommer akvamarin att flyta i bromoform, medan spinell sjunker. Eftersom syntetisk blå spinell är färgad med kobolt, kommer den att verka röd genom Chelsea-färgfiltret (se under 'Smaragdimitationer'), medan akvamarin ser grön ut. Akvamarin visar även grönt och blått genom dichroskopet, men spinell, som är enkelt brytande, har ingen pleokroism.

Diamantimitationer

På grund av sin skönhet och sitt värde är diamant förmodligen den mest imiterade av alla ädelstenar. Till skillnad från smaragd och rubin, vars värde ibland överstiger även diamantens, finns det ännu inga kommersiellt tillgängliga syntetiska ädelstenskvalitetsdiamanter, även om både amerikanerna och ryssarna har producerat laboratorieodlade kristaller på en karat.

Naturliga imitationer av diamant inkluderar de färglösa varianterna av kvarts, topas, korund och zirkon, vilka alla kan skiljas från diamant genom sin dubbla brytning.

Med undantag för zirkon är det möjligt att identifiera alla dessa stenar med hjälp av en enkel refraktometermätning. Detta test kan också användas för att skilja diamanter från färglösa syntetiska spineller och korunder, samt från glasimitationer. Andra ännu enklare optiska tester beskrivs i slutet av denna sektion.

Diamantens skönhet beror på dess dispersion (0,044) och dess lyster. Den beror också på den optiska utformningen av den briljantslipade stenen, som säkerställer att så mycket ljus som möjligt som träffar stenen reflekteras tillbaka genom kronfasetterna. Den höga adamantina lyster hos en polerad diamant beror i sin tur på stenens hårdhet (10,0 på Mohs skala) och dess höga brytningsindex (2,42).

Designen av den briljantslipade diamanten har utvecklats under många år och har resulterat i en uppsättning ideala proportioner och vinklar (se Figur 7.11). Dessa har valts, främst genom trial and error, för att utnyttja diamantens höga brytningsindex och dispersion och utgör grunden för "light-spill" och "light-transmission"-testerna som används för att skilja diamant från dess imitationer.

För att matcha diamantens eld och briljans måste en simulat därför ha en rimligt hög dispersion och ett högt brytningsindex. Den bör också vara så hård som möjligt och enkelt brytande (likt diamant) om den ska ha en rimlig chans att undgå upptäckt.

Flintglas var förmodligen den första konstgjorda diamantsimulanten, även om dess användning i antika smycken möjligen berodde på dess tilltalande eld (dispersion = 0,04) snarare än dess ytliga likhet med diamant. Med undantag för syntetiska färglösa korunder och spineller, som introducerades som simulanter för nästan femtio år sedan, är majoriteten av konstgjorda simulanter biprodukter från specialiserade kristaller utvecklade för elektronik- och laserindustrin. De viktigaste av dessa kommer nu att beskrivas.

Syntetisk rutil ('rainbowgem', 'titania' – TiO_2)

Syntetisk rutil har en märkbar gul nyans, som tillsammans med dess överdrivna "eld" (dispersion = 0,28) gör den till en relativt ... dålig diamantsimulant. Dess stora dubbla brytning (0,287) gör den också lätt att identifiera med blotta ögat eller med en polarisator.

YAG ('diamonaire', 'diamonique' – $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$)

Detta är en yttriumaluminiumgranat som inte har någon motsvarighet i naturen. Dess låga brytningsindex (1,83) och dispersion (0,028) gör att den ser livlös ut. Dess bästa egenskaper är dess hårdhet (8,5) och dess enkelt brytande kubiska kristallstruktur.

Strontiumtitanat ('diagem', 'fabulite' - SrTiO_3)

Detta är ett annat konstgjort material utan motsvarighet i naturen. Det har nästan samma brytningsindex som diamant (2,41), och kan därför inte upptäckas genom "light-spill" och "light-transmission"-tester. Men eftersom dess dispersion (0,190) är över fyra gånger större än diamantens, är det lätt att identifiera genom sin överdrivna "eld". En annan identifierande egenskap är dess hårdhet (5,5), vilket är tillräckligt lågt för att den ska kunna repas med en stålnål (även om ett sådant hårdhetstest inte rekommenderas). Strontiumtitanatets relativa mjukhet kan dock fortfarande

ge användbar diagnostisk information, som beskrivs i "facet condition"-testet i slutet av denna sektion.

Litiumniobat ('Unobate' - LiNbO_3)

Litiumniobat har nästan tre gånger så hög dispersion som diamant. Det har ett högt brytningsindex (2,25) men en stor dubbelbrytning (0,09). Dessa faktorer, tillsammans med dess låga hårdhet (5,5), gör det till en dålig simulat.

GGG ($\text{Gd}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$)

Ett annat konstgjort imitationstmaterial som inte förekommer i naturen, gadoliniumgalliumgranat, har ett högt brytningsindex (1,97) och en dispersion nära diamantens (0,045). Dess enda svaga egenskap är dess relativt låga hårdhet (6,0).

Kubisk zirkoniumoxid ('diamonesque', 'zirconia' - ZrO_2), 'djevalite', 'phianite'

Vid tiden för skrivandet är detta den mest övertygande diamantimitationen som har framkommit. Med ett brytningsindex på 2,16, en dispersion på 0,065 och en hårdhet på 8,5 har kubisk zirkoniumoxid en bättre kombination av fysiska konstanter än någon annan kommersiell simulat (se Tabell 12.1 för en jämförande lista över konstanter). I sitt omonterade tillstånd kan den enkelt identifieras eftersom dess specifika vikt är 5,7 jämfört med diamantens 3,52. Med en briljantslipad sten kan detta göras genom att jämföra stenens vikt med dess kullens diameter (se Tabell 12.2).

Tabell 12.1

Gemstone	RI	DR	Dispersion	SG	Hardness
Diamond	2.42	-	0.044	3.52	10.0
Paste (Flint Glass)	1.6 – 1.7	-	0.040	3.0 – 4.0	
Synthetic Spinel	1.727	-	0.018	3.64	8.0
Synthetic Corundum	1.76 – 1.768	0.008	0.028	4.0	9.0
Synthetic Rutile	2.61	0.287	0.280	5.0	6.5
YAG	1.83	-	0.028	4.58	8.5
Strontium Titanate	2.41	-	0.190	4.2	5.5
Lithium Niobate	2.21 – 2.30	0.09	0.120	4.64	5.5
GGG	2.02	-	0.038	7.05	6.0
Cubic Zirconium Oxide	2.16	-	0.065	5.7	8.5

Tabell 12.1

Girdle, Diameter (mm)	Diamond (carat)	Cubic Zirconium (carat)
3.0	0.22	0.22
6.5	1.0	1.75
9.0	2.5	4.6

Trots sitt höga brytningsindex kan kubisk zirkoniumoxid vanligtvis skiljas från diamant genom "light-spill" och "light-transmission"-testerna. Under kortvågig UV fluorescerar den antingen grön gul eller tydligt gul, medan diamanter vanligtvis är inerta.

Tester för att skilja diamant från dess simulanter

1. Light-spill' test:

Om en briljantslipad sten (monterad eller omonterad) betraktas mot en mörk bakgrund, med bordfasetten vinkelrätt mot synlinjen, kommer stenen att se jämnt ljus ut eftersom paviljongfasetterna fungerar som reflekterande speglar.

Om stenen är en diamant går det att luta den (så att ögat börjar titta in i bordfasetten i allt grundare vinklar) utan att förlora den jämna ljusa effekten av paviljongfasetterna, även när denna vinkel blir mycket liten (5° till 10°). Om stenen är en simulat med ett lägre brytningsindex än diamant, börjar paviljongfasetterna långt bort från ögat att se svarta ut när stenen lutar under 60° (d.v.s. ljuset "rinner ut" ur dessa fasetter istället för att reflekteras tillbaka). Ju lägre brytningsindex, desto mer markant blir effekten.

2. 'Light-transmission' test:

Om stenen är omonterad och placeras med bordfasetten nedåt på en färgad yta, kommer färgen inte att synas genom paviljongens baksida om stenen är en diamant eller strontiumtitanat.

(Observera: Tester 1 och 2 är effektiva endast för moderna runda briljanter och bygger på att nästan alla simulat är slipade till samma idealproportioner som diamant. Om en rund briljantsten klarar dessa tester men har en mycket djup paviljong, bör den betraktas som misstänkt. Äldre diamanter kan ha små bordfasetter och djup paviljong av typen "Old English" och kommer inte att klara dessa två tester).

3. Facet condition' test:

Diamant är det hårdaste av alla naturliga ämnen, vilket gör det möjligt att uppnå en mycket ... hög grad av polering på sina fasetter. På grund av dess hårdhet är det också möjligt att polera fasetterna så att de är perfekt plana och möts vid skarpt definierade kanter. Mjukare stenar kommer inte att ha samma höga grad av polering och deras fasettkanter kommer att vara mer avrundade. Om stenen har burits i flera år kan det också vara möjligt att upptäcka tecken på skador eller slitage vid fasettkanterna.

4. Refractive index / reflectivity' tests:

Brytningsindexen för vissa simulanter (syntetisk spinell och syntetisk korund) är tillräckligt låga för att mätas på en standardrefraktometer. För simulanter vars brytningsindex ligger över refraktometerns räckvidd är det vanligtvis möjligt att identifiera dem genom att mäta deras lyster med en elektronisk reflektivitetmätare (se Kapitel 7).

Smaragdimitatorer

När smaragdimitatorer först började dyka upp i större mängder utvecklades ett enkelt testinstrument kallat Chelsea-färgfiltret (Figur 12.1) gemensamt av Gem Testing Laboratory of London Chamber of Commerce och Chelsea College of Science and Technology för att möjliggöra en metod

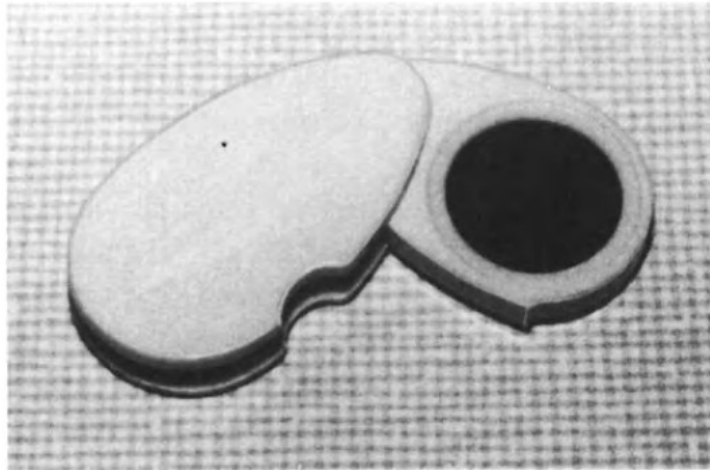


Fig. 12.1. Chelsea-färgfiltret kombinerar ett rött och ett gult filter för att matcha spektralegenskaperna hos smaragd (Gemmological Instruments Ltd.).

för att skilja den naturliga stenen från dess imitatorer. Filtret består av en kombination av två gelatinfiltre som är utformade för att endast släppa igenom djuprött och gulgrönt ljus. Denna kombination valdes för att matcha den ovanliga spektralegenskapen hos smaragd, som släpper igenom ljus i det djupröda spektrat men absorberar det i det gulgröna.

När en samling gröna stenar belyses starkt och betraktas genom filtret, kommer äkta smaragder (inklusive syntetiska smaragder) att framstå som tydligt röda eller rosa i färgen (beroende på smaragdens färgdjup), medan slipat grönt glas (d.v.s. pasta), dubletter och vissa andra smaragder kommer att framstå som gröna (se under "Kompositstenar"). Tyvärr är filtret inte idiotsäkert. Det finns några smaragder, särskilt de från Sydafrika, som kanske inte ser röda eller rosa ut genom filtret. Som redan nämnts reagerar syntetiska smaragder på samma sätt som naturliga, även om deras färg verkar mer lysande. Demantoidgranat och grön zirkon framstår också som rosa genom Chelsea-filtret, men båda dessa ger "negativa" mätningar på refraktometern (d.v.s. de ligger över dess räckvidd) och sjunker när de sänks ner i bromoform.

Grön turmalin, särskilt när den är värmebehandlad, kan ibland användas som en smaragdimitator. Även om vissa gröna turmaliner innehåller krom och, likt smaragd, ser rosa ut genom Chelsea-filtret, kan de enkelt identifieras genom att ta en refraktometermätning (RI för turmalin = 1,62 till 1,64; RI för smaragd = 1,579 till 1,585). Smaragd flyter i bromoform, medan turmalin sjunker.

Jadeimitatorer

Det finns många imitatorer av de äkta jademineralerna jadeit och nefrit. Bland dessa finns hydrogrossulär granat (känd som "Transvaal jade"), bowenit, amazonit och den krommicainpregnerade leran, verdite. Förutom skillnaderna mellan konstanterna för dessa imitatorer och jadeit/nefrit (se Tabell 12.3) kan jadeit ibland identifieras under spektroskopet genom ett intensivt absorptionsband synligt i det violetta vid 437 nm. Jadeit har också en karakteristisk gropig eller "apelsinskal"-yta när den är polerad. Precis som andra kryptokristallina ämnen kan jadeit färgas, och dåligt färgade exemplar färgas ofta gröna. Färgad jadeit tenderar att framstå som rosa när den betraktas genom Chelsea-filtret, till skillnad från naturlig grön jadeit. Vid undersökning under spektroskopet ger färgämnet ett otydligt absorptionsband i det röda spektrumet, och jadeitbandet vid 437 nm saknas.

Tabell 12.3

Gemstone	RI	SG	Hårdhet
Jadeite	1.65 – 1.67	3.3	7.0
Nephrite	1.61	3.0	6.0
Hydrogrossular	1.73	3.48	6.5
Bowenite	1.58	2.5	4.0
Amazonite	1.53 – 1.54	2.56	6.0
Verdite	1.58	2.9	3.0

Lapis Lazuli Imitatorer

'Schweizisk lapis', en ganska vanlig imitator av lapis lazuli, tillverkas genom att färga jaspis med "Preussiskt blått" pigment. Den kan identifieras genom sin avsaknad av pyritinklusioner och sitt något högre brytningsindex (1,54 jämfört med 1,5 för äkta lapis). En annan imitator är sodalit, som är en beståndsdel i lapis. Den kan skiljas genom sin specifika vikt (lapis = 2,8; sodalit = 2,28).

En dyrare lapis lazuli-imitator tillverkades av det tyska Degussa-företaget 1954. Denna var en sintrad form av syntetisk spinell, framställd genom att värma en blandning av alumina, magnesia och kobolt till en temperatur precis under smältpunkten av spinell. Resultatet är ett grovstrukturerat material som liknar lapis lazuli i färg. Guldflingor sägs ha inkluderats i blandningen för att imitera pyritinklusionerna i den naturliga stenen. Detta kan ha berott på att processen inte var kompatibel med införandet av pyritflingor (som används i Gilsons syntetiska lapis).

Rubinimitatorer

Naturliga stenar som kan användas för att imitera rubin inkluderar granater (pyrop och almandin), spinell, turmalin, zirkon och eventuellt rosa topas. Tabell 12.4 listar konstanterna för dessa

Tabell 12.4

Gemstone	RI	DR	SG	Hardness
Ruby	1.76 - 1.77	0.008	4.0	9.0
Pyrope	1.75 - 1.77	-	3.7 – 3.8	7.5
Almandine	1.77 – 1.81	-	3.8 – 4.2	7.5
Spinel	1.717	-	3.6	8.0
Tourmaline	1.62 - 1.64	0.018	3.01 – 3.11	7.0
Topaz	1.63 - 1.64	0.008	3.53	8.0
Zircon	1.93 - 1.99	0.058	4.68	7.25

imitationer tillsammans med rubin. Från detta kan man dra slutsatsen vilka de mest tillförlitliga testerna är för identifieringsändamål (se även under "Pastasimulanter" och "Kompositstenar").

Pyropgranat är den sten som kan vara svår att skilja från rubin med blotta ögat. Dock kan pyrops fullständiga brist på dikroism, tillsammans med skillnaden i absorptionsspektra mellan de två stenarna (se Figur 8.4) och deras olika svar under polarisatorn, användas för att identifiera och skilja dem åt.

Generellt kan rubin identifieras genom sitt ljusa röda utseende genom Chelsea-filtret och genom sin intensiva röda fluorescens under långvågig (LW) och kortvågig (SW) UV-ljus. Granater (som innehåller järn) och röd turmalin (färgad av mangan) fluorescerar inte alls under UV-ljus och ser inte heller röda ut genom filtret. Röd spinell, liksom rubin, är färgad av krom och kan inte skiljas åt med dessa två tester. Däremot kan dess absorptionsspektra, brist på dikroism, brytningsindex och enkelbrytande svar på polarisatorn enkelt särskilja den från rubin.

Safirimitatorer

Medan safir imiteras av både pastastenar och kompositstenar, är de mest övertygande simulant blå syntetisk spinell och några naturliga blå ädelstenar. Bland de senare finns den blå varianten av zoisit. I sitt brytningsstadium har denna ädelsten mycket stark pleokroism, vilket ger den distinkta lila toner. För att få blå zoisit att efterlikna safir bättre värmebehandlas den. Detta minskar pleokroismen och ljusar upp stenens färg. Trots sitt bedrägliga utseende kan zoisit enkelt särskiljas från safir med sitt brytningsindex, som är 1,69 till 1,70 (jämfört med safirens 1,76 till 1,77).

En annan naturlig simulant, iolit (ibland kallad dichroit eller cordierit), kan lätt identifieras med sin mycket starka pleokroism (därav dess alternativa namn "dichroit") och sitt låga brytningsindex (1,54 till 1,55). Blå turmalin kan också identifieras med sitt brytningsindex (1,62 till 1,64) och sin relativt stora dubbelbrytning (0,018).

Syntetisk blå spinell är en övertygande safirimitator men kan lätt identifieras med sitt brytningsindex (1,727), sin starka koboltabsorptionsspektrum (se Figur 8.4) och sitt svar på polarisatorn (med hänsyn till möjlig anomal dubbelbrytning orsakad av interna spänningar). Koboltinnehållet i syntetisk blå spinell får den att se rosa eller röd ut genom Chelsea-filtret, vilket är ett tydligt tecken på en falsk sten, eftersom det inte finns några naturligt förekommande transparenta blå ädelstenar som visar denna färg.

Turkosimitatorer

Eftersom detta ädelstensmaterial är ett halvgenomskinligt kryptokristallint ämne kan det ibland vara svårt att tydligt skilja det från dess imitatorer, vilka inkluderar glasimitationer, färgad gips, odontolit, infärgad porslin, infärgad ben, kalcedon och howlit.

De två huvudsakliga sätten att skilja äkta turkos från dess imitatorer är att inspektera ytan på den misstänkta stenen under mikroskop och att kontrollera dess absorptionsspektrum med ett spektroskop. Ytan på turkos visar små oregelbundna partiklar av vitt material i en ljus homogen blå matris och skiljer sig markant från utseendet hos alla dess imitatorer. Den är ofta linjerad eller bandad med svarta eller bruna spår av limonitmatris. Lystern hos glas, porslin och kalcedon är glansig jämfört med det mer vaxiga utseendet hos turkos. Bubblor kan också förekomma i glas- och porslinsimitationer. Bensimulanter har en fet lyster, och de inre benkanalerna syns vid eventuella brott i ytan. Andra särskiljande egenskaper visas i Tabell 12.5.

Tabell 12.5

Gemstone	RI	SG	Hardness
Turquoise	1.61 – 1.65	2.6 – 2.8	5.0
Chalcedony	1.53 – 1.54	2.58 – 2.64	6.5
Howlite	1.53	2.58	3.5
Odontolite	-	2.53 – 2.59	3.0 – 3.5

Absorptionsspektret för turkos innehåller ett starkt smalt band i det violetta vid 432 nm och ett bredare, mindre distinkt band vid 460 nm, vilka båda saknas i alla turkosimitatorer. Eftersom dessa band ligger i den violetta/blå delen av spektrumet, där ögat är mindre känsligt, är det hjälpsamt att belysa provet med blåfiltrerat ljus.

Paste Simulanter

Förutom att användas som diamantsimulant kan glas färgas för att matcha de flesta vanliga ädelstenar. Safirblå glasimitationer är vanligtvis färgade med kobolt och ser röda ut när de betraktas genom Chelsea-filtret. Ett avslöjande tecken för glas är att leta efter bubbelinklusioner eller färgslingor med hjälp av ett mikroskop. Eftersom glas är ganska sprött och relativt mjukt, tenderar det också att ha skador, ofta i form av karakteristiska konkchoidala brott på fasettkanterna.

Glas är amorft, och en glasimitation är därför enkelt brytande och visar aldrig dikroism, vilket kan skilja det från vissa av de stenar det imiterar. Eftersom det inte finns någon enkelt brytande naturlig ädelsten som ligger inom RI-intervallet för glas (1,50 till 1,70), kan ett RI-test också bekräfta identiteten (se även notering på s. 100).

Kompositstenar

Förutom i sällsynta fall där en kompositsten bildas av två sektioner (krona och paviljong) av samma mineral som är cementerade ihop för att bilda en större helhet, samt opaldubletter och tripletter, tillverkas dessa stenar vanligtvis i avsikt att vilseleda.

Kompositstenar kan bestå av dubletter där kronan kan vara av det mineral som imiteras, och paviljongen kan vara av ett billigare mineral, som kvarts, eller till och med en syntetisk sten (t.ex. en diamantkrona och en YAG- eller syntetisk vit safirpaviljong – se Figur 12.2).

Opaldubletter består av ett tunt topplager av ädelopal som är understödd av vanlig eller potchopal, där det senare döljs av infattningen. Opaltripletter bildas genom att en kupol av klar kvarts cementeras till det tunna topplagret på en opaldublett. I detta fall visar toppen av kompositstenen inga tecken på iridescens, och ett "distant vision" RI-värde för kvarts kan erhållas från denna yta.

Ett antal dubletter har tillverkats med en färgad glaspaviljong som är sammanfogad med en tunn kronsektion av granat. Dessa kallas granatoppade dubletter. Den höga granatlystern hos bordfasetten gör att de kan efterlikna rubin, blå safir, smaragd, peridot, citrin och topas med en glaspaviljong i rätt färg. De är lätta att identifiera genom det höga RI-värdet hos bordfasetten, närvaron av bubblor och färgslingor i glaspaviljongen, samt andra typiska kännetecknen för kompositstenar (som beskrivs i de följande styckena).

Tripletter, såsom soudé-smaragd, består av en topp av kvarts, syntetisk vit spinell eller färglös beryll, med en kvarts bas.

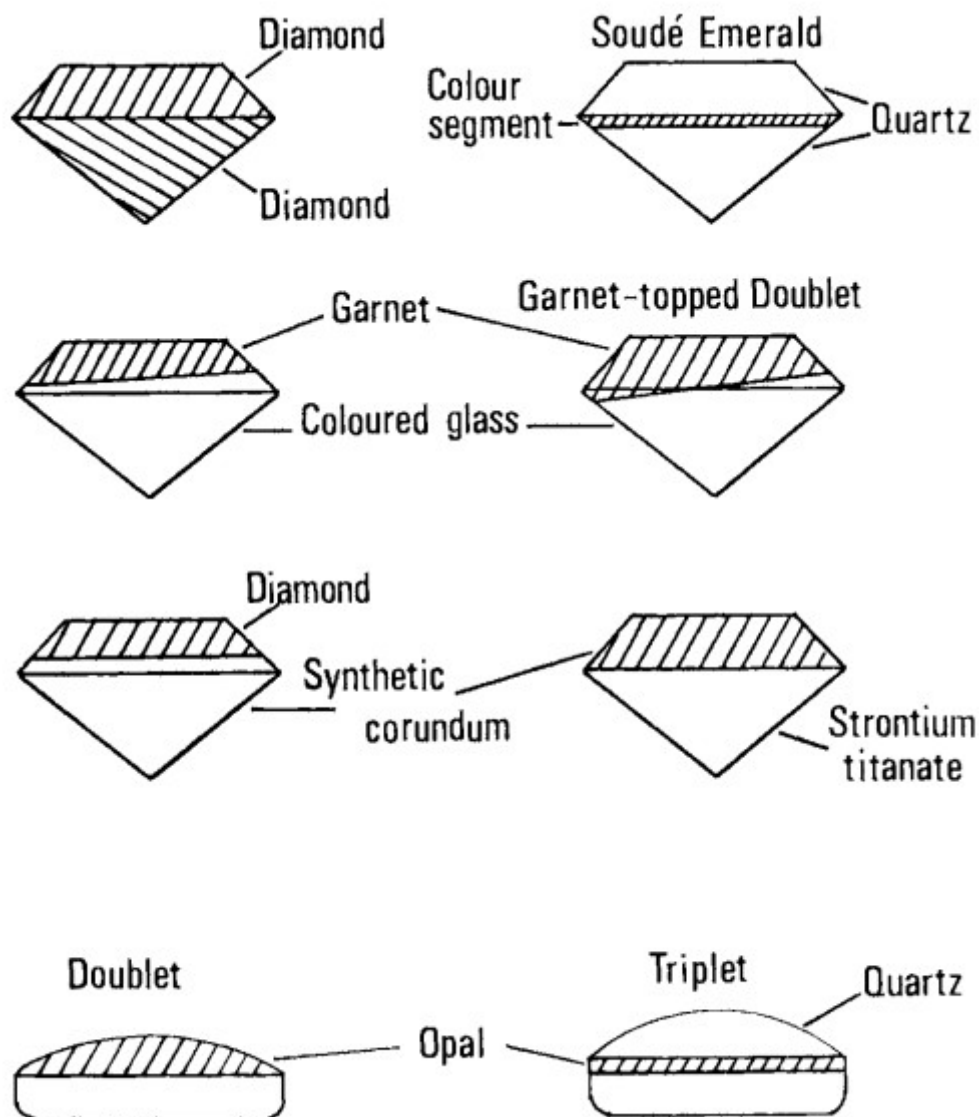


Fig. 12.2. Ett urval av kompositstenar.

Färgelementet som fullbordar tripletten består av ett tunt lager gelatin eller sintrat glas som är cementerat eller smält mellan kronan och paviljongsektionerna. När stenen sänks ner i vatten och inspekteras i linje med kullen kan både kron- och paviljongsektionerna ses som färglösa.

Även om det är praktiskt att forma en dubbel eller trippel med skarven runt kullen (vilket lättare kan döljas av infattningen) kan skarven ibland sitta högre upp på kronan. RI-avläsningar av kronan avslöjar vanligtvis bedrägeriet (förutom i de fall där kronan är gjord av det simulerade ädelstensmaterialet). Noggrann undersökning av stenen, när den är nedsänkt i monobromonaftalen (eller vatten) visar vanligtvis eventuella skillnader i kroppsfärg mellan de två halvorna (Figur 12.3). På grund av opalens porositet bör detta test inte användas med opaldubletter eller tripletter, och inte heller bör någon annan vätska än vatten användas med någon kompositsten som har cementerats snarare än smälts samman.

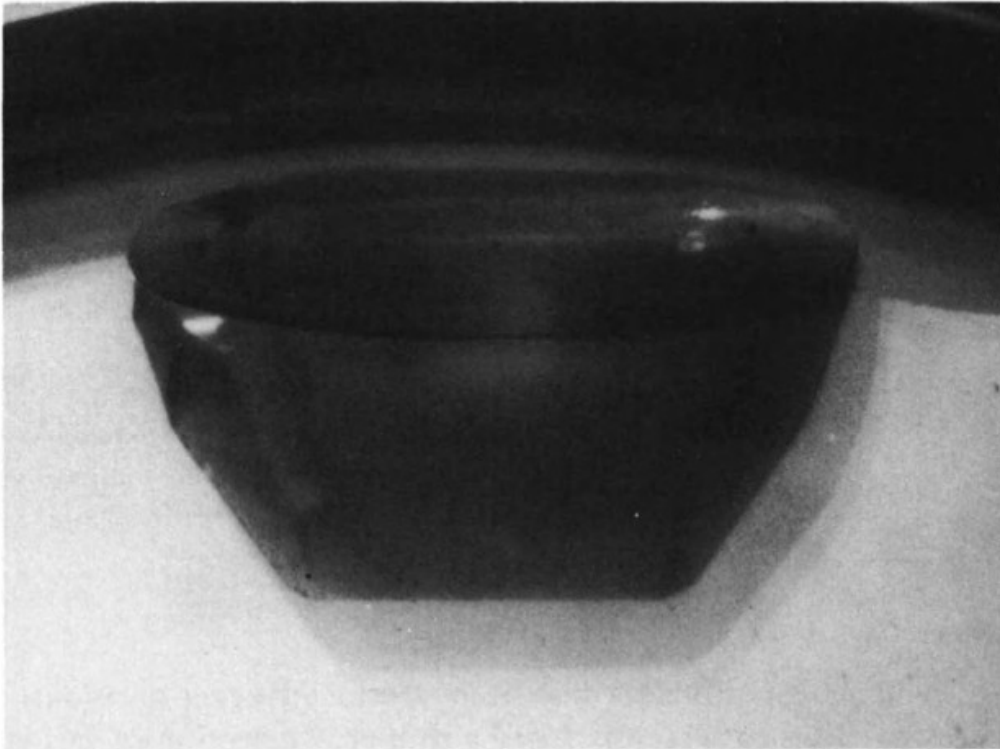


Fig. 12.3. Genom att sänka en granatoppad dublett i monobromonaftalen (eller vatten) blir de två separata komponenterna tydligt synliga.

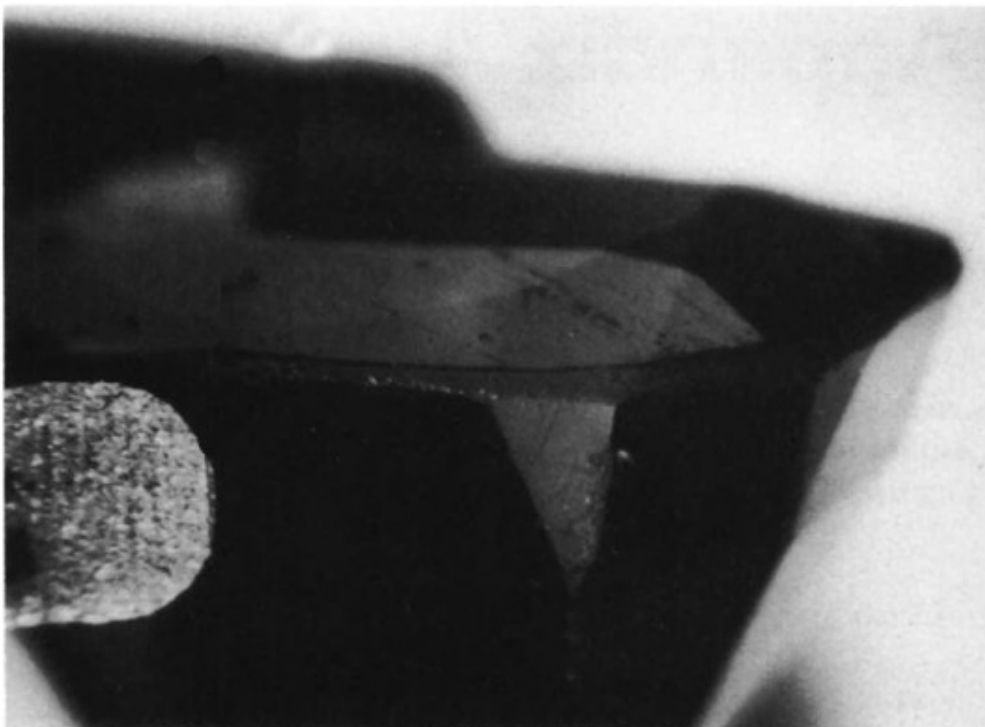


Fig. 12.4. Noggrann orientering av både stenen och ljuskällan är nödvändig för att avslöja skarven mellan kron- och paviljongsektionerna på en dubbel.

Vidare undersökning av stenen med en handlupp eller under mikroskop kommer att avslöja skarven (Figur 12.4). Detta kan också indikeras av en linje med bubblor där de två halvorna har smälts eller cementerats ihop.

Kanske den viktigaste kompositstenen idag är diamantdublett. Denna tillverkas av en tunn krona av diamant som cementeras till en paviljong som kan vara gjord av olika material, från kvarts till en av de konstgjorda simulanterna av diamant (såsom syntetisk korund, YAG, GGG eller zirkoniumoxid). Ibland ser man en syntetisk dubbel där en krona av YAG eller syntetisk korund har cementerats till en paviljong av strontiumtitanat för att "dämpa" den överdrivna "elden" hos den senare och ge en hårdare slitstark toppyta.

Resultatet liknar mer en diamant än en sten gjord helt av något av materialen, men med tillgången till kubisk zirkoniumoxid som en övertygande diamantsimulant är en sådan ersättning förmodligen inte längre en ekonomisk lösning.

Appendix A

Profiler för ädelstenar. Inklusioner i naturliga och konstgjorda ädelstenar
(Se Appendix kapitel 7 för pärlemor, kapitel B för konstanter och kristallsystem, samt pleokroism.
För bärnsten, korall, elfenben, jet, odontolit, pärla, sköldpaddsskal – se kapitel 10).

Viktigaste ädelstensmineraler

Beryll - $\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_6$. Glasartad.

- Varianter: Goshenit (färglös), smaragd (grön), akvamarin (ljusblå eller havsgrön), heliodor (gul), morganit (rosa).

- Klyvning: Ofullständig, parallell med basal pinakoid.

- Förekomst: Smaragd i metamorfa bergarter (kalksten och marmor); andra beryller i pegmatiter.

Goshenit från USA; smaragder från Brasilien, Colombia, Indien, Pakistan, Ryssland, Rhodesia, Sydafrika; akvamariner från Brasilien, Ryssland och Madagaskar. Heliodor från Brasilien, Madagaskar och Namibia. Morganit från Brasilien, Madagaskar, Rhodesia och Namibia.

Kalcedon - SiO_2 (kryptokristallin kvarts). Glasartad.

- Varianter: Kalcedon (omönstrade grå och blå), agat (alla färger med krökta koncentrisk band), onyx (svart och vit, raka band), karneol (röd eller brun), krysopras (äppelgrön), blodsten eller heliotrop (mörkgrön med röda jaspisfläckar).

- Förekomst: I håligheter i vulkaniska bergarter eller som noder i sedimentära bergarter. Förekomster över hela världen.

Krysoberyll - BeAl_2O_4 . Glasartad.

- Varianter: Alexandrit (grön i dagsljus, röd i glödlampsljus), cymofan (gulaktigt kattöga), krysoberyll (grön, gul, brun).

- Klyvning: Ofullständig.

- Förekomst: Som alluviala småstenar. Alexandrit har historiskt från Ryssland, men de huvudsakliga källorna är nu Sri Lanka och Rhodesia; andra varianter från Brasilien, Burma och Sri Lanka.

Korund - Al_2O_3 . Glasartad.

- Varianter: Rubin (röd), safir (färglös, blå, grön, gul, rosa, lila och orange).

- Klyvning: Ingen, men har partering parallellt med basala pinakoider.

- Förekomst: I kristallin kalksten eller som alluviala småstenar. Safir från Burma, Thailand, Kambodja, Sri Lanka, Kashmir, Australien, USA (Montana); rubin från Burma, Thailand, Sri Lanka och Tanzania.

Diamant - Kol. Adamantinglans.

- Varianter: Färglös och olika nyanser av gul (Cape-serien), brun och grön (även "fancy" nyanser av rosa, orange, gul, brun, blå, grön); industridiamanter av låg kvalitet, inklusive boart, karbonado och framasit.

- Klyvning: Lätt, parallell med oktaedersetter.

- Förekomst: I vulkaniska rör och som sekundära alluviala fyndigheter. Först hittad i Indien och sedan i Brasilien. Huvudkällor nu i södra Afrika, Ryssland och Kina.

Fältspatsgruppen

- Arter: Ortoklas och mikroklin, KAlSi_3O_8 ; plagioklas, $(\text{Ca},\text{Na})\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$. Glasartad till pärlemorlik (månsten).

- Varianter:

- Ortoklas (månsten, genomskinlig med adularescens; ortoklas, blekgul)

- Mikroklin (amazonit, ogenomskinlig grön/blågrön)

- Plagioklas (oligoklas, gul; labradorit, mångfärgad iridescens; solsten, guldgitter; aventurin-fältspat, grön med glitter; albit månsten, gulaktig genomskinlig med chatoyans eller asterism).
- Klyvning: Lätt till perfekt.
- Förekomst: I intrusiva magmatiska bergarter. Ortoklas från Burma och Madagaskar; månsten från Sri Lanka, Burma, Brasilien, Indien, Tanzania, USA; amazonit från USA, Namibia, Ryssland; oligoklas, solsten och aventurin-fältspat från USA, Kanada, Indien, Ryssland; labradorit från Kanada, Australien, Ryssland, Finland ("spektrolit").

Granatgruppen

- Arter:
 - Pyrop (blodröd) $Mg_3Al_2(SiO_4)_3$, glasartad
 - Almandin (purpurröd) $Fe_3Al_2(SiO_4)_3$, glasartad
 - Grossular (se varianter) $Ca_3Al_2(SiO_4)_3$, fetglans
 - Andradit (se varianter) $Ca_3Fe_2(SiO_4)_3$, adamantin
 - Spessarite (orange, gul, flamröd) $Mn_3Al_2(SiO_4)_3$, glasartad
 - Uvarovit (smaragd frön, grön) $Ca_3Cr_2(SiO_4)_3$, glasartad.
- Varianter:
 - Grossular (hessonit, orangebrun, grön, rosa; massiv grossular och hydrogrossular, jadegrön)
 - Andradit (demantoid, grön; topazolit, gul).
- Klyvning: Ingen.
- Förekomst: Främst som dodekaederkristaller i matrix.
 - Pyrop från Tjeckoslovakien, USA, Sydafrika.
 - Almandin från Tjeckoslovakien, Sri Lanka, Madagaskar, Brasilien och Australien.
 - Grossular från Kanada, Sovjetunionen, Sri Lanka (hessonit), Sydafrika (hydrogrossular), USA (hessonit) och Pakistan.
 - Andradit från Ryssland (demantoid), Schweiz (topazolit), Italien (topazolit).
 - Spessartit från Sri Lanka, USA, Brasilien, Madagaskar.
 - Uvarovit från Ryssland, Finland, Polen, USA, Kanada.

Jadeit - $NaAlSi_2O_6$. Vaxartad.

- Varianter: Vit, gul, brun, grön, lila, svart. ("Imperial Jade", genomskinlig grön, är mer värdefull än det andra jademineralet, nefrit).
- Klyvning: Ingen.
- Förekomst: I klippblock eller konglomerat, ofta i lager med serpentin. Förekommer också i alluvialgrus. Burma.

Lapis Lazuli - Ogenomskinlig bergart sammansatt av sodalit, lazurit, kalcit, hauynit med inslag av pyrit. Glasartad till fetglans.

- Varianter: Blå, färgen jämnt fördelad i bästa kvalitet; ofta med inslag av vita kalcitårer.
- Klyvning: Ingen.
- Förekomst: I vit dolomitisk marmor. Afghanistan, Ryssland, Chile.

Nefrit - Komplex silikat av järn, magnesium och kalcium. Fetglans.

- Varianter: Vit, gul, men huvudsakligen mörkgrön.
- Klyvning: Ingen.
- Förekomst: I klippblock och konglomerat, ofta i lager med serpentin. Förekommer också som alluviala småstenar. Kina, Nya Zeeland.

Opal - $SiO_2 \cdot nH_2O$. Vaxartad.

- Varianter:
 - Vanlig eller "potch" opal (ogenomskinlig utan iridescens)

- Vit opal (vit bakgrund med iridescens)
- Svart opal (mörk bakgrund med iridescens)
- Eldopal (genomskinlig till transparent orange, sällan iridescens)
- Vattenopal (genomskinlig till transparent, färglös eller brunaktig-gul med adularescens).
- Klyvning: Ingen.
- Förekomst: Som solidifierade vener av kiseldioxidgel i sandstens- eller lermatrix (ädelopal) eller i limonitmatrix (vanlig opal). Australien, Mexiko (eldopal).

Peridot - $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$. Glasartad.

- Varianter: Klar äppelgrön, olivgrön, brunaktig (sällsynt).
- Klyvning: Ofullständig.
- Förekomst: I håligheter i peridotitberg och grus som härstammar från dessa. Även i serpentinavlagringar. Isle of St John i Röda havet, Burma.

Kvarts - SiO_2 . Glasartad.

- Varianter: Bergkristall (färglös), ametist (lila), citrin (gul), rosenkvarts (halvgenomskinlig rosa), jaspis (ogenomskinlig, röd/brun), aventurinkvarts (ogenomskinlig grön eller gyllenbrun med glimmer), kvarts kattöga (färglös, gulbrun eller grön med chatoyans), tigeröga (gyllengul eller brun med chatoyans), hököga (blå variant av tigeröga).
- Klyvning: Ingen.
- Förekomst: I magmatiska bergarter och håligheter samt i alluviala geoder. Förekomster över hela världen, utom tigeröga och hököga som främst kommer från Sydafrika.

Spinell - MgAl_2O_4 . Glasartad.

- Varianter: Alla färger inklusive gul (färglösa spineller är sällsynta).
- Klyvning: Ofullständig.
- Förekomst: I metamorfa bergarter och grus. Burma, Sri Lanka, Thailand.

Topas - $\text{Al}_2(\text{F,OH})_2\text{SiO}_4$. Glasartad.

- Varianter: Färglös och gul till sherrybrun; blå och blågrön (naturliga rosa stenar är sällsynta men kan produceras genom värmebehandling av gula eller bruna stenar).
- Klyvning: Perfekt, parallell med basal pinakoid.
- Förekomst: I granit, pegmatiter och som alluviala småstenar. Brasilien, Sri Lanka, Ryssland, Burma.

Turmalin - Komplex borosilikat av aluminium och andra metaller. Glasartad.**

- Varianter: Achroit (färglös), indigolit (blå), skörl (svart), dravit (brun), verdelit (grön). Även gul, rosa och flerfärgad.
- Klyvning: Ingen.
- Förekomst: I pegmatiter, granit och alluviala avlagringar. Sri Lanka, Madagaskar, Brasilien, USA och Namibia.

Turkos - Komplex hydrerad fosfat av koppar och aluminium. Vaxartad.**

- Varianter: Blå, blågrön och grön. Ofta mönstrad med spår av brun eller svart matrix.
- Klyvning: Ingen.
- Förekomst: Som vener eller noder i limonit- eller sandstensmatrix. Iran, Tanzania, USA, Australien, Kina.

Zirkon - ZrSiO_4 . Adamantinglans (normalt "hög"), glasartad ("låg").

- Varianter: Färglös, gul, brun, orange, röd, blå, grön. (Bruna stenar värmebehandlas i frånvaro av syre för att producera blå zirkon, eller i luft för att producera färglösa, orange eller gyllenbruna stenar.)

- Klyvning: Ofullständig.
- Förekomst: Som alluviala småstenar och som kristaller i magmatiska bergarter. Sri Lanka, Kambodja, Burma, Thailand, Australien.

Sekundära ädelstensmineraler (kemisk sammansättning och färg - se Appendix B för konstanter och kristallsystem, och kapitel 7 för pleokroism)

- **Andalusit** - Al_2SiO_5 . Grön (chiastolitvariant är ogenomskinlig gulvit med svart kors).
- **Apatit** - **Kalciumfosfat med fluor eller klor**. Blå, gul (sällsynt jordartsspektrum på grund av didymium), rosa, violett, grön.
- **Benitoit** - $\text{BaTi}(\text{SiO}_3)_3$. Ljus- och mörkblå.
- **Bowenit** - **Hydrerat magnesiumsilikat**. Ogenomskinlig grön.
- **Danburit** - $\text{CaB}_2(\text{SiO}_4)_2$. Färglös, gyllene, rosa.
- **Diopsid** - $\text{CaMg}(\text{SiO}_3)_2$. Grön.
- **Enstatit** - $\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$. Grön, brungrön (genomskinlig till ogenomskinlig). (Perfekt klyvning).
- **Fluorspar** - CaF_2 . Färglös, blå, violett, grön, gul, orange, röd. (Perfekt klyvning; stark fluorescens i de flesta varianter - ingen i "Blue John").
- **Hematit** - Fe_2O_3 . Ogenomskinlig svart, svartgrå, brunröd.
- **Idokras** - **Komplex kalciumaluminiumsilikat**. Olivgrön, gulbrun.
- **Iolit** - **Komplex silikat av magnesium och aluminium**. Blå nyanser.
- **Kornerupin** - $\text{MgAl}_2\text{SiO}_6$ (**Al kan ersättas av Fe eller B**). Grågrön, grönbrun, klargrön.
- **Malakit** - $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$. Ogenomskinlig, bandad ljus- och mörkgrön. (Perfekt klyvning).
- **Moldavit** - $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$. Flaskgrön, brungul. (Naturligt glas i tektitgruppen).
- **Obsidian** - **Huvudsakligen kiseldioxid**. Svart, brun, mörkgrön. (Vulkaniskt glas).
- **Fenakit** - Be_2SiO_4 . Färglös, gulaktig, rosa.
- **Pyrit** - FeS_2 . Mässinggul, grågul.
- **Rhodokrosit** - MnCO_3 . Ogenomskinlig till genomskinlig röd med vita band. (Perfekt klyvning).
- **Rhodonit** - MnSiO_3 . Ogenomskinlig till genomskinlig röd med svarta band. (Perfekt klyvning).
- **Scapolit** - **Aluminiumsilikat med Na och Ca**. Blå, rosa, gul. (Perfekt klyvning).
- **Scheelit** - CaWO_4 . Gul, brun, färglös. Genomskinlig till genomsläpplig.
- **Sinhaultit** - $\text{Mg}(\text{Al,Fe})\text{BO}_4$. Grönbrun, gyllenbrun. (Skiljs från peridot genom ett extra absorptionsband vid 463 nm och en negativ i stället för positiv optisk signatur).
- **Smithsonit** - ZnCO_3 . Genomsläpplig rosa, ljusgrön eller blå. (Perfekt klyvning).
- **Sodalit** - **Klorhaltigt natriumaluminiumsilikat**. Ogenomskinlig till genomsläpplig blå med vita fläckar eller ådror. (Perfekt klyvning).
- **Spodumen** - $\text{LiAl}(\text{SiO}_3)_2$. Ljusgrön, gul, rosa/lila (kunzitvariant), gulgrön till kromgrön (hiddenitvariant). (Perfekt klyvning).
- **Steatit (talksten)** - **Syrligt metasilikat av magnesium**. Ogenomskinlig gul, brun, rödaktig.
- **Titanit (sfen)** - CaTiSiO_5 . Gul, gyllenbrun, smaragdgrön. (Perfekt klyvning).
- **Zoisit** - **Silikat av kalcium och aluminium**. Ogenomskinlig grön, genomskinlig blå (tanzanit), ogenomskinlig röd (thulit).

Inklusioner i naturliga ädelstenar

(Se även Kapitel 11 och Figurer 11.5 och 11.7)

Granat:

- Pyrop: Zirkonkristaller med "halos".
- Almandin: Korsade hornbländnålar. Apatit. Rutil (ger stjärneffekt). Zirkonkristaller med "halos".
- Hessonit : Rikligt med diopsidkristaller i god form. "Sirap".
- Demantoid: Asbestfibrer som bildar "hästsvansar".
- Spessartit: Vätskestrimlor.

Akvamarin: Negativa kristaller (vätskefyllda hålrum). Flaggor (vätskefläckar), oftare synliga i grön beryll. "Regn". Tvåfas-inklusioner.

Ametist: "Tigerstrimmor" och färgzoning.

Iolit: Röda hematitplattor ("bloodshot" iolit).

Månsten: Spänningssprickor som ser ut som tusenfotingar.

Peridot:

- Hawaiisk: Vätskeskivor som ser ut som näckrosor.
- Arizonisk: Långa vätskebubblor.
- Isle of St John: Magnetit-oktaedrar.

Kvarts: Rutilnålar och turmalinprismor.

Spinell:

- Burma röd: Spinell-oktaedrar (som bildar spöklänkande fjäder).
- Sri Lanka: Spinellkristaller i kedjor.

Topas: Vätskefyllda håligheter med omisskännliga vätskor. Interferensfärger som skapas av inre klyvningar. Tvåfas- och trefas-inklusioner.

Turmalin: Turmalinkristaller, vätskefyllda håligheter, rikliga "negativa" kristaller (hålrum). Aktinolitkristaller.

Zirkon: Zirkoninklusioner (låga gröna zirkoner har färgzoningar eller parallella fina linjer).

Inklusioner i konstgjorda ädelstenar

(Se även Kapitel 11 och Figurer 11.5 och 11.6)

Kvarts (hydrotermisk process): Blå, grön och gul kvarts som odlas från en frökristall kan visa den färglösa frön inuti. Stark färgzoning.

Lechleitner-smaragd (hydrotermisk beläggning av en fasetterad bit beryll med dålig färg):

Diskontinuitet av inklusioner mellan överväxten och basmaterialet. Nätverk av ytsprickor.

Vanadium-beryll (hydrotermisk process): Färgzoning (inga kromlinjer, absorptionsband i orange).

Chatham, Gilson och Zeffass smaragder (fluxsmältprocess): Slöjliknande fjädrar.

Appendix B

<i>Gemstone</i>	<i>Crystal system</i>	<i>Approx. RI</i>	<i>DR</i>	<i>Dispersion</i>	<i>SG</i>	<i>H</i>
danburite	orthorhombic	1.63–1.64	0.006	0.016	3.0	7.0
demantoid – see andradite						
diamond	cubic	2.42	–	0.044	3.52	10.0
dichroite – see iolite						
diopside	monoclinic	1.67–1.70	0.03	–	3.3	5.0
emerald – see beryl						
enstatite	orthorhombic	1.66–1.67	0.01	–	3.25–3.30	5.5
feldspar – see amazonite, moonstone, oligoclase, orthoclase, sunstone						
fluorspar	cubic	1.43	–	0.007	3.18	4.0
garnet – see almandine, andradite, grossular, pyrope, spessartite, uvarovite						
GGG	cubic	1.97	–	0.045	7.05	6.0
goshenite – see beryl						
grossular (hessonite-garnet)	cubic	1.74	–	0.027	3.65	6.5
haematite	trigonal	2.94–3.22	0.28	–	4.9–5.3	5.5–6.5
heliodor – see beryl						
hessonite – see grossular						
hiddenite – see spodumene						
idocrase	tetragonal	1.70–1.72	0.005	0.019	3.32–3.42	6.5
iolite (cordierite, dichroite)	orthorhombic	1.54–1.55	0.008	0.017	2.57–2.61	7.5
ivory (dentine)	amorphous	1.54	–	–	1.70–2.00	2.0–3.0
ivory (vegetable)	amorphous	1.54	–	–	1.38–1.54	2.5
jadeite	monoclinic	1.65–1.67	*	–	3.33	7.0
jet	amorphous	1.66	–	–	1.3	3.5

GEMSTONE CONSTANTS
(In alphabetical order of gemstone)

<i>Gemstone</i>	<i>Crystal system</i>	<i>Approx. RI</i>	<i>DR</i>	<i>Dispersion</i>	<i>SG</i>	<i>H</i>
alexandrite – see chrysoberyl						
almandine (garnet)	cubic	1.77–1.81	–	0.027	3.8–4.2	7.5
amber	amorphous	1.54	–	–	1.05–1.10	2.5
amazonite (feldspar)	triclinic	1.53–1.54	0.008	0.012	2.56	6.0
andalusite	orthorhombic	1.63–1.64	0.01	0.016	3.18	7.5
andradite (demantoid, melanite, topazolite-garnet)	cubic	1.89	–	0.057	3.85	6.5
apatite	hexagonal	1.63–1.64	0.003	0.013	3.18–3.22	5.0
aquamarine – see beryl						
benitoite	trigonal	1.76–1.80	0.047	0.04	3.65–3.68	6.5
beryl (aquamarine, emerald, goshenite, heliodor)	hexagonal	1.57–1.58	0.006	0.014	2.71	7.5–8.0
bowenite	monoclinic	1.56	*	–	2.58	4.0
chalcedony	trigonal	1.53–1.54	*	–	2.58–2.64	6.5
chrysoberyl (alexandrite, cymophane)	orthorhombic	1.74–1.75	0.009	0.014	3.72	8.5
coral	trigonal	–	*	–	2.6–2.7	3.5
cordierite – see iolite						
corundum (ruby, sapphire)	trigonal	1.76–1.77	0.008	0.018	4.0	9.0
cubic zirconium oxide	cubic	2.18	–	0.065	5.7	8.5
cymophane – see chrysoberyl						

kornerupine	orthorhombic	1.67–1.68	0.013	0.018	3.28–3.35	6.5
kunzite – see spodumene	–	–	–	–	–	–
lapis lazuli	–	1.50	–	–	2.8	5.5
lithium niobate	trigonal	2.21–2.30	0.09	0.120	4.64	5.5
malachite	monoclinic	1.66–1.91	0.25	–	3.8	4.0
melanite – see andradite	–	–	–	–	–	–
moldavite	amorphous	1.50	–	–	2.53	5.5
moonstone and orthoclase (feldspar)	monoclinic	1.52–1.53	0.006	–	2.57	6.0
morganite	hexagonal	1.58–1.59	0.008	0.014	2.85	7.5–8.0
nephrite	monoclinic	1.61	*	–	2.97	6.0
obsidian	amorphous	1.50	–	0.01	2.4	5.0
odontolite	amorphous	–	–	–	3.0–3.25	5.0
oligoclase (feldspar)	triclinic	1.53–1.54	0.007	–	2.64	6.0
opal	amorphous	1.45	–	–	2.1	6.0
orthoclase – see moonstone	–	–	–	–	–	–
pearl	orthorhombic	1.52–1.66	–	–	2.71–2.74	3.5–4.0
peridot	orthorhombic	1.65–1.69	0.038	0.02	3.34	6.5
phenakite	trigonal	1.65–1.67	0.016	0.015	2.95–2.97	7.5
pyrite	cubic	–	–	–	4.84–5.10	6.5
pyrope (garnet)	cubic	1.75–1.77	–	0.022	3.7–3.8	7.5
quartz	trigonal	1.54–1.55	0.009	0.013	2.65	7.0
rhodonite	triclinic	1.73–1.74	0.012	–	3.6–3.7	6.0
rhodochrosite	trigonal	1.60–1.82	0.22	–	3.5–3.6	4.0
ruby – see corundum	–	–	–	–	–	–
rutile	tetragonal	2.61–2.90	0.287	0.28	4.2–4.3	6.5
sapphire – see corundum	–	–	–	–	–	–
scapolite (blue)	tetragonal	1.54–1.56	0.016	0.017	2.60–2.71	6.0
scapolite (pink, yellow)	tetragonal	1.56–1.58	0.02	0.017	2.60–2.71	6.0

<i>Gemstone</i>	<i>Crystal system</i>	<i>Approx. RI</i>	<i>DR</i>	<i>Dispersion</i>	<i>SG</i>	<i>H</i>
scheelite	tetragonal	1.92–1.93	0.016	0.026	5.9–6.1	4.5
sinhalite	orthorhombic	1.67–1.71	0.038	0.018	3.48	6.5
soapstone – see steatite	–	–	–	–	–	–
sodalite	cubic	1.48	–	–	2.28	5.5–6.0
smithsonite	trigonal	1.62–1.85	0.23	–	4.30	5.0
spessartite (garnet)	cubic	1.80	–	0.027	4.16	7.0
spinel (natural)	cubic	1.717	–	0.020	3.60	8.0
spinel (synthetic)	cubic	1.727	–	0.020	3.64	8.0
sphene – see titanite	–	–	–	–	–	–
spodumene (hiddenite, kunzite)	monoclinic	1.66–1.68	0.015	0.017	3.18	7.0
steatite (soapstone)	monoclinic	1.54–1.59	0.05	–	2.5–2.8	1.0+
strontium titanate	cubic	2.41	–	0.19	5.13	5.5
sunstone (feldspar)	triclinic	1.53–1.54	0.009	–	2.64	6.0
tanzanite – see zoisite	–	–	–	–	–	–
titanite (sphene)	monoclinic	1.89–2.02	0.13	0.051	3.53	5.5
topaz (white/blue)	orthorhombic	1.61–1.62	0.01	0.014	3.56	8.0
topaz (brown/yellow)	orthorhombic	1.63–1.64	0.008	0.014	3.53	8.0
topazolite – see andradite	–	–	–	–	–	–
tourmaline	trigonal	1.62–1.64	0.018	0.017	3.01–3.11	7.0
turquoise	triclinic	1.61–1.65	*	–	2.6–2.8	6.0
uvarovite (garnet)	cubic	1.87	–	–	3.77	7.5
YAG	cubic	1.83	–	0.028	4.58	8.5
zircon (normal)	tetragonal	1.93–1.99	0.058	0.039	4.68	7.25
zircon (low-green)	amorphous	1.78–1.84	–	–	3.9–4.1	6.0
zirconia – see cubic zirconium oxide	–	–	–	–	–	–
zoisite (tanzanite – blue zoisite)	orthorhombic	1.69–1.70	0.009	0.03	3.35	6.5

* crypto-crystalline

GEMSTONE CONSTANTS
(In order of refractive indices)

<i>Approx. RI</i>	<i>DR</i>	<i>Gemstone</i>	<i>Crystal system</i>	<i>Dispersion</i>	<i>SG</i>	<i>H</i>
1.43	—	fluorspar	cubic	0.007	3.18	4.0
1.45	—	opal	amorphous	—	2.1	6.0
1.48	—	sodalite	cubic	—	2.28	5.5–6.0
1.50	—	lapis lazuli	—	—	2.8	5.5
1.50	—	obsidian	amorphous	0.01	2.4	5.0
1.50	—	moldavite	amorphous	—	2.53	5.5
		moonstone and orthoclase (feldspar)	monoclinic	—	2.57	6.0
1.52–1.53	0.006		orthorhombic	—	2.71–2.74	3.5–4.0
1.52–1.66	—	pearl	triclinic	—	2.56	6.0
1.53–1.54	0.008	amazonite (feldspar)	trigonal	—	2.58–2.64	6.5
1.53–1.54	*	chalcedony	triclinic	—	2.64	6.0
1.53–1.54	0.007	oligoclase (feldspar)	triclinic	—	2.64	6.0
1.53–1.54	0.009	sunstone (feldspar)	triclinic	—	2.64	6.0
1.54	—	amber	amorphous	—	1.05–1.10	2.5
1.54	—	ivory (dentine)	amorphous	—	1.70–2.00	2.0–3.0
1.54	—	ivory (vegetable)	amorphous	—	1.38–1.42	2.5
1.54–1.55	0.009	iolite (cordierite, dichroite)	orthorhombic	0.017	2.57–2.61	7.5
1.54–1.55	0.009	quartz	trigonal	0.013	2.65	7.0
1.54–1.56	0.016	scapolite (blue)	tetragonal	0.017	2.60–2.71	6.0
1.54–1.59	0.05	steatite (soapstone)	monoclinic	—	2.5–2.8	1.0+
1.56	*	bowenite	monoclinic	—	2.58	4.0
1.56–1.58	0.02	scapolite (pink/yellow)	tetragonal	0.017	2.60–2.71	6.0
1.76–1.80	0.047	benitoite	trigonal	0.04	3.65–3.68	6.5
		beryl (aquamarine, emerald, goshenite, heliodor, morganite)	hexagonal	0.014	2.71	7.5–8.0

<i>Approx. RI</i>	<i>DR</i>	<i>Gemstone</i>	<i>Crystal system</i>	<i>Dispersion</i>	<i>SG</i>	<i>H</i>
1.60–1.82	0.22	rhodochrosite	trigonal	—	3.5–3.6	4.0
1.61	*	nephrite	monoclinic	—	2.97	6.0
1.61–1.62	0.01	topaz (white/blue)	orthorhombic	0.014	3.56	8.0
1.61–1.65	*	turquoise	triclinic	—	2.6–2.8	6.0
1.62–1.64	0.018	tourmaline	trigonal	0.017	3.01–3.11	7.0
1.62–1.85	0.23	smithsonite	trigonal	—	4.3	5.0
1.63–1.64	0.01	andalusite	orthorhombic	0.016	3.18	7.5
1.63–1.64	0.003	apatite	hexagonal	0.013	3.18–3.22	5.0
1.63–1.64	0.006	danburite	orthorhombic	0.016	3.0	7.0
1.63–1.64	0.008	topaz (brown/yellow)	orthorhombic	0.014	3.53	8.0
1.65–1.67	*	jadeite	monoclinic	—	3.33	7.0
1.65–1.67	0.016	phenakite	trigonal	0.015	2.95–2.97	7.5
1.65–1.69	0.038	peridot	orthorhombic	0.02	3.34	6.5
1.66	—	jet	amorphous	—	1.34	3.5
1.66–1.67	0.01	enstatite	orthorhombic	—	3.25–3.30	5.5
1.66–1.68	0.015	spodumene (kunzite, hiddenite)	monoclinic	0.017	3.18	7.0
1.66–1.91	0.25	malachite	monoclinic	—	3.8	4.0
1.67–1.68	0.013	kornepupine	orthorhombic	0.018	3.28–3.35	6.5
1.67–1.70	0.03	diopside	monoclinic	—	3.3	5.0
1.67–1.71	0.038	sinhalite	orthorhombic	0.018	3.48	6.5
1.69–1.70	0.009	zoisite	orthorhombic	0.003	3.35	6.5
1.70–1.72	0.005	idocrase	tetragonal	0.019	3.32–3.42	6.5
1.717	—	spinel (natural)	cubic	0.020	3.6	8.0
1.727	—	spinel (synthetic)	cubic	0.020	3.64	8.0
1.73–1.74	0.014	rhodonite	triclinic	—	3.6–3.7	6.0
1.74	—	grossular (hessonite-garnet)	cubic	0.027	3.65	6.5
1.74–1.75	0.009	chrysoberyl (alexandrite, cymophane)	orthorhombic	0.014	3.72	8.5

1.75–1.77	–	pyrope (garnet)	cubic	0.022	3.7–3.8	7.5
1.76–1.77	0.008	corundum (ruby, sapphire)	trigonal	0.018	4.0	9.0
1.77–1.81	–	almandine (garnet)	cubic	0.027	3.8–4.2	7.5
1.78–1.84	–	zircon (low-green)	amorphous	–	3.9–4.1	6.0
1.80	–	spessartite (garnet)	cubic	0.027	4.16	7.0
1.83	–	YAG	cubic	0.028	4.58	8.5
1.87	–	uvarovite	cubic	–	3.77	7.5
1.89	–	andradite (demantoid, topazolite-garnet)	cubic	0.057	3.85	6.5
1.89–2.02	0.13	titanite (sphene)	monoclinic	0.051	3.53	5.5
1.92–1.93	0.016	scheelite	tetragonal	0.026	5.9–6.1	4.5
1.93–1.99	0.058	zircon (normal)	tetragonal	0.039	4.68	7.25
1.97	–	GGG	cubic	0.045	7.05	6.0
2.18	–	cubic zirconium oxide	cubic	0.065	5.7	8.5
2.21–2.30	0.09	lithium niobate	trigonal	0.120	4.64	5.5
2.41	–	strontium titanate	cubic	0.19	5.13	5.5
2.42	–	diamond	cubic	0.044	3.52	10.0
2.61–2.90	0.287	rutile	tetragonal	0.28	4.2–4.3	6.5
2.94–3.22	0.28	haematite	trigonal	–	4.9–5.3	5.5–6.5

* crypto-crystalline

Måttenheter

Vikt

Den standardiserade internationella (SI) enheten för vikt är kilogram (kg). De mest använda underindelningarna är gram och milligram.

- 1 kilogram = 1000 gram
- 1 gram = 1000 milligram
- = 0,03527 ounce Avoir (1 ounce Avoir = 28,349 gram)
- = 0,03215 ounce Troy (1 ounce Troy = 31,103 gram)

För vägning av ädelstenar är standardenheten den metrisk caraten.

- 1 carat = 0,2 gram (1 gram = 5 carat)
- = 0,007055 ounce Avoir (1 ounce Avoir = 141,747 carat)
- = 0,006430 ounce Troy (1 ounce Troy = 155,517 carat)

För pärlor är standardenheten grain eller carat.

- 1 grain = 0,25 carat (1 carat = 4 grain)

Observera: Vikten på små råa diamanter uttrycks ibland i grain (t.ex. kan en diamant på 1,0 carat kallas för en "fyra grainer").

Polerade diamanter under 1,0 carat i vikt mäts i poäng.

- 1 poäng = 0,01 carat (1 carat = 100 poäng)

Längd

Den standardiserade internationella (SI) enheten för längdmätning är meter (m). De mest använda underindelningarna är centimeter (cm), millimeter (mm), mikrometer (µm, tidigare kallad "mikron") och nanometer (nm).

- 1 m = 100 cm

- 1 cm = 10 mm = 10^{-2} m
- 1 mm = 1000 μm = 10^{-3} m
- 1 μm = 1000 nm = 10^{-6} m
- 1 nm = 10^{-9} m

Våglängd

Den standardiserade internationella (SI) enheten för mätning av ljusvåglängder är nanometer (nm).

- 1 nm = 10^{-9} m (en tusendels miljonte del av en meter)
- 1 nm = 10 Å (angstrom-enheter)

Ljusvåglängder anges också ibland i mikroner eller mikrometer (μm).

- 1 μm = 1000 nm = 10 000 Å

Temperatur

Den standardiserade internationella (SI) enheten för temperatur är Kelvin (K) och grader Celsius ($^{\circ}\text{C}$), som båda spänner över lika stora temperaturintervall. Kelvin används främst för termodynamiskt arbete och representerar en absolut temperatur.

- 0°C = 273,16 K
- 0 K = $-273,16^{\circ}\text{C}$

(Vid noll grader Kelvin kan ingen mer inre energi extraheras från ett objekt, och volymen av en gas är teoretiskt sett noll.)

Miller-indices

Kristallografiska index ger ett sätt att identifiera positionen och orienteringen av en kristallyta i termer av de axlar som skärs av ytan och avstånden från dessa skärningspunkter till origo. Dessa avstånd behöver inte kvantifieras utan kan tas som förhållanden till varandra.

Kristallytor är ofta parallella med en eller flera axlar och möter därför endast dessa teoretiskt vid oändligheten. Indexen i det mest använda systemet (utvecklat av W. H. Miller) baseras på det reciproka värdet av dessa förhållanden (det reciproka av oändligheten är bekvämt nog noll).

I en kubisk kristall skärs de sex kristallytorna av axlarna X, Y, Z (Figur B.1(a)). Kristallytan som visas i Figur B.1(b) får Miller-indexet (001) eftersom den är parallell med X-axeln (skärningsförhållande = oändlighet, reciprok = 0) och Y-axeln (= 0), men skär Z-axeln (= 1). Samma yta på motsatt sida av kristallen (Figur B.1(c)) identifieras som (001), eftersom en skärning på en axel som pekar bort från betraktaren ges ett negativt index (-1). De två ytorna som skär Y- och -Y-axlarna kodas som (010) och (0-10). De återstående två ytorna, som skär X- och -X-axlarna, identifieras som (100) och (-100).

Fyra av de åtta ytorna på en oktaeder identifieras på liknande sätt i Figur B.1(f), och Figur B.1(g) visar Miller-indexen för kubiska och rombiska dodekaederplan i samma kristall.

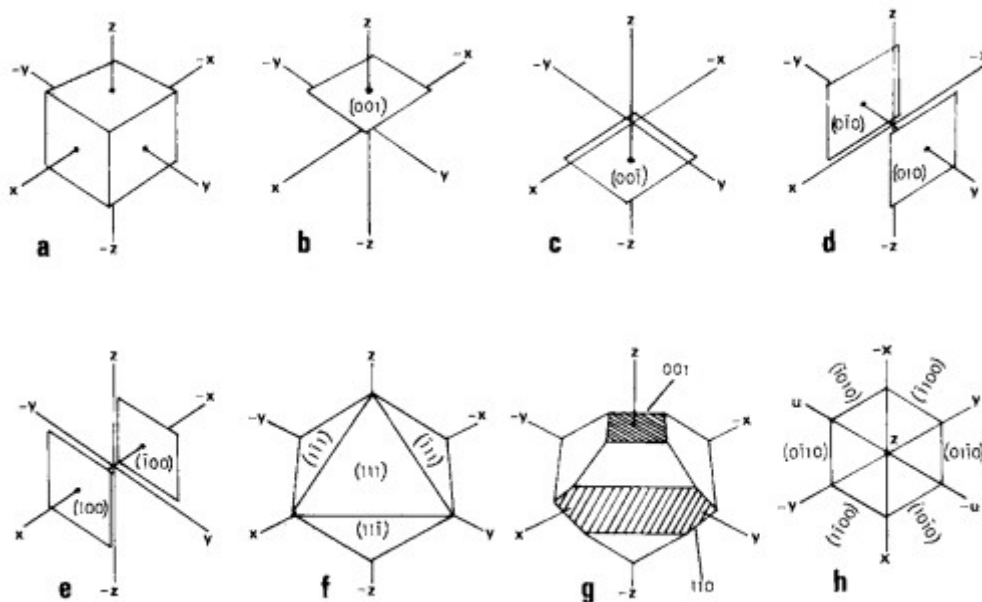
När ett index omsluts av parenteser indikerar detta en kristallyta, som i (100). Om indexet omsluts av klamrar, indikerar detta en form som omfattar alla ytor som genereras av det indexet. Till exempel betecknar {100} en kub, och {111} betecknar en oktaeder. När indexet används utan parenteser eller klamrar anger det ett plan inom kristallen (som illustrerat av 001 och 110 i Figur B.1(g)).

Indexet för kristallytan indikerar också dess vinkel i förhållande till Z-axeln. Till exempel identifieras ytorna på en kub-härledd oktaeder med (111) och skär Z-axeln vid 45° (dvs. alla

skärningspunkter är lika avlägsna från origo). Om ytorna däremot möter Z-axeln på ett avstånd $Z/2$ från origo, skulle de omvända förhållandena producera ett index av $(11\bar{2})$ för dessa ytor.

Millers indexsystem anpassades senare av A. Bravais för att passa fyraxliga hexagonala/trigonala system. I kristaller i detta system identifieras ytor vanligtvis med hjälp av Miller-Bravais index. Sekvensen av de fyra axlarna i detta system i det här fallet är axlarna x , y , w , z , och deras polariteter är arrangerade som visas i Figur B.1(h). Varje prismayta i det första ordningens hexagonala prisma (visas i planvy i Figur B.1(h)) skärs av två av de tre laterala axlarna x , y , w , och prismaytorna identifieras med ett fyrsiffrigt index, (1100) , (1010) , (0110) , $(\bar{1}100)$, $(\bar{1}010)$ och $(0\bar{1}10)$. Indexen för de två ytorna på den avslutande basala pinakoiden är (0001) och $(000\bar{1})$.

För enkelhetens skull visar Figur B.1(h) endast prismaytans index för ett första ordningens prisma. I ett andra ordningens hexagonalt prisma delas varje prismayta vid sina centra av en av de laterala axlarna x , y , u . Den utvidgade ytan på varje prismayta skärs även av de återstående två laterala axlarna på ett avstånd från origo som är exakt dubbelt så långt som den enkelbisekterande axeln. Reciprokerna av förhållandena för dessa index är därför i formen (2110) , (1210) , $(\bar{1}\bar{2}10)$ osv., med början från ytan som delas av x -axeln.



Figur 8.1. Exempel på kodning av kristallytor och plan med Miller-index

Appendix C – Bibliografi

Diamonds, av E. Bruton, NAG Press
Elements of Mineralogy, av F. Rutley, Thomas Murby and Co.
From the World of Gemstones, av H. Bank, Pinguin-Verlag (Argus Books Ltd)
Gemmological Instruments, av P. G. Read, Newnes-Butterworths
Gemmologists Compendium, av R. Webster, NAG Press
Gems, av R. Webster, Newnes-Butterworths
Gems in Jewellery, av R. Webster, NAG Press
Gemstones, av G. F. Herbert Smith, Chapman & Hall
Gemstones for Everyman, av B. W. Anderson, Faber
Gemstones of the World, av W. Schumann, NAG Press
Gem Testing, av B. W. Anderson, Newnes-Butterworths
Handbook of Gem Identification, av R. T. Liddicoat, GIA
Internal World of Gemstones, av E. Gübelin, Newnes-Butterworths
Minerals, Rocks and Precious Stones, av J. Bauer, Octopus Books
Practical Gemmology, av R. Webster, NAG Press
Textbook of Mineralogy, Dana, John Wiley & Sons (Chapman & Hall)
The History and Use of Diamond, av S. Tolansky, Methuen
The Magic of Amber, av R. Hunger, NAG Press
The Encyclopedia of Minerals and Gemstones, av M. O'Donoghue, Orbis Publishing Ltd

Gemmologiska, mineral- och ädelstensböcker finns tillgängliga från:

The Gemmological Association of Great Britain, St. Dunstan's House, Carey Lane, London EC2V
8AB Mineral Associates, 8 Clarence Place, Clapton Square, London E5

Appendix C – Examinationsanteckningar

Dessa anteckningar har sammanställts specifikt för att hjälpa studenter som förbereder sig för de preliminära eller diplomexamina hos Gemmological Association of Great Britain.

Teoriprov

Både första- och andraårsexamina har två teoriprov, som vardera innehåller fem frågor. Till skillnad från vissa andra yrkesexamina finns det inget val av frågor, och för att uppnå höga betyg (eller en bekväm godkänd nivå) är det nödvändigt att vara bekant med hela kursplanen. Två och en halv timme är avsatt för att besvara varje prov.

Trots den oundvikliga känslan av att det är omöjligt att göra alla fem frågor rättvisa på den tilldelade tiden, rekommenderas starkt att studenter spenderar de första fem minuterna på att noggrant läsa igenom frågepapperet och säkerställa exakt vad som efterfrågas i varje fråga. Bland de ämnen som täcks av frågorna kommer det att finnas sådana som studenten känner sig mer säker på att besvara och sådana som kan orsaka problem.

Psykologiskt sett är det en bra idé att först besvara de "lättaste" frågorna för att få självförtroende och spara de svårare till sist. Om denna plan följs, bör en rimligt strikt tidsplan antas, där tjugofem minuter allokeras för att besvara varje fråga. Om fem minuter används för att läsa och förstå frågorna i början av provet, kommer detta att lämna tjugominuter i slutet för att gå igenom svaren och se till att de är kompletta.

En av fallgroparna i alla prov är risken att missförstå frågorna, och även om dessa noggrant skrivs med den minst tvetydiga formuleringen, är det fortfarande lämpligt att förbereda sig inför provet genom att bli bekant med innehållet och stilen på tidigare prov från tidigare år. Kopior av äldre prov kan erhållas från Gemmological Associations kontor (se sidan 228 för adress).

Trots tidsbristen bör vissa ansträngningar göras för att skriva läsligt. Examinatorer är människor, och läsbarheten hos svarets papper bör inte försämrats till den grad att kommunikationen mellan kandidaten och examinatorn riskerar att brytas!

Praktiskt prov

För många studenter, särskilt de som deltar i korrespondenskursen, kan det praktiska provet vara svårare än teoriprovet. Provet varar i tre och en halv timme och delas in i fyra delar, som inkluderar identifiering av fem kristallprover genom enbart visuell inspektion, exakt mätning av refraktionsindex och dubbelbrytning av fem polerade prover, identifiering av tio polerade ädelstenar med hjälp av den utrustning som tillhandahålls, samt identifiering av ytterligare fem prover, främst med hjälp av spektroskopet. Liksom med teoriprovet är tiden fienden, och högst sju till åtta minuter bör avsättas för varje bestämning. Den återstående tiden i slutet av provet kan sedan användas för att kontrollera svaren och testa om eventuella tveksamma prover.

Eftersom ögats effektiva funktion är mycket viktig när man undersöker prover (både med handlupp och med de optiska instrumenten) är det tillrådligt att undvika starkt solljus strax innan provet, och låta ögonen anpassa sig till halvskymda förhållanden. Ett kort med en tryckt lista över ädelstenskonstanter tillhandahålls för varje kandidat vid det praktiska provet, men eftersom det är nödvändigt att känna till dessa fakta för teoriprovet, är det troligtvis mer tidsbesparande att använda listan endast som "backup"-information.

Även vid ett välorganiserat praktiskt prov kan "flaskhalsar" uppstå vid användning av instrument, och kandidaten måste vara beredd att använda sin tid på bästa sätt genom att göra tester i annan ordning om nödvändigt.

INDEX

Sidnumren är felaktiga

Absorptionspektrum, 22, 23, 126
Adulariscens, 32
Akikulär, 47
Akvamarin, 103, 195, 210, 215
Alexandrit, 4, 5, 9, 24, 25, 102, 143, 174, 179, 189, 194, 210
Allokromatisk, 23
Almandingranat, 13, 133, 135, 211, 217
Amazonit, 50, 211, 217
Ametist, 4, 33, 102, 177, 213, 215
Amorf, 36
Andalusit, 9, 102, 214, 217
Andraditgranat, 13, 211, 217
Angströmenhet, 21, 231
Anisotrop, 90, 91
Apatit, 11, 50, 103, 147, 214, 217
Arkimedes princip, 63
Art, 12
Asterism, 29
Becke-linjemetoden, 81
Beilby-skikt, 123
Benitoit, 43, 147, 214, 217
Bergart, 6
Beryll, 7, 11, 13, 50, 210, 217
Biwa-pärlor, 155, 160
Botryoidal, 47
Bowenit, 214, 217
Bridgeman-Stockbarger-processen, 174
Brott, 59, 60
Bärnsten, 4, 77, 152, 162-164, 217
Cameor, 161
Chatham smaragd, 180, 216
Chatoyans, 29
Chelsea-färgfilter, 200
Citrin, 33, 213
Czochralski-processen, 174
Danburit, 147, 214, 218
Dendritisk, 48
Densitet, 63
Dentin-elfenben, 164, 165, 218
Diamant, 4, 5, 10, 26, 50, 136, 146-148, 179-181, 195-199, 209, 211, 218
Dikroism, 102-105
Dikroskop, 104, 105
Differentiell selektiv absorption, 102
Diffraction, 31, 130
Diopsid, 214, 218
Dispersion, 106, 107, 117
Dubbelbrytning, 89-91
Ekanit, 53

Elektroluminescens, 141
Elfenben, 164, 165, 218
Emissionslinjer, 132
Endoskop, 157, 158
Enstatit, 103, 214, 218
Extraordinär stråle, 89
Extrusiv bergart, 6, 7
Falsk klyvning, 62
Fenakit, 214, 219
Fluorescens, 140-151
Fluorit, 50, 148, 174, 214, 218
Flussmältningsprocess, 178-179
Fosforescens, 140-151
Fotokonduktiv effekt, 152
Fraunhoferlinjer, 107, 126, 127
Fältspat, 7, 11, 13, 50, 211
Färgade fantasidiamanter, 26
Gemmological Association, 1, 229
Gemmological Instruments Ltd, 77
GIA, 2
GGG, 149, 197, 218
Gilson syntetiska stenar, 180, 184, 189, 190, 192, 216
Genomträngande tvilling, 48
Goniometer, 96-98
Granat, 9, 11, 13, 50, 211, 215
Granit, 6
Grossulargranat, 13, 211, 218
Heliodor, 103, 210
Hematit, 214, 218
Hiddenit, 103, 215
Hydrogrossulargranat, 149, 212
Hydrostatisk vägning, 65-69
Hydrotermisk process, 175-177
Hårdhet, 4, 54-59
Idokras, 214, 218
Idokromatisk, 23
Iolit, 103, 214, 216, 218
Inklusioner, 181-193
Iridescens, 29, 31
Irradiering av diamant, 26
Isomorfism, 48
Isotrop, 89, 91
Jadeit, 9, 12, 51, 136, 137, 201, 202, 212, 218
Jet, 166-168, 218
Kalcit, 11, 13, 50, 210, 217
Kalksten, 8, 9
Katodoluminiscens, 141
Kashanrubin, 186
Klyvning, 60-62
Koboltglas, 133, 135
Kolumnär, 47
Kompositstenar, 206-209

Konstgjord färgning, 26, 33-35
Kontakt-tvill, 47
Korall, 168, 217
Kornerupin, 103, 215, 218
Korund, 11, 12, 13, 50, 211, 217
Korsade filter, 142, 143
Kristallsystem, 39-46
Kritisk vinkel, 84-87, 112-116
Kromkalcedonyspektrum, 136
Krypto-kristallin, 49, 52
Krysoberyll, 11, 13, 50, 210, 217
Krysopras spektrum, 135
Kunzit, 103, 149, 219
Kupol, 48
Kyanit, 56
Labradorescens, 31
Labradorit, 50
Lamellä, 48
Lapis lazuli, 149, 192, 202, 212, 219
Laue-diffraktion, 146, 159
Lava, 7
Lechleitner-smaragd, 177, 216
Linde-smaragd, 177
Linde-stjärnkorund, 172
Litiumniobat, 174, 197, 219
Luminescens, 140-151
Lyster, 28, 107-112
Mabe-pärlor, 155
Magmabergart, 6-8
Malakit, 11, 214, 219
Mamillär, 48
Marmor, 9
Massiv, 36, 48
Metamerism, 24
Metamikt zirkon, 27, 53
Metamorf bergart, 6, 9
Mikroskop, 15-19
Miller-index, 52, 53, 225-227
Mineral, 5
Mohs hårdhetsskala, 54, 55
Moldavit, 214, 219
Morganit, 103, 210
Musselpärlemor, 161
Månsten, 50, 216, 219
Nanometer, 21, 225
Nefrit, 9, 12, 51, 201, 202, 212, 219
Nicol-prisma, 100
Obsidian, 214, 219
Odontolit, 165, 219
Oligoklas, 50, 219
Onormal dubbelbrytning, 100
Opal, 9, 11, 13, 149, 189, 190, 212, 219

Opalescens, 31
Optisk karaktär, 91-93
Optiskt tecken, 91-93
Ortoser, 13, 219
Parallell tillväxt, 48
Pasta, 100, 150, 206
Pegmatit, 8
Peridot, 12, 51, 103, 213, 216, 219
Piezoelektrisk effekt, 152
Pinakoid, 48
Pleokroism, 102-105
Polarisationsmikroskop, 98-100
Polarisering, 89, 90
Polering, 122-125
Polymorfism, 48
Prisma, 49
Pseudoklyvning, 62
Pseudomorf, 49
Pyroelektrisk effekt, 152
Pyrit, 51
Pyropgranat, 13, 133, 135, 219
Reflektans, 28, 107-112
Reflektion, 28, 85, 106, 113-117
Reflektionslagen, 85
Refraktometer, 83-89
Relativ densitet, 63
Rep-test, 58, 59
Retzius, linjer av, 165
Riktad hårdhet, 56
Rodokrosit, 11, 51, 214, 219
Rodonit, 12, 51, 214, 219
Röntgendiamanttestare, 145, 146
Röntgendiffraktion, 146
Röntgentopografi, 146
Rubin, 5, 9, 103, 132-134, 150, 169-177, 179, 185, 186, 203, 204, 211, 219
Rutil, 51, 174, 196, 219
Safir, 5, 9, 103, 133-135, 150, 170, 186-189, 204, 211
Sandsten, 8
Scheelit, 150, 174, 215, 220
Schweizisk lapis, 202
Selektiv absorption, 22, 23, 126
Serpentin, 9
Simulanter, 194-209
Skapolit, 51, 150, 215, 219
Skimmer, 28-32
Snells brytningslag, 79
Smaragd, 5, 9, 103, 148, 177-179, 182-185, 200, 201, 210
Smithsonit, 215, 220
Sodalit, 215, 220
Spessartitgranat, 13, 220
Spektroskop, 23, 126-131
Spinell, 11, 51, 133-135, 151, 173, 174, 179, 191, 213, 216, 220

Spodumen, 215, 220
Stjärnrubiner/safirer, 29, 172, 173, 186, 188, 189
Strontiumtitanat, 151, 174, 197, 220
Symmetrielement, 37-39
Syntetiska ädelstenar, 169-193, 216
Tanzanit; se Zoisit
Tavelformad, 49
Termofosforescens, 141
Titanit, 103, 215, 220
Topas, 7, 12, 33, 51, 103, 213, 216, 220
Total inre reflektion, 106, 113-117
Triboeffekten, 152
Triluminescens, 141
Turkos, 11, 51, 192, 205, 213, 220
Turmalin, 7, 12, 13, 52, 103, 152, 213, 216, 220
Tvillingbildning, 47, 48
Ultravioletta lampor, 143-145
Uvarovitgranat, 13, 211, 220
Vanadinberyll, 24, 216
Varianter, 12
Vägningsmetod, 69
Verdite, 202
Verneuil-ugn, 170-174
Växtelfenben, 165, 218
Vågteorin om ljus, 21
YAG, 151, 174, 179, 197, 220
Zerfass smaragd, 180, 218
Zirkon, 7, 12, 27, 33, 52, 53, 58, 103, 133, 135, 214, 216, 220
Zirkonia, 151, 198, 220
Zoisit, 103, 215, 220
Ädelstensslipningar, 117-122