

De vorming van diamant

AUTEUR: DR. IR. E. WALCH

Ze glinsteren in sieraden en kronen, maar hun oorsprong ligt diep onder onze voeten. Natuurlijke diamanten zijn niet alleen oud, ze hebben ook een ongelooflijk verhaal te vertellen — over vuur, druk en een levensgevaarlijke reis naar het licht.

Natuurlijke of synthetische diamant?

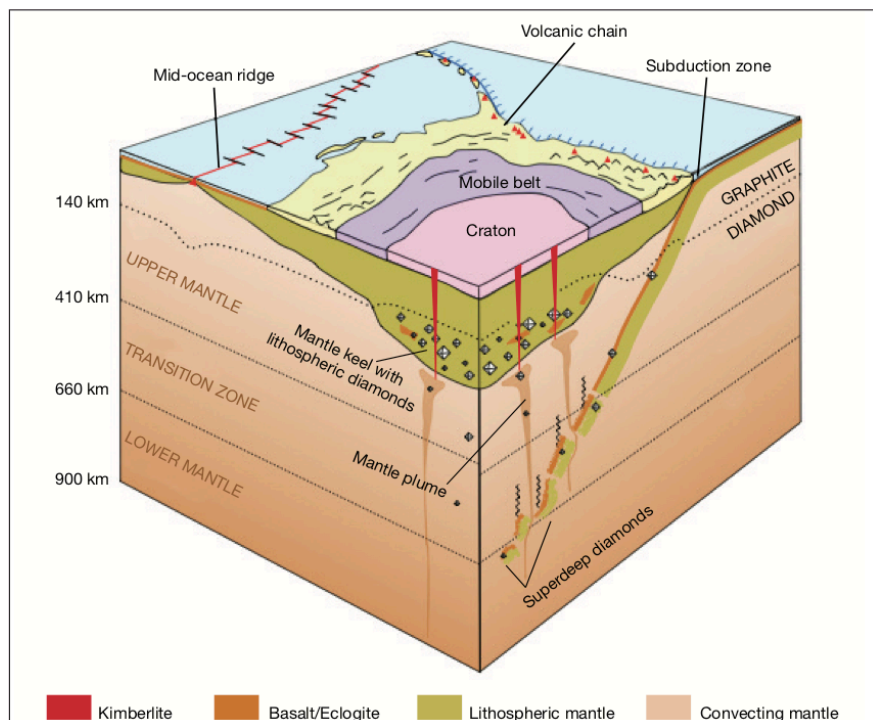
Met het alsmaar goedkoper worden van synthetische diamant, wordt het steeds lastiger om een keuze te maken bij aankoop. Vroeger had je nog zirkonia of moissaniet als alternatief. Hier waren ook mooie stenen uit te slijpen, maar hadden toch een lagere kwaliteit omdat met name zirkonia snel slijtsporen ging vertonen. Synthetische diamant heeft echter dezelfde kwaliteit als de natuurlijke vorm. Als je gewoon wilt pronken met een grote diamant, dan is een synthetische steen natuurlijk de beste optie. Echter, bij diamant gaat het niet alleen om de grootte, maar ook om de emotie die de steen geeft. En dan geeft een zeldzaam product dat de natuur al honderden miljoenen jaren geleden gevormd heeft, veel meer emotie dan een steriele steen die in oneindige aantallen in een reactor gemaakt kan worden. Om het unieke van een natuurlijke diamant beter te begrijpen wil ik hieronder iets dieper op de vorming ervan ingaan dan de meeste leerboekjes doen.

Diamantvorming

Bij kamertemperatuur zal koolstof als grafiet - zoals ook in potloden gebruikt wordt - uitkristalliseren. Voor het uitkristalliseren in de vorm van diamant is een druk van meer dan 4 GPa en een temperatuur van 950 tot 1400 °C nodig. Als je naar het binnenste van de aarde kijkt, moet je minimaal op 140 km diepte zitten om aan die condities te voldoen. Zit je minder diep, dan ontstaat grafiet.

De dikke aardkorsten van meer dan 140 km dik waren er niet vanaf het begin. Toen de aarde [ca 4,56 miljard](#) jaar geleden gevormd werd, was het oppervlak een gloeiende massa. De eerste aard-schollen moeten zich al 150 miljoen jaar na het ontstaan van de aarde gevormd hebben. Deze werden steeds dikker door aangroei aan de onderkant. Daar waar de dikte meer dan 140 km werd, zal ook diamant gekristalliseerd zijn in de zich verdikkende aardkorst.

Uit isotopen datering blijkt dat de meeste diamant zich tussen 1,0 en 3,5 miljard jaar geleden gevormd heeft. De diamantvorming begon dus al relatief kort nadat het eerste leven op aarde zo'n



Figuur 1 Vormingsplaatsen van diamant (uit: Gems & Gemology winter 2013)

3,6 à 4,0 miljard jaar geleden ontstond. Toen zo'n 400 miljoen jaar geleden de eerste vissen het land op kwamen was de meeste diamant al gevormd.

Vulkanisme

Met de vorming zijn we er nog niet. De diamant moet ook nog naar het oppervlak en dat is lastiger dan het lijkt. De meeste vulkanen bestaan uit een magma van basalt. Dit magma is taai vloeibaar en erg oxiderend. Op zijn weg naar de oppervlakte gaat hij door de grens van 140 km en wordt de diamant instabiel. Hij wil zich omzetten in grafiet. De oxiderende omgeving en de nog steeds hoge temperaturen helpen hierbij. Als er al diamanten in zulke magma zitten zullen ze op hun reis naar het oppervlak volledig oplossen en in CO₂ omgezet worden.

De enige bekende magmasoorten waarin diamant de reis naar het oppervlak wel overleeft zijn Kimberliet, Lamproniet en Lamprophyr. In lamprophyr zijn echter nooit commercieel winbare hoeveelheden diamant gevonden. En van lamproniet bestaan er maar twee mijnen met een commercieel winbare hoeveelheid diamant. Dit zijn de inmiddels gesloten Argyle mijn en de vlakbij gelegen Ellendale mijn. Beide liggen in het noordwesten van Australië. Alle andere commercieel winbare diamant is via kimberliet erupties naar het oppervlak gekomen.

Kimberliet

Het magma van kimberliet is duidelijk vloeibaarder dan de meeste andere magmas. Daardoor kan het magma sneller stromen zijn de erupties veel intenser dan de meeste andere vulkaanuitbarstingen. Men heeft berekend dat de magma met 15 tot 70 km/h naar het oppervlak geraasd moet zijn. Een echte waarneming is er nooit geweest omdat de laatste bekende eruptie met kimberliet zo'n 80 miljoen jaar geleden plaats vond in noord-Amerika. Dat was nog in de tijd van de grote dinosauriërs die zo'n 66 miljoen jaar geleden uitstierven. Dus alle gedolven diamant lag al aan het oppervlak of zat in mijnschachten toen de grote dinosauriërs over het aardoppervlak rondzwierven.

De meeste gedateerde kimberliet erupties vonden 80 tot 550 miljoen jaar geleden plaats. Dat is dus ruim nadat zich de meeste diamant gevormd heeft. Zie figuur 4



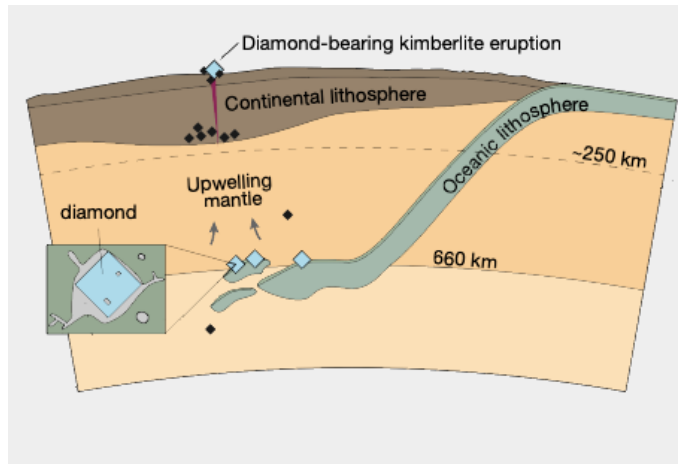
Figuur 2 Geologische tijdschaal met verschillende vindplaatsen van diamant. (Uit Gems & Gemology Spring 2019)
Ga = Miljard en Ma = Miljoen.

Superdiepe diamanten

Naast de onderkant van de aardkorst treed ook diamantvorming op in de aardschollen die door tectonische bewegingen onder andere aardschollen gedrukt worden en dan de diepte in duiken. Dat is in de rechterkant van figuur 1 aangeduid als de "subduction zone" en in figuur 3 nog iets

uitvergroot aangegeven. Deze aardschollen kunnen wel 400 tot 750 km de diepte in duiken voordat ze helemaal in de omringende magma oplossen. Deze schollen bevatten koolstof die van het oppervlak komt. b.v. in de vorm van carbonaat uit de afgezette kalk van zeedieren of van een andere organische koolstofbron. De diamanten die hier ontstaan groeien in een stikstofarme omgeving en worden daardoor gemiddeld witter. Wetenschappers noemen dergelijke stikstofarme diamant een “type II” diamant. Ook kristalliseert er in deze zone geen olivijn en granaat mee uit waardoor de hier gevormde diamanten gemiddeld veel zuiverder zijn. Olivijn en granaat zijn de meestvoorkomende insluitsels in de gewone type-I diamant. Tot slot hebben de diamanten hier de gelegenheid om langer door te groeien waardoor ze groter kunnen worden. Veel van de diamanten van 50 karaat of groter, komen uit deze zone. Dat is ook de reden dat veel van de supergrote diamanten die gevonden worden een river kleur hebben en ook nog eens loepzuiver zijn. Een voorbeeld van zo’n superdiepe grote diamant is de 3106 ct grote Cullinan diamant die in 1905 in zuid Afrika gevonden is.

Als je naar alle geslepen diamanten tot 10 ct kijkt, heeft slechts 1% een D kleur, wat de meest witte kleur bij diamant is. Maar bij de diamanten van boven de 20 ct heeft 15% een D kleur, wat betekent dat een naar verhouding groot deel van deze stenen uit de grotere diepte komt. Op het totaal van alle diamanten komt minder dan 2% uit deze superdiepe zone.



Figuur 3 Diamantvorming in een subductiezone (Uit Gems & Gemology Winter 2017)

De start van erupties

Vulkaan erupties kunnen ontstaan doordat aardschollen over elkaar schuiven en hierdoor zwakke plekken in de korst optreden. Veel van de kimberliet erupties hebben echter plaats gevonden op grote afstand van de rand van de aardschol. De oorzaak wordt hier gezocht in de opstijgende warme magmastromen uit het binnenste van de aarde. Een trigger voor zo’n opstijgende warme stroming wordt gezien in het oplossen van de diep omlaag geduwde aardschollen. Als die zo’n 600 km de diepte ingedrukt zijn, zal het diepste punt ook honderden km van de rand van de bovenliggende schol af liggen.

Bij het oplossen van de omlaaggedrukte schol, komen ook lichtere stoffen vrij die zullen opstijgen en zo de omringende hete magma omhoog sleept. Deze hete magma doet de onderkant van de bovenliggende aardschol smelten en vreet zich een kanaal naar boven, met een vulkaanuitbarsting ver van de rand van een aardschol als gevolg. Als dit gebeurt bij een diamant houdend deel van de aardschol, zullen ook die diamanten meekomen met de magma. Deze opstijgende stromingen zijn in figuur 1 weergegeven met de term “Mantle plume”.

Datering van diamant

Bij het uitkristalliseren van mineralen aan de onderkant van de aardkorst krijg je een scheiding van de elementen. Het koolstof dat in de gesmolten magma opgelost zit, wordt niet ingebouwd in de meeste mineralen, zodat het in de smelt achterblijft en in concentratie toeneemt. Uiteindelijk wordt de koolstofconcentratie zo hoog dat ook dit gaat kristalliseren tot diamant. Tijdens het groeien van de diamant kunnen zich ook andere mineralen op het kristal afzetten, die vervolgens omsloten worden door de verder groeiende diamant. De insluitsels in diamant hebben dus dezelfde leeftijd als de diamant zelf.

De leeftijd van diamant zelf kan niet bepaald worden maar wel de leeftijd van de insluitsels zoals olivijn en granaat. In granaat wordt bij kristallisatie b.v. het radioactieve isotoop Rubidium-87

ingebouwd, terwijl zijn vervalproduct Strontium-87 niet ingebouwd wordt. De halfwaardetijd van het verval van dit Rubidium isotoop naar Strontium is bekend, zodat je door analyse van de $^{87}\text{Rb}/^{87}\text{Sr}$ verhouding in een granaat, precies kunt terug rekenen wanneer deze granaat uitgekristalliseerd is. Naast dit Rb-Sr systeem bestaat er ook nog de Sm-Nd, U-Pb en Re-Os systemen waarvan het verval gebruikt kan worden voor datering van diamant via zijn insluitsels.

Je hoeft overigens niet bang zijn voor radioactieve insluitsels omdat de straling extreem weinig is door de lange halfwaardetijden. Verder zitten deze isotopen ook gewoon in zand en klei en zijn onderdeel van de natuurlijke achtergrondstraling.

Naast datering via insluitsels wordt er bij diamant ook naar de verhouding van de twee stabiele koolstof isotopen ^{12}C en ^{13}C gekeken. Diamant dat opgebouwd is uit koolstof dat nooit aan het oppervlak geweest is, heeft een vaste verhouding van beide isotopen. Bij koolstof dat als CO_2 in de atmosfeer gezeten heeft, is de isotopenverhouding veranderd. Diamant dat uit deze koolstof ontstaat, heeft daardoor een iets ander aandeel ^{13}C . De afwijkende isotopenverhouding in superdiepe diamanten ondersteunt de gedachte dat deze diamanten zijn ontstaan uit koolstof dat eerst via vulkanisme als CO_2 in de atmosfeer gekomen is, daarna via biologische processen in de grond is vastgelegd en via platentektoniek weer naar het binnenste van de aarde gebracht is.

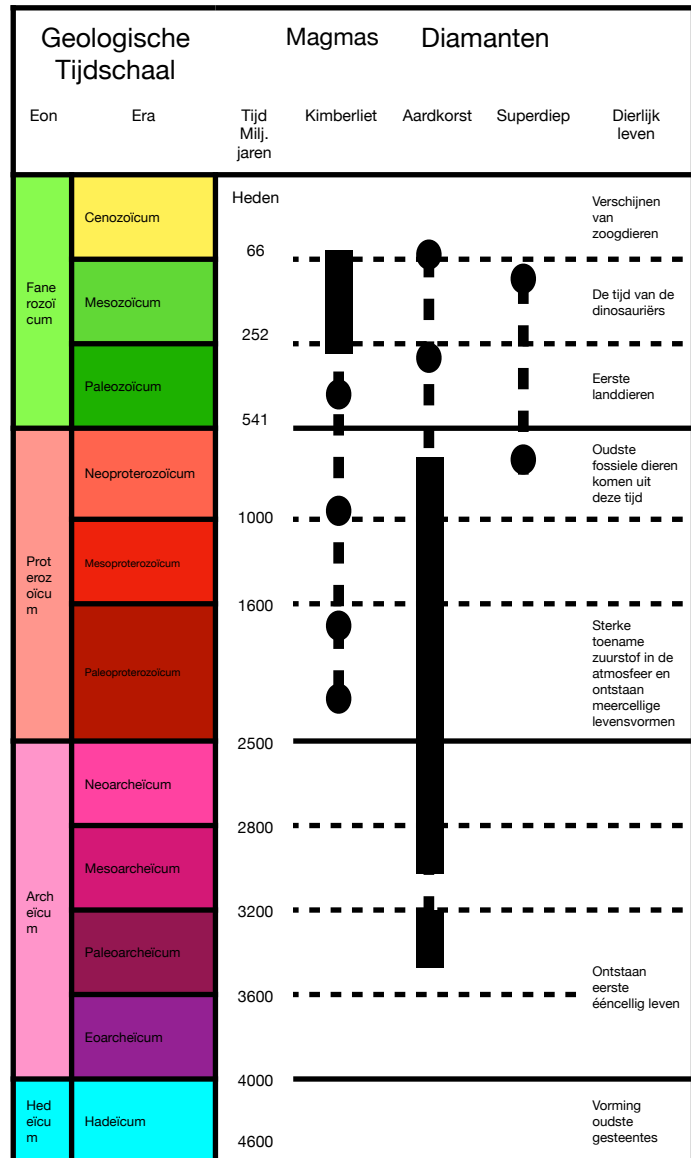
Ook de de stikstof die in diamant zit, verandert van gedaante door zeer langzame chemische reacties. Dit zijn temperatuursafhankelijke reacties. Metingen hieraan zeggen ook iets over de diepte waarop de diamant verbleven heeft. Al met al wordt er ook nu nog veel onderzoek gedaan naar diamant. Niet omdat men in de diamant zelf geïnteresseerd is, maar omdat diamant zo oud is dat het een groot deel van de geschiedenis van de aarde meegemaakt heeft en daardoor helpt met het begrijpen van de processen die zich onder de aardkorst afspelen en afgespeeld hebben.

Conclusie

Natuurlijke diamant is oud en is voornamelijk gevormd in een tijd dat er nog geen enkel dier op het land leefde. De vulkaaneruptions die diamant naar het oppervlak brachten waren veel intenser dan de erupties uit de hedendaagse tijd en stopten nog voordat onze dinosauriërs uitstierven. Met een natuurlijke diamant heb je een stukje geschiedenis van de aarde in handen.

Literatuurlijst:

- [Understanding the geology of diamonds](#), Gems & Gemology winter 2013.
- [The very deep origin of the world's biggest diamonds](#), Gems & Gemology winter 2017.
- [Diamonds from the Deep: How Old Are Diamonds? Are They Forever?](#), Gems & Gemology Spring 2019



Figuur 4 Datering diamant en kimberliet. Cirkels zijn enkele metingen. Balken zijn een reeks metingen.

- [Waarom is alle diamant niet geel](#). Eigen werk over het verschil tussen type I en II diamant.