

# HOE MOISSAN TOT DE VORMING VAN DIAMANT GELEID WERD

DOOR

Dr. G. DOIJER VAN CLEEFF.

---

In het *Wetensch. Bijblad* van ons tijdschrift heb ik getracht de lezers eenigszins op de hoogte te houden van de ontdekkingen, die door HENRY MOISSAN werden gedaan. »Zijn arbeid omtrent de afscheiding van het fluoor, de werking van die grondstof op andere grondstoffen en op verbindingen, de eigenschappen van tal van nieuwe fluoorverbindingen, de wonderbare vruchten, die de invoering van het elektrisch fornuis opleverde en waarvan de bereiding van als diamant gekristalliseerde koolstof wel het meest de algemeene aandacht trok», wij mogen onderstellen, dat deze korte opsomming eenigen weerklink in het geheugen van onze lezers vindt. Mocht dit het geval zijn, dan mag ook op belangstelling worden gerekend voor hetgeen MOISSAN zelf onlangs in eene voordracht voor de *Société des amis des sciences* mededeelde. Immers op algemeen bevattelijke wijze sprak hij daar over het verband tusschen die verschillende studiën en onderzoekingen; wil men het kort zeggen, zij het dan niet volkomen juist, welk wel overlegd plan ten slotte de bereiding van diamant ten gevolge had.

Dat de koolstof zich vertoont in zeer onderscheiden gedaante, zoodat men van drie hoofdsoorten: amorphe koolstof, graphiet of potlood en diamant spreekt, werd in den aanvang aan het gehoor in herinnering gebracht. De eigenschappen, waardoor deze drie zich van elkander onderscheiden, en die, waaruit blijkt, dat zij voor den scheidkundige één van wezen zijn, werden uiteengezet, zooals dat door

ieder ander zou kunnen worden gedaan. Daarop werd de vraag gesteld, of en hoe die onderscheiden soorten van koolstof uit elkander konden worden gemaakt; hierover geven wij het woord aan MOISSAN zelven.

»Men wist, hoe men zwartsel in graphiet veranderen kon. Daartoe moet men ijzer smelten, terwijl het met amorphe koolstof in aanraking is; ijzer en koolstof vormen dan gietijzer en bij de afkoeling zal dan de koolstof als graphiet uitkristalliseeren midden in het klompje van het metaal. Uit graphiet diamant te maken, dat was onmogelijk.

De omgekeerde proef daarentegen gelukt gemakkelijk; diamant wordt gemakkelijk in graphiet omgezet. Met een krachtigen lichtbundel wordt op een scherm (de voordracht ging gepaard met proeven) een beeld gegeven van twee koolspitsen, waartusschen nu vonken overspringen. Een der twee koolspitsen, daartoe een weinig uitgehold, draagt een geslepen stukje diamant; van de doorschijnendheid kan men zich gemakkelijk overtuigen. Langzamerhand worden de koolspitsen naar elkander toegebracht; op een gegeven oogenblik, de temperatuur is nu hoog genoeg geworden, begint de diamant te gloeien en daarna, zonder dat hij smelt, zwelt hij op en wordt hij bedekt met eene zwarte stof, die enkel uit graphiet bestaat. Verscheiden jaren geleden brachten de onderzoekingen naar het fluoor ons tot de studie van de vraag, hoe diamanten ontstaan. Zooals bekend is, kan fluoor krachtig medewerken bij de vorming van gesteenten. Bij vele werkingen, waaraan het deelneemt, brengt het zeer goed gekristalliseerde stoffen voort. Daarom wijdde ik een zorgvuldig onderzoek aan de verbindingen van koolstof en fluoor, hopende dat eene ontleding daarvan mij gekristalliseerde koolstof zou verschaffen. Bij al die proeven bracht ik het niet verder dan tot wat zwartsel. Mijn voorloopig onderzoek moest dus in andere richtingen worden uitgebreid; vooral de omstandigheden, waaronder de diamanten in de aardkorst gevonden worden, moesten mij zoo nauwkeurig mogelijk bekend zijn.

Ook zag ik in, dat de diamantkristallen zeer klein zouden zijn, ingeval ik er in slaagde ze te verkrijgen. Het is er verre van daan, dat de krachten, waarover wij beschikken, kunnen wedijveren met de krachten, die in de natuur werkzaam zijn. Noch in Brazilië, noch aan den Kaap vond men tot nog toe groote diamanten; mikroskopisch klein zouden dus vermoedelijk de diamanten zijn, die kunstmatig werden verkregen. Ik herinnerde mij, hoe ik, in den tijd toen ik *préparateur*

was bij mijn waarden leermeester P. P. DÉHÉRAIN, dikwijls, bij den ingang van de galerij voor mineralogie in het Museum voor natuurlijke historie, twee kristallen bergkristal tegenover elkander geplaatst zag. Het ééne kristal was bijna 1 M. lang; het was in de natuur gevonden. In eene vitrine daartegenover bevond zich, tusschen twee horlogeglazen, het kristal, dat DAUBRÉE kunstmatig verkregen had; met een loupe waren de kristalvlakken duidelijk zichtbaar. Zoo groot zou het verschil in grootte ook kunnen zijn tusschen natuurlijke en kunstmatige diamanten.

Om grooter kennis omtrent het voorkomen van diamant in de aardkorst te verkrijgen, begon ik de *blauwe aarde* van den Kaap te onderzoeken.

Vroeger kwamen de diamanten meestal uit Indië en uit Brazilië. Ongeveer vijf en twintig jaar geleden genoot een zekere O'REILLY bij zijne reizen door de Kaapkolonie de gastvrijheid van een boer, een landbouwer. Terwijl 's avonds in de slaapkamer, die voor het geheele gezin dienst deed, uit den Bijbel vorgelezen werd, zag hij, dat één der kinderen een doorschijnenden steen in zijn hand had. Hij liet zich dien steen geven en verkocht hem later voor 500 pond aan Sir PHILIPP WOODHOUSE, gouverneur van de Kaapkolonie. Door deze ontdekking aangemoedigd keerde O'REILLY bij den boer terug en vond hij er nog een diamant, dien hij voor 200 pond aan denzelfden gouverneur verkocht.

In 1870 ziet een mijnwerker aan de Vaalrivier, die op zijne doorreis in eene boerderij verblijf houdt, dat de kinderen spelen met een groot aantal kleine diamanten, die zij in de omgeving ingezameld hebben. Deze zaak wordt langzamerhand bekend; weldra is eene vlucht diamantzoekers op de landerijen van den armen hollandschen landbouwer neêrgestreken. In weerwil van zijn smeeken wordt de grond met ijver omgewroet. Diamanten worden in overvloed gevonden; binnen ééne week of twee weken heeft men zijn fortuin gemaakt. De landbouwer, verlegen met die bevolking van verscheiden duizenden, die zonder zijne toestemming zijn land onderste boven keeren, ziet er eene gelukkige uitkomst in, dat hij voor 10.000 pond zijne eigendomsrechten kan overdragen aan de *London and South Africa Exploration Co.* De mijn van Du Toits Pan was ontdekt; de waarde hiervan wordt in honderden millioenen uitgedrukt.

In de Kaapkolonie vindt men de diamanten in groote loodrechte putten, waarvan de ellips- of cirkelvormige opening eene middellijn

van 200 à 300 M. heeft. Deze putten zijn vol van serpentijnhoudend gruis, dat men vroeger op den omliggenden grond uitstrooide en met water bevochtigde en dat weldra tot poeder uiteenviel. Diamanten van zeer uiteenlopende grootte konden er gemakkelijk uit afgezonderd worden. Gemiddeld vond men 100 à 500 m.G. gekristalliseerde koolstof op één M<sup>3</sup> aarde.

Diamant is echter niet het eenige mineraal, hetwelk in dat serpentijnhoudend gruis aanwezig is. STANISLAS MEUNIER heeft er tachtig verschillende gesteenten in aangetroffen; daarvan vormen kristallen van titaaniijzer of van ijzeroxyde het grootste gedeelte.

Stellen wij ons voor, dat wij 3 K.G. van die aarde nemen en die met de krachtigst werkende zuren, beurtelings met zwavelzuur en met kokend vloeispaatzuur, behandelen. Daarna hebben wij iets overgehouden, dat slechts weinige m. G. weegt; het wordt in eene flesch geschud met methyleenjodide (eene vloeistof, die een s. g. van 3.4 heeft). Wanneer men deze flesch stil laat staan, blijven korrels, waarvan het s. g. kleiner dan 3.4 is, zweven en op den bodem der flesch zetten zich eenige kleine zwarte en doorschijnende korreltjes af, die grootendeels uit mikroskopische kristallen bestaan. Hun soortelijk gewicht is werkelijk dat van diamant, namelijk 3.5; zij krassen robijn en in zuurstof verbranden zij tot koolzuur. Bij het onderzoek met den mikroskoop vertoonen zij evenwijdige strepen en driehoekige indrukken, die bij diamant dikwijls voorkomen.

Naast die mikroskopisch kleine, zwarte of doorschijnende diamanten vonden wij in de blauwe aarde met volle zekerheid graphiet. Hier van vindt men zelfs meer dan van den diamant en de graphietkristalletjes kunnen gemakkelijk van elkander afgezonderd worden. Het serpentijnhoudend gruis, waarin de diamanten voorkomen, bevat dus ook graphiet, dat ten gevolge van de oplosbaarheid van koolstof in gesmolten ijzer kan bereid worden.

In denzelfden tijd, waarin dit onderzoek geschiedde, bepaalde ik de samenstelling van de asch, die diamanten van verschillenden oorsprong en vooral kaapsche diamanten achterlieten. Altijd vond ik daarin ijzer, in de asch zoowel van doorschijnende als van zwarte diamanten; in enkele gevallen was het grootste gedeelte van de asch ijzeroxyde.

Het was dus logisch om te denken, dat de kristallisatie der koolstof in eene omgeving van ijzer had plaats gehad. Ik haastte mij hieromtrent een aantal proeven te doen; ik ging de oplosbaarheid van

koolstof na niet alleen in ijzer, maar ook in mangaan, chroom, nikkel, goud, zilver en in het niet-metaal kiezel. Bij hoogere temperatuur werd de koolstof in de meeste van deze stoffen opgelost, maar na de afkoeling bleek het steeds, dat zij zich in den vorm van graphiet weder afgescheiden had: Jaren achtereen kreeg ik niets dan graphiet; ik had er meer dan genoeg van.

Toen kwam ik op het denkbeeld om hoogere temperaturen te gebruiken. Sedert lang maakte ik gebruik van de blaasbuisvlam van HENRI SAINTE-CLAIRE DEVILLE en DEBRAY, waarmede ik over eene temperatuur van 2000° beschikken kon. Om hoogere temperaturen te bereiken nam ik mijne toevlucht tot elektrisch booglicht."

MOISSAN gaf hierop eene beschrijving van het door hem gebezigt elektrisch fornuis, dat zich van vroeger gebruikte toestellen van dien aard daardoor onderscheidt, dat de stof, die verwarmd wordt, niet met den damp van de koolstof der koolspitsen in aanraking komt. Na vervolgens in het kort vermeld te hebben, welke uitkomsten hij nog meer met het fornuis verkreeg (in het *Wetensch. Bijblad* van dezen jaargang bladz. 27, 45, 67 en 75 werd hierover reeds gesproken) en hoe hij van krachtiger werkende machines werd voorzien, gaat hij over de kristallisatie der koolstof in de volgende woorden voort.

»Toen ik aldus in staat gesteld was de temperatuur veel hooger op te drijven en de oplossing van koolstof in tal van metalen (ook die vroeger bijna voor onsmeltbaar golden) tot stand te brengen, volgden de proefnemingen elkander met snelheid op. Evenwel, al werden steeds grooter hoeveelheden van de metalen en telkens minder gemakkelijk smeltbare metalen gebruikt, de uitkomst bleef dezelfde: altijd en altijd weder graphiet.

Wanneer koolstof in den vorm van diamant kristalliseeren zou, moest dus eene andere omstandigheid medewerken. Eene krachtige drukking zou misschien kunnen helpen. Bij hunne klassieke onderzoekingen naar de vormverandering van phosphorus hadden TROOST en HAUTEFEUILLE het boven elken twijfel vastgesteld, dat roode phosphorus kristallijn wordt, wanneer men de drukking grooter maakt en dat het s. g. van rooden phosphorus toeneemt, al naar gelang van de vermeerdering van de drukking,

Een tweede voorbeeld van den invloed der drukking leveren zilver en zuurstof op. In de gewone omstandigheden verbinden zij zich niet met elkander. Maar laat men de drukking grooter worden, zooals LE CHATELIER deed, dan komt de verbinding tot stand. De vaste over-

tuiging, dat de drukking eene rol zou spelen bij de kristallisatie der koolstof, schonk mij het onderzoek van den meteorsteen uit den *Canón Diablo*<sup>1</sup>, die uit eene legering van ijzer en nikkel bestond en die, naar men beweerde, diamant moest bevatten. FRIEDEL, die den meteorsteen in handen kreeg, slaagde er in er een poeder uit af te scheiden, dat alle natuurkundige en scheikundige eigenschappen van zwarten diamant bezat.

Ik kreeg slechts een klein stukje van den meteorsteen ter mijner beschikking; het woog slechts 4 G. (In de voordracht werd een stuk vertoond, dat 250 KG. woog). Het vertoonde scherpe puntjes, die het staal, waarmede men trachtte ze te verwijderen, deed afslijten. Toen de puntjes langs scheikundigen weg uit den meteorsteen afgezonderd waren, bleken zij alle eigenschappen van gekristalliseerde koolstof te bezitten. Hier was de eerste doorschijnende diamant, die van eene andere planeet naar de aarde gekomen was.

Bij een onderzoek naar de wijze, waarop deze diamant binnen den meteorsteen opgesloten was, merkte men overal in het rond stukjes gekristalliseerde koolstof op, eene lintvormige scheede van kastanjebruine koolstof, alles ingehuld in metaal, dat op andere punten graphiet en amorphe koolstof bevatte.

Het onderzoek van den meteorsteen uit den *Canón Diablo* maakte op mij den indruk, dat de diamant zich midden in het ijzer en onder eene hooge drukking moest hebben gevormd. De proef moest beslissen, of deze opvatting juist was.

De drukking, die vereischt werd, was grooter dan door het gebruik van een toestel van gemakkelijke constructie kon verkregen worden. Wij hebben het bezwaar weggenomen door gebruik te maken van de drukking, die gietijzer bij den overgang uit den vloeibaren in den vasten toestand opleveren kan. Evenals bij ijs vermeerderd het volumen van gietijzer, wanneer vloeibaar gietijzer stolt. Konden wij er in slagen eene hoeveelheid gietijzer plotseling af te koelen, zoodat het buitenste gedeelte vast werd, dan zou midden in het blok van het metaal eene vloeistof aanwezig zijn, waarvan de drukking snel toeneemt. Zoo wij nu bovendien er zorg voor gedragen hadden het ijzer bij eene hooge temperatuur met koolstof te verzadigen, dan zou de koolstof zich uit de vloeistof trachten te verwijderen, al naar gelang de temperatuur daalde. In hoogovens gebeurt iets derge-

---

<sup>1</sup> Zie *Album der Natur* 1892, *Wetensch. Bijblad*, bladz. 64.

lijks, wanneer de temperatuur daarin te hoog is; het ruwijzer, dat gesmolten uit den oven vloeit, wordt dan op het oogenblik, waarop men het af laat vloeien, met eene laag graphiet bedekt. Het zou dus voldoende zijn, wanneer wij gesmolten ijzer bij eene hooge temperatuur met koolstof verzadigden en het daarna plotseling onder water afkoelden, om midden in de massa eene afscheiding te bewerken van koolstof, die ondertusschen aan eene krachtige drukking blootgesteld was.

De proef (die bij de voordracht van den heer MOISSAN werd herhaald) bestaat hierin. In het elektrisch fornuis wordt een met gietijzer gevuld kroesje van graphiet sterk verwarmd, stellig tot eene temperatuur nabij 3000°. Dan pakt men het met een tang en dompelt het in een emmer met water. Midden in het water blijft het kroesje eenige oogenblikken gloeien. De warmte is zóó hevig, dat een gedeelte van het water in zuurstof en waterstof wordt ontleed. Wanneer het kroesje ophoudt te gloeien, kan het uit het water genomen worden.

Niet zonder vrees hebben wij deze proef de eerste maal gedaan. Ik had mij afgevraagd, of er misschien eene ontploffing plaats hebben zou, wanneer een met ijzer gevuld en tot 3000° verhit kroesje plotseling in water werd gebracht. De herinnering aan een ongeval, dat SAINT-CLAIRE DEVILLE en DEBBAY overkomen was, gaf mij evenwel moed.

Eens toen DEVILLE en DEBBAY eene groote hoeveelheid platina gesmolten hadden, hoorden zij plotseling, hoer het water zich in den blaasbuisoven stortte. DEVILLE riep zijn medewerker toe op den grond te gaan liggen. Een oogenblik later komt het stroomende water in aanraking met het gesmolten platina. Er gebeurt niets. Zij staan haastig op, verlaten het laboratorium zoo gauw mogelijk en sluiten de deur achter zich. Vijf minuten later verspreidt zich een dikke wasem door het vertrek; dat was alles. Tusschen de oppervlakte van het gesmolten platina en het koude water vormde zich eene laag waterdamp, die noodlottige gevolgen onmogelijk maakte.

Dank zij dit verschijnsel hebben wij stellig tweehonderd maal de proef met gietijzer kunnen doen. Met andere metalen loopt de zaak niet altijd zoo kalm af.

Het metaal, dat plotseling afgekoeld is, moet nu verder scheikundig worden aangetast. Door zuren wordt het ijzer er uit weggenomen, zoodat wij na een vrij groot aantal bewerkingen een zwart overblijfsel hebben, dat drie soorten van koolstof bevat: 1°. eene kleine hoeveel-

heid graphiet, wanneer de afkoeling zeer plotseling geschiedde; 2°. kastanjebruine, zeer dunne en gedraaide schijfjes, die aan een krachtigen druk schijnen blootgesteld geweest te zijn; 3°. eene kleine hoeveelheid koolstof met een grooter soortelijk gewicht. Om de laatste is het ons te doen. Wij verwijderen het graphiet er uit (met een mengsel van kaliumchloraat en salpeterzuur) en eindelijk houden wij iets over, dat in methyleenjodide bezinkt, dat dus een soort. gew. heeft grooter dan 3.4.

Bij het onderzoek met den mikroskoop blijkt, dat sommige korrels zwart en andere doorschijnend zijn. De eersten zien er segrijnachtig uit en hebben eene zwartgrijze kleur, zooals sommige carbonados. Robijn wordt er door gekrast; op gepolijst robijn konden wij met eene loupe duidelijk de gemaakte krassen zien. Het soortelijk gewicht wisselde af tusschen 3 en 3.5. Bij verbranding in zuurstof, bij eene temperatuur van 1000°, gaven zij ongeveer vier maal zooveel koolzuur als hun eigen gewicht bedroeg. Dit laatste feit bewijst pas, dat wij met koolstof en niet met verbindingen van koolstof en kiezel of met andere verbindingen te doen hadden.

Naast deze zwarte korrels vinden wij doorschijnende stukjes, waarvan het soort. gewicht grooter dan 3.5 is. Ook zij krassen robijn, bezitten een vetglans en schijnen licht op te nemen. Enkele stukjes vertoonen evenwijdige strepen en driehoekige indrukken; de lengteafmetingen bedragen soms 0.3 à 0.4 mM. Wanneer ik hier nog aan toevoeg, dat zij in zuurstof zeer goed branden en een okerachtige asch achterlaten, kan er geen twijfel meer aan bestaan, dat zij kristalletjes van diamant waren.

Maar als het waar is, dat deze diamant aan de drukking haar ontstaan heeft te danken, dan moet de proef kunnen worden herhaald met andere metalen, waarin koolstof ook oplosbaar is en die ook een grooter volumen verkrijgen bij het stollen.

Daar het zilver deze eigenschappen ook bezit, hebben wij het dadelijk voor onze proef gebruikt (Ook deze proef met het elektrisch fornuis werd in de voordracht herhaald).

Wanneer zilver pas gesmolten is, neemt het slechts sporen van koolstof in zich op; bij de temperatuur van het elektrisch fornuis wordt de oplosbaarheid van koolstof in zilver veel grooter. Wanneer men het gesmolten mengsel in den oven zich langzaam laat afkoelen, vindt men de koolstof later als graphiet terug. Maar wanneer ook hier, door indompeling in water, de buitenste laag plotseling vast wordt,



sluit deze korst eene hoeveelheid vloeistof in zich op, die later bij het afkoelen aan een sterke drukking onderworpen is. Wanneer het zilver door behandeling met salpeterzuur weggenomen is, vindt men eene vrij groote hoeveelheid zwarte diamant, deels met eene schelpachtige breuk, deels gestippelde plaatjes, deels zelfs als kristalletjes met eenigszins afgeronde ribben. Het s. g. van deze koolstof kan afwisselen tusschen 2.5 en 3.5. Door het mengsel met bromoform te schudden gelukte het ons een carbonado met een soort. gew. 3 af te zonderen, die robijn krast, bij 1000° in zuurstof verbrandt en ongeveer viermaal zooveel koolzuur geeft als zijn eigen gewicht bedraagt.

Zonder dat wij het wisten, bevatte het door ons gebruikte zilver soms een geringe hoeveelheid goud. In de carbonado-korrels vinden wij dan van dit goud terug; deze zaak verkrijgt eenig belang, wanneer men zich herinnert, dat de heer DES CLOISEAUX in een natuurlijk carbonado korreltjes goud aantrof.

De eerste diamantjes, die wij verkregen, konden slechts met den mikroskoop worden onderscheiden. Door de proef te herhalen, door veranderingen te brengen in de snelheid der afkoeling, is het ons gelukt kristallen te doen ontstaan, die met het bloote oog zichtbaar zijn en bij eene sterke verlichting vurige stralen uitzenden, maar de middellijn was nog nooit grooter dan 0.4 mM. Of men nog grootere diamanten zal kunnen bereiden? Ik houd het er voor, dat de uitslag gunstiger zal zijn, wanneer men met grootere hoeveelheden metaal werkt, maar het schijnt mij zeer aan twijfel onderhevig, of men ooit kunstmatig diamanten zal maken van de grootte, zooals zij in overvloed in de blauwe aarde van den Kaap aangetroffen worden.

Deze onderzoekingen hebben ons vier jaren achtereen beziggehouden. Het is er verre van daan, dat wij ons beklagen over al den tijd, dien zij ons hebben gekost."

Het slot van de voordracht van MOISSAN, als van enkel plaatselijk belang, kunnen wij weglaten; maar nu hij zelf een overzicht gaf van den weg, vol bezwaren en moeiten, waarvan hij het doel op zoo schitterende wijze bereikte, meenden wij dat onzen lezers niet te mogen onthouden.