

ELEKTRISCHE FORNUIZEN VAN MOISSAN

DOOR

Dr. G. DOJER VAN CLEEFF.

Le Four Électrique, een boek van HENRI MOISSAN, dat eenige maanden geleden door de firma G. STEINHEIL te Parijs werd uitgegeven, was geen verrassing; toch is het voor wie het leest vol verrassingen. Van jaar tot jaar, van maand tot maand, soms van week tot week werd in de *Compt. rend.* van de Fransche akademie van wetenschappen bericht, welke nieuwe arbeid aan het vorige was toegevoegd. Dientengevolge konden de vorderingen ook op een afstand geregeld worden gevolgd. Desniettemin, nu *Le Four Électrique* ons de gelegenheid geeft het bewerkte veld te overzien en ons den samenhang toont tusschen hetgeen vroeger en hetgeen later werd verricht, treffen ons tevens tal van bijzonderheden, de eene nog meer verrassend dan de andere.

Een overzicht over het geheele boek zou voor de lezers van ons tijdschrift eene herhaling worden van een aantal mededeelingen zoowel in den tekst als in het *Wetenschappelijk Bijblad*. Dit maakt het wenschelijk, dat wij ons beperken tot een gedeelte, nu wij iets omtrent het nieuw ontdekte tropische werelddeel gaan mededeelen.

Van een nieuw werelddeel toch mogen wij spreken, denkend aan de uitbreiding, die MOISSAN aan het scheikundig onderzoek gegeven heeft. Vroeger was daarvoor van het gebied der hoogere temperaturen toegankelijk hetgeen lag beneden 1700° à 1800° . Wel was het niet geheel onmogelijk tot boven dien warmtegraad door te dringen (de knalgasvlam heeft eene temperatuur van 2500° à 2800°), maar in het onbekende gebied ruimten in te richten voor zóo langen tijd, dat scheikundige werkingen konden worden beproefd, dat vermocht men

niet. Staande voor die ontoegankelijke streken sprak men van koolstof, die niet smelten en niet verdampen kon, van calciumoxyde of ongebluschte kalk, die niet kon worden gereduceerd, van baryumcarbonaat, dat niet kon worden ontleed, enz. En nu, koolstof wordt gasvormig gemaakt en haar damp ontleedt dien van kiezel-dioxyde, die door het koken van gesmolten zand wordt gevormd; nu heeft men geleerd door reductie van gebrande kalk door cokes het carbondum te bereiden, eene in de diamantnijverheid reeds hoog gewaardeerde stof; nu heeft baryumcarbonaat zijn naam als vuurbestendige stof moeten opgeven. Het zou een wereld van wonderen voor ons zijn, wanneer wij niet voortdurend op de hoogte waren gehouden van hetgeen in de nieuwe streken werd volbracht. Een aantal grondstoffen, die men meende te kennen, zijn nu pas in haar waren aard bekend geworden, omdat het bleek, dat zij tot nog toe steeds als verontreinigde mengsels waren gezien. Groepen van verbindingen, die vroeger door enkele exemplaren waren bekend geweest, staan nu in breede rijen voor ons, en nieuwe groepen zijn aan de oude toegevoegd. Tusschen verbindingen, die eerst bij temperaturen hooger dan 3000° vloeibaar worden, hebben scheikundige werkingen plaats van denzelfden aard als tusschen andere, die reeds bij de gewone temperatuur vloeibaar of oplosbaar zijn; gelijk keukenzout de in de zeeplijm aanwezige zeepen als kernzeepen neerslaat, wordt uit gesmolten gietijzer de koolstof door kiezel en boor verdrongen. En wat nog meer is, de nieuwe scheikundige werkingen, die in de pas geopende streken gebeuren, geven kostbare fingerwijzingen omtrent de wijzen, waarop stoffen, die in de aarde voorkomen als de verschillende soorten van koolstof, petroleum, enz., hebben kunnen ontstaan.

De beweegkracht, die de nieuwe terreinen voor de scheikundigen toegankelijk heeft gemaakt, is de elektriciteit. In warmte omgezet doet zij koolstaven zóó krachtig gloeien, dat in het elektrisch fornuis temperaturen van 3000° à 3500° worden voortgebracht. Nu eens heeft alleen de door omzetting van elektriciteit gevormde warmte scheikundige werkingen teweeg gebracht, dan weder heeft deze warmte de weerbarstige stoffen gesmolten en werden deze door de in scheikundig arbeidsvermogen omgezette elektriciteit elektrolytisch ontleed.

Zooals ook in dit *Album* gebleken is, is het elektrisch fornuis geen uitvinding van MOISSAN. SIEMENS heeft reeds verscheidene jaren geleden in het elektrisch fornuis zink uit zinkertsen afgescheiden; de gebroeders COWLES en hun elektrisch fornuis, waarin aluminiumbrons

werd bereid, werden in het *Album*¹ genoemd; bij de elektrolytische aluminiumbereiding te Neuhausen en elders wordt eveneens reeds jaren lang een elektrisch fornuis gebruikt. Tot afbeeldingen van dergelijke toestellen gaven, behalve de bereiding van aluminiumbrons door COWLES, aanleiding het carborundum² en het acetyleenlicht.³

MOISSAN is dus niet de uitvinder van de nieuwe toestellen; toch zijn de door hem gebruikte in menig opzicht nieuw. Zoo wijst hij er met nadruk op, dat de door hem verhitte stoffen zich in kroesjes bevinden beneden het elektrisch booglicht en dat zij dus niet aan de reduceerende werking van de koolstofdampen der elektroden zijn blootgesteld. Ook is het verschijnsel minder ingewikkeld, daar hier geen ontleding door een elektrischen stroom mogelijk is. De inrichting, zooals die hier is, maakt het mogelijk proeven volgens een bepaald plan gedurende korteren of langeren tijd, op grootere of op kleinere schaal te doen geschieden.

Als de stof, waarin de verhitting plaats moest hebben, werd eerst gebrande kalk en later kalksteen gekozen; de laatste ontleedt zich dan in koolzuur en gebrande kalk. De laatstgenoemde stof geleidt de warmte zóó weinig, dat eene plaat van eene dikte van 3 cM., waarvan de benedenkant gesmolten is en zóó sterk gloeit dat het oog den glans niet verdragen kan, aan den bovenkant zonder bezwaar met de hand kan worden aangevast. In zulke toestellen is het verlies aan warmte door uitstraling zeer gering.

Aan het gebruik van gebrande kalk zijn deze bezwaren verbonden, dat zij gemakkelijk wegsmelt, waardoor de ruimte in het fornuis steeds grooter wordt, en dat de koolstof van de kroes er bij de bestaande hooge temperaturen reduceerend op werkt. In deze opzichten zou gebrande magnesia boven gebrande kalk te verkiezen zijn; toch geleidt deze de warmte sterker, zoodat er meer warmte verloren gaat en de temperatuur minder hoog wordt. Om den invloed van de schadelijke eigenschappen der kalk weg te nemen bekleedt MOISSAN daarom den wand der holte, waarin het te verwarmen kroesje staat, met afwisselende lagen kool en gebrande magnesia, en wel zóó, dat de kroes op een laagje magnesia rust.

De elektroden van den elektrodynamo, die in het fornuis gestoken

¹ *Album der Natur* 1887, 121; 1888, 211.

² » » » 1894, 94 en 95.

³ » » » 1896, 219.

zijn, moeten van zeer zuivere retortenkool worden gemaakt. Ruwe retortenkool wordt fijngestampt en met zuren behandeld, opdat het ijzer zoo volledig mogelijk verwijderd wordt. Het zuur wordt door uitwasschen met water weggenomen; zorgvuldig wordt onderzocht, hoeveel asch de retortenkool bij verbranding achterlaat en elke elektrode wordt afgekeurd, die meer dan 1 pct. asch geeft. Het fijne koolpoeder wordt, nadat het uitgewasschen is, gegloeid en daarna met teer vermengd; de verkregen stukken worden onder een zeer hoogen en onveranderlijken druk gebracht, eindelijk zorgvuldig gedroogd en gegloeid.

De kroesjes werden in het begin uit een stuk retortenkool gedraaid; zij hadden het groote bezwaar, dat zij sterk in omvang toenamen, wanneer zij bij het gebruik in graphiet veranderden. Later werden de kroesjes van een agglomeraat gemaakt; door de geweldige hitte veranderden zij nu in een fijn viltwerk van plaatjes graphiet, dat eene voldoende stevigheid behield.

Behalve de bezwaren, die overwonnen moesten worden voordat de geheele toestel in orde gezet en in gebruik genomen kon worden, bracht elke proef, terwijl zij geschiedde, moeilijkheden mede. In het begin verspreidt zich een scherpe doordringende lucht, die voor de tegenwoordigheid van het vergiftige blauwzuur waarschuwt. De heete kool der elektroden werkt op den aanwezigen waterdamp en doet daarmede een weinig calciumoxyde en acetyleen ontstaan; tusschen dit laatste en de stikstof van de lucht, die in het begin den toestel vulde, heeft nu eene nieuwe scheikundige werking plaats, waarbij blauwzuur wordt gevormd. In de vlam, die uit de openingen naar buiten slaat, verbrandt ook dit gasvormig blauwzuur. De vlam bezit daardoor voor een poosje eene fraaie purperen kleur. Wanneer deze kleur verdwijnt, wordt er geen blauwzuur meer gevormd. Maar de glans, die het fornuis uitstraalt, is voor het ongewapend oog veel te sterk; menige elektrische zonnesteek heeft de oogen in het begin pijnlijk aangedaan en later waren de oogen der waarnemers door brillen met zeer donker-groene glazen beschermd.

Wederom een ander gevaar is aan het gebruik van fornuizen van kalksteen gebonden. De hitte maakt uit de koolzure kalk het koolzuur vrij, dat met de gloeiende kool der elektroden in den vergiftigen kolendamp wordt omgezet; alleen eene krachtige en zorgvuldige luchtverversching vermag de gevaren weg te nemen, die aan de inademing van dit schadelijke gas verbonden zijn.

De eenvoudigste vorm van het fornuis van MOISSAN wordt voorge-

steld door fig. 1. Het onderste stuk kalk was 16 à 18 cM. lang, 15 cM. breed en 8 cM. dik; het deksel had dezelfde oppervlakte en was 5 à 6 cM. dik. Bij stroomen van hoogere spanningen bedroegen de afmetingen 4 à 7 cM. meer.

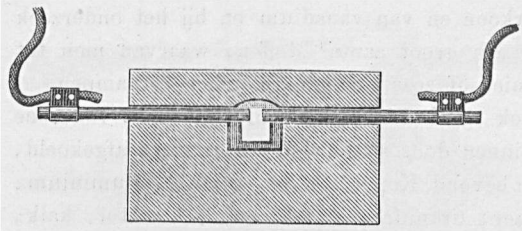


Fig. 1.

In zulk een fornuis smelt en verdampt ongebluschte kalk gemakkelijk; de gesmolten kalk stolt tot kristallen, die door water veel minder gemakkelijk worden aangetast dan gewone gebrande kalk. Ook de oxyden van strontium, baryum en magnesium worden gemakkelijk als kristallen verkregen. Bij magnesia of magnesiumoxyde bleek, dat het soortelijk gewicht in den vasten toestand hoe langer hoe meer toeneemt, naarmate de verhitting krachtiger was. Magnesia, die tot 350° verhit is geweest, heeft bij 20° een soortelijk gewicht 3.19; MOISSAN verkreeg door verhitting tot hoogere temperaturen soorten van magnesia, waarvan het soortelijk gewicht, bij 20° , 3.577, 3.589 en 3.654 bedroeg; de laatste was gesmolten geweest.

Uit mengsels van aluminiumoxyde en geringe hoeveelheden chroomoxyde worden kleine robijnen, uit ferrixyde werd vloeibaar magneetijzersteen verkregen. Dit laatste verbond zich evenals chroomoxyde en aluminiumoxyde gemakkelijk met de kalk.

Daar voor grootere toestellen geen stukken kalk van voldoende grootte konden verkregen worden, nam MOISSAN in plaats van kalk stukken fijnkorrelige koolzure kalk. De vorm van de toestel komt vrij wel met die van de vorige overeen. Wanneer het onderste stuk 10 cM. hoog, 18 cM. lang en 15 cM. breed was, kon het gebruikt worden voor een stroom, die door een dynamo van 4 paardekrachten geleverd werd; bij dynamo's van 45 en 100 paardekrachten werden de genoemde afmetingen van het onderste stuk van het fornuis in het eerste geval 15, 30 en 20 cM. en in het tweede geval 20, 35 en 30 cM. Hierbij werden kroezen van dezelfde soort als vroeger of ook wel van magnesia gebruikt; ook was het bij deze proeven dikwijls noodig den wand van de ruimte, waarin zich de kroezen bevonden, voor de gevolgen der sterke verhitting te beschutten door een bekleedsel van afwisselende lagen kool en magnesia.

Met zulk een fornuis werd gewerkt bij de kunstmatige bereiding

van diamant, bij de bereiding en de zuivering van chroom, uraan, wolfram, molybdeen, zirkoon en van vanadium en bij het onderzoek naar de verdamping van een groot aantal stoffen, waarvan men tot nog toe meende dat zij niet of zeer moeilijk konden verdampen.

Bij dit laatste onderzoek werd dikwijls gebruikt gemaakt van eene metalen buis, die van binnen door stroomend water werd afgekoeld, terwijl zij zich in de oven bevond. Koper, zilver, platina, aluminium, tin, goud, mangaan, ijzer, uranium, kiezel, boor, koolstof, kalk, magnesia, zirkoonarde, bergkristal (kiezeldioxyde) toonden door een aanslag tegen den buitenwand der zooeven genoemde metalen buis of op eene andere wijze, dat zij in damp waren overgegaan. De figuur 2

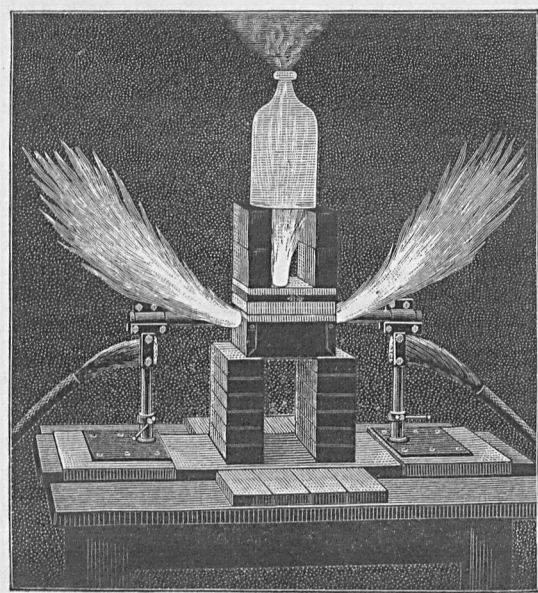


Fig. 2.

geeft er eene voorstelling van, hoe de dampen van het kiezeldioxyde zich buiten het fornuis tot een nevel verdichten en in een kolf zonder bodem opgevangen werden.

Ook worden in dit fornuis gemakkelijk gemaakt carborundum (verbinding van kiezel en koolstof), eene verbinding van boor en koolstof die nog harder dan carborundum is, gekristalliseerde carbiden

van calcium, baryum en strontium, aluminiumcarbid, gekristalliseerde boriden en siliciden, enz.

Een derde soort van fornuis werd door MOISSAN gebruikt voor proeven, waarbij hij de werking geheel wilde vermijden van het uit de koolzure kalk ontwikkelde koolzuur en die van den waterdamp, die afkomstig is van de vochtigheid van de gebruikte steenen, hoe goed deze ook gedroogd mochten zijn. De stof, die verwarmd wordt, bevindt zich hier binnen eene buis van koolstof, waarvan de inwendige middellijn afwisselt tusschen 5 en 40 mM.

De figuur 3 geeft eene voorstelling van dit fornuis. Uit een fijn-

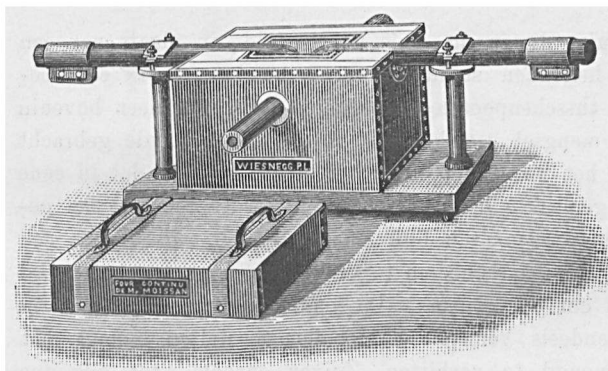


Fig. 3.

korrelligen steen, die zoo weinig mogelijk kiezel-aarde mag bevatten, wordt een blok gezaagd, dat den vorm van een parallelepipedum heeft, 15 cM. hoog, 30 cM. lang en 25 cM. breed. De holte hierin wordt met afwisselende

platen kool en magnesia bekleed. Deze holte en de groeven, waarin zich de elektroden bevinden (in de figuur van links naar rechts loopend), wordt naar boven afgesloten door een blok uit denzelfden steen. De buis van retortenkool (die in de figuur van voren naar achteren loopt) bevindt zich op een afstand van 1 cM. boven den lichtboog en van 1 cM. onder den deksteen. De retortenkool verandert geheel in graphiet; de kristallen hiervan blijven wel een dicht viltachtig weefsel vormen, doch de buis wordt langzamerhand poreus; de middellijn blijft steeds gelijk. De buis moet daartoe uit zeer zuivere kool vervaardigd zijn en mag nergens met de gebrande kalk in aanraking komen, hetgeen verhinderd wordt door een laagje magnesia.

Aan de uiteinden konden aan deze buis bevestigd worden stoppen van magnesia of puimsteen, waarin weder glazen buizen pastten. In deze glazen buizen werd opgevangen hetgeen in de buis van retortenkool ontstond, terwijl hierdoor een stroom van stikstof of waterstof werd gevoerd. Later hoopt MOISSAN de vruchten van dit onderzoek mede te deelen.

Reeds nu worden eenige uitkomsten vermeld. Zoo is uit den damp van koolstof en dien van kiezel zuiver carborundum verkregen; dit is in tegenstelling met het gewone onzuivere, dat fabriekmatig wordt bereid, volkomen kleurloos. Verder werden in dit fornuis gemaakt: gekristalliseerde verbindingen van ijzer, kobalt en nikkel met boor, zirkonium, zuiver aluminiumcarbid, carbiden van titaan en van de metalen der ceriumgroep. Verscheidene verbindingen van stikstof en metalen werden er in onderzocht. Calcium, strontium en baryum in

den vorm van fijne poeders worden door reductie van de oxyden verkregen.

Door aan de buis, die in fig. 3 is voorgesteld, in plaats van een horizontalen een hellenden stand te geven maakt MOISSAN een toestel, die zonder tusschenpoozen doorwerken kan. Wanneer bovenin voortdurend een mengsel van koolstof en een metaaloxjde gebracht wordt, vloeit uit het benedeneinde het vloeibare metaal, dat in eene in den kalksteen gemaakte holte opgevangen wordt. Zoo was het gemakkelijk met een stroom van 600 *ampères* en 60 *volts* binnen een uur bijna 2 K.G. vloeibaar chroom te verkrijgen. In het geheel werd ongeveer 20 K.G. chroom gemaakt. De koolstof, die hierin aanwezig was, werd grootendeels verwijderd door het gesmolten metaal met chroomoxyde vermengd te verhitten. Zuiver chroom, tot nog toe onbekend, ontstaat uit koolstofhoudend chroom en de verbinding, die chroomoxyde gemakkelijk met kalk geeft.

Eindelijk geeft MOISSAN de beschrijving van een fornuis, waarin de stroom zich over verscheidene bogen verdeelt. Aan de plaat, waarboven de bogen opgesteld zijn, wordt eene kleine helling gegeven; op het bovenste gedeelte van de plaat brengt men het mengsel van kool en het metaaloxjde. De hitte van de lichtbogen brengt de reductie van het oxyde te weeg; het naar beneden vloeiend metaal wordt van boven verhit door den gloed van een anderen boog, totdat het de opening bereikt, waardoor het wegvloeit. Zoo verkreeg MOISSAN bij ééne proef 10 K.G. gesmolten chroom en bij eene andere 12 K.G. gesmolten molybdeen.

Le Four Electrique is een blijvend gedenkteeken door MOISSAN opgericht. Het getuigt van den ijver en het talent van den onderzoeker, die in onbekende streken ontdekkingstochten heeft gedaan, waarvan de vruchten reeds in wijde kringen zijn bekend en waarvan de wetenschap zoowel als de nijverheid lang den zegenrijken invloed onder vinden zal.
