

DE ONTPLOFBAARHEID VAN ACETYLEEN.

DOOR

Dr. G. DOIJER VAN CLEEFF.

I

BERTHELOT, de ontdekker van acetyleen, heeft onlangs in de *Académie des Sciences* nog eens over dat gas het woord gevoerd om van een nieuw onderzoek verslag te doen. Daar dit onderzoek betrekking had op de ontplofbaarheid en dus de uitkomsten van groot gewicht kunnen zijn, nu het acetyleen als lichtgas aanbevolen en reeds in gebruik genomen wordt, worden de voornaamste uitkomsten hier opgenomen. Van de gevaren die aan het gebruik der nieuwe brandstof verbonden zijn (de ontploffing in de fabriek van PICTET, waarover straks zal gesproken worden, was eene geduchte waarschuwing) dient men den aard en den omvang te kennen, voordat de noodige maatregelen er tegen kunnen worden voorgeschreven. Met nog meer recht dan als den ontdekker van acetyleen zouden wij BERTHELOT hier als den man van de onderzoekingen naar verbrandingen van ontplofbare stoffen moeten noemen, om op groote belangstelling voor zijn arbeid te mogen rekenen.

Bij die vroegere onderzoekingen naar de ontploffing in gassen hadden BERTHELOT en VIELLE de ontploffing niet bestudeerd van gassen, die, omdat bij hun ontleding in grondstoffen warmte wordt voortgebracht, als acetyleen, *endothermische* verbindingen worden genoemd. De verbranding van de koolstof uit onze brandstoffen en van de zuurstof uit de lucht brengt koolzuur voort, terwijl de daarbij ontwikkelde warmte de koude uit onze vertrekken verdrijft; koolzuur heet daarom eene *exothermische* verbinding. Bij de vorming van acetyleen uit de grondstoffen koolstof en waterstof zou het tegenovergestelde gebeuren; aan die grondstoffen moet dan arbeidsvermogen worden toegevoegd.

Toen BERTHELOT ruim veertig jaren geleden uit koolstof en waterstof acetyleen trachtte samen te stellen, heeft hij op onderscheiden wijzen beproefd die grondstoffen arbeidsvermogen te doen opnemen. De meeste van die pogingen waren vruchteloos; verhitting van koolstof, waarover waterstof werd gevoerd, tot roodgloeiens toe, vereeniging van het zonlicht door eene groote lens, terwijl door waterstof omgeven koolstof zich in het brandpunt van die lens bevond, blootstelling van koolstof en waterstof aan lange en smalle of korte en breede vonken, die door eene groote inductieklos voortgebracht werden, dit alles geschiedde zonder vrucht; noch warmte, noch licht, noch electriciteit in dezen vorm vermocht het arbeidsvermogen te geven, dat koolstof en waterstof voor haar vereeniging tot acetyleen noodig hadden. Daarentegen had die vereeniging of synthese van acetyleen plaats, toen tusschen twee koolstofspitsen, die in eene met waterstof gevulde ruimte stonden, vonken oversprongen, die door eene galvanische batterij werden geleverd. Deze soort van electriciteit schonk aan koolstof en waterstof het voor de verbinding noodige arbeidsvermogen; wanneer nu acetyleen in de genoemde grondstoffen wordt ontleed, wordt eene hoeveelheid warmte vrij, die als arbeidsvermogen met de verbruikte electriciteit gelijk staat.

Ongeveer vóór een jaar heeft L. MAQUENNE de eerste proeven ontrent de voortplanting van de ontploffing in het endothermische acetyleen genomen. Hij liet knalkwik in acetyleen ontbranden. Zoolang de hoeveelheden knalkwik niet grooter waren dan 0.2 gram, bevond zich het acetyleen in eene glazen flesch van 1 L. inhoud; de ontbranding van het knalkwik deed een gedeelte van het acetyleen zich ontleiden in koolstof en waterstof, maar er volgde geen ontploffing; de ontleding bleef beperkt tot de naaste omgeving van de vlam; meer dan 90 pct. van het acetyleen bleef onveranderd over.

Voor proeven met grootere hoeveelheden knalkwik dienden 10 M. lange looden buizen met 3 cM. inwendige middellijn en 5 mM. dikke wanden; aan het eene einde was de buis gesloten, terwijl het andere einde in verbinding was gebracht met een door dik brons omgeven ruimte, waarbinnen zich het knalkwik bevond; ook waren het hier de uiteinden van de geleidraden der batterij, wier werking eene vonk moest voortbrengen, die het knalkwik deed ontbranden. Eene lading van 0.5 gram veroorzaakte de ontleding slechts van een gering gedeelte van het acetyleen; het gas, dat zich in de looden buis op een afstand van 1 M. van het open eind bevond, bevatte slechts zeer

weinig acetyleen minder dan vóór de proef voorhanden was. Met ladingen van 1 gram en 1.5 gram knalkwik zette de ontleding van het acetyleen zich wel tot op grooteren afstand van het open einde der buis voort, maar van het acetyleen bij het gesloten einde bleef eene aanmerkelijke hoeveelheid over. In buizen met eene inwendige middellijn van 3 M. plant dus de ontleding zich niet door de geheele hoeveelheid acetyleen voort; het gas is in die buizen niet bijzonder gevaarlijk, hoewel op korteren afstand van het punt, waar de ontbranding geschiedt, de ontleding eene vernielende werking kan hebben.

Bij deze proeven van MAQUENNE verkeerde het acetyleen in de buizen onder de drukking van één atmosfeer. BERTHELOT en VIEILLE hebben thans de zaak opgenomen en het acetyleen aan grootere drukkingen blootgesteld, voordat een gedeelte er van tot ontbinding werd gebracht. Hunne ervaring was, dat onder drukkingen van meer dan twee atmosferen acetyleen tot de ontplofbare stoffen behoort; de ontleding plant zich dan door de geheele hoeveelheid van het gas voort.

Zij gebruikten 4 M. lange buizen van staal met eene middellijn van 2 cM.; in het gas bevond zich een metalen draad (van platina of van ijzer), die tot roodgloeihitte kon worden gebracht. Wanneer dit geschiedde, werd een gedeelte van het gas ontleed en binnen een tijd van hoogstens 75.8 duizendste van eene sekonde was het gas door de geheele buis heen ontleed; bij acetyleen, dat een druk van 21.13 K.G. per cM². uitoefende, verminderde deze tijd tot 16.4 duizendste van eene sekonde.

De warmte-ontwikkeling, die met de ontleding van het endothermische acetyleen gepaard gaat, verhoogt de temperatuur van het gas; dit zou zich dientengevolge uitzetten, maar de vaste wand der buis houdt zulks tegen. Het verwarmde gas oefent dus een krachtige drukking tegen den binnenwand der buis uit.

Deze drukking, die oogenblikkelijk voorhanden is, werd door BERTHELOT en VIEILLE gemeten. Bij twee proeven, waarbij het gas eerst een drukking van 2.23 K.G. op een oppervlakte van 1 cM². uitoefende, was de drukking later 3.93 en 4.81 maal zoo groot. Bij drie proeven, waarbij de oorspronkelijke drukking op 1 cM². 5.98 K.G. bedroeg, werd hij ten gevolge van de ontploffing ongeveer zevenmaal zoo groot; bij andere proeven, waar eerst op 1 cM². drukkingen van 11.23 en 21.13 K.G. aanwezig waren, vermeerderden zij tot een bedrag van 8.24 à 8.00 maal en 10.13 maal de oorspronkelijke drukking.

Wanneer de stalen buis na afloop van de ontploffing opengemaakt werd, was zij vol poedervormige koolstof en bevatte verder als gas zuivere waterstof. Er had dus eene volkomene ontleding plaats gehad. Berekeningen van de hoeveelheden warmte, die uit het acetyleen vrij konden worden, van de temperatuur, die het overblijvende gas daardoor verkrijgen kon, en van de drukking, die in de buis heer-schen moest, gaven eene uitkomst, die met den uitslag der proef zeer goed overeenstemde.

De grootste drukking, waaronder het gasvormig acetyleen bij deze proeven verkeer-d had en waarbij het gloeien van den metaaldraad in 16.4 en 18.2 duizendsten van eene seconde volkomen ontleding van het gas had bewerkt, was ongeveer gelijk aan de helft van de drukking, waaronder gasvormig acetyleen verkeert, dat boven vloeibaar acetyleen in eene buis de overige ruimte verzadigt.

Ook in vloeibaar acetyleen plant zich de ontleding voort. In een stalen bom met een inhoud van 48.96 cM³. werd 18 gram vloeibaar acetyleen gedaan. De verwarming geschiedde op dezelfde wijze als bij de bovengenoemde proeven. De drukking bedroeg niet minder dan 5564 KG. op een cM²., zoodat de kracht der ontploffing weinig verschilt van die van schietkatoen. De koolstof, die uit het acetyleen gevormd was, was tot een stuk samengeperst, dat op de schelpachtige breuk glanzend was.

In vergelijking met den tijd, die verloopt voordat de maximum-drukking bij ontploffing van gasvormig acetyleen is bereikt, mag de hiervoor noodige tijd bij vloeibaar acetyleen lang worden genoemd.

BERTHELOT en VIEILLE leiden te recht uit hunne proeven af, dat belangrijke hoeveelheden gasvormig of vloeibaar acetyleen, die onder groote drukking verkeer-en en zich binnen eene onveranderlijke ruimte bevinden, gevaar loopen eene volkomene ontleding te ondergaan, wanneer ten gevolge van de eene of andere oorzaak op één punt die ontleding begint en daardoor de temperatuur aanzienlijk wordt verhoogd. Door welke oorzaken het begin van zulk eene ontleding kan worden te weeg gebracht, verdient nagegaan te worden.

Ook van een onderzoek in deze richting wordt gewag gemaakt. Stalen ontvangers van 1 L. inhoud, die gasvormig acetyleen onder een drukking van 10 atmosferen of die 300 G. vloeibaar acetyleen bevatten, liet men vallen van eene hoogte van 6 M. of zij ontvingen den schok van een heiblok van 280 KG., dat 6 M. hooger losgelaten werd.

De uitkomsten worden in de volgende woorden samengevat.

1^o. Geen enkele ontploffing deed zich voor bij de dikwijls herhaalde proeven, waarbij de ontvangers vielen op metaal.

2^o. Wanneer de ontvangers met gasvormig acetyleen door het heiblok verbrijzeld werden, had geen enkele maal eene ontploffing of ontbranding plaats.

3^o. Toen het heiblok neergevallen was op den ontvanger met vloeibaar acetyleen en dezen verbrijzeld had, volgde een oogenblik later eene ontploffing. Deze was hoogst waarschijnlijk aangestoken door de aanraking van vonken van het getroffen metaal met het mengsel van acetyleen en lucht, dat ontstaan was, nadat de flesch gesprongen was. De flesch was wel stuk, maar niet verbrijzeld; ook was de binnenrand der stukken niet bedekt met een aanslag van koolstof, zooals het geval had moeten zijn, wanneer binnen de flesch eene ontleding van acetyleen had plaats gehad.

4^o. Een ontvanger van smeedijzer met gasvormig acetyleen werd getroffen door een kogel, die den voorsten wand doorboorde en den achtersten wand indeukte. Er volgde geen ontploffing.

5^o. Daarentegen werd een ijzeren flesch geheel verbrijzeld, toen 1.5 gram knalkwik ontbrandden midden in vloeibaar acetyleen. In dit geval waren de overblijfselen der flesch bedekt met koolstof.

Eindelijk wijzen BERTHELOT en VIEILLE op eenige omstandigheden, die bij de bereiding of bij het gebruik van acetyleen de oorzaak er van kunnen zijn, dat de temperatuur hier of daar wordt verhoogd.

1. Zij herinneren aan de ervaring, die PICTET verkreeg, dat de werking van water op eene overmaat van calciumcarbid veel warmte geven kan. Dit geeft reden tot de vrees, dat ook wanneer eene overmaat van water op het carbid werkt, hier of daar het water niet behoorlijk doordringt, zoodat een gedeelte der stof zóó heet wordt, dat zij al het gevormde en onder drukking gehouden gas tot ontploffing brengt.

Misschien worden dan door sterke verhitting van een gedeelte van het acetyleen eerst polymeren hiervan gevormd: benzol, styrol, dihydronaphtaline, enz.

Gevaren, die in deze omstandigheid haar oorzaak vinden, heeft men alleen te duchten bij de bereiding van acetyleen, niet bij het gebruik van deze stof in samengepersten of vloeibaren toestand.

2. Het volgend gevaar zou aan het gebruik van samengeperst of vloeibaar acetyleen verbonden kunnen zijn. Bij het vullen van de cilin-

ders kan het gas eene plotselinge samenpersing ondergaan of bij het uitlaten van acetyleen uit de cilinders kan de spanning zóó krachtig toenemen in de ruimte, waarin het voor dadelijk gebruik bestemd gedeelte overgebracht wordt, dat de temperatuursverhooging, die daarvan het gevolg is, de óorzaak van een ongeval wordt.

Het uitstroomen van het acetyleen moet dus steeds geleidelijk geschieden en de thermometer dient geraadpleegd te worden, hoe het met de temperatuur gaat. Wanneer men eenmaal weet, welke voorzorgen men nemen moet, kan dit gevaar ontweken worden.

3. De schok, die een flesch of cilinder doet breken, zal zelf geen ontploffing van het gas veroorzaken, maar zal toch een ongeluk ten gevolge kunnen hebben, wanneer stukken ijzer zóó sterk tegen elkander of tegen andere metalen voorwerpen aanstooten, dat er vonken uitspringen.

Ook hier is voorzichtigheid een eerste plicht.

Hoezeer BERTHELOT zich verplicht gevoelt op al de bezwaren te wijzen, hij eindigt toch met de aanbeveling, dat de voordeelen van de nieuwe verlichting groot genoeg zijn en ruimschoots opwegen tegen de bezwaren, die aan een voorzichtig gebruik verbonden zijn.

De ervaring, waarvan de mededeeling van BERTHELOT sprak, zal men ten nutte kunnen maken, wanneer het noodig wordt wettelijke bepalingen te maken voor het bewaren van calciumcarbid en van vloeibaar acetyleen. Zoo iemand, dan is deze Fransche scheikundige de man, bij wien men in zulke zaken zijn licht ontsleeft.

In den loop van dit jaar gaf ook nog H. LE CHATELIER nieuws omtrent de verbranding van acetyleen. Daaraan ontleenen wij alleen dit, dat mengsels van lucht en acetyleen ontplofbaar zijn, zoodra de hoeveelheid acetyleen minstens 2.8 pct. van het mengsel bedraagt. Wanneer de hoeveelheid acetyleen grooter wordt, verdwijnt de ontbrandbaarheid bij een hoeveelheid acetyleen van 65 pct. De laagste temperatuur, waarbij de ontbranding van zulk een ontbrandbaar mengsel tot stand komt, ligt bij ongeveer 480°.

II

Op denzelfden dag, waarop fransche dag- en weekbladen een kort overzicht gaven van het door BERTHELOT en VIEILLE in de kruitfabriek van Sevrans-Livry verricht onderzoek naar de omstandigheden, waaronder acetyleen eene gevaarlijke ontplofbare stof wordt, had in het laboratorium van RAOULT PICTET een ernstig ongeval plaats.

Op Zaterdag 17 October tegen half twee had daar eene geweldige ontploffing plaats. Gelukkig waren de meesten van het werkvolk nog afwezig; drie slachtoffers had de ramp; twee van hen werden geheel verscheurd teruggevonden, terwijl de derde, een stoker, zeer ernstige wonden bekwam, die geen gevaar voor zijn leven medebrachten. De schok was zóó hevig, dat aan de huizen, die zich binnen een afstand van 100 M. van het laboratorium bevonden, geen ruit heel bleef.

Van wege de rechtbank werd het onderzoek naar de oorzaak van de ramp opgedragen aan GIRARD, hoofd van het scheikundig laboratorium der stad Parijs, en aan VIEILLE, *directeur des poudres et salpetres*; de laatste is dezelfde van wiens medewerking in het voorgaand opstel gesproken wordt. EMILE GAUTIER stelde ook een onderzoek in, waarvan hij op 20 October verslag gaf in de *Figaro*.

De ontploffing had plaats gehad in eene van nikkelhoudend staal gemaakte bus met vloeibaar acetyleen. Het vermoeden dat men eerst koesterde, namelijk dat het ongeluk teweeg gebracht zou zijn doordien een der beide gedooide werklieden eene vlam zou gebracht hebben in de nabijheid van eene bus, die ledig heette en waaruit een weinig acetyleen ontsnapt zou zijn, terwijl hiervoor in de plaats lucht naar binnen ging, werd niet bewaarheid; de stoker, de eenige getuige, had ternauwernood zijne kameraden verlaten, toen het ongeluk gebeurde, en hij had niet gezien, dat zij eene vlam gebruikten; ook was de hoeveelheid koolstof, die als een aanslag tegen de voorwerpen in de omgeving zat, zóó groot, dat er eene groote hoeveelheid acetyleen ontploft moest zijn.

Had men dadelijk stukken van eene stalen bus gevonden, die als een blad karton gewrongen en gescheurd was, den volgenden dag vond men een stuk, waaraan het nummer van de bus nog te zien was. Nu kon vastgesteld worden, dat deze bus den 4^{den} Augustus gevuld en naar Brussel gezonden was en dat zij den 13^{den} October met 74 andere bussen van daar te Parijs terugkwam. Men schijnt te mogen aannemen, dat deze bus nog gedeeltelijk gevuld was met vloeibaar acetyleen, toen zij uit Brussel teruggestuurd werd. GAUTIER houdt het er voor, zooals hij op 20 October in de *Figaro* schrijft, dat de werklieden bezig geweest zijn met kracht de sluiting van de bus los te schroeven, dat dit moeilijk ging omdat er roest tusschen de sluiting zat of om eenige andere reden. Door de wrijving is het metaal heet geworden en eene vonk van dit gloeiend metaal heeft wellicht, zooals het gloeiend platina of ijzer bij de proeven van BERTHELOT en

VIEILLE, een gedeelte van het vloeibaar acetyleen tot ontploffing gebracht. De warmte-ontwikkeling, die het gevolg van deze ontleding van het endothermisch acetyleen was, heeft de geheele hoeveelheid doen ontploffen.

Gelukkig bleef de ontploffing tot het acetyleen van de ééne bus beperkt. In hetzelfde lokaal bevonden zich dertig andere bussen, elk met 120 L. vloeibaar acetyleen, en bovendien waren er twee gas-ketels in de nabijheid, die elk een inhoud van 36000 L. hadden en waarvan één ongeveer 25000 L. gas bevatte; de wand van al deze toestellen bleef ongedeerd, zoodat het acetyleen niet ontplofte. Om de menschen, die in de nabijheid woonden in de Rue Championnet en in andere buurten van de wijk Montmartre, gerust te stellen, heeft men al de met acetyleen gevulde toestellen geledigd.

GAUTIER schrijft op 20 October, dat hij gegronde redenen heeft voor de meening, dat de commissie van deskundigen tot dezelfde slotsom kwam als hij.

Het rapport van de heeren GIRARD en VIEILLE laat echter nog op zich wachten. Op 30 October wordt daaromtrent in de *Figaro* geschreven, dat, ofschoon het verslag nog niet uitgebracht is, het toch bekend is, dat zij twee mogelijke oorzaken voor de ramp zien. Volgens de eerste onderstelling zou de werkman niet de noodige omzichtigheid hebben in acht genomen bij het losschroeven van het deksel, waarmede de opening van de bus gesloten was; zooals wij hoorden is dit ook de meening van GAUTIER. Eene tweede oorzaak, die volgens GIRARD en VIEILLE de aanleiding tot het onheil kan zijn geweest, zou hierin bestaan, dat de deksel van koper is geweest en dat men chloorammonium gebruikte om door een volkomen afsluiting het ontsnappen van acetyleen te verhinderen. Dientengevolge zou acetyleenkoper kunnen zijn ontstaan, sinds lang bekend als eene gevaarlijke ontplofbare stof; bij het losschroeven zou dan de ontploffing begonnen zijn met de ontleding van dit acetyleenkoper.

GIRARD en VIEILLE stellen zich nog voor eene reeks van proeven te doen, die hun vrijmoedigheid zal geven de oorzaak van de ramp aan het eene of aan het andere verschijnsel toe te schrijven.

Voor de jeugdige industrie van het acetyleenlicht is deze ontploffing een zware slag. Ontploffingen met steenkolengas, die krachtig van het gevaarlijke hiervan getuigen, zullen in den tegenwoordigen tijd minder indruk maken, nu ongelukken met dit gas betrekkelijk zeldzaam zijn bij het menigvuldig gebruik, dat men er van maakt en waarbij men lang-

zamerhand geleerd heeft, hoe men er voor zorgen kan dezen geduchten vijand te vriend te houden. Zoo is het ook gegaan met de in den aanvang zoo hevig bestreden petroleum; het groot aantal branden, dat door omgevallen brandende petroleumlampen veroorzaakt wordt, zal deze brandstof niet meer uit onze woningen verdrijven. Wat nieuw is, heeft in den aanvang krachtig te strijden om voor zich een gedeelte van het terrein te winnen. Dubbel moeilijk wordt de strijd, wanneer het gevaarlijke zich dan op zoo geduchte wijze openbaart als in het laboratorium van PICTET het geval was.

Reeds voordat de deskundigen hun rapport hebben uitgebracht, achten sommigen de zaak van het acetyleenlicht verloren, althans wanneer het volgend bericht in de *Figaro* van 1 November waarheid bevat.

Een socialistisch lid van den gemeenteraad van Parijs heeft tot den heer LÉPINE, prefect van politie, eene interpellatie gericht naar aanleiding van de ramp in de rue Championnet. De prefect heeft hierop geantwoord, dat de inrichting van PICTET niet weder zal worden geopend. Zonder het verslag van de heeren GIRARD en VIEILLE af te wachten, heeft de *Conseil d'État* de acetyleenfabriek gezet op de eerste rij van gevaarlijke instellingen. Volgens de *Figaro* zou er zelfs sprake van zijn, dat PICTET in rechten zou worden betrokken, omdat hij wel toestemming had gevraagd voor de oprichting van eene fabriek, waarin toepassingen van lage temperaturen zouden worden gemaakt, maar niet om daarin vloeibaar acetyleen te maken.

Wanneer zulke maatregelen zoo voorbarig worden genomen, mag men het er voor houden, dat het gezond verstand niet mede geraadpleegd is. GAUTIER zegt, dat de bovengenoemde meening van BERTHELOT nog haar waarde behoudt. Van bussen die vloeibaar acetyleen hebben bevat, mag de bus volstrekt niet worden opengeschroefd, voordat zij volkomen geledigd zijn, dit heeft de ramp geleerd. Zoolang de bus vloeibaar acetyleen bevat, verkeert het daarboven staand gas onder hooge drukking en is acetyleen eene gevaarlijke stof. Dat men hierop letten moet, behoeven trouwens alleen zij te weten, die met het vullen van die bussen worden belast; de gebruikers worden aan dit gevaar niet blootgesteld en behoeven geen middelen toe te passen om zich er tegen te wapenen.