



Chemische stoom

We kennen allemaal het ontstaan van stoom door water in een gesloten ketel te verwarmen. Toch kan het ook anders. De chemische reactie van waterstofperoxide en kaliumpermanganaat levert ogenblikkelijk hete, zuurstofrijke stoom op. Kaliumpermanganaat (KMnO_4) is een anorganische verbinding van kalium en mangaan. Deze verbinding ziet er uit als paarse kristallen die goed in water oplossen. De stof is een sterke oxidator. Waterstofperoxide (H_2O_2) is een anorganische verbinding van waterstof en zuurstof. Na de reactie blijft er een bruinachtig water over. De kleur ontstaat door bruinsteen, of mangaanoxide.

(Zie YouTube op de trefwoorden: “waterstofperoxide en kaliumpermanganaat”).

Liefhebbers van de chemie kunnen op internet allerlei formules en het reactieverloop vinden. Aan de hand van onderstaande drie casussen maken we kennis met chemische stoom.

Casus 1: Don't try this at home!

We schrijven 1975. In mijn donkere kamer was kaliumpermanganaat aanwezig dat ik gebruikte om bleekbaden te maken voor foto's. Bij de drogist kon ik geconcentreerde waterstofperoxide kopen, ik meen 35% sterk.

Goed... Aan de slag! Twee kristalletjes in een glas waterstofperoxide gaf een leuk effect.

Daarna pakte ik een erlenmeyer uit de doka en deed er nu zes korreltjes erin. De stoomstraal spoot nu recht omhoog. Tja... wel een beetje erg hoog. Deze proef eindigde in de noodzaak om het plafond van de keuken in mijn flatje opnieuw te witten.

In mijn presentatie over de V2 heb ik een YouTube filmpje met deze reactie opgenomen en de bovenstaande waarschuwing erbij. Deels als grapje, maar toch...



[V1]

Casus 2: de Dampferzeuger

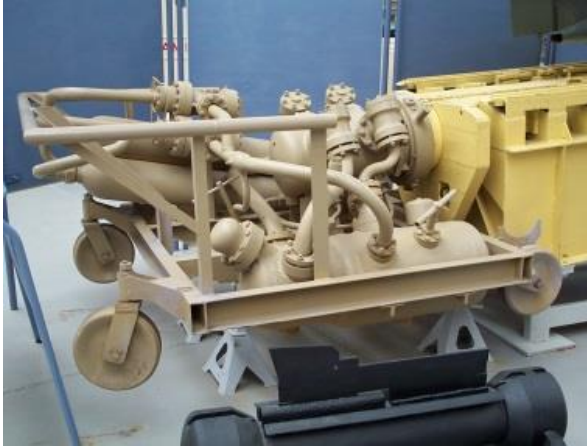
Het Duitse “Vergeldingswapen” V-1 was een onbemand vliegtuig met een 1000 kg springlading in de neus. Het doel was doorgaans Londen of Antwerpen. Het toestel had een gyrokompas om de juiste richting en hoogte aan te houden en in de neus zat een klein propellertje met een telwerk eraan. Bij een bepaald aantal omwentelingen zorgde dat ervoor dat het hoogteroer werd omgeklapt en daarna dook de bom recht naar beneden om vervolgens bij contact met de grond te ontploffen.

De V-1 had een bijzondere straalaandrijving, al was het min of meer een wergwerpmotor met een levensduur van ongeveer een half uur. Die *puls-motor* was een heel eenvoudig apparaat. In feite ging het om een pijp met een verdikking aan de voorkant. Helemaal voorin zat een rooster met scheermes-dunne vlinderklepjes. Tijdens de vlucht kwam er lucht via de klepjes in de verbrandingskamer, er werd benzine bijgevoegd en aangestoken. De dan volgende explosie drukte de klepjes dicht en de gassen verlieten de motor door de achterzijde van de straalpijp. Daarna herhaalde dit proces zich. De lengte van de buis



Hans Walrecht

bepaalde het aantal explosies per seconde en dat was rond de 47. In feite werkte het als een orgelpijp, die in dit geval een frequentie van 47 Hz had, vandaar dat aantal explosies.



[De lichtbruine Dampferzeuger en plunjer]

Nu had die motor een goede beginsnelheid nodig. Hij was weliswaar -stilstaand- met perslucht te starten, maar liep dan nog niet goed. Om aan de juiste snelheid te komen werd de V-1 gelanceerd vanaf een soort skischans, die uit losse delen werd samengesteld. In die structuur liep een buis met een sleuf. In de buis zat een plunjer waarvan een zijarmpje door de sleuf stak. Dat gedeelte was verbonden met de V-1 en de start verliep eigenlijk niet veel anders dan die van een straaljager op een vliegakamp. De plunjer werd naar buiten gedreven door stoom. Aangezien men acuut veel druk nodig had, werd er gebruik gemaakt van chemische stoom. Daarvoor werd aan de onderste opening van de buis een *Dampferzeuger* gekoppeld. In die *Dampferzeuger* werden kaliumpermanganaat en waterstofperoxide samengevoegd, met stoom onder grote druk als gevolg.



[V1 skischans met plunjer]

Aan het einde van de schans vloog de plunjer vrij naar buiten en kwam ergens in het veld terecht. De V-1 vloog meestal door, maar soms ook niet. Een serie bomkraters op een rij verried dan op zeker moment de ligging van de schans. Tijd voor de RAF om een paar bommenwerpers langs te sturen. De V-1 terreur begon een week na D-Day, op 13 juni 1944.



Casus 3: de V-2

De V-1 en de V-2 werden gelijktijdig door de Duitsers ontwikkeld. De V-2 begon zijn ontregelende werk op 7 september 1944 met een dubbellancering vanuit de Koekoekslaan in Den Haag. Dat kon, omdat men van mobiele lanceerinstallaties gebruik maakte. Na een lancering werd alles heel snel ontmanteld, zodat gealarmeerde jachtvliegtuigen niets meer konden uitrichten tegen dit gevaar. Het enige bewijs voor een lancering vormde het verschroeide wegdek en de geblakerde onderzijde van bomen. Bovendien was er geen herfstblaadje meer te zien...

In tegenstelling tot de V-1 was de V-2 een echte raket. Ook dit wapen had een springlading van 1000 kg in de neus. De motor werkte tot een hoogte van ongeveer 40 km. Dan werd hij uitgeschakeld en de raket schoot vervolgens door naar een hoogte van 80 km. Daarna vloog hij in een parabolische baan als een grote artilleriegranaat naar Londen of Antwerpen. Met een snelheid van omtrent 3000 km/h kwam de V-2 dan op zijn doel terecht. Je hoorde hem absoluut niet aankomen. Een enkeltje Den Haag-Londen duurde maar iets meer dan vijf minuten...

De V-2 bereikte dus een hoogte waar nauwelijks nog zuurstof voor de verbranding was. Raketten nemen dan ook naast hun brandstof, in dit geval alcohol, ook zuurstof mee (of een andere oxidator). De V-2 had een stuwkracht van 25 ton en die bracht hem in ongeveer 60 seconden op de juiste hoogte. Daar was nog al wat geweld voor nodig. In die korte periode verbruikte de raket 4900 kg zuurstof en 3700 kg alcohol. Omgerekend per seconde 72 kg zuurstof en 58 kg alcohol. Beide stromen werden door een dubbele pomp geleverd, maar het benodigde vermogen was erg groot.



De stoomgenerator van de V2. De rugbybal bevat de waterstofperoxide en de kleinere tank daaronder kaliumpermanganaat. Het kleine vat daarachter is de eigenlijke stoomgenerator.

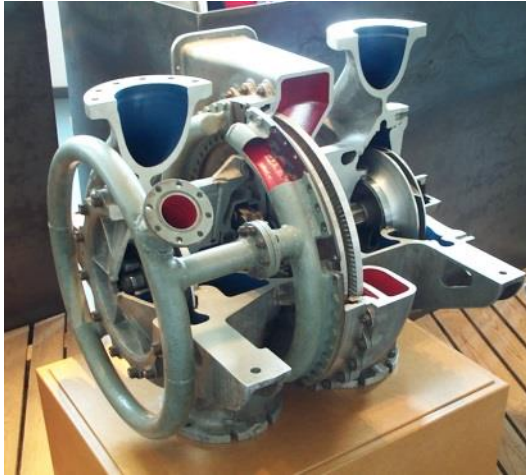
Ook hier kwam de reactie van waterstofperoxide en kaliumpermanganaat weer goed van pas. De Duitsers noemden deze stoffen respectievelijk *T-Stoff* en *Z-Stoff*. Een grote rugbybal-vormige tank bevatte 175 kg waterstofperoxide en een tank met een mengsel van 21 kg kaliumpermanganaat en water, in een verhouding van 1 op 3.

De reactie van waterstofperoxide en kaliumpermanganaat leverde chemische stoom op bij een druk van 32 bar een temperatuur van 400 graden C. Dat was genoeg om de



Hans Walrecht

stoomturbine een vermogen van 580 pk te laten leveren. De alcoholpomp leverde de brandstof aan de motor bij druk van 23 bar. Voor de zuurstof was dit 17,5 bar. Door bijna 3400 gaatjes werden de vloeistoffen in de raketmotor gespoten, om zodoende een goede verdeling te krijgen.



In de foto van de pompen is links de vloeibare zuurstofpomp, in het midden de turbine en rechts de alcohol pomp.

Net als bij de huidige raketten was de V-2 d.m.v. een kabelmast met de controlekamer verbonden. Hiermee werden de accu's opgeladen en de commando's gegeven zolang de raket nog op de grond stond. Een speciaal gepantserd voertuig diende als controlekamer en via een smalle spleet kon men de lancering waarnemen. Na het startsignaal werden er kleppen geopend en de brandstoffen liepen door de zwaartekracht naar de raketmotor. Ontsteking geschiedde door een draaiend stuk vuurwerk in de motoruitlaat. Als de vlam er goed uitzag, werd de stoomgenerator gestart door samengeperste luchtdruk (*P-Stoff*) op de tanks te zetten, de hoofdkleppen te openen, waarna de reactie op gang kwam. In een fractie van een seconde werd de maximale stuwkracht bereikt. De verbinding met de lanceerwagen was nu verbroken en de raket verhief zich vanaf het startplatform en boog na 4 seconden in de juiste stand om de tocht naar Antwerpen of Londen te beginnen.

Drie ingebouwde gyroscopen zorgden voor de juiste stand tijdens de vlucht en een versnellingsmeter gaf het signaal om de stoomproductie te stoppen, op 40 km hoogte. Daarmee werd ook de raketmotor uitgeschakeld.

Zolang de raketmotor werkte kon hij bestuurd worden met grafiet vanen in de uitlaatgassen. Die bogen de straal iets af. Voor hoge snelheden waren er kleine roertjes. De vanen waren dan inmiddels al weggebrand...

Totaal zijn er ruim 6100 V2's gebouwd.



In het mooie V2 museum "La Coupole" bij Wisant in Noord-Frankrijk is o.a. een compleet "motorblok" te zien, met links de rugbybal-tank, daarnaast de pompen. De zuurstof wordt in de kop van de motor gepompt en de alcohol in de zijkant van de uitlaat. Die koelt dan eerst de wand van de raketmotor om vervolgens via de kop van de motor in de verbrandingsruimte te komen.



Hans Walrecht

Na de Tweede Wereldoorlog kregen de Duitse raketwetenschappers een aanbod dat zij niet konden weigeren: werken voor de Amerikanen. Von Braun en zijn team bouwden een vergrote V-2, de Redstone. Hiermee werd de eerste Amerikaanse astronaut Al Shepard gelanceerd. Daarna was het afgelopen met chemische stoom.

De pompen worden tegenwoordig aangedreven door een gedeelte van de brandstof (kerosine of vloeibare waterstof) en vloeibare zuurstof in een aparte verbrandingskamer om te zetten in heet gas, dat de pompturbines aandrijft.

Bij de Europese Ariane raket (versie 1 t/m 4) werden *hypergole* brandstoffen gebruikt. Dat zijn stoffen die heet gas opwekken als ze samengevoegd worden. Doorgaans zijn het *hydrazine* derivaten met als oxidator *distikstoftetraoxide*. Een mond vol, maar het voordeel van deze brandstoffen is dat ze niet tot zeer lage temperaturen gekoeld hoeven te worden. Helaas is deze proef niet in de keuken te herhalen. Veel te gevaarlijk...

Hans Walrecht