

TECHNISCHE HOGESCHOOL DELFT

LUCHTVAART- EN RUIMTEVAARTTECHNIEK



TECHNISCHE HOGESCHOOL DELFT  
AFDELING DER LUCHTVAART- EN RUIMTEVAARTTECHNIEK

Memorandum M-383

Verslag van bezoeken van  
IMI-Summerfield, Kidderminster,  
PERME, Westcott

H.F.R. Schöyer

Delft - Nederland  
oktober 1980

Verslag van een studiereis naar IMI-Summerfield (Kidderminster) en het Propellants, Explosives and Rocket Motor Establishment, PERME (Westcott).

### 1. Inleiding

Op 23 september 1980 werd een bezoek gebracht aan Summerfield Research Station van de Imperial Metal Industries (Kynoch) Ltd. Aansluitend werd op 24 en 25 september een bezoek gebracht aan het Propellants, Explosives and Rocket Motor Establishment te Westcott (bij Aylesbury).

### 2. IMI-Summerfield

Het Summerfield Research Station wordt voor de Britse regering geleid en bestuurd door IMI. Summerfield Research Station houdt zich bezig met onderzoek, ontwikkeling en produktie van double base raketmotoren. De produktie omvat: complete raketmotoren, straalpijp besturingsinstallaties, en het gieten van stuwstofladingen. Geëxtrudeerde double base ladingen en composiet stuwstofladingen worden elders (bij PERME) gemaakt. In zijn soort behoort Summerfield Research Station tot de grootste fabrieken op dit gebied in West-Europa.

#### Onderzoek en ontwikkeling

Bij het bezoek viel de nadruk op onderzoek- en ontwikkelingsaspecten in de rakettechniek.

Verbrandingsinstabiliteit wordt regelmatig waargenomen in raketmotoren.

Om deze instabiliteit te onderdrukken is bij IMI-Summerfield een methode ontwikkeld waarbij (kleine inerte, hoog smeltende) deeltjes, zoals metaalpoeder of SiC poeder, door de stuwstof worden gemengd.

Deze techniek blijkt in veel gevallen zeer effectief te zijn. De werking echter komt niet altijd overeen met wat op grond van de theorie zou worden verwacht. Dat wijst erop dat het dempingsmechanisme wellicht aanzienlijk gecompliceerder is dan wordt aangenomen. Onderzoek naar de onderdrukking van instabiele verbranding wordt daarom voortgezet. Een belangrijke konklusie is o.a. dat  $Al_2O_3$  een minder effectieve werking heeft dan o.a. in het algemeen in de U.S.A. wordt aangenomen.

De mondingsvlam van raketmotoren ontstaat doordat de brandstofrijke verbrandingsprodukten mengen met atmosferische lucht. De vlam die dan ontstaat kan in veel geval hinderlijk zijn:

- Lasergeleiding wordt bemoeilijkt
- Draadgeleiding wordt bezwaarlijk
- De raket is waarneembaar, zowel in het zichtbare licht gebied als in het infrarood.

Om deze reden loopt bij PERME een uitgebreid onderzoekprogramma naar de structuur van de mondingsstraal. Als resultaat daarvan is men er in geslaagd de mondingsvlam vrijwel geheel te onderdrukken zonder de stuwstofprestaties te verlagen. Deze techniek wordt zeer succesvol toegepast door IMI-Summerfield.

Raketmotoren worden, behalve op de klassieke wijze uit stalen buis, vervaardigd uit gewikkelde en gelijmde stalen strip. Dit "strip laminate" proces is ontwikkeld bij IMI-Summerfield en wordt voor raketmotoren toegepast. Het procédé heeft grote voordelen t.o.v. de klassieke metalen buis aangezien men o.a. niet aan handelsmaten is gebonden.

Raketmotoren worden voorts gefabriceerd in een glasvezel-kunststof uitvoering. Hiervoor zijn de nodige wikkeltechnieken binnen IMI-Summerfield ontwikkeld. Men is in staat zeer grote booster motoren in glasvezel-kunststof te vervaardigen op industriële schaal.

Als een der allereersten is IMI-Summerfield er in geslaagd koolstof-fiber-raketmotoren te vervaardigen. Om tot goede motoren te komen moeten de koolstoffibers een voorbehandeling ondergaan die binnen het bedrijf is uitgedacht en gerealiseerd. Koolstoffiber motoren verwacht men op zeer korte termijn te kunnen gaan produceren.

Veel aandacht is besteed aan de ontwikkeling van straalpijpen. Hiervoor worden o.a. naast het klassieke kunststof-asbest (durestos) koolstof-kunststof, pyrolytisch grafiet en hoog smeltende metalen toegepast. Onderzoek op al deze gebieden is nog steeds gaande.

Zoals gezegd produceert IMI-Summerfield gegoten double base stuwstoffen in grote hoeveelheden.

Een tiental jaar geleden was het niet mogelijk case-bonded double base motoren te maken. Evenals elders is ook bij IMI-Summerfield een type flexibel double base vervaardigd dat zich goed leent om case-bonded te worden ingegoten.

Voor stijvere double base stuwstoffen zijn "flexibele scheuren" ontwikkeld. Hierbij wordt, d.m.v. een elastisch materiaal een "scheur" in het kruit ingegoten. Bij grote belastingen kan deze "scheur" zich openen zonder dat dit tot scheurvorming in het kruit leidt. Veel zorg is besteed aan de ontwikkeling van elastisch "liner" materiaal dat rookloos verbrandt.

Voor de Composiet Gemodificeerde Double Base gaat de voorkeur uit naar RDX i.p.v. HMX zoals in Duitsland en de U.S.A. dat voor kort het geval was.

Al met al is IMI-Summerfield in staat een zeer grote range stuwstoffen met zeer uiteenlopende eigenschappen te produceren.

#### Beproevingen

O.a. werd een centrifuge bezichtigd waarbij het mogelijk is een raketmotor te beproeven onder zeer hoge versnellingen. De beschikbare centrifuges behoren tot de grootste in Europa.

Voorts beschikt men over diverse schok-en triltestinstallaties, en kunnen motoren onder zeer extreme omstandigheden worden beproefd (temperatuur -50 C tot 70 C en vochtigheid tot 95%).

De grootste stuwkrachtsbank (die overigens niet werd bezichtigd) kan stuwkrachten van 2,5 MN aan.

#### Thrust Vector Control

Naast de klassieke TVC-methoden (Domed Deflector, Semaphore Spoiler, Jet Deflector en Jetavator) is veel ontwikkelingswerk gedaan aan

Liquid injection

Flexible Nozzle en de

Ball and Socket nozzle

Van dat laatste type werd een operationele uitvoering getoond.

#### Film

Van het onderzoek aan, en de ontwikkeling en de produktie van raketmotoren bij IMI-Summerfield werd een zeer instructieve film vertoond. Nagegaan wordt of het mogelijk is een copie van deze film te verkrijgen als illustratie bij het college ka13A, Voortstuwung door Raketmotoren.

Contacten werden hernieuwd, dan wel gelegd met Dr. G.I. Evans, Directeur Propulsion; Dr. Bingham, hoofd van de Research and Development, Igniter and Production and Exploration Departments; Dr. Badham, hoofd van de Rocket Motor Development en voorts met Dr. Smith en Dr. Barnes.

Het ligt in de bedoeling deze contacten te blijven onderhouden.

Van de zijde van IMI-Summerfield bestaat veel belangstelling de contacten met de TH-Delft en TNO-PML te verstevigen respectievelijk te leggen.

Veel belangstelling bestond voor het werk op het gebied van instabiele verbranding, erosieve verbranding, mechanische eigenschappen van stuwstoffen, en de solid fuel ramjet. Aan dat laatste onderwerp besteedt ook IMI-Summerfield aandacht, zij het dat het hier een andere SFRJ-versie betreft dan het Nederlandse concept. Voor dit laatste concept bestond, gezien de eenvoud, zeer veel belangstelling.

Wellicht zal een delegatie van IMI-Summerfield, voorafgaand aan de ICI-meeting komende zomer een bezoek aan de TH-Delft en TNO-PML kunnen brengen.

### 3. Propellants, Explosives and Rocket Motor Establishment, PERME, te Westcott

PERME heeft twee vestigingen: Westcott en Waltham Abbey. In Westcott wordt onderzoek en ontwikkelingswerk verricht aan vloeibare en vaste stuwstof raketmotoren terwijl deze hier ook worden geproduceerd. Stuwstoffen worden ontwikkeld en vervaardigd in Waltham Abbey.

De stuwstoffen waarmee hoofdzakelijk bij PERME wordt gewerkt zijn:

mono stuwstoffen, geëxtrudeerde double base stuwstoffen, composiet en plastic stuwstoffen. Plastic stuwstoffen hebben voornamelijk in Engeland toepassing gevonden en bestaan uit een mengsel van AP en een polymere binder met een zeer hoge viscositeit. Hiernaast wordt met vloeibare stuwstoffen gewerkt die geruime tijd kunnen worden opgeslagen. De combinatie waarmee momenteel hoofdzakelijk wordt gewerkt bestaat uit  $\text{HNO}_3$  en Amine brandstofmengsels. Bij het bezoek is uitsluitend aandacht geschonken aan aspecten van de vaste stuwstofmotoren.

Erosieve en instabiele verbranding werd besproken met o.a. Dr. Parkinson.

De benadering van het erosieve verbrandingsprobleem is hier via integraal methoden. Globale grenslaagberekningen geven een indruk van de mate waarin de warmte-overdracht naar het kruit toeneemt tijdens erosieve verbranding. Er was duidelijk veel belangstelling voor het werk aan erosieve verbranding dat momenteel bij de Afdeling L&R van de TH plaats vindt.

Oscillaties in de verbranding worden regelmatig waargenomen. Er vindt bij PERME geen systematisch onderzoek naar instabiele verbranding plaats. Indien het verschijnsel zich voordoet, wordt getracht dit te onderdrukken door inerte deeltjes door de stuwstoffen te mengen (zie IMI-Summerfield). Voor de analyse van het verschijnsel baseert men zich op hetgeen uit de literatuur bekend is.

Mechanische eigenschappen van stuwstoffen worden onderzocht door Dr. Buswell en Dr. Owens. Spanningen en rekken die in kruit optreden tijdens verhoogde of verlaagde temperaturen worden onderzocht d.m.v. speciaal ontwikkelde optische en magnetische transducers. De magnetische transducers lijken ook zeer geschikt voor metingen in het brandkanaal van een hybride raketmotor.

Voor het beproeven van raketkruit bij lage temperaturen (-60 C) zijn zeer grote klimaatkamers beschikbaar. Op het gebied van mechanische eigenschappen van raketstuwstof bestaat bij PERME een zeer grote expertise. Voor de analyse zijn eigen rekenprogramma's ontwikkeld.

#### Raketmotorconstructies

Voor de analyse van de sterkte van de raketmotor zijn grote rekenprogramma's ontwikkeld. De resultaten hiervan worden met experimenteel onderzoek vergeleken. Het onderzoek betreft zowel klassieke constructiematerialen zoals staal en aluminium als anisotrope materialen zoals fiber versterkte kunststoffen. Het is de bedoeling tot lichtere constructies te komen door bewust vervorming toe te laten.

Ontsteking is een algemeen probleem bij raketmotoren en nauw verwant aan  $L^{\#}$ -instabiliteit. De huidige trend is om van pyrotechnische ontstekers over te gaan op pyrogene ontstekers. Als belangrijke factor wordt de warmte-overdracht van de ontstekerproducten naar het stuwstofoppervlak gezien. Deze warmte-overdracht wordt gemeten met speciaal ontwikkelde transducers (in samenwerking met het Cranfield Institute of Technology). Hiernaast beschikt men over een "arc-image" apparaat waarmee een gecontroleerde heat flux op de stuwstof kan worden aangebracht. Ook hiermee wordt getracht een verband te meten tussen de heat flux op de stuwstof en het ontsteken. Over ontsteking werd met Dr. Sutton van gedachten gewisseld.

De uitlaatstraal van een raketmotor mengt zich in het algemeen met de omringende atmosfeer. In vele gevallen zal, als gevolg van deze menging, secundaire verbranding plaatsvinden. Door deze secundaire verbranding ontstaat een sterke straling in het zichtbare, IR en radiostralingsgebied. Dit kan hinderlijk zijn voor radio-verbindingen, laser geleidings-systemen en de raket beter waarneembaar maken. Om deze redenen is door een groep rond Dr. Jensen uitgebreid onderzoek gedaan naar de turbulente menging van de straal met de omringende atmosfeer, de chemische reacties die in de straal plaats vinden en de stroming rond de achterzijde van de raket.

Door kalium door de stuwstof te mengen kan het optreden van secundaire reacties zeer sterk worden beperkt. Dit heeft men ook experimenteel kunnen aantonen. Een ander aspect van dat onderzoek is dat de basisweerstand nauwkeurig kan worden berekend. De berekeningen zijn in nauwe samenwerking met Spalding opgezet. Op het gebied van de uitlaatstraaltechniek lijkt PERME een zeer vooraanstaande plaats te hebben bereikt. Het theoretische en experimentele onderzoek heeft tot verrassende praktische resultaten geleid.

#### contacten

Zowel van de zijde van de Superintendent van de Solid Rocket Motors Division, Dr. G.J. Spickernell als van de overigen waarmee werd gesproken werd ten eerste benadrukt dat men een intensiever contact met de TH-Delft, Afdeling L&R en TNO-PML ten eerste op prijs zou stellen. Een eventuele uitnodiging om de Afdeling L&R en het PML te bezoeken zal zeer worden gewaardeerd.

Voor het Solid Fuel Ramjet werk dat mogelijk binnenkort kan worden aangevangen, het ultrasoon meten van de brandsnelheid, verbrandingsinstabiliteit en erosieve verbranding waaraan in Nederland wordt gewerkt bestaat zeer veel belangstelling. Toegezegd is van beide zijden een zo goed mogelijk contact te onderhouden.

#### 4. Konklusies

De reis is zeer nuttig geweest om kennis te nemen van de ontwikkelingen op het gebied van de rakettechniek in het Verenigd Koninkrijk. Deze bleken veel uitgebreider en moderner dan voor de reis was aangenomen. Eén van de redenen van de relatieve onbekendheid met de Engelse



prestaties is dat Groot Brittannië zich in het verleden veel sterker op de USA dan op het Europese continent heeft gericht.

Een andere reden is dat veel produkten van PERME en IMI-Summerfield worden "verstopt" in produkten van andere fabrikanten, waardoor deze namen minder bekend zijn geworden. Hiernaast hebben in het verleden meerdere malen naamsveranderingen plaats gevonden.

De kwaliteit van het in Albion uitgevoerde werk lijkt van zeer hoog niveau te zijn. Op het gebied van uitlaatstraaltechniek en rookonderdrukking heeft het Britse koninkrijk zonder meer een leidende positie. Ook kwaliteit van het technisch wetenschappelijk onderzoek is zeer hoog terwijl er uitgebreide onderzoekfaciliteiten ter beschikking staan. Een probleem, dat echter niet alleen voor Engeland geldt, is dat er een algemene bezuinigingsgolf door het land waart.

Memorandum 38<sup>3</sup>



60142991130