

## Terugblik op de 9e Internationale Thermische Spuit Conferentie 1980

**Citation for published version (APA):**

Houben, J. M. (1981). Terugblik op de 9e Internationale Thermische Spuit Conferentie 1980. *Lastechniek*, 47(8), 142-151.

**Document status and date:**

Gepubliceerd: 01/01/1981

**Document Version:**

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

**Please check the document version of this publication:**

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

**General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

[www.tue.nl/taverne](http://www.tue.nl/taverne)

**Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[openaccess@tue.nl](mailto:openaccess@tue.nl)

providing details and we will investigate your claim.

# Terugblik op de

## 9e Internationale Thermische Smitconferentie 1980

door ir. J. M. Houben\*

### Inleiding

Omtrent het vakgebied thermisch spuiten wordt elke drie jaar een internationale conferentie gehouden. De negende en laatste in deze reeks heeft in 1980 plaats gevonden in Den Haag. Het conferentiebezoek omvat 69 rapporten van zeer uiteenlopende aard. Zowel onderzoek als toepassingen van thermische spuittechnieken komen aan de orde.

Met dit verhaal wordt in het eerste deel beoogd enkele opmerkelijke toepassingen onder de aandacht te brengen. In het tweede gedeelte worden twee trends in opspuiten nader bekeken.

Zij kunnen voor de toekomst wellicht van belang zijn.

### Mechanische belasting

*Bechtloff en Weiss* [1] rapporteren over de ontwikkeling van opgespoten aluminium remschijven van het trommel- en schijftype. De auteurs zijn enthousiast, vertellen echter niet hoe gespoten is en met welk materiaal. Niettemin zijn hun resultaten de moeite van het bestuderen waard. De onderhavige toepassing impliceert een vrij rigoureuze mechanische belasting door de remvlaktedruk van 6-20 bar bij de trommelrem en van 20-100 bar bij de schijfrem. Tevens is de thermisch-mechanische belasting aanzienlijk. Bij de trommelrem treden temperatuurstijgingen op tot 510 K, bij de schijfrem tot 550 K. De glij snelheden variëren van 6-10 m/s, waarbij de schijfrem een vrijwel constante wrijvingscoëfficiënt van 0,3 vertoont. Een en ander wordt verduidelijkt aan de hand van fig. 1 en 2.

*Bechtloff en Szlagowshi* [2] rapporteren over de invloed van de olieviscositeit op het tribotechnisch gedrag van tandwielvlakken. De auteurs laten ook hier achterwege, duidelijk te vertellen

wat en hoe opgespoten is. (Er is sprake van 0,4 en 13% Cr). Zij constateren op de proefstand, dat opgespoten tandflanken een beter rendement van een tandwielkast opleveren, hetgeen vooral duidelijk blijkt bij gebruik van dunne olie. Figuur 3 toont de gebruikte proef tandwielkast, fig. 4 laat zien hoe het rendement afhankelijk is van de vlaktedruk op de tandflanken, terwijl fig. 5 de kinematische viscositeit van de gebruikte oliën als functie van de temperatuur weergeeft.

De auteurs noemen 2 redenen voor het goede rendement van gespoten tandflanken:

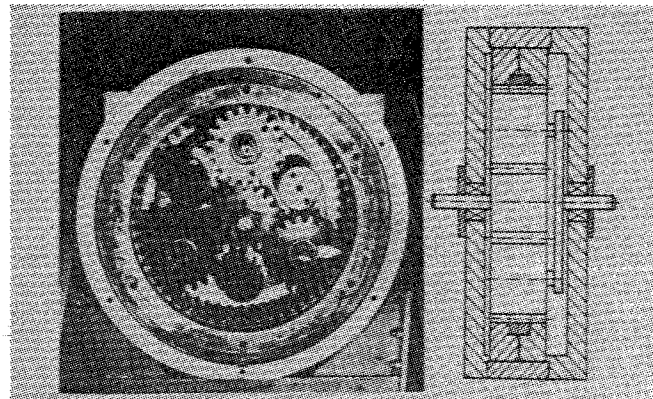


Fig. 3: (ref.2, fig. 2) Proef tandwielkast voor onderzoek aan opgespoten tandflanken.

Fig. 1: (ref.1, fig. 8) Remkarakteristieken van een trommelrem.

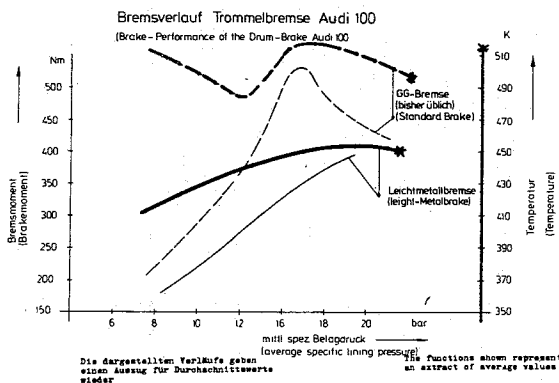
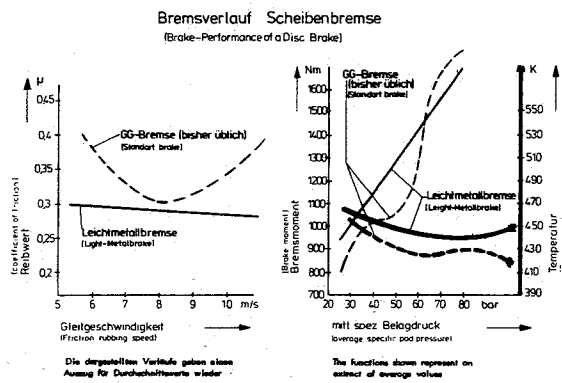


Fig. 2: (ref.1, fig. 9) Remkarakteristieken van een schijfrem.



\* afdeling Werktuigbouwkunde, Technische Hogeschool Eindhoven.

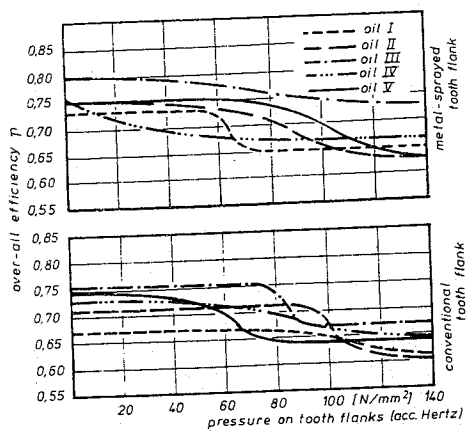


Fig. 4: (ref.2, fig. 3) Rendement van de tandwielkast met opgespoten en niet opgespoten tandwielvlakken.

1. Opgespoten lagen moeten geslepen worden, waardoor de oppervlakteruwheid geringer is en de wrijving verminderd wordt.
2. De poriën fungeren als oliereservoirs waardoor metaal-metaal contact voorkomen wordt.

Reden 1 is triviaal en reden 2 is reeds veel verkondigd. Toch genereren B. en S. nieuwe informatie door te wijzen op het belang van communicerende porositeit in de opgespoten laag en het gebruik van dunne olie. De druk binnen een porie kan dan niet zo hoog oplopen, dat de laag van de tandflank afgedrukt wordt. Bij gebruik van visceuze olie zou dit volgens B. en S. wel eens het geval kunnen zijn. Impliciet aan deze redenering is de beperking in grootte van de flankdrukken volgens Hertz. De tandwielen zijn beproefd tot  $140 \text{ N/mm}^2$ .

De geluidsproductie van de opgespoten tandwielen is, in geringe mate, hoger dan die van de ongespoten wielen. Dit duidt op een verhoogde slijtage. De auteurs onderkennen het verschijnsel door te stellen, dat de oliefilm loslaat aan de randen van een porie, hetgeen tot metallisch contact en dus tot geluidsproductie leidt. Een remedie voor het loslaten van de oliefilm is het gebruik van visceuze olie. Hierdoor ontstaat echter het gevaar van losdrukken van de opgespoten laag. In ieder geval daalt dan het rendement.

De auteurs vermelden een gunstig gedrag van de opgespoten flanken met betrekking tot vermoeiingsscheur voortplanting. Cijfers over de levensduur worden niet genoemd. Dit rapport is van waarde, omdat het enig licht werpt op de problematiek van opgespoten materiaal onder tribotechnisch interessante condities. Enerzijds komen de principiële mogelijkheden

naar voren, anderzijds wordt duidelijk aangegeven waar de beperkingen liggen. Opmerkelijk is deze applicatie in ieder geval, omdat ze handelt over het gedrag bij contact van contraforme oppervlakken.

Van Nederveen, Verburg en Houben [3] rapporteren over de mogelijkheid om opgespoten WC-Co lagen in hun sterkte en homogeniteit te verbeteren, door het toepassen van heet isostatisch persen na het opspuiten. Globaal houdt dit in, dat een machine-deel met opgespoten laag gedurende 2 uur op  $1000 \text{ }^\circ\text{C}$  en  $1000 \text{ bar}$  druk gebracht wordt. De structuurveranderingen die hiermede gepaard gaan, zijn te

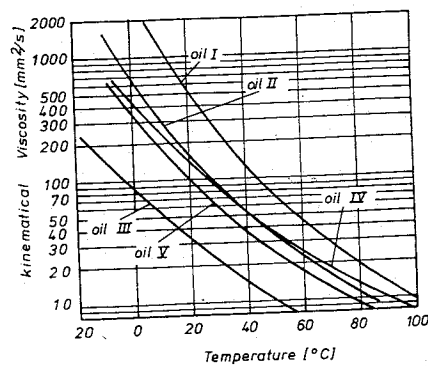
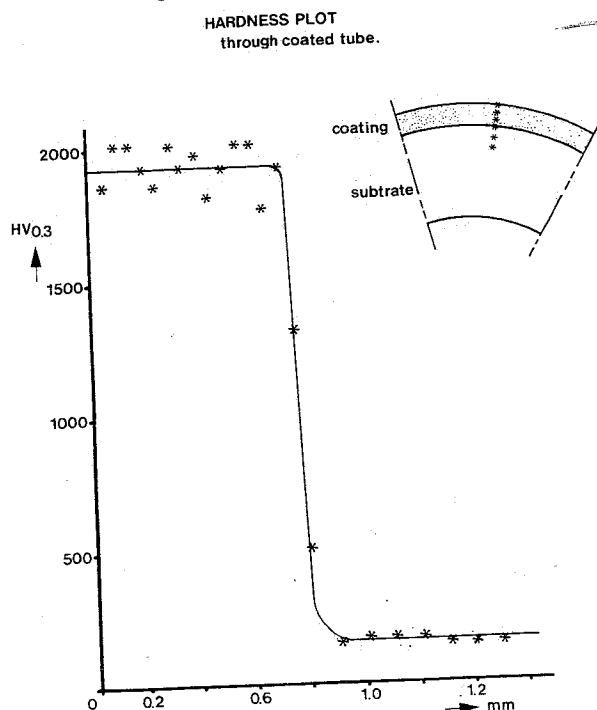


Fig. 5: (ref.2, fig. 1) Viscositeit-temperatuur relaties van de toegepaste oliën.

constateren aan de hand van fig. 6. Fig. 7 toont het hardheidsverloop over een opgespoten buis na heet isostatisch persen. De vervaardigde coating bevat  $88 \text{ w\% WC}$  en  $12 \text{ w\% Co}$ , is uitermate goed gebonden aan het substraat, is porievrij en bestand tegen extreme vormen van abrasieve, erosieve en corrosieve slijtage onder stotende belastingsomstandigheden, zoals bijvoorbeeld optreden bij olieboorbijtels. Het H.I.P. proces is in ontwikkeling bij het S.K.F. onderzoekcentrum in Nieuwegein. De hoge prijs, die de gehele procedure van opspuiten en H.I.P. met zich meebrengt, is wellicht een beperkende factor voor grootschalige toepassingen.

Fig. 7: (ref. 3, fig. 5) Hardheidsverloop over coating en substraat.



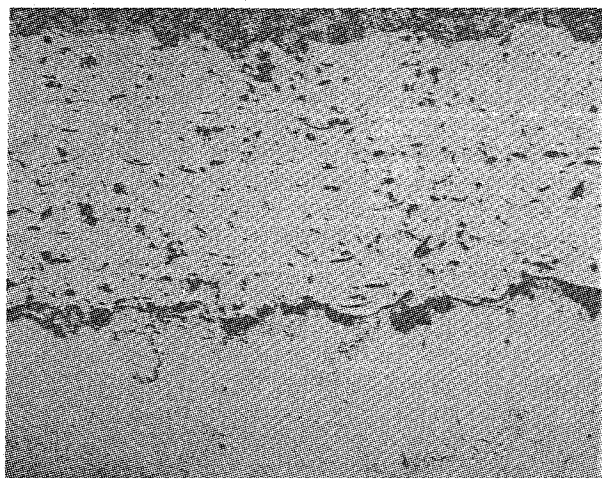
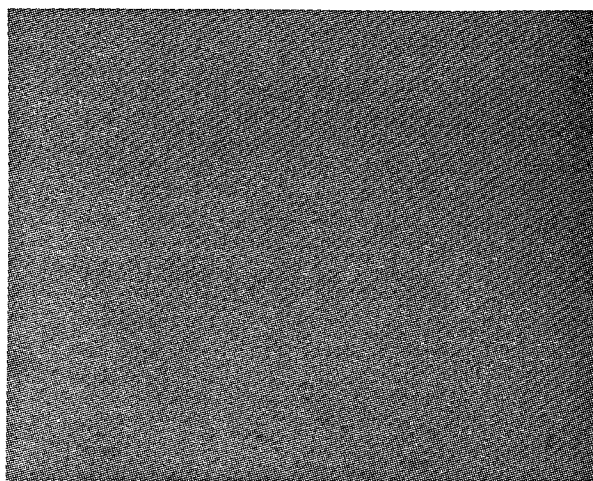
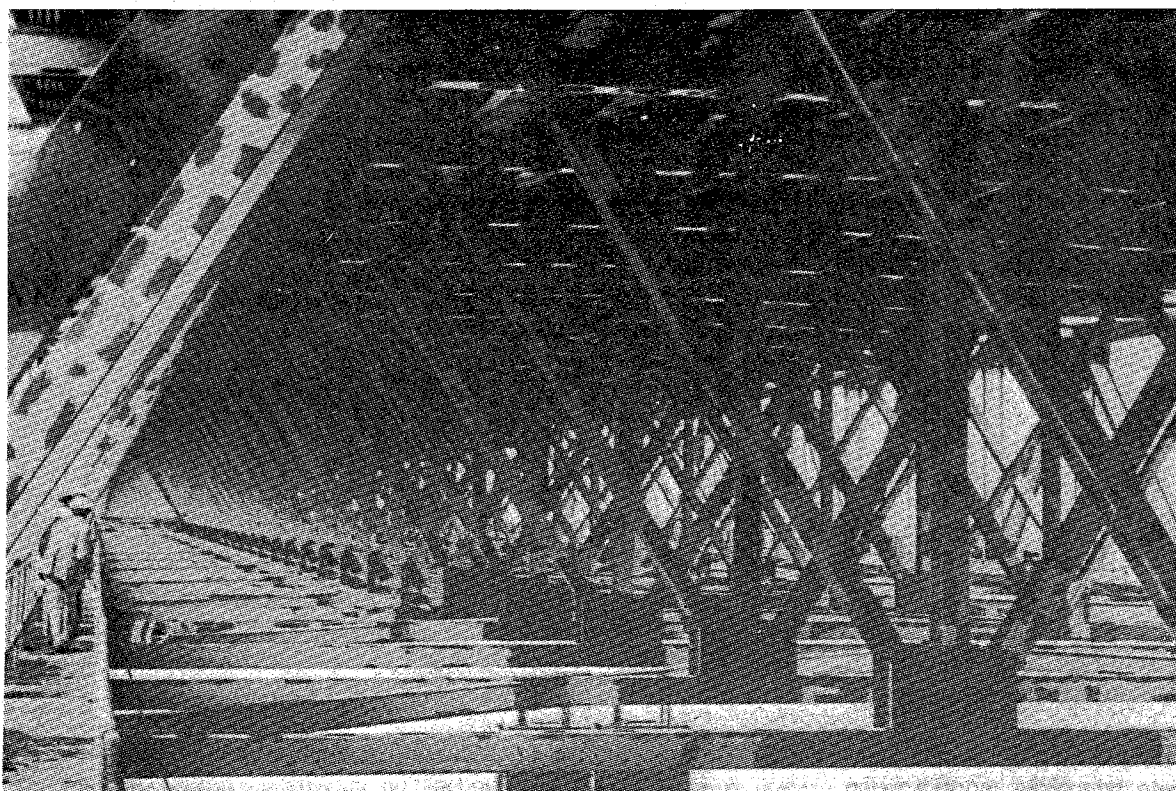


Fig. 6.: (ref.3, fig. 4) Structuur van opgespoten WC-Co laag voor en na de H. I. P. behandeling. V. = 200 x

Fig. 8: (ref.4) Beeld van de op te spuiten brugconstructie.



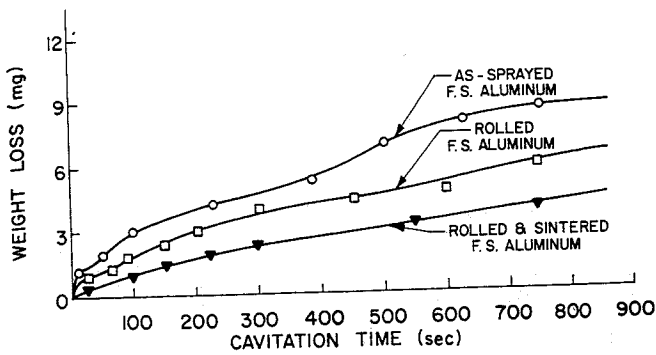
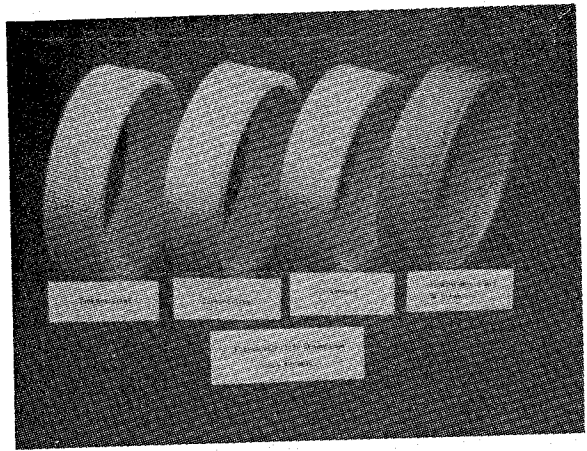


Fig. 9: (ref. 6, fig. 4) Gewichtsverlies als functie van de tijd bij een cavitatie-erosietest in zout water.



### Grootschalige corrosiebestrijding

De bijdrage van *Jodoin en Nadeau* [4] handelt over het opspuiten van zink op een 1040 m lange brug over de St. Laurens rivier in Canada. De brug was eerst met gebruikelijke verfsystemen behandeld. Na de installatie van een olieraffinaderij op 2 km afstand van de brug bleek deze coating niet meer bestand tegen de heersende atmosferische condities. Op grond van het door de American Society uitgebrachte rapport over corrosiebescherming met Al en Zn opgespoten lagen, werd besloten de brug op te spuiten met een laagje van 130 micron Zn en een vinyl coating als toplaag. Het betreft een totaal karwei van 165.000 m<sup>2</sup> spuitwerk. Het Canadese ministerie voor transport denkt nu voor 20-25 jaar van de corrosieproblemen af te zijn. Dit rapport is opmerkelijk, omdat het handelt over een zeer groot-schalig probleem. Er worden details genoemd omtrent de kosten die ermee gemoeid zijn. Fig. 8 geeft een indruk van de te spuiten constructie.

*Sulit, Vanderveldt en Schaper* [5] rapporteren over het gebruik van draad-gespoten Al-lagen ter bestrijding van corrosie bij de Amerikaanse marineschepen. Aan de orde komen verschillende proefprojecten die recentelijk uitgevoerd zijn. De behandelde delen zijn o.m. stoompijpen, afsluiters, dekge-deelten, helicopter platforms, raketlan-ceerplaatsen en antislipstroken. De auteurs hebben zonder uitzondering posi-tieve resultaten bereikt met hun proef-objecten. Uitbreiding van de spuitactivi-teiten ter bestrijding van corrosie wordt nu voorbereid. Ook dit rapport wijst op toekomstige grootschalige toepassingen van de spuittechniek.

### Mechanische of thermische nabehandeling

Het rapport van *Dorfman, Clayton en Herman* [6] handelt over de verbetering van cavitatie-erosie weerstand van op-gespoten Al-lagen door een nabehan-

deling, bestaande uit walsen met 40% reductie of walsen plus sinteren gedurende 4 uur op 530 °C. De nabehandelingen hebben ten doel een glad opper-

vlak te creëren, de communicerende porositeit te dichten en de sterkte van de laag te vergroten. Fig. 9 geeft de resulta-ten weer. Er blijkt dat eenzelfde massa-

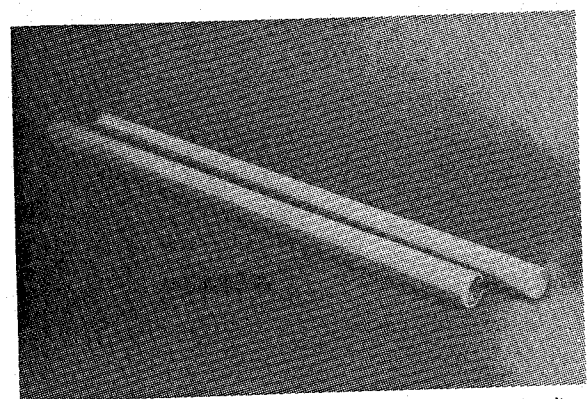
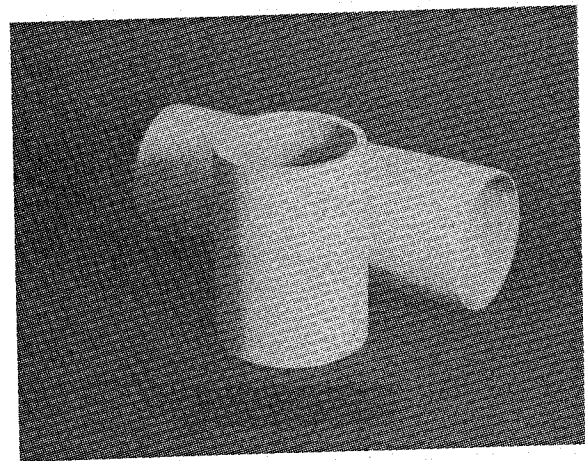


Fig. 10: (ref. 7, fig. 1, 2 en 3) Door middel van plasmaspuiten vervaardigde keramische voorwerpen.

verlies door cavitatie-erosie bij de nabehandelde proefstukken een veel langere erosietijd vergt dan bij de onbehandelde proefstukken. Voorbeeld: 3 mg massaverlies treedt op na 100 s bij het opgespoten en niet nabehandelde Al, na 200 s bij nagewalst Al en na 500 s bij nagewalst en gesinterd Al. Deze bijdrage is opmerkelijk, omdat zij toont hoe met eenvoudige middelen aanzienlijke verbeteringen bereikt kunnen worden in de elementaire eigenschappen, porositeit en sterkte van een opgespoten laag.

### Vormgeving

Kirner [7] toont vanuit zijn grote ervaring, dat het zeer wel mogelijk is keramische machinedelen te vervaardigen m.b.v. plasmaspuiten door te spuiten op een kern die daarna verwijderd dient te worden. Uitvoerig wordt ingegaan op de techniek van het meervoudige gebruik en de lossing van de kernen. Van belang is zijn ervaring dat voor geringe aantallen deze techniek voordelen biedt boven sinteren. Voor grote series dient sinteren overwogen te worden. Een wezenlijk voordeel ten aanzien van krimp is te behalen indien voorwerpen eerst gespoten en daarna gesinterd worden. Van koudgeperste groenling tot gesinterd produkt wordt gerekend met een krimp van ca 20%. De krimp van een gespoten produkt bedraagt na het sinteren 0,5 tot 1%. Kirner wijst verder op de mogelijkheid dunwandige produkten te fabriceren. Fig. 10 geeft een idee van de gemaakte voorwerpen.

Ducus [8] beschrijft de vervaardiging van roterende verwarmingselementen die gebruikt worden bij de warmtebe-

handeling van textieldraden. De constructie is opgebouwd uit een stalen basistrommel, een laag van 2 mm  $ZrO_2$  voor warmte-isolatie, een laag van 0,5 mm  $Al_2O_3$  voor elektrische isolatie, een verwarmingsband van Ni-Cr legering, een laag  $Al_2O_3$  voor elektrische isolatie, een 2,8 mm dikke laag van 75%  $Al_2O_3$  en 25% Al om de uitzettingsverschillen tussen de diverse lagen op te vangen. Tenslotte een 0,3 mm bronslaag als warmte-overdragend oppervlak. Zie fig. 11 en 12 voor een nadere precisering van deze ingewikkelde maar effectieve constructie.

### Veelzijdigheid

De veelzijdige potentie van opspuitprocessen kan zeer duidelijk gedemonstreerd worden aan de hand van standaardtoepassingen die hun weg gevonden hebben in nieuwbouw en onderhoud van gasturbines. Sickinger en Wilms [9] geven inzicht in de problematiek van 'gas path seals' (= spleetafdichtingen) bij gasturbines. Het volumetrisch rendement en de veiligheid van gasturbines wordt grotendeels bepaald door de afdichtingen tussen stator en rotor van compressor en turbine. Fig. 13 geeft een schematische definitie van 'gas path seals' en hun lokatie in straalmotoren. De afdichtingen worden principieel onderscheiden in harde, abrasiebestendige en warmte-isolerende lagen, aan te brengen op de rotor en in zachte, vervormbare doch erosiebestendige lagen, aan te brengen op de stator. De lagen dienen ter regulering van de vrije spleet tussen de schoeptippen en de tegenoverliggende stator- of rotormassa.

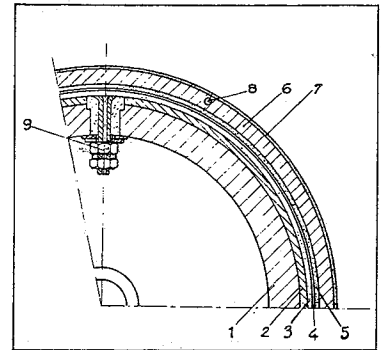


Fig. 11: (ref.8, fig. 1) Geslaagde constructie van een roterend verwarmingselement.

De harde slijtvaste laag wordt aangebracht op de rotor om te voorkomen dat door slijtage onbalans kan optreden in dit vitale deel van de motor. De vervormbare laag wordt om dezelfde reden aangebracht op de stator. Bij beide afdichtingen is een vereiste, dat ze bij iedere machinerevisie zonder problemen verwijderd en vernieuwd kunnen worden.

Opspuiten is hiervoor de oplossing. Momenteel is het grootste probleem om vervormbaar coatingmateriaal te vinden dat bij 900 K vervormbaar én erosiebestendig is. Vanwege de hoge temperatuur zoekt men oplossingen in de cermetsfeer, dat is een pseudolegering van keramische en metallische bestanddelen. Bij de relatief lage temperaturen in de compressorsectie van een straalmotor voldoet het composiet 75 w% Ni-25 w% C uitstekend.

Fig. 12.: (ref.8, foto 4) Stadia van vervaardiging van het verwarmingselement.

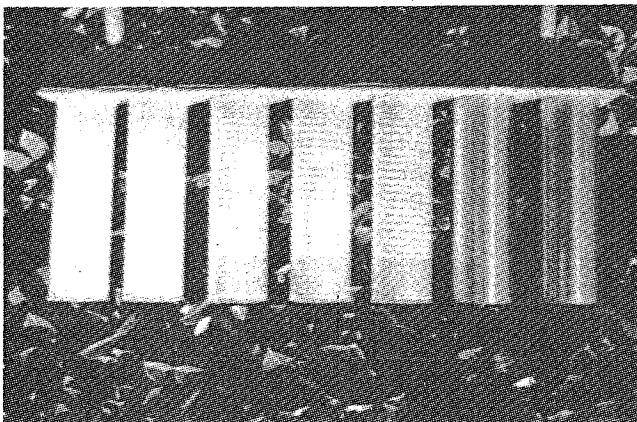
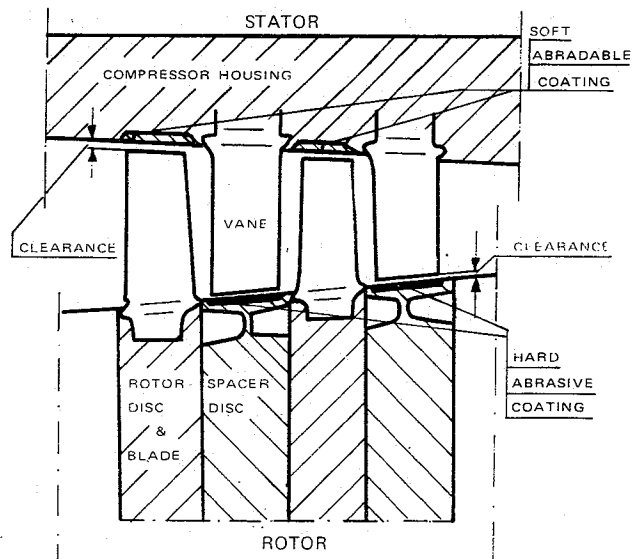


Fig. 13: (ref. 9, fig. 1) Schema van gasafdichtingen bij roterende machines.



Basic principles of seal configurations

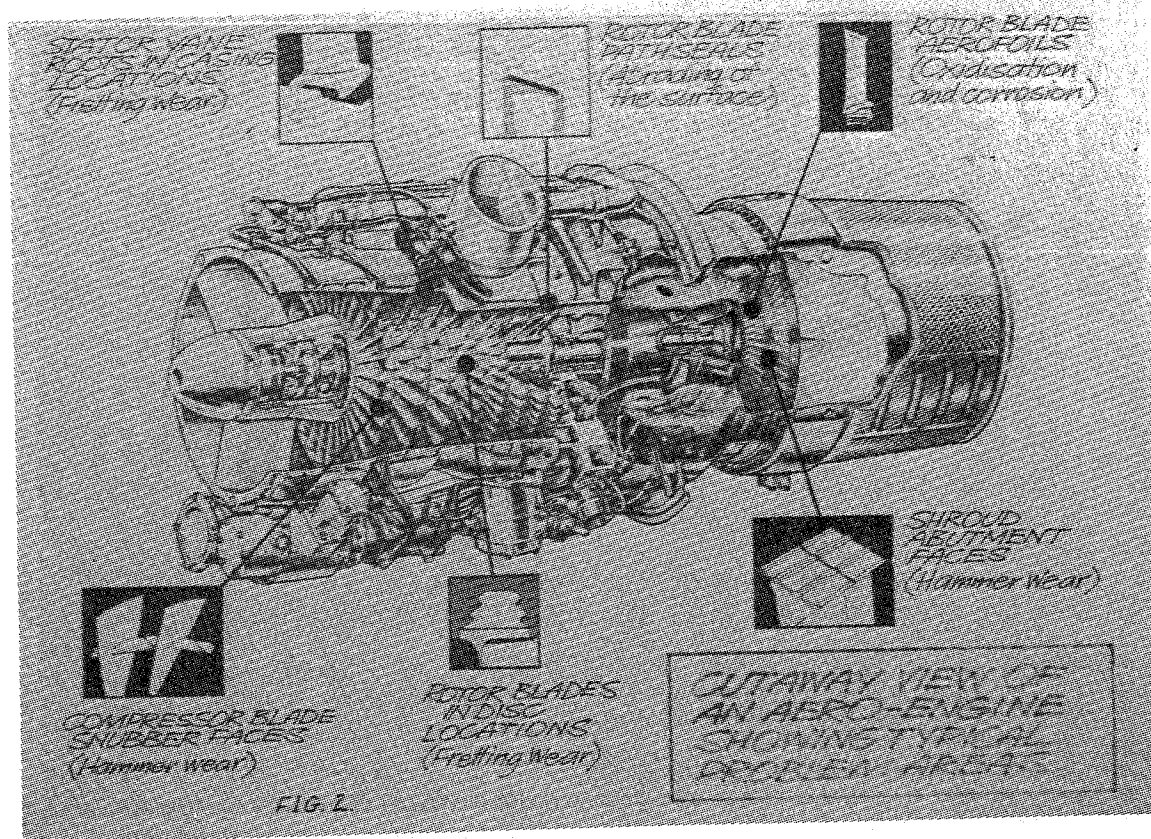


Fig. 14 : (ref.10, fig. 2) Materiaalproblemen bij een straalmotor.

Wedge en Eaves [10] geven een uitstekend gedocumenteerd overzicht van de verschillende slijtage en corrosieproblemen bij Rolls Royce turbinemotoren. Zij onderscheiden drie probleemzones.

A: de compressor met zijn lage en hoge druktrap, met temperaturen tot ca 600 °C. Hier dienen de coatings redelijk bestand te zijn tegen corrosie en erosie als gevolg van verontreinigde verbrandingslucht. B: de verbrandingskamer. Hier dienen de coatings een zekere mate van erosiebestendigheid te bezitten. Door de hoge materiaalt temperatuur, tot 900 °C toe, wordt oxidatie een probleem. De aangebrachte coatings dienen levensduren te hebben van meer dan 1000 uur. C: de turbinesectie. Vooral de eerste krans leidschoepen en de rotorschoppen worden erg op de proef gesteld door de hoge temperatuur en (voor de rotor) hoge mechanische spanningen.

De zeer uiteenlopende omstandigheden van compressor, verbrandingskamer en turbine eisen verschillende coating types. Zij dienen, al dan niet in combinatie, bestand te zijn tegen slijtage-fretting, abrasie, erosie-corrosie en oxidatie. Zij dienen soms hard, soms vervormbaar te zijn of te fungeren als warmte weerstand. Altijd geldt dat zij zowel in de nieuw te bouwen machines als

bij het onderhoud probleemloos te verwijderen en te vernieuwen moeten zijn. Fig. 14 geeft een overzicht van de probleemzones.

Hamer slijtage treedt op als twee oppervlakken regelmatig tegen elkaar slaan. In straalmotoren komt dit voor bij de afstandsnokken van de compressorschoppen en de kopse kanten van de bevestigingsvoeten van de turbineschoepen. Het hameren geschiedt met hoge frequentie, hoge vlaktedrukken op kleine oppervlakken die bovendien nog een geringe relatieve beweging anders dan in de hamer richting ten opzichte van elkaar vertonen. De genoemde onderdelen hebben zonder harde, slijtvaste coating geen acceptabele levensduur. Als remedie wordt toegepast een Detonation-gun coating van chroomcarbide met Ni-Cr als bindmateriaal. Fretting slijtage treedt op waar machinedelen met een zeer geringe verplaatsing ten opzichte van elkaar bewegen, zoals de voeten van compressor- en turbineschoepen in de montagesloten van rotor en stator.

Fretting leidt tot toename van de speling tussen voet en slot, vermoeiingsscheuren in schoep en rotor, toename van de trillingen van de machine en derhalve tot versterkte vermoeiingsverschijnselen. Nabewerking van opgespoten voeten en sloten is praktisch niet mogelijk, vandaar dat met zeer nauwe toleranties

opgespoten moet worden. Als antifretting materiaal wordt d.m.v. plasmaspuiten een zachte laag aangebracht op basis van Cu-Ni-In of Cu-Ni-Al-bronspolyester.

Corrosiebestendige lagen op de turbineschoepen moeten bestand zijn tegen temperaturen van 750-800 °C.

Pack cementation en Physical Vapour Deposition dekkingen van Ni en Al worden momenteel veel gebruikt.

Recentelijk streeft men naar plasma gespoten lagen die onder vacuümcondities in een kamer aangebracht worden. In aanmerking komen materialen van het type MCrAlY, waarbij M staat voor Co, Ni of CoNi. Er wordt gewag gemaakt van superieure corrosieweerstand van CoCrAlY dekkingen.

Een geavanceerder deklaag bestaat uit een ondergrondcoating van MCrAlY en een toplaag van magnesium zirconaat. Hierdoor worden de eigenschappen van corrosievastheid en thermische weerstand met elkaar gecombineerd, zodat materiaalt temperaturen tot 900 °C aan het oppervlak toegelaten kunnen worden. Het gehele arbeidsveld van de anti corrosieve lagen ligt nog in de experimentele sfeer. Mom [11] van het Nationale Luchtvaart Laboratorium rapporteert over de mogelijkheden binnen het NLR om turbijnmaterialen onder realistische omstandigheden te testen op hun corrosiegedrag.

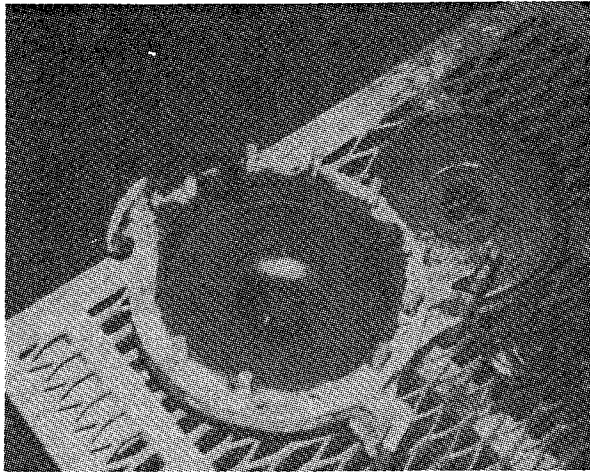


Fig. 15: (ref.12, fig. 2) Centrifugale slurry pomp.

### Economie

*Gartner en Walker* [12] geven aan de hand van enkele praktijkvoorbeelden aan welke enorme besparingen te bereiken zijn in de sfeer van erosie-corrosiebestrijding. Vooral erosie is een proces dat zich manifesteert met zeer hoge

slijtsnelheden. Een voorbeeld hiervan is de slurypomp van fig. 15. Met deze pomp worden  $Al_2O_3$  deeltjes in verschillende vloeistoffen getransporteerd. De

Fig. 17: (ref.14, fig. 8) Vorm van het plasma als functie van de spuitcondities onder vacuüm.

17.2 – 100 Torr – 100 A – 50 V

17.2 – 50 Torr – 100 A – 50 V

17.3 – 5 Torr – 600 A – 54 V

17.4 – 5 Torr – 600 A – 54 V, schermgas  $H_2$

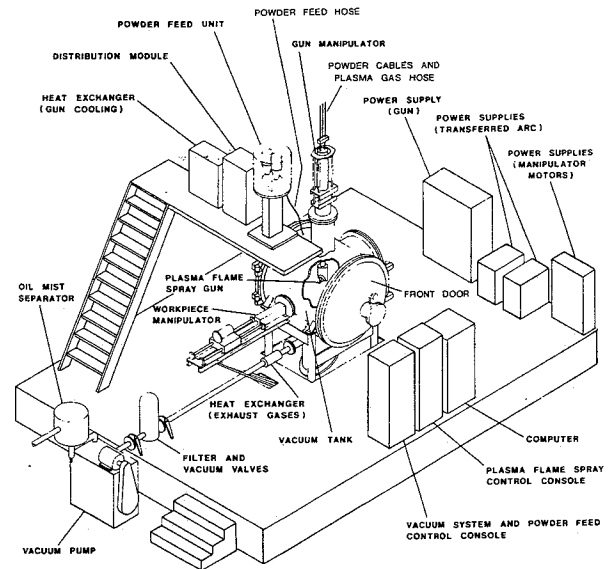
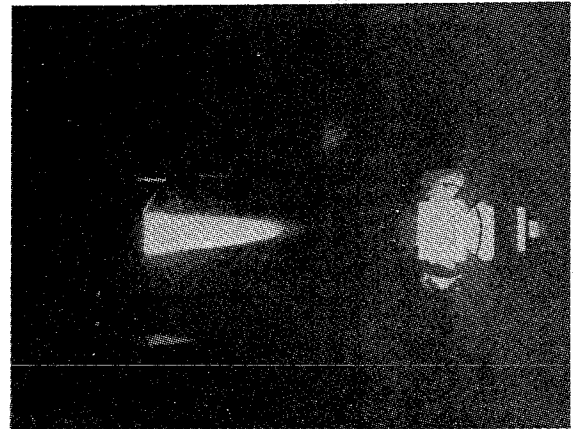
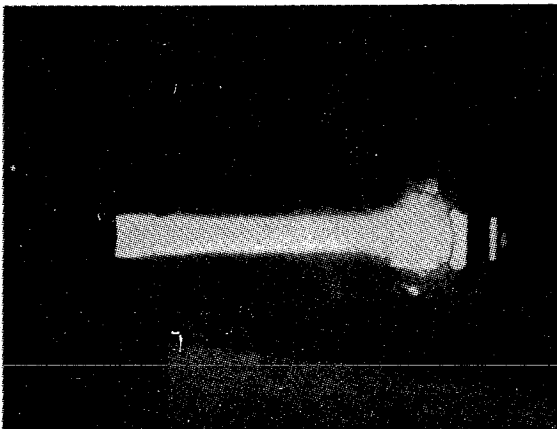
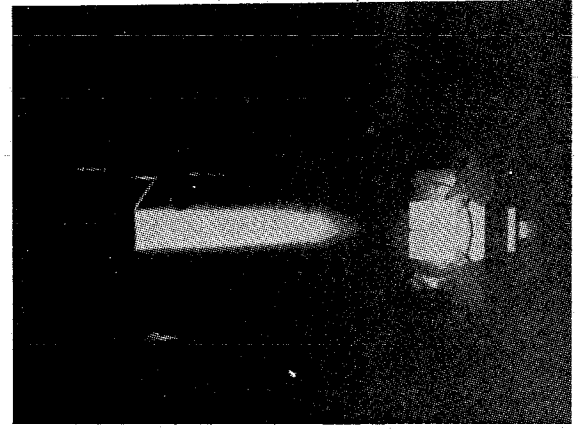
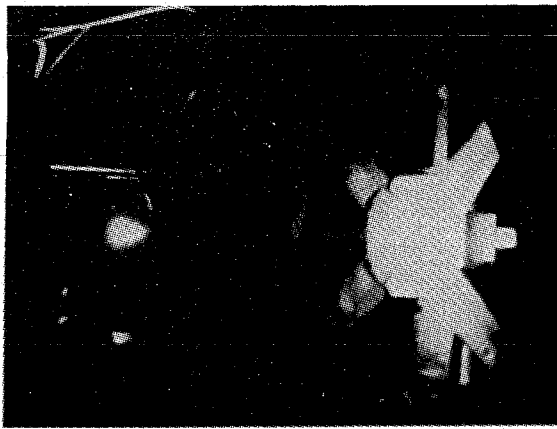


Fig. 16: (ref.13, fig. 10) Vacuüm plasmaspuitinstallatie (L. P. S.)

harde  $Al_2O_3$  deeltjes veroorzaken enorme erosie van het binnenste van de pomp. Zonder beschermende coating is de levensduur beperkt tot 3 à 6 maanden. Het probleem van de slijtage aan deze pomp heeft de volgende aspecten:

- leeglooptijd door regelmatige vervanging van de gesleten pomp,
- productieverlies,
- montagekosten,



- niet planbare onderhoudskosten
- hoge investeringskosten in reservepompen.

G. en W. hebben een zeer aanzienlijke verlenging van de levensduur van deze pomp bereikt door het aanbrengen van 0,75 mm Rokide C-83 w% CrO<sub>3</sub>-3w% MgO - 8 w% SiO<sub>2</sub> 3 w% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) met behulp van een zuurstof-acetylene spuit

die stafmateriaal verwerkt (zg. rod-deposition).

De resultaten worden omschreven als volgt:

- levensduur van 12-18 maanden,
- behoud van volumetrisch rendement van de pomp,
- leeglooptijd bekort,
- productie verhoogd,

- jaarlijkse, planbare onderhoudsbeurten,
- reparabele pompen; de pomp is geen weggooiartikel meer,
- geen massale investeringskosten meer in reservepompen,
- voorzichtige schatting van de besparingen liggen in de orde van grootte van tienduizenden dollars per pomp per jaar.

Fig. 18: (ref. 13, fig. 3 en 4) Hartlijntemperatuur van het plasma bij verschillende omgevingsdrukken.

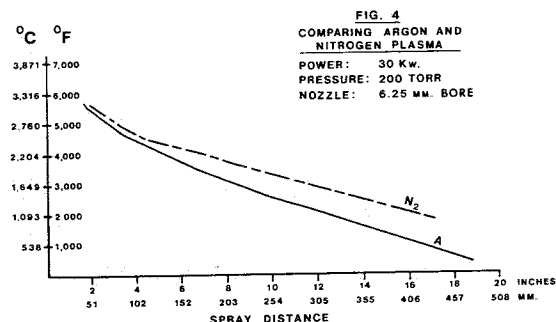
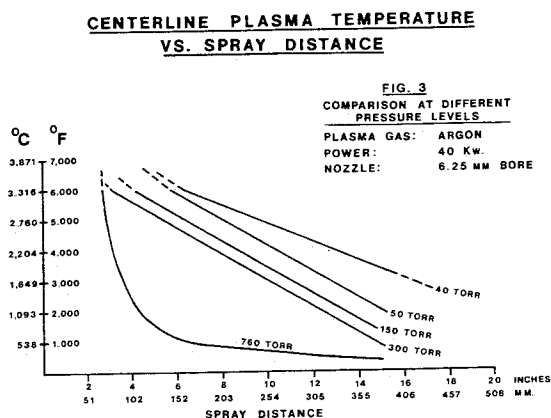


Fig. 20: (ref. 15, fig. 10) Porositeit in een L.P.P.S. spuitlaag van Titaan in de buurt van het hechtvlak. V = 600 x.

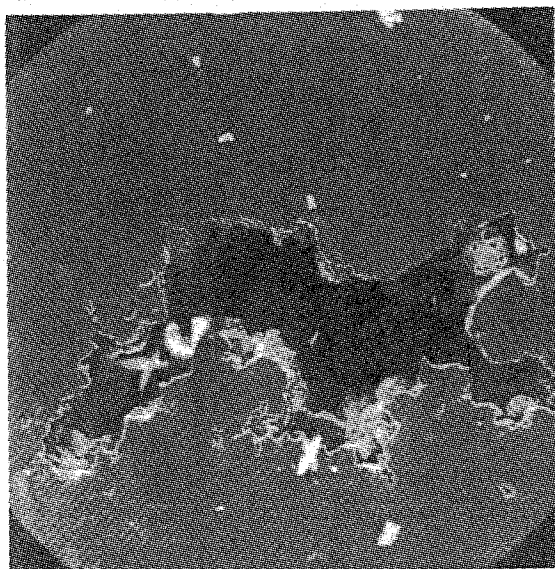
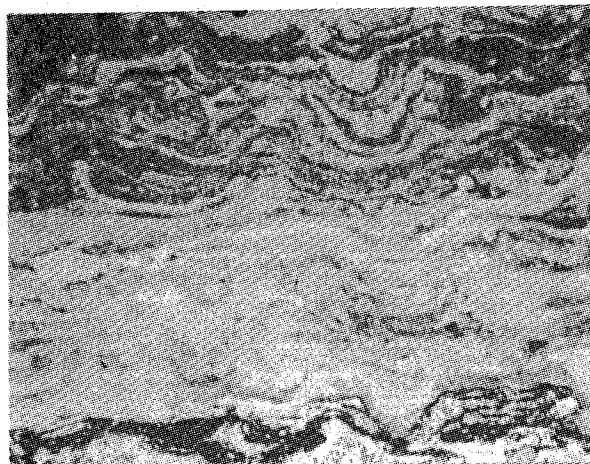
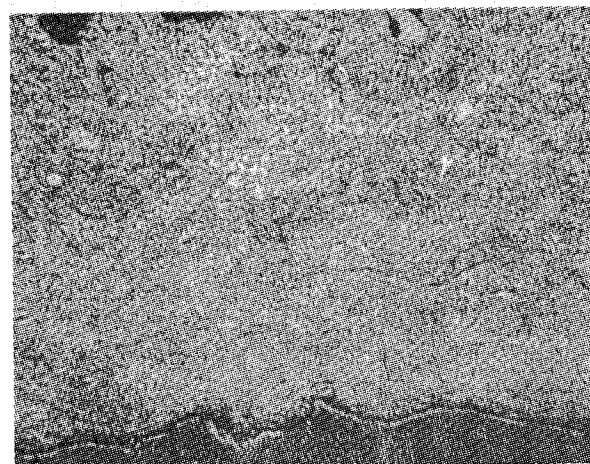


Fig. 19: (ref.13, fig. 6) Structuur van een CCrAlY coating

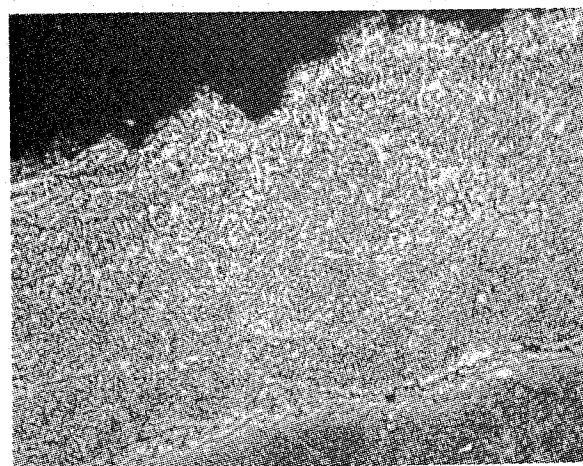


19a: Na het spuiten onder vacuüm



19b: Na enige minuten gloeien op ca 800°C in vacuüm

19c: Na 4 uur gloeien op 1065°C in H<sub>2</sub> atmosfeer. V = 500 x.



## Trends in opspuiten

De spuitconferentie van 1980 laat duidelijk twee trends in opspuiten naar voren komen. De allernieuwste is het Low pressure plasma spraying (L. P. P. S.) en de tweede omvat de in omvang toenemende applicaties van het Detonation-Gun proces.

## L. P. P. S. spuiten

Wolf (13) stelt zeer terecht, dat plasma gespoten lagen een compromis vormen tussen elementaire eigenschappen als: porositeitsniveau, oxidegehalte, hechtsterkte en residuele spanningen. Nieuwe toepassingen en markten liggen open als het plasmaspuiten een technisch niveau zou weten te bereiken waarop het niet meer nodig is om compromissen te moeten sluiten tussen de intrinsieke laageigenschappen. Met L. P. P. S. tracht men momenteel de compromisgrenzen te doorbreken. Fig. 16 geeft schematisch een L. P. P. S.-installatie weer. De plasmatoorts en het werkstuk bevinden zich in een vacuüm tank waarin een druk van ca 50 Torr gehandhaafd wordt.

Typische verschijnselen van L. P. P. S. t. o. v. het normale plasmaspuiten zijn de volgende:

- De plasmavlam wordt beduidend langer dan onder atmosferische condi-

ties, hetgeen duidelijk blijkt uit fig. 17 afkomstig van de bijdrage van Braquier en Tueta (14).

- De hartlijntemperatuur van het plasma als functie van de spuitafstand is aanzienlijk hoger dan bij een atmosferisch plasma. Zie fig. 18.
- De temperatuur van het substraat en de opgespoten laag liggen gedurende de spuitoperatie op een zeer hoog niveau - ca 800°C - zodat zeker niet meer sprake is van een koud proces. Er treedt na een paar minuten rekrystallisatie op van de gespoten laag waardoor de typische lamelstructuur verdwijnt om plaats te maken voor een zeer homogeen depot, dat arm is aan oxiden en poriën. Dit mag althans geconcludeerd worden uit fig. 19.

Wolf memoreert t. a. v. L. P. P. S. de volgende voordelen t. o. v. het atmosferische plasmaspuiten: een hogere hechtsterkte, geringere porositeit, beter hechttingsrendement, minimale chemische veranderingen van het spuitmateriaal en eliminatie van milieuproblemen omdat het proces zich afspeelt in een afgesloten kamer.

Naast Wolf zijn diverse andere auteurs enthousiast over de mogelijkheden van dit nieuwe systeem.

Steffens (15) echter rapporteert over porositeitsproblematiek in het hechtvlak, zie fig. 20.

In een afgesloten kamer zal het probleem van de spuitdamp niet eenvoudig oplosbaar zijn. Uit eigen onderzoek (16) is bekend, dat de aanwezige spuitdamp de kwaliteit van een opgespoten laag zeer aanzienlijk ten kwade kan beïnvloeden, speciaal in het hechtvlak en in de aansluitvlakken van de diverse passages. De vorm en de grootte van de door Steffens gesignaleerde porositeit wijst er sterk op, dat het damp- en stofprobleem bij L. P. P. S. spuiten wellicht nog niet voor honderd procent opgelost is. Een van de elementaire nadelen van L. P. P. S. systemen schuilt in de hoge investeringskosten waardoor toepassing op grote schaal niet te verwachten is. Niettemin is het hoogst interessant de ontwikkelingen op het gebied van L. P. P. S. op de voet te blijven volgen.

## Detonation Gun

D-gun coatings worden in de literatuur steeds vaker genoemd als de bevredigende oplossing voor deklagen die onder extreme omstandigheden van temperatuur, straling, wrijving, corrosie en mechanische belasting moeten voldoen.

Ook Schwarz (17) rapporteert succesvolle toepassingen in de nucleaire sector. De D-gun is schematisch weergegeven in fig. 21. Fig. 22 toont de gehele

Fig. 21: (ref.17, fig. 1) Schema van een detonatie spuitinstallatie.

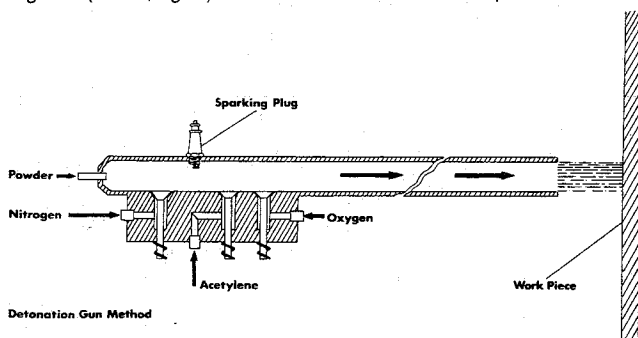


Fig. 23: (ref.17, fig. 6) Structuur van een duplex coating gespoten met een detonatie installatie.

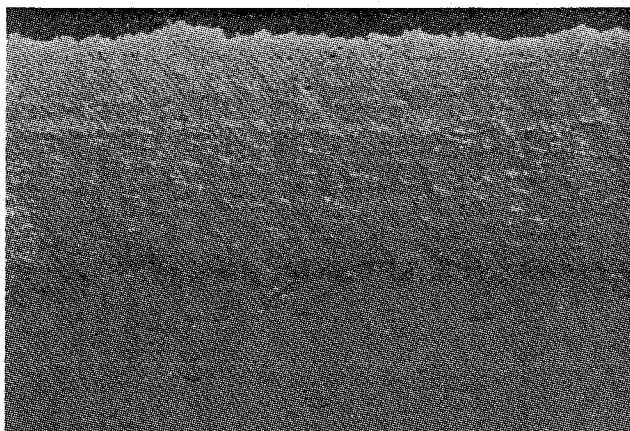
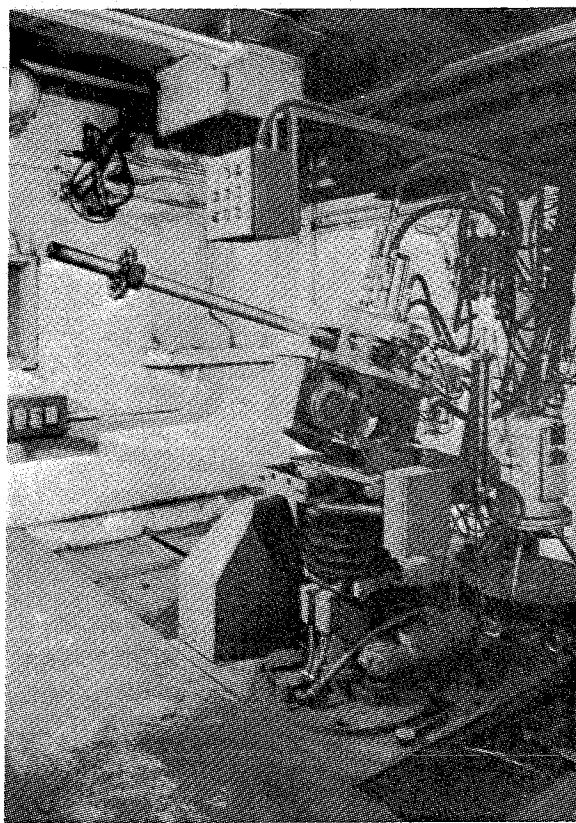


Fig. 22: (ref.17, fig. 2) Beeld van een detonatie installatie omringd door geluiddempende muren.



installatie. In principe bestaat de D-gun uit een verbrandingskamer en een loop. In de verbrandingskamer wordt met een frequentie van 4-8 Hertz een explosie van een acetyleen-zuurstof mengsel te weeg gebracht. Door de schokgolf, als gevolg van deze explosie, worden de poederdeeltjes met grote snelheid naar buiten gedreven. De deeltjessnelheid bij het verlaten van de loop is 840 m/s; de deeltjes temperatuur is nabij het smeltpunt, volgens Schwarz. Iedere puls creëert een coatingcirkel met een diameter van 25 mm en een dikte van enkele microns. Volgens Schwarz zijn de coatings dicht, doch niet geheel porievrij. Zij hebben hechtsterkte van meer dan 80 N/mm<sup>2</sup>. Essentieel is dat het werkstuk koud blijft. Fig 23 toont de structuur van een duplex coating op

staal. Een toplaag van het stabiele Cr<sub>23</sub>C<sub>6</sub> is gedeponereerd op een tussenlaag van 83 w% Cr<sub>23</sub>C<sub>6</sub> en 17 w% NiCr; het NiCr van de samenstelling 80 w% Ni-20 w% Cr. De tussenlaag fungeert als buffer voor het opvangen van de verschillende uitzettingen van toplaag en substraat.

Een dergelijke coating is beproefd op slijtage tegen eenzelfde partner bij een temperatuur van 1000°C. De coating vertoont geen slijtageverschijnselen. De D-gun zal in de toekomst zeker een formidabel hulpmiddel zijn bij het oplossen van ernstige oppervlakteproblemen. D-gun coatings zijn duur. Een belemmering voor de grootschalige toepassing van dit procédé schuilt in de sterk beschermende eigendomsatmosfeer welke dit proces omgeeft. D-

gun coatings worden gefabriceerd door Union Carbide, de installatie is niet te koop.

### Slotopmerking

Deze terugblik op de technische inhoud van de 9e Int. Smitconferentie 1980 dekt bij lange na niet alle interessante thema's die aangedragen zijn. Slechts 17 van de 69 rapporten zijn summier aangeduid. Indien de weergegeven stof aanleiding mocht zijn tot overwegen of toepassen van thermische spuittechniek bij het oplossen van oppervlakteproblemen, acht de auteur zijn opzet geslaagd. Nadere informatie verstrekt o. a. het Nederlands Instituut voor Lasstechniek in Den Haag, welk instituut tekende voor een perfecte organisatie van de conferentie.

Referenties I. T. S. C. 1980 Conferentieboek.

- (1) Rapport no. 8 – G. Bechtloff en U. Weiss, Metal sprayed light metal brake drums and disks in industrial use and on the research test stand, pg 25-28.
- (2) Rapport no. 9 – G. Bechtloff en P. Szlagwoski, Investigation on the influence of different oil viscosities with regard to their lubricating qualities for metal-sprayed surfaces, pg 29-33.
- (3) Rapport no. 51 – H. B. v. Nederveen, M. B. Verburgh en J. M. Houben, The densification of plasma sprayed coatings by subsequent Hot Isostatic Pressing, pg. 256-262.
- (4) Rapport no. 16 – N. Jodoin en M. Nadeau, The biggest on-site metallizing project Pierre-Laporte bridge, pg 53-57.
- (5) Rapport no. 15 – R. A. Sulit, H. H. J. Vandervelt en V. D. Schaper, Corrosion control using wire sprayed aluminum in the U. S. Navy, pg 49-52.
- (6) Rapport no. 48 – M. R. Dorfman, C. R. Clayton en H. Herman, The effects of Post-Treatment upon the cavitation behaviour of Al-sprayed coatings in 3,5 w% sodium chloride solution, pg 249-252.
- (7) Rapport no. 7 – K. Kirner, Plasma spraying of free standing ceramic bodies, pg 14-19.
- (8) Rapport no. 13 – M. Ducos, Manufacture of heater bearings by thermal spraying, pg 45-47.

- (9) Rapport no. 11 – A. Sickinger en V. Wilms, Evaluation of thermal sprayed layers as viable and economical gas path seals for turbo engines, pg 35-38.
- (10) Rapport no. 19 – R. H. Wedge en A. V. Eaves, Coatings in the aero gas turbine, pg 73-83.
- (11) Rapport no. 72 – A. J. A. Mom, Environmental testing of coatings for gas turbines, pg 325-328.
- (12) Rapport no. 102 – F. W. Gartner en J. Walker, Rod deposition of ceramics, pg 20-23.
- (13) Rapport no. 36 – P. C. Wolf en F. Longo, Vacuum Plasma Spray Process and Coatings, pg 187-196.
- (14) Rapport no. 32 – M. Braguier en R. Tueta, Supersonic and Vacuum arc Plasma Spraying Apparatus. Characteristics and Application tot Metallic Coatings, pg 167-172.
- (15) Rapport no. 90 – H. D. Steffens en H. M. Höhle, Further Development of the Thermal Spraying Technique by Low-Pressure Plasma Spraying with Transferred Arc. 420-427.
- (16) Rapport no. 37 – J. M. Houben en G. G. v. Liempd, Problems encountered in the Development of Locally Shielded Plasma Spray Devices, pg. 197-206.
- (17) Rapport no. 21 – E. Schwarz, Detonation Gun Coatings for Nuclear and Related Industries, pg 91-101.

## Normnieuws

### Nieuwe internationale publikaties

#### Algemene normalisatie

- NIEUW  
ISO 1000, Ed. 2 SI units and recommendations for the use of their multiples and of certain other units

#### Overige publikaties

- Nieuw  
ISO 6161, Ed. I Personal eye-protectors – Filters and eye-protectors against laser radiation

### Internationale vergelijking van referentiematerialen

Bij het DIN is verschenen de drietalige (Frans, Duits, Engels) uitgave 'Internationaler Vergleich von Standard-Werkstoffen – Stahl und Gusseisen'. Dit boek geeft een praktisch overzicht van de natuurkundige en chemische eigenschappen van de genormaliseerde staal- en gietijzersoorten uit de Bondsrepubliek Duitsland, Frankrijk, het Verenigd Koninkrijk, Italië, Zweden, Spanje, de Sovjet-Unie, de Verenigde Staten, Canada en Japan; als ook de in Euro-normen van de EGKS en in ISO-normen genoemde gelijksoortige materialen.

303 blz. Prijs f 140,-, excl. btw, verzend- en behandelingskosten.

### Radiografie – Voorwaarden voor het bezien van films Radiography – Viewing conditions for films

#### NEN 2518

1e druk, december 1980  
prijsklasse 8

Nederlands Normalisatie-instituut  
Kalfjeslaan 2  
2623 AA Delft  
Telefoon (015) 61 10 61