

## Mogelijkheden met vlamspuiten

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

Hoeben, A. H. L., Houben, J. M., & Kuijpers, T. W. (1974). Mogelijkheden met vlamspuiten. *Metaal en kunststof*, 12(23), 30-33.

**Document status and date:**

Gepubliceerd: 01/01/1974

**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.

# Mogelijkheden met vlamspuiten

*Er zijn vele technieken om een constructiedeel te voorzien van een oppervlaktelaag. Iedere methode heeft zijn eigen mogelijkheden en beperkingen; zo ook vlamspuiten. Vlamspuiten is een zeer veelzijdige methode door enkele karakteristieke kenmerken die in dit artikel aan de orde zullen komen. Na het vermelden van deze kenmerken zal nader worden ingegaan op de gevolgen hiervan voor de toepassingsmogelijkheden. Hierbij zal uitvoerig aandacht besteed worden aan een aantal problemen, die zich hierbij voordoen en de beperkingen, die er mede hierdoor op het gebied van toepassingen zijn. Dit artikel wordt besloten met de behandeling van een tweetal methoden, waarmee het mogelijk is aan de bezwaren, die er aan de normale vlamspuitmethoden zitten te ontkomen.*

## Methoden van opspuiten

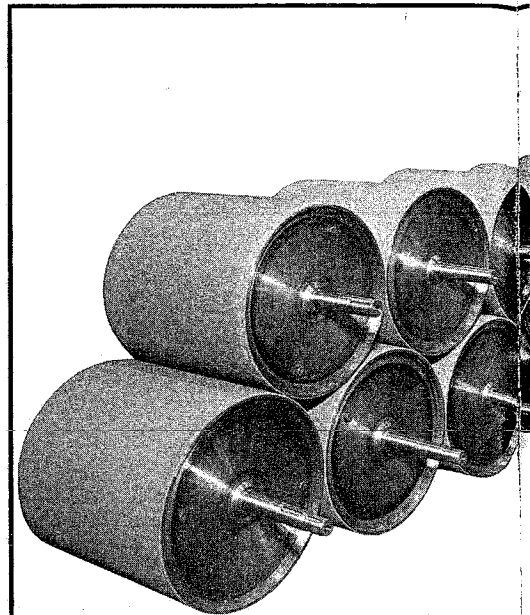
De gebruikelijke methoden kunnen onderscheiden worden naar de vorm van het te verspuiten materiaal in poeder- en draadprocédés en naar de aard van de vlamenergie in elektrische- of verbrandingsprocédés. Elk proces heeft zijn specifieke toepassingsgebied. Deze gebieden kunnen elkaar overlappen. Het verbrandingsprocédé kan zowel bij poeder als bij draad worden toegepast. Op **afb. 1** is het principeschema van het autogeen poederspuiten weergegeven en op **afb. 2** staat het principeschema van het autogeen draadspuiten.

Behalve de genoemde methoden zijn er nog 2 manieren van vlamspuiten nl. plasmaspuiten (zie **afb. 3**) en de methode, waarbij het spuitmateriaal na het spuiten nog wordt ingesmolten. Deze beide methoden komen aan het eind van dit artikel aan de orde.

## Kenmerken

Kenmerkend voor alle opspuitprocessen is, dat het heetste deel van de vlam en het te bespuiten constructiedeel principieel van elkaar gescheiden zijn. De vlam dient uitsluitend voor het smelten van het spuitmateriaal en het transport ervan van spuit naar substraat. Dat er ook enige vlamenergie terechtkomt in het substraat is niet te vermijden. Dit kan een gunstig maar ook een ongunstig effect hebben. Opgemerkt zij dat bij lassen de vlam of lasboog gebruikt wordt om zowel toevoegmateriaal als substraat met elkaar te versmelten in een smeltbad. Door het ontbreken van een smeltbad bij vlamspuiten kunnen allerlei vreemdsoortige materialen op elkaar aangebracht worden, zoals hoogsmeltende op laagsmeltende en omgekeerd. Een ander karakteristiek kenmerk van opspuiten is de „koude“ aard van het proces. Aan de hand

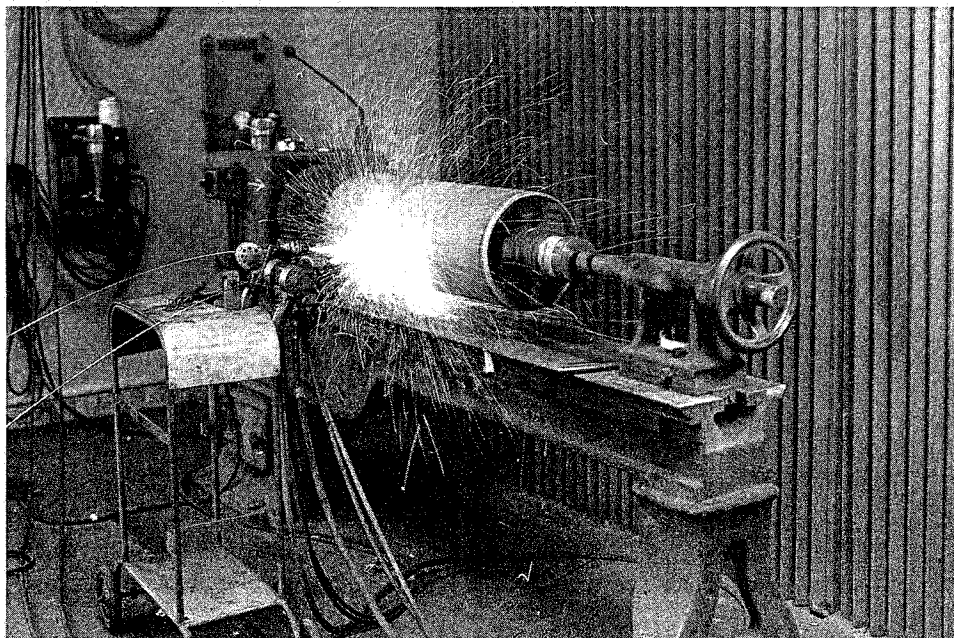
*Het draadvlamspuiten (HoekLoos)*

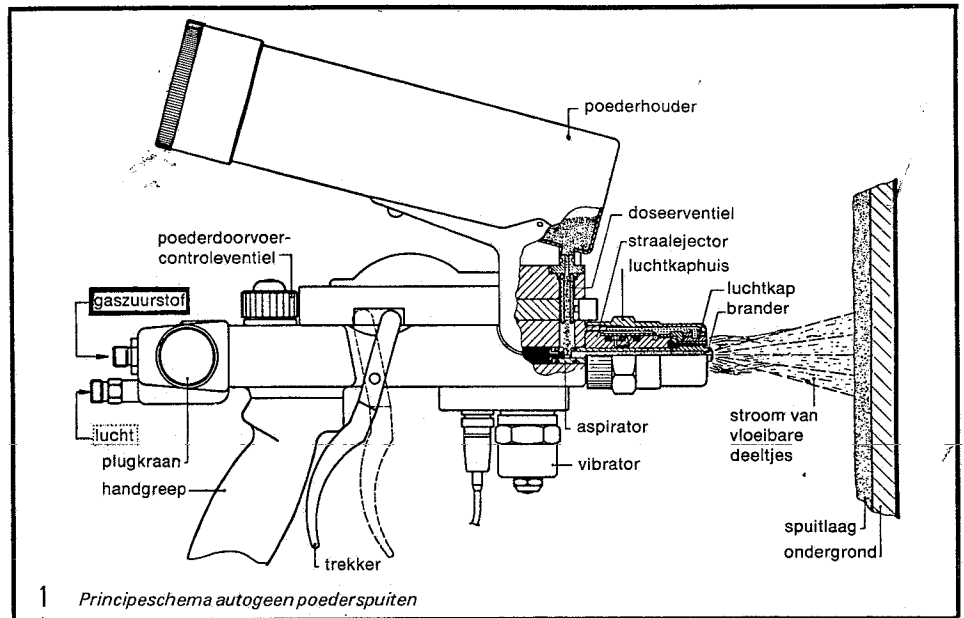
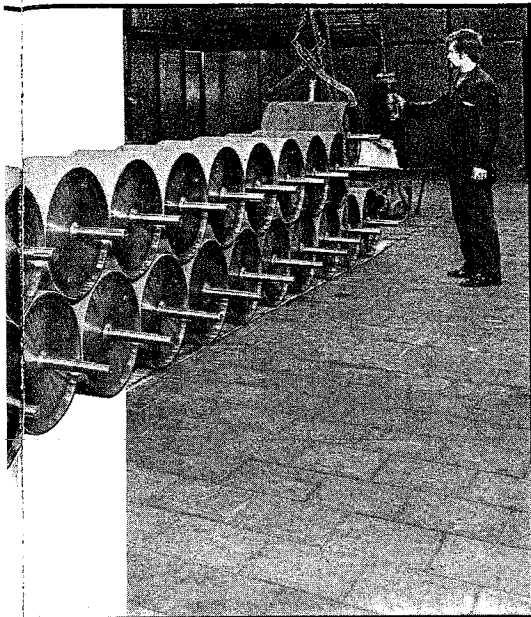


*Rollen voor autotestbanden, voorzien van een vlamgespoten laag om de slijtvastheid te vergroten (Carmeta)*

van proeven is vastgesteld, dat de warmtestroomdichtheid bij lasprocessen globaal een faktor 100 groter is, dan bij opspuiten. Het voordeel hiervan is, dat het te bespuiten werkstuk slechts geringe vervorming vertoont. Door de geringe thermische aktivering van het substraatoppervlak en de dientengevolge hoge afkoelsnelheden van de spuitdeeltjes op het substraat zal een spuitlaag in het algemeen een mechanische sterkte vertonen die niet groot is. Hechtsterktes resp. treksterktes van de laag loodrecht op het substraat, van ca.  $25 \text{ N/m}^2$  ( $250 \text{ kgf/cm}^2$ ) dienen beschouwd te worden als een eigenschap van een goed gespoten laag. Deze sterkte is factoren lager dan die van het uitgangsmateriaal.

Een derde karakteristiek kenmerk schuilt in de wijze van tot stand komen van de opgespoten laag. Deze opbouw geschiedt





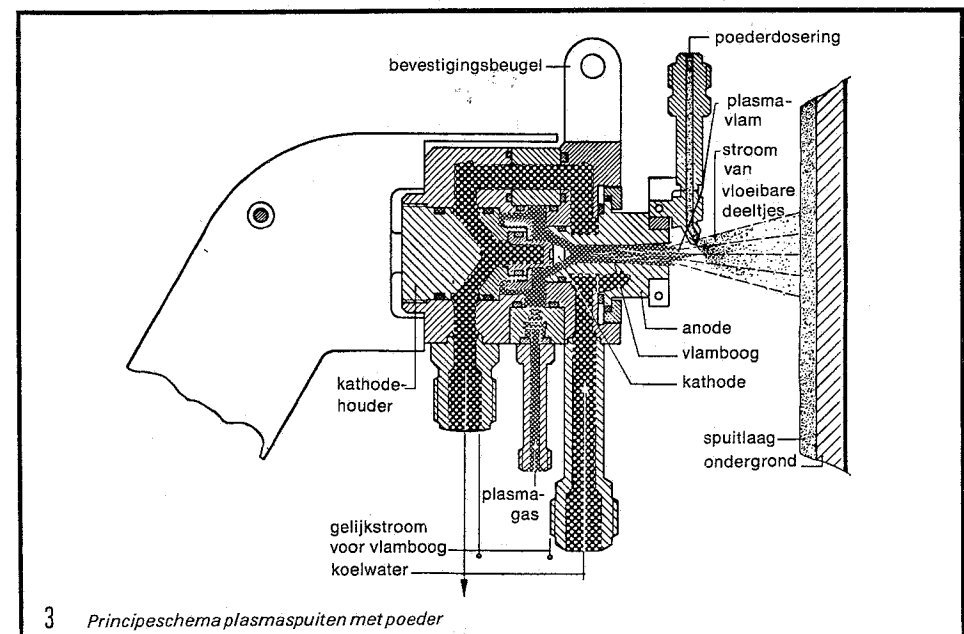
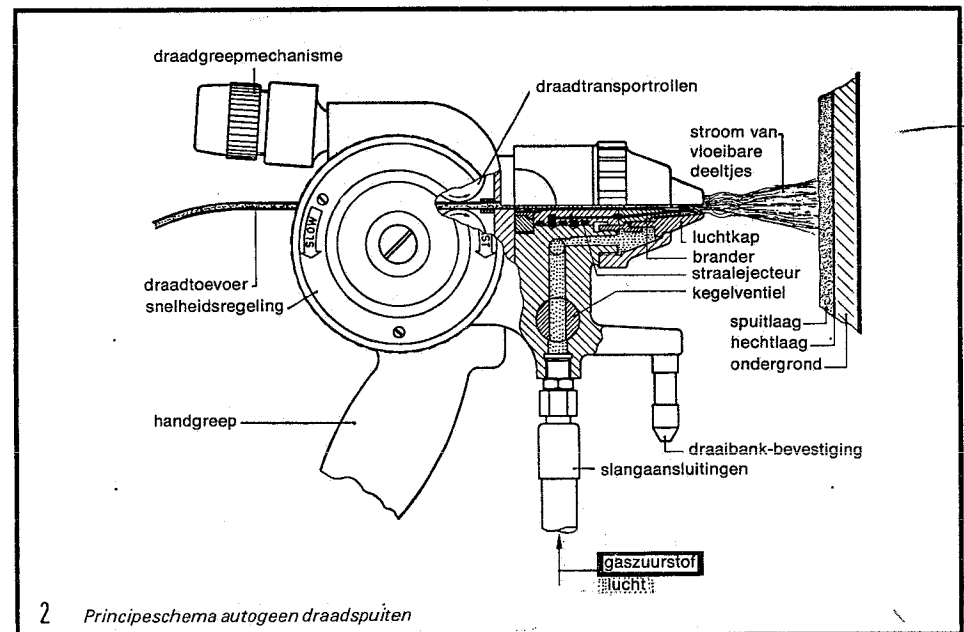
deeltje voor deeltje (ook bij draadspuiten). De interactie van een spuitdeeltje met het substraat of een ander reeds gedeponneerd deeltje is individueel m.b.t. stollen en afkoelen. Het is eenvoudig te berekenen dat er tijdens de spuitprocedure ca 30 deeltjes per m<sup>2</sup> gezamenlijk stollen, dus volkomen geïsoleerd van elkaar. Bovendien is de gemiddelde wachttijd tussen de botsing van twee deeltjes tijdens de opbouw van de laag een faktor 10<sup>6</sup> maal de eigen stoltijd, zodat een deeltje alweer afgekoeld is tot ca. 100°C alvorens het in contact komt met het volgende deeltje. Van samensmelten zoals bij lassen is dan natuurlijk geen sprake meer.

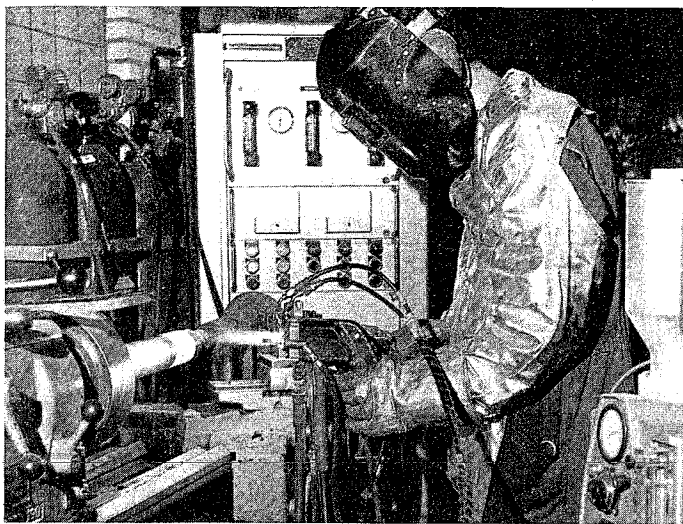
Als laatste kenmerk willen we vermelden, dat het gesmolten materiaal over een relatief grote afstand getransporteerd moet worden van spuit naar substraat, waardoor oxydatie, gasopname en afkoeling van de deeltjes plaats kunnen vinden.

Het zijn deze specifieke kenmerken die de opspuitprocessen zo enorm veelzijdig maken, maar die ook de grenzen stellen aan toepassing en kwaliteit van het opgespoten produkt. De kenmerken bepalen de mogelijkheden van en de problemen die zich voordoen bij vlamspuiten.

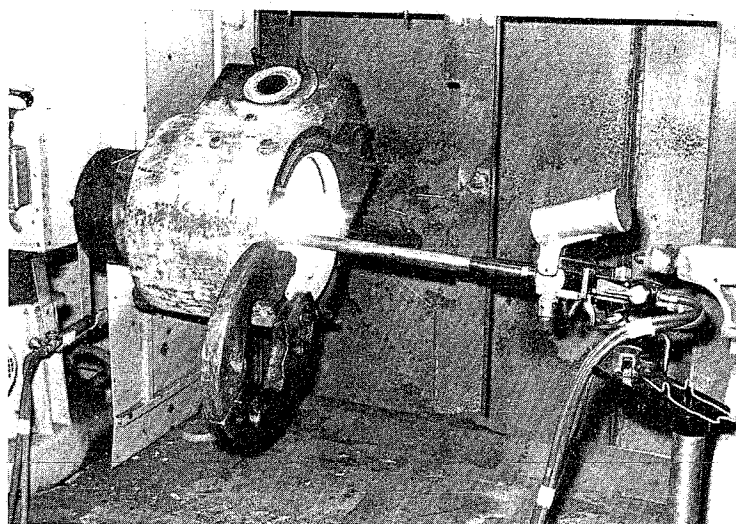
## Problemen

Ten gevolge van de geringe thermische activering van de te verbinden materialen verlopen alle deelprocessen die afhankelijk zijn van die thermische activering, traag of helemaal niet. In het algemeen heeft dit o.a. tot gevolg dat een opgespoten laag poreus is en een relatief geringe cohesie of adhesie met de ondergrond vertoont. Bovendien worden de gesmolten deeltjes op het substraat zeer snel afgekoeld, waardoor de deeltjes zich niet in de stabiele toestand bevinden en voor sommige materialen het gevaar van een brose opgespoten laag reël aanwezig is. De verbrossing is

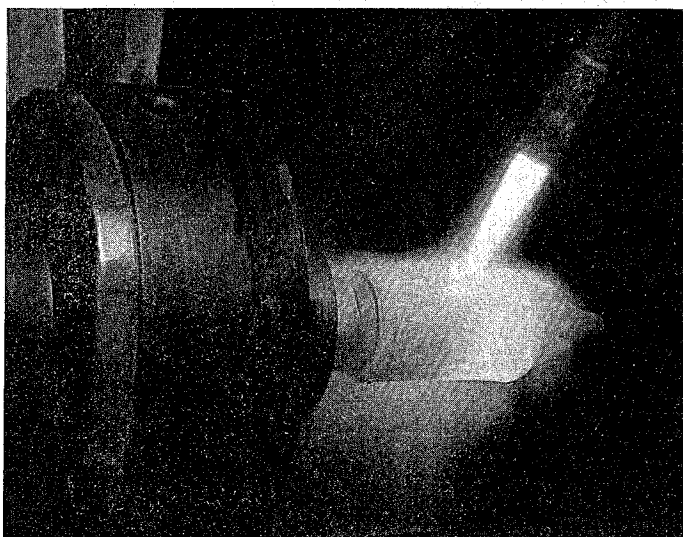




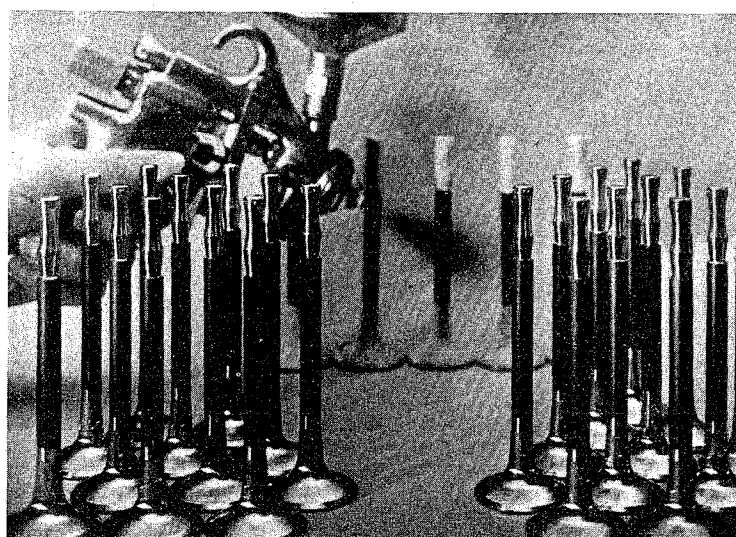
Het opspuiten van een keramische coating door plasmaspuiten (Metco)



Poedervlamspuiten van een pomphuis (Michael)



Insmelten van een zelfinsmeltende chroomboriumcarbidelegering op nikkelbasis, aangebracht op een taatspen (Metalas)



Bespuiten van klepstelen

o.a. afhankelijk van de processen die tijdens de vlucht van de deeltjes naar het substraat optreden. Het gebrek aan treksterkte en de brosheid zijn zonder meer te beschouwen als ernstige nadelen van opgespoten lagen. (Uitzondering: abra-dable coatings, zwak en relatief taai). Toch vinden deze coatings een uitstekend toepassingsgebied in o.a. konforme contacten waar alleen druk en slechts geringe schuifspanningen optreden, bijv. astappen in lagers, bussen e.d. Zowel tap als lager kan met vrucht opgespoten worden. De rol die de oxyden spelen in tribologisch opzicht is niet zeer duidelijk. Een zacht oxyde zal een smeefilm tussen de loopvlakken kunnen vormen en zodoende ongetwijfeld bijdragen tot verbetering van noodloopeigenschappen. Een hard oxyde-deeltje kan werken als beitel in het tegenloopvlak of, als het loslaat uit de coating, ernstige abrasieverschijnselen in beide loopvlakken veroorzaken alvorens het in een oliefilter verwijderd wordt. De porositeit van een laag kan zowel een positieve als een negatieve uitwerking hebben. Bekend is, dat gietijzer zijn uitstekende loop-

eigenschappen in combinatie bijv. met staal ten dele ontleent aan de grafietholtes, die zich vullen met olie. De olie wordt onder kritische omstandigheden uit deze poriën gedrukt en zorgt zo voor een smeefilm tussen de loopvlakken. Een dergelijke werking wordt ook toegeschreven aan poreuze spuitlagen, die fungeren als glijlagers. Een poreuze laag die aangebracht is ter bescherming tegen corrosie zal alleen dan functioneel zijn als het opgespoten materiaal onedeler is dan het te beschermen materiaal. In het algemeen voldoen aluminium en zink uitstekend als bescherming tegen atmosferische corrosie, maar zijn ze ongeschikt als coating van een vat, waarin een corrosief chemisch middel opgeslagen is. Voor dit soort toepassingen zou het corrosiebeständige materiaal liefst chemisch onveranderd en zonder poriën aangebracht moeten worden, hetgeen met de huidige vlamspuittechnieken nog niet op industriële schaal mogelijk is.

### Mogelijkheden

Wordt de toepassing zorgvuldig overwo-

gen met betrekking tot materiaalkeuze, de te verwachten belasting van de laag en de interactie tussen opspuitmateriaal en te bedekken materiaal, dan blijkt uit de industriële praktijk, dat vlamspuiten, ondanks de genoemde intrinsieke nadelen, een enorm aantal mogelijkheden biedt om constructies te beschermen tegen slijtage in de meest algemene zin (erosie, corrosie, adhesieve slijtage, abrasie). Als thermische of elektrische isolatielaag blijkt de ietwat poreuze laag zelfs voordelen te bieden boven niet poreuze lagen. Als mogelijkheden kunnen vermeld worden:

- Het aanbrengen van een hoogsmeltend op een relatief laagsmeltend materiaal, bijv. W op Fe.
- Het omgekeerde: het aanbrengen van laag- op een relatief hoogsmeltend materiaal, bijv. Sn op Fe.
- Vormgeving van delen.
- Introductie van relatief geringe vervormingen en spanningen in het te bespuiten konstruktiedeel.

## Sputrecept

Omtrent de interactie van spuit- en substraatmateriaal nog het volgende. Een spuitrecept dient expliciet afgestemd te zijn op de combinatie van het te bespuiten materiaal en het substraatmateriaal. Vooral de uitzettingscoëfficiënten van beide materialen spelen een grote rol. Bijv. de uitzettingscoëfficiënt van roestvast staal ligt in de orde van  $16 \cdot 10^{-6}$  ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ), van konstruktieaal in de orde van  $12 \cdot 10^{-6}$  ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ). Een keramiek kan volgens een bepaald recept uitstekend op staal aangebracht worden. Past men ditzelfde recept toe voor het vlamspuiten van roestvast staal, dan zou de laag, door de ruim 30% grotere uitzettingscoëfficiënt van roestvast staal, reeds tijdens de spuitprocedure kunnen bezwijken aan de opgebouwde thermospanningen. Het substraat is geen starre materie. De warmte-uitwisseling tussen spuitdeeltjes en substraat heeft een vrij gecompliceerd verloop van uitzetting en krimp-tengevolge in de eerste vezels van het substraat tot een diepte van ca. 10 à 20 micrometer ( $\mu\text{m}$ ). Niet alleen de uitzettingscoëfficiënten zijn van belang. Een groot aantal fysische grootheden van de te paren materialen plus een aantal parameters van het spuitproces spelen een grote rol.

## Twee andere methoden

Tot slot van dit artikel willen we aandacht schenken aan twee spuitmethoden die principieel de mogelijkheid bieden om een aantal bezwaren van het normale vlamspuiten te elimineren: plasmaspuiten en het proces waarbij een opgespoten laag vervolgens ingesmolten wordt. Dit laatste proces levert, mits goed uitgevoerd, porievrije- en oxydearme dekklagen, met een uitstekende mechanische sterkte. De hechtsterkte van deze lagen ligt in de orde van  $300-400 \text{ N/m}^2$ , waarmee tegemoet getreden kan worden aan de allerhoogste eisen. Voor de insmeltlagen zijn speciale poeders ontwikkeld met smelttemperaturen van ca.  $1000-1150^{\circ}\text{C}$ . Door de aanwezigheid van kleine hoeveelheden desoxydatiemiddelen, zoals B en Si wordt het basisbestanddeel Co of Ni beschermd tegen oxydatie. Co of Ni vormt met Fe, B en Si slijtvaste eutectica en fungeert als bindmiddel voor aanwezige carbiden. Deze lagen hebben uitgebreid toepassing gevonden in de slijtagebestrijding van zeer uiteenlopende producten. Ze bieden naast weerstand tegen slijtage vooral soelaas als corrosievaste deklaag bij gebruik op hogere temperatuur, bijv. kleppen en klepzittingen van dieselmotoren. Dergelijke legeringen zouden eventueel ook direkt opgelast kunnen worden. Eerst spuiten en dan insmelten biedt echter het aanzienlijke voordeel dat het werkstuk niet onderworpen wordt aan sterke asymmetrische

## Informatiedag Vlamspuiten

Op 14 februari 1974 werd door het Metaalinstituut TNO een Informatiedag Vlamspuiten gehouden met als hoofddoel meer bekendheid te geven aan de mogelijkheden die TNO kan bieden op het gebied van onderzoek betreffende deze techniek. Tijdens deze TNO-voorlichtingsdag bleek de belangstelling voor het opspuiten zo groot te zijn, dat werd besloten een stuurgroep „Opspuiten” te formeren. Doel is niet-destructief onderzoek te verrichten aan de opgespoten lagen. Gezien de hoge kosten van dit onderzoek werd besloten aan het bedrijfsleven te vragen hierin te participeren. De kosten van 't onderzoek van f 200.000,- dienden te worden gedekt mede uit de bijdragen van geïnteresseerde bedrijven ad. f 5.000,- per bedrijf. De aldus participerende bedrijven zijn mede-eigenaren van de onderzoekresultaten. Leden van de stuurgroep zijn A. J. J. Koch (Philips) voorzitter, ir. J. W. Tichler (TNO), J. van Mal (Jonker Ducroo) namens het NIL, G. A. te Raa (Philips), ir. J. M. Houben (THE), Jac. Rijlaarsdam

Jr. (Vereniging voor Vlamspuittechnieken), G. Wortel (Loosco) en prof. dr. J. H. Zaat (THE).

In aansluiting op deze TNO-vlamsputdag werd al of niet toevallig op 17 september jl. in Schiedam een Vlamspuitdag georganiseerd door de onder het COT in Bilt-hoven ressorterende Vereniging voor Vlamspuittechnieken. Doel van deze dag was de industrie voor te lichten over de mogelijkheden van de Nederlandse vlamspuitindustrie. Tijdens beide bijeenkomsten hield ir. J. M. Houben van de Technische Hogeschool in Eindhoven een verhandeling over de mogelijkheden van de vlamspuittechniek. Aan deze beide lezingen, die de heer Houben ons ter beschikking stelde, ontleen wij het hierbij afgedrukte artikel. Hierin worden de mogelijkheden van de vlamspuittechniek kort besproken. Het betreft mogelijkheden die nog te weinig bekendheid genieten bij de Nederlandse industrie. Daarnaast dient te worden gewezen op het feit dat de vlamspuitbedrijven ongetwijfeld van de door TNO ter beschikking gestelde know-how profijt kunnen trekken.

warmtefluxen waardoor soms ontoelaatbare krimpverschijnselen kunnen optreden.

Ook plasmagespoten lagen volgens de orthodoxe spuittechniek (anno 1974) zijn poreus en inhomogeen door aanwezigheid van oxyden. De sterkte komt overeen met gasvlamgespoten lagen. Toch is dit proces dat principieel de mogelijkheden biedt tot het spuiten van dichte, oxydevrije en zuurstofarme lagen met een metallische binding tussen zowel het substraat en de deeltjes als de deeltjes onderling. Zuurstofgehalten van 0.1 gew. % in een Mo gespoten laag zijn mogelijk, terwijl de verwach-

ting van dit proces (in ontwikkeling) ligt bij het zuurstofvrij-spuiten van op zich sterk oxydatiegevoelige materialen als Mo, Ti, W enz. De reden waarom alleen plasmaspuiten geschikt is voor dit soort spuitwerk berust op de afwezigheid van reactieve gasen in het uitstromende plasma en op de mogelijkheid om met het hete plasma spuitdeeltjes sterk te overhitten, hetgeen met oxide- en vlam volstrekt onvoldoende kan geschieden. Verder is het noodzakelijk maatregelen te nemen die de zuurstof uit de atmosfeer belemmeren toe te treden tot het te verspuiten poeder, het z.g. gekonditioneerde spuiten.

Complete plasma-installatie bestaande uit regelunit, poederdoseringsapparaat en pistool

