

Vlamspuittechnieken bieden tal van mogelijkheden bij reparatie en nieuwbouw van constructies : vlamspuiten is een koud proces; geen vervormingen van werkstuk

Citation for published version (APA):

Hoeben, A. H. L., Houben, J. M., & Kuijpers, T. W. (1974). Vlamspuittechnieken bieden tal van mogelijkheden bij reparatie en nieuwbouw van constructies : vlamspuiten is een koud proces; geen vervormingen van werkstuk. *Bedrijf en Techniek*, 29(842), 1530-1535.

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

Take down policy

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

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

Vlamspuittechnieken bieden tal van mogelijkheden bij reparatie en nieuwbouw van constructies

Vlamspuiten is een koud proces; geen vervormingen van werkstuk

Wanneer we ons aan de hand van Van Dale beraden op de woorden 'kunst' en 'techniek', dan zal het voor diegenen die reeds kennis hebben gemaakt met opspuiten, duidelijk zijn dat beide woorden treffend enkele aspecten van het huidige vlamspuiten omschrijven. Ter aanvulling zullen we ook het woord 'wetenschap' in deze opsomming betrekken, omdat vlamspuiten anno 1974 ook aspecten van wetenschap omvat.

Onder de 'kunst' van het vlamspuiten is te verstaan:

- kennis, vaardigheid en bekwaamheid, dienstbaar gemaakt aan de praktijk: 'oefening baart kunst'.
- de bijzondere manier om iets te verrichten of tot stand te brengen: 'volgens de regelen der kunst'.

— een enkele handeling die t.g.v. oefening of bijzondere gaven verricht kan worden: 'kunststuk'.

— tenslotte bestaat er nog zoiets als 'black magic', oftewel 'zwarte kunst', het vermogen om iets te presteren zonder dat iemand er iets van snapt.

Deze omschrijvingen hebben betrekking op de persoonlijke handelingen van de vlamspuitser.

Onder de 'techniek' van het vlamspuiten is te verstaan:

- het geheel der bewerking of verrichtingen, nodig om d.m.v. vlamspuiten iets tot stand te brengen.
- de manier waarop en de middelen waardoor de vlamspuitser zijn prestaties verricht.

Deze omschrijvingen richten zich dus voornamelijk op de apparatuur en de bewerkingen, zoals, reinigen, ontvetten, stralen, voorwarmen enz.

Onder de 'wetenschap' van het vlamspuiten is te verstaan:

- het systematisch geordende geheel van het weten en de regels waarmee verdere kennis wordt verkregen.

Van kunst via techniek naar wetenschap is er een toename te bespeuren van 'het weten met voorspellende waarde voor nieuwe toepassingen'. De toename in deze kennis gaat gepaard met een dalende afhankelijkheid van de bekwaamheden van de vlamspuitser. De ontwikkeling van de techniek zal deze persoonlijke afhankelijkheid zoveel mogelijk dienen te reduceren voor het verkrijgen van reproduceerbaar spuitwerk.

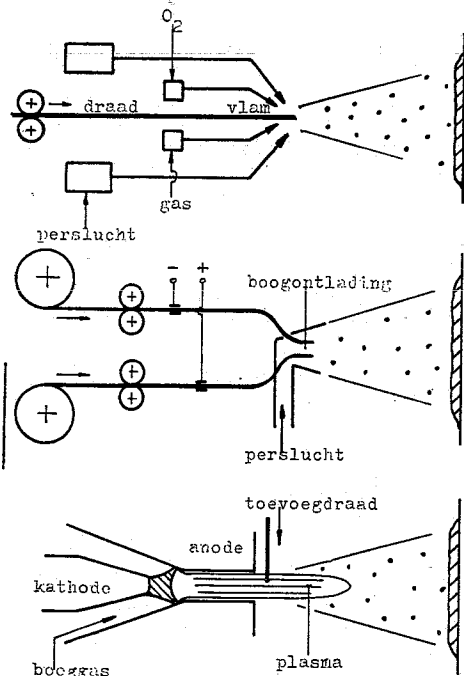
Techniek

Zonder verder in te gaan op de 'kunst' van het vlamspuiten zal nu eerst de techniek van het vlamspuiten aan de orde komen.

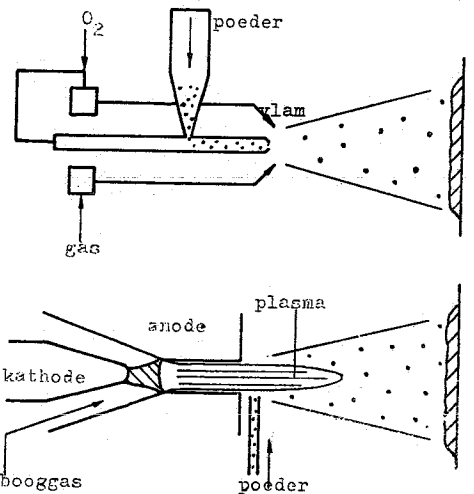
In de zin van voorgaande definitie verstaan we hieronder:

- het geheel der bewerking en verrichtingen, zoals
 - Voorbewerking: reinigen, ontvetten, voordraaien, slijpen, stralen, voorwarmen
 - Spuiten: hechtlaag

Enige tijd geleden werd door de Vereniging voor Vlamspuittechnieken, Bilthoven een goed geslaagd Landelijke Vlamspuitdag georganiseerd. Tijdens deze dag werd door ir J. M. Houben van de Technische Hogeschool te Eindhoven een voordracht gehouden onder de titel 'Vlamspuiten, techniek of kunst?'. Nevenstaand artikel geeft deze voordracht grotendeels weer.



Afbeelding 1A. Draadprocessen. a) zuurstof-gas met: — massieve draad — cordon souple geen hoogsmeltende materialen b) lichtboogspuiten met: elektrische geleidende massieve draad pseudo legeringen mogelijk c) plasma willekeurig toevoegmateriaal



Afbeelding 1B. Poederprocessen. d) zuurstof-gas willekeurig toevoegmateriaal mits niet refractair e) plasma willekeurig poeder

toplaag
 — Insmelten
 — Nabewerking: slijpen, draaien enz.
 kortom de manier waarop en de middelen waardoor.

De vlamspuitmethoden kunnen onderscheiden worden naar de vorm van het te verspuiten materiaal in poeder- en draadprocessen en naar de aard van de vlamenergie in elektrische of verbrandingsprocédés.

In afbeelding 1 worden de processen kort weergegeven.

Een speciale plaats wordt ingenomen door die processen, waarbij het materiaal in poedervorm eerst wordt opgespoten en vervolgens ingesmolten. Hierover later iets meer.

Karakteristieke kenmerken van vlamspuitprocessen

- Het heetste deel van de vlam en de op te spuiten constructie zijn principieel van elkaar gescheiden. Daardoor is er geen smeltbad — zoals bij lassen — waarin op te spuiten materiaal en substraatmateriaal met elkaar versmelten.
- De laag onstaat deeltje voor deeltje. De interactie van een spuitdeeltje met het substraat of een ander reeds gedeponerd deeltje is individueel m.b.t. stollen, deformer en afkoelen. Er is eenvoudig te berekenen dat er tijdens de spuitprocedure ca. 30 deeltjes per m^2 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 factor 10^6 maal de eigen stoltijd, zodat een deeltje alweer afgekoeld is tot ca. $100^\circ C$ alvorens het in contact komt met het volgende deeltje. Van samensmelten zoals bij lassen is dan natuurlijk geen sprake meer.

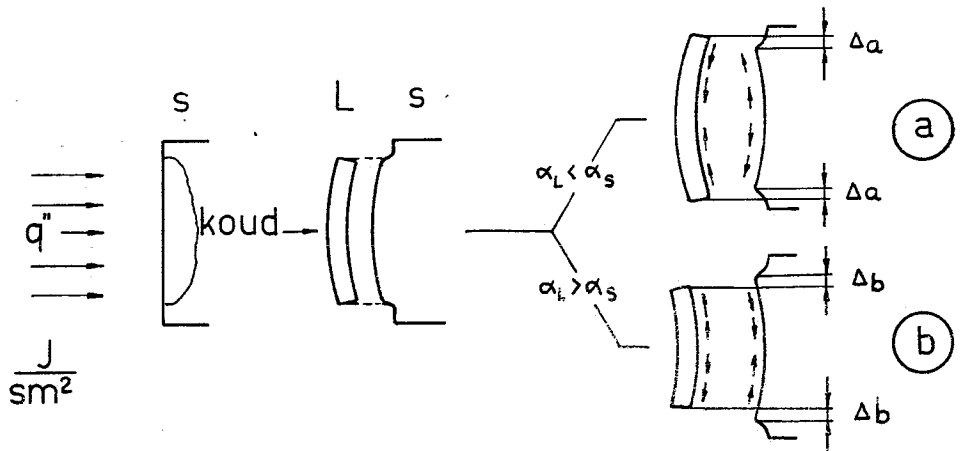
De onder a) en b) genoemde factoren leiden tot een aantal opmerkelijke kenmerken.

- Vlamspuiten is een koud proces. Er is eenvoudig te berekenen dat de warmteflux door het oppervlak van de op te spuiten constructie globaal 1% bedraagt van de warmteflux bij diverse lasprocessen. Het voordeel hiervan is: geringe vervorming van het op te spuiten werkstuk.
- Door het ontbreken van een smeltbad kunnen allerlei vreemdsoortige materialen op elkaar aangebracht worden, zoals hoogsmeeltende op laagsmeltende en omgekeerd.
- Het gesmolten materiaal moet over een relatief grote afstand getransporteerd worden, waardoor oxidatie en gasopname plaats hebben.

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. Door de geringe thermische aktivering van het substraat oppervlak en de dientengevolge hoge afkoelnelheden 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. $25^N/min^2$ ($250^{kgf/cm^2}$), dienen beschouwd te worden als een eigenschap van een goed gespoten laag.

Deze sterkte is faktoren lager dan die van het uitgangsmateriaal. Een opgespoten laag is in zijn algemeenheid vrij bros, poreus en niet homogeen; naast het oorspronkelijke materiaal (al dan niet overzadigd met opgenomen gassen) komen oxiden voor die de inzetbaarheid van zo'n laag in aanzienlijke mate bepalen.

Het gebrek aan treksterkte en de brosheid zijn zonder meer te beschouwen als ernstige



Afbeelding 2.

nadelen van opgespoten lagen (uitzondering: abrasable coatings, zwak en relatief taa). Toch vinden deze coatings een uitstekend toepassingsgebied in o.a. conforme 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 oxiden spelen in tribologische opzigt is niet zeer duidelijk. Een zacht oxide zal een smeefilm tussen de loopvlakken kunnen vormen en zodoende ongetwijfeld bijdragen tot verbetering van noodloopeigenschappen. Een hard oxide 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 positieve als negatieve uitwerking hebben. Bekend is dat gietijzer zijn uitstekende loopeigenschappen in combinatie bijv. met staal ten dele ontleent aan de grafietholtes die zich vullen met olie. De olie wordt onder Kritische omstandigheden wil 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. Alhoewel meer onderzoek noodzakelijk is kan toch gesteld worden dat een regelbare porositeit van opgespoten lagers een potentieel voordeel is.

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, zodat het zichzelf opoffert, bijv. Al en Zn op staal. In het algemeen voldoen Al en Zn 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 corrosiebestendige materiaal liefst chemisch onveranderd en zonder poriën aangebracht moeten worden, hetgeen met de huidige vlamspuittechniek nog niet op industriële schaal mogelijk is. Poreuze

lagen voldoen als elektrische of thermische isolatie meestal beter dan niet of minder poreuze lagen, terwijl ook de thermoshockbestendigheid in gunstige zin beïnvloed kan worden door een zekere mate van porositeit; de elastische vervormbaarheid neemt door poriën toe. Toch vormen voor sommige toepassingen oxiden, porositeit en geringe treksterkte, onoverkomenlijke bezwaren, zodat opgespoten lagen niet altijd voldoen.

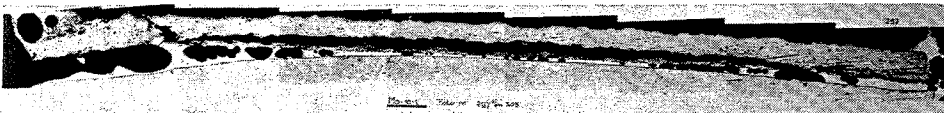
Wordt de toepassing echter zorgvuldig overwogen met betrekking tot materiaalkeuze, de te verwachten belasting van de laag en de interactie tussen opspuitmateriaal en te bedekken materiaal, dan blijkt uit de industriële praktijk dat vlamspuiten, ondanks de genoemde intrinsieke nadelen, een enorm aantal mogelijkheden schiept om constructies te beschermen tegen slijtage in de meeste algemene zin (dus: erosie, corrosie, adhesieve, abrasieve). Als thermische of elektrische isolatielaag blijkt de ietwat poreuze opgespoten laag zelfs voordelen te bieden boven niet poreuze lagen.

Omtrent de interactie van spuit- en substraatmateriaal nog het volgende. Een spuit-recept dient expliciet afgestemd te zijn op de combinatie van het op te spuiten en het substraatmateriaal. Vooral de uitzettingscoëfficiënten van beide materialen spelen een grote rol. Bijv.: de u.c. van RVS ligt in de orde van $16 \cdot 10^{-6}$ ($^\circ C^{-1}$), van constructiestaal in de orde van $12 \cdot 10^{-6}$ ($^\circ C^{-1}$). Een keramiek kan volgens een bepaald recept uitstekend op staal worden aangebracht. Past men ditzelfde recept toe voor het vlamspuiten van RVS, dan zou de laag, door de ruim 30% grotere u.c. van RVS, reeds tijdens de spuitprocedure kunnen bezwijken aan de opgebouwde thermospanningen.

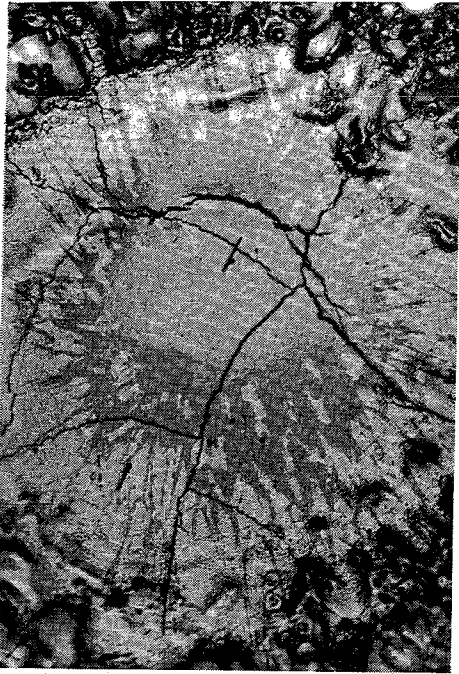
Het substraat is geen starre materie. De warmte-uitwisseling tussen spuitdeeltjes en substraat heeft een vrij gecompliceerd verloop van uitzetting en krimp tengevolge in de eerste vezels van het substraat tot een diepte van ca. 10 à $20 \mu m$.

Met het schema in afbeelding 2 kunnen de hoofdtrekken van de thermische deformatiecyclus verduidelijkt worden. (Geldt voor relatief dikke substraten).

q'' = warmtestroomdichtheid door het koude substraat oppervlak. Substraat zet uit; t.g.v. temperatuurgradiënt gaat dit bol staan: het deeltje in nog plastische toestand past zich hierbij aan. Afhankelijk van de u.c. zal



Afbeelding 3. Mo op staal, $V = 30x$.



Afbeelding 4. Mo op RVS. $V = 300\times$
 $\alpha_{RVS} \approx 3 \times \alpha_{Mo}$.

toestand a) of b) ontstaan. Het substraat dwingt de opgespoten lamel een deformatie op. Het is te verwachten dat de contraforme deformatie van toestand a) grotere spanningen tengevolge heeft dan de conforme deformatie van toestand b).

Combinaties volgens a) zijn bijv. Mo of W op staal.

Combinaties volgens b) zijn bijv. Al of Zn op staal.

Opgespoten Al of Zn zal niet gauw door eigen spanningen loslaten van het substraat, zoals dat wel heel goed mogelijk is bij de combinatie van Mo of W op staal.

Zie afbeelding 3: Mo op staal

afbeelding 4: Mo druppel op RVS



Afbeelding 5. Mo op Mo. $V = 460\times$.

TABEL 1

P_s		P_1	
Li	0,013	Li	0,0002
<u>Ti-AISI-316</u>	0,07	Sn	0,003
Zr	0,08	Cd	0,006
Sn	0,19	Zn	0,03
Cd	0,20	Mg	0,04
V	0,33	Zr, Ti	0,06
Zn	0,37	<u>Al</u>	0,14
Ms 72	0,39	V	0,35
Mg	0,44	C ₁₅ ~	0,54
C ₁₅	0,56	Co	0,78
Ms 58	0,60	Fe	1
Co	0,80	Ag	1,01
Al	0,94	Ni	1,02
<u>Fe</u>	1	Cr	2,02
Ni	1,05	<u>Cu</u>	2,57
Ta	1,12	Ta	2,82
Cr	1,46	Be	3,04
Ag	3,63	<u>Mo</u>	23,47
Be	3,82	W	88,11
Cu	5,18		
Mo	11,60		
W	26,28		

$\frac{1}{0,07} = 14,3$ (bracketed next to Ti-AISI-316)
 $\frac{23,47}{0,14} = 168$ (bracketed next to Al)
 Fe_{Ls} (arrow pointing to Mo)

↑ Toename van de neiging tot bol staan (voor buigings-slapps substraten)
 ↓ Toename van de neiging tot bol staan.

afbeelding 5: op Mo

afbeelding 6: op W

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.

In afbeelding 7 is een kwalitatief overzicht gegeven van de neiging tot bol (toestand a) of hol (toestand b) staan (voor buigings-slappes substraten).

Een maximale neiging tot bol staan (dus grote eigenspanningen) is te verwachten onder de condities waarbij de grootheden onder 'R' groot zijn en die onder 'L' klein. De volgende producten van dimensieloos gemaakte fysische grootheden zijn ingevoerd:

$$P_1 = \frac{E.a. \sqrt{\lambda pc (q_{1m}^3 + pcT_m)}, T_m \sigma R}{\alpha \delta}$$

$$P_s = \frac{a.E. \sqrt{\lambda pc}}{\alpha}$$

en deze grootheden berekend voor verschillende materialen. Dit levert de volgende tabel op voor P_s en P_1 . (Tabel 1).

Voor de onderstreepte combinaties, dus met wijd uiteenlopende waarden van P_1 en P_s , is de proef op de som genomen en het resultaat is te zien in afbeelding 8.



Afbeelding 6. Mo op W. $V = 450\times$
 $\alpha_w \approx 0,9 \alpha_{Mo}$.

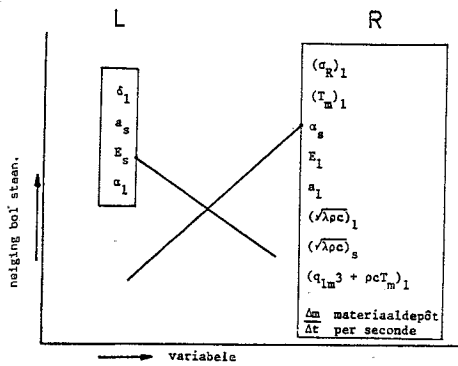
Hiermede is duidelijk dat de interactie van het op te spuiten materiaal met het substraat betrokken dient te worden in de receptuur voor goed spuitwerk.

neiging bol staan.

Afl
An
To
va
wo
die
eer
spu
pro
ger
Di
vo
me
he
va
ka
eis
Vc
on
10
kle
als
Ni
me
fur
bic
pa
va
na
als
ger
zitt
De
dir

Afl

Be



Afbeelding 7.

Andere methoden

Tot slot van dit hoofdstuk over de techniek van het vlamspuiten moet nog even aandacht worden geschonken 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 oxide arme deklagen met een uitstekende mechanische sterkte. De hechtsterkte van deze lagen ligt in de orde van 300 - 400 N/mm² waarmee tegemoet kan worden getreden aan de allerhoogste eisen.

Voor deze insmeltlagen zijn speciale poeders ontwikkeld met smelttemperaturen van ca. 1000 - 1150° C. Door de aanwezigheid van kleine hoeveelheden desoxidatiemiddelen zoals B en Si wordt het basisbestanddeel Co of Ni beschermd tegen oxidatie. Co of Ni vormt met Cr, 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 produkten. 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 spui-

ten en dan insmelten biedt echter het aanzienlijke voordeel dat het werkstuk niet onderworpen wordt aan sterke asymmetrische warmtefluxen, waardoor soms ontoelaatbare krimpverschijnselen kunnen optreden.

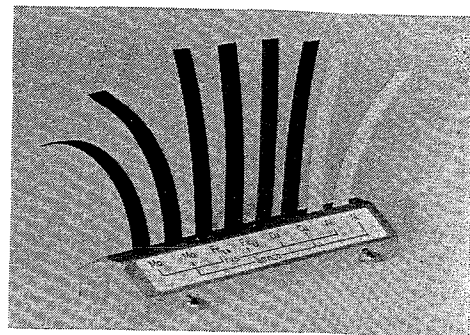
Omtrent de techniek van het plasmaspuiten het volgende. Ook plasmagespoten lagen volgens de orthodoxe spuittechniek (anno 1974) zijn poreus en inhomogeen door aanwezigheid van oxiden. De sterkte komt overeen met gasvlamgespoten lagen. Toch is het dit proces dat principieel de mogelijkheden biedt tot het spuiten van dichte, oxidevrije en zuurstofarme lagen met een metallische binding tussen zowel het substraat en de deeltjes als de deeltjes onderling. De bewijzen hiervoor toont een afbeelding van opgespoten Mo lagen. (Afbeelding 9). Zuurstofgehalten van 0,1 gew.% in een Mo gespoten laag zijn reproduceerbaar mogelijk, terwijl de verwachting van dit proces (in ontwikkeling) ligt bij het technisch zuurstofvrij spuiten van op zich sterk oxidatiegevoelige materialen als Mo, Ti, W enz.

De reden waarom alleen plasmaspuiten geschikt is voor dit soort spuitwerk, berust op de afwezigheid van reactieve gassen in het uitstromende plasma en op de mogelijkheid om met het hete plasma spuitdeeltjes sterk te overhitten, hetgeen met een oxi-acet. vlam volstrekt onvoldoende kan geschieden. Men zal echter bij dit soort toepassingen afstand moeten nemen van de enorme spreiding in 'deeltjeskwaliteit' die o.a. een gevolg is van de manier van poedertoevoeren en de enorme spreiding in de afmetingen van de spuitdeeltjes. Bijv. fracties van 40 tot 90 µm zouden in hun spreiding wel eens gehalveerd dienen te worden en daar zal men als gebruiker van plasmaspuitapparatuur de fabrikant van spuitpoeder van moeten overtuigen.

Bovendien is het noodzakelijk maatregelen te nemen die de zuurstof uit de atmosfeer belemmeren toe te treden tot het te versputten poeder, het z.g. geconditioneerde spuiten.

De wetenschap van het vlamspuiten

Zoals reeds eerder gedefiniëerd dienen we



Afbeelding 8. Kromming van dunne strip als functie van de materiaalcombinaties.

hieronder te verstaan de systematische ordening van regels die het mogelijk maken verdere kennis te vergaren. Deze regels zijn maar zeer ten dele bekend, van een bewezen spuittheorie is nog geen sprake. De bewering dat er dus geen 'wetenschap van het opspuiten' bestaat is echter onjuist. Op z'n minst beschikt men momenteel over voldoende basiskennis omtrent de methoden die gebruikt worden bij het vergaren van de wetenschappelijke kennis, dat het opbouwen van deze theorie nog slechts een kwestie van tijd is.

Hieronder volgt heel summier, één voorbeeld van de aanpak van een spuitprobleem.

Probleem: Plasmaspuiten van Sn (T_m = 232° C) op staal (T_m ≈ 1500° C).

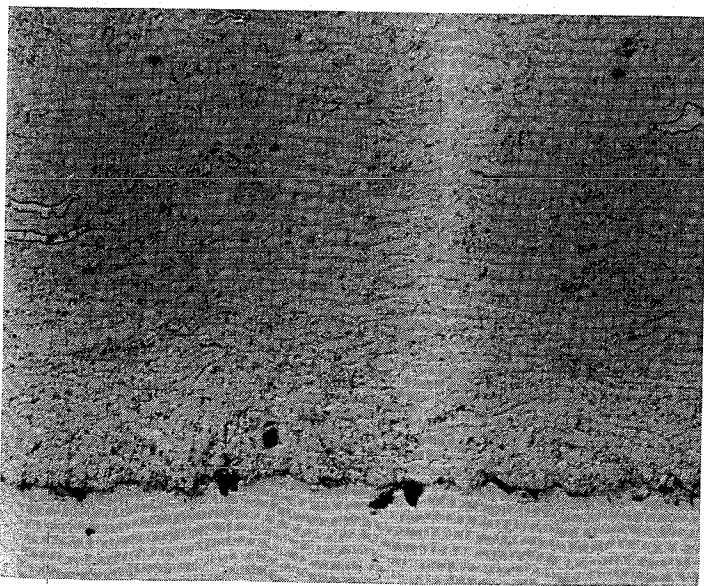
Basisgegevens voor het oplossen van dit probleem vormen hierbij:

a. De metaalkunde.

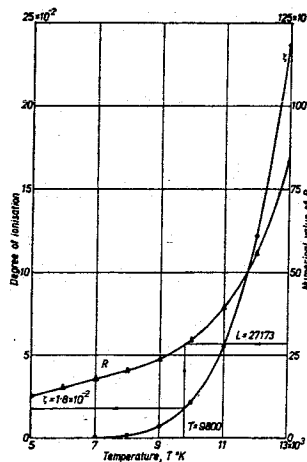
Uit een publikatie van Ischida in Trans. J.I.M. 'The reaction of solid Iron with molten Tin' putten we de volgende kinetische gegevens omtrent de oplosbaarheid van vast Fe in gesmolten Sn.

Temp. °C	Oplossnelheid Å/s	1 Å = 10 ⁻¹⁰ (m)
780	11,2 x 10 ⁴	(gemeten)
2000	110 x 10 ⁴	(geëxtrapolerd)

Per microseconde lost het ijzer dus over de volgende afstanden op in het Sn:



Afbeelding 9. Mo op staal. Plasma gespoten. O₂ = 0,1. V = 235x.



Afbeelding 11.

degree of ionisation:

$$\zeta = \frac{\frac{5}{T^2} \cdot \exp \frac{-K_2}{T}}{\frac{P}{K_3 \cdot K_1} + \frac{5}{T^2} \cdot \exp \frac{-K_2}{T}} \quad [6]$$

equation of state: $p = (1 + \zeta) \rho R_{kg} T$ [11]

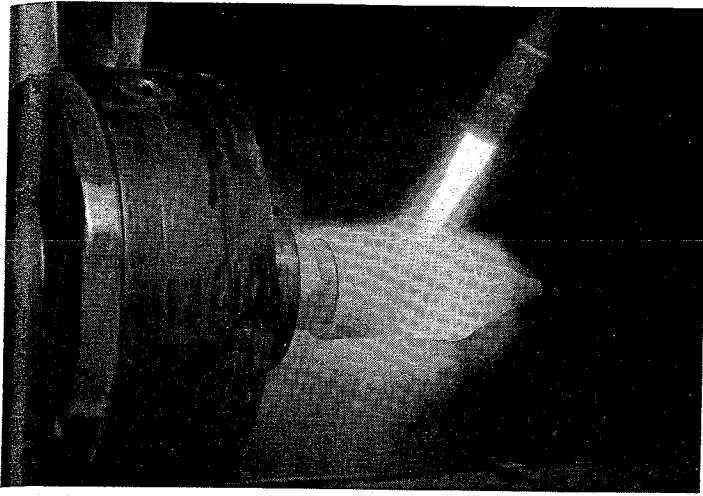
enthalpy: $H = (1 + \zeta) \frac{5}{2} R_{kg} T + \zeta R_{kg} K_2$ [13]

energy equation: $W \cdot q_{kw} = \phi_m \cdot H + \frac{1}{2} \phi_m v^2$ [14]

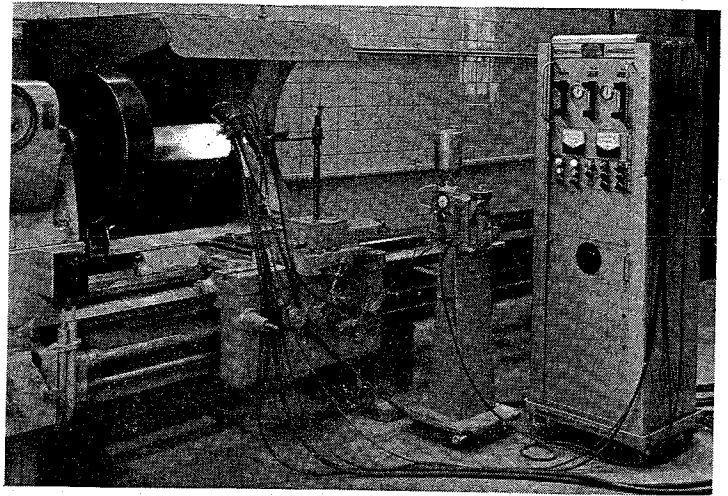
continuity equation: $\phi_m = \rho \cdot v \cdot A$ [15]

The variables are: p, T, ρ, W, q_{kw}, φ_m, v, H, ζ, and A, of which can be measured easily: p, W, q_{kw}, φ_m, and A. Consequently, the following five unknown variables remain to be solved: T, ρ, v, H, and ζ.

$$\frac{W \cdot q_{kw}}{\phi_m \cdot R_{kg}} \approx (1 + \zeta) \frac{5}{2} T + \zeta K_2 = \frac{H}{R_{kg}} \quad [17]$$



De insmelbewerking bij 1050° C, van een zelfinsmelende chroomborium-carbidelegering op nikkelbasis, aangebracht op een taatspen.



Een complete plasma-installatie bestaande uit een regel-unit, een poederdoseringsapparaat en een pistool, voor het aanbrengen van zeer slijtvaste keramische-, metaalcarbide- en combinatie-spuittlagen.

780°C $d = 11,2 \times 10^4 \times 10^{-6} = 0,1 \text{ \AA}$
 2000°C $d = 110 \times 10^4 \times 10^{-6} = 1,1 \text{ \AA}$

Een atoombestand bedraagt ca. 2,5 Å. Het is nu wel duidelijk dat het contactvlak Fe-Sn in een temp. traject moet liggen hoger dan 780° C en dat de verblijftijden in dit temp. traject $\pm 10 \mu\text{s}$ dienen te zijn, wil er van een uitwisseling van enige atomen Fe met Sn iets terecht komen. Het zo opgeloste Fe kan met Sn verbindingen vormen: Fe_xSn_y . In evenwichtstoestand is bijv. de verbinding FeSn_2 beneden ca. 500° C stabiel en verantwoordelijk voor de goede hechting van een vuurvertinde laag Sn op Fe.

b. De spuittechniek; resp. wetenschap.

Wil men een Sn-laag d.m.v. opspuiten opbrengen op Fe, dan dient men aan de voorwaarde kinetische eisen te voldoen.

De warmte-inhoud-temperatuur curve van Sn is globaal zoals in afbeelding 10 is aangegeven.

Hieruit blijkt dat Sn tot ca 2000° C overhit kan worden alvorens te verdampen. De warmte-inhoud van de spuitdeeltjes bedraagt dan ca. 700 k/kg, hetgeen dus door opwarming uit het plasma verkregen moet worden.

De gang van zaken is nu verder als volgt:

— De eigenschappen van het plasma, zoals dichtheid, snelheid, gem. temperatuur, enthalpie en ionisatiegraad kunnen van te voren berekend worden door middel van een systeem van 5 vergelijkingen met

5 onbekenden. (Afeebliding 11).

— De interactie van het plasma met een Sn deeltje kan nog niet theoretisch worden voorspeld.

— Wel kan men de warmte-inhoud van de Sn-deeltjes meten als functie van diverse spuitparameters.

— Uit deze meting volgt o.a. de bijstelling van de plasmaspuit.

Het op deze wijze verkregen resultaat is te zien in afbeelding 11: Sn op staal. Deze laag is nauwelijks poreus, bevat ca. 0,3 gew. % O_2 , gemeten hechtsterkte $> 30 \text{ N/mm}^2$.

Een verbeterd procedé levert Sn lagen op die geen porositeit meer bevatten, met zuurstofgehalten van ca. 0,05-0,1 gew. %. Hechtsterktes zijn nog niet gemeten. Dit onderzoek is nog niet afgesloten.

Tot slot van dit artikel kan nog worden gewezen op de grote commerciële kracht van opspuiten: Het is met behulp van deze processen principiële mogelijk het product goedkoper te maken met een kortere levertijd en met een betere kwaliteit, mits het spuitwerk goed uitgevoerd is. Zulk een procedé is de moeite van het overdenken zeker waard.

001

Hechtapparaten

Voor verpakkingen, maar ook voor uiteenlopende industriële producten, importeert Contimeta BV te Maarn een programma hechtmachines van het Zweedse fabrikaat Josef Kihlberg HJO. Voor het hechten van deksels en bodems van kartonnen dozen, maar ook voor het verwerken van andere materialen zoals textielweefsels, leer, plastics en andere synthetische materialen, dunne metalen plaat enz. wordt de hechtmachine model C geleverd met voetbediening geschikt voor het verwerken van nieten type 54 en eventueel type 53. Deze hechtmachine kan worden voorzien van een elektrische of pneumatische aandrijving.

Afgeleid van dit type is model CE, dat uitgevoerd is met een kort, recht blad, dat in het te hechten product kan worden geschoven. Eveneens afgeleid van type C is de dubbele hechtmachine C2, voorzien van twee hechkoppen, zodat bij iedere handeling twee nieten kunnen worden aangebracht en een hogere weksnelheid wordt bereikt. De afstand tussen de hechkoppen is vast en kan, per 25 mm opklimmend, tussen 60 en 260 mm worden gekozen.

In bepaalde gevallen kan het gewenst zijn de poten van de nieten exact parallel met de kroon af te werken. Voor dit doel worden speciale hechkoppen geleverd, waarvan het verende aanbeeld de poten na het ombuigen extra aandrukt. Voor het in rechte lijn aanbrengen van nieten kan op de C-modellen een speciale, instelbare dozengeleider worden gemonteerd.

Andere modellen uit dit programma zijn de bodemhechter A2, evenals type C2 uitgevoerd met twee hechkoppen en in standaard uitvoering met voetbediening, en de pneumatische bodemhechter P4T, bestaande uit twee eenheden met elk een dubbele hechkop (afstand tussen de middens van de hechkoppen 60 tot 85 mm), die zijdelings in de gewenste stand kunnen worden verschoven.

Voor speciale doeleinden staan nog de typen 53, 54 en 55 ter beschikking.

002

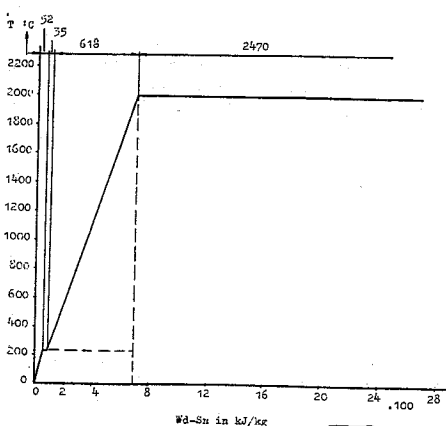
Bescherming tegen corrosie

De Nederlandse Vereniging van Verftechnici (N.V.V.T.), sectie van de Bond voor Materialenkennis komt op woensdag 22 januari 1975 bijeen voor een discussie over het onderwerp 'Corrosiebescherming van staal'. Plaats van samenkomst: hotel 'De Eenhoorn' te Woerden.

Aanvang: 15.30 uur.

De discussie zal worden ingeleid door dr. P. Kresse van de Farbenfabriken Bayer A.G. te Leverkusen die een voordracht over corrosiebescherming van staal zal houden. Leden van de Studiekern Corrosie van de Bond voor Materialenkennis worden tot het deelnemen aan de discussie uitgenodigd.

Nadere inlichtingen worden verstrekt door het bureau van de Bond voor Materialenkennis, Stadhouderslaan 28, postbus 9321, Den Haag. Telefoon: (070) 39 49 30.



Afbeelding 10