

R1097

**Onderzoeksprojecten**

**NIL project:  
HOOGTEMPERATUURSOLDEREN**

**WIDE GAP SOLDEREN**

**OPPERVLAKTEREPARATIE**

Nederlands Instituut  
voor Lastechniek

Krimkade 20  
2251 KA Voorschoten

Vestiging Apeldoorn (Onderzoek)  
Postbus 541 7300 AM Apeldoorn



Auteur: C.C.J. Kaasschieter - TNO-MI

doc.nr.: TC-I-A-544/94

Maart 1994

Rapport

TC-I-A-544-94

WIDE GAP SOLDEREN / OPPERVLAKTE REPARATIE

Bestemd voor:

Het Nederlands Instituut voor Lastechniek

Krimkade 20

2251 KA VOORSCHOTEN

Ter attentie van de voorzitter en de leden van de NIL-Subcommissie TC-I-A

"Hoogtemperatuursolderen"

Samengesteld door: ing. C.C.J. Kaasschieter

Namens de werkgroep "Wide Gap Solderen / oppervlakte reparatie" bestaande uit :

A.M.J.H.M Goossens	DMVS/KLu
W. van Soelen	DMVS/KLu
Chr. van Stiphout	Hardingscentrum Hauzer BV
C.C.J. Kaasschieter	TNO-MI
H.H. van der Sluis	TNO-MI
G.A. Kool	NLR
R.J. Zaalberg	Thomassen
P.Th.H. Steege	V.S.C.

Datum : 15 maart 1994

Opdrachtnummer : 33.2.1059

Oplaag : 45

Dit rapport is het resultaat van onderzoek uitgevoerd door TNO-Metaalinstituut in opdracht van het Nederlands Instituut voor Lastechniek.

## SAMENVATTING

In het kader van het "Wide Gap" programmadeel 1991-1993 wordt in dit rapport het laatste deel uit dit onderzoek gerapporteerd. Het betreft het onderdeel "Oppervlakte reparatie".

In dit programmadeel ligt het accent op het repareren van beschadigde oppervlakken met een soldeertechniek, waarbij door middel van metaalpoeder en een soldeerpoeder gemengd met een bindmiddel tot een plak, een reparatiesoldering wordt uitgevoerd. Hiertoe wordt de soldeerplak op de metaalpoederplak gelegd; het soldeer vloeit bij het solderen door het metaalpoeder om deze aan het metaaloppervlak te laten hechten. Met een aantal meest voorkomende bindmiddelen, zoals Polyethyleenglycol (P.E.G.), Methylcellulose, Nicrobrazo Cement en Paraffine is getracht plakken te maken met de metaalpoeders METCO 45VF, Stellite 21 en RVS grof en fijn, alsmede met het soldeerpoeder BNi5.

Het onderzoek heeft niet geresulteerd in een methodiek waarmee voldoende plastische metaal-poeder- en soldeerpoederplakken kunnen worden vervaardigd, die op een substraatoppervlak (vlak of gekromd) kunnen worden aangebracht.

De soldeerresultaten met gemaakte plakken aangebracht op staal of roestvaststaal geven oppervlakken die ruw en poreus zijn en bovendien slecht hechten.

**SAMENVATTING**

	<b>Inhoud</b>	<b>Pagina</b>
1	<b>INLEIDING</b>	4
2	<b>MATERIALEN</b>	5
3	<b>OPZET EN ACHTERGRONDEN</b>	6
4	<b>UITVOERING EN RESULTATEN</b>	7
4.1	Soldeerproeven t.b.v. reparatie van oppervlakken	7
4.2	Visueel onderzoek	8
5	<b>CONCLUSIE</b>	11

## 1 INLEIDING

Het vervolgprogramma op het gebied van "Wide Gap" solderen is in twee deelprogramma's opgesplitst: "keramiek aan metaal en keramiek aan keramiek solderen" en "oppervlakte reparatie". Hier wordt het laatstgenoemde deel gerapporteerd.

Dit programmadeel bestaat uit het onderzoeken van oppervlakte reparatie soldeer methoden.

Bij het herstellen van oppervlakte defekten - in de vorm van weggeërodeerd/gecorrodeerd materiaal, scheuren en dergelijke - van onderdelen van stoom- en gasturbines wordt, naast het lassen, gebruik gemaakt van de "Wide Gap" soldeertechniek. Hierbij kan van verschillen methoden gebruik worden gemaakt zoals:

- solderen in het smelttraject van het toegepaste soldeer;
- solderen met een mengsel van een soldeer en een metaalpoeder, waarbij het toegepaste mengsel een nieuw smelttraject geeft waarin gesoldeerd wordt;
- solderen onder toepassing van een soldeer en vul(metaal)poeder, waarbij het soldeer op het vulpoeder wordt geplaatst.

Vooraf deze laatste methode biedt in het eerder uitgevoerde "wide gap" programma (zie rapport TC-I-A-502-92) goede perspectieven. Echter onvoldoende kon toen worden vastgesteld wat de optimale verhoudingen tussen de hoeveelheid soldeer en het vulpoeder waren teneinde aanvaardbaar gevulde oppervlakte-defecten te kunnen verkrijgen.

Bij de te volgen methode is uitgegaan van de ervaring opgedaan in het vorige programmadeel (1991), waarbij slijtvaste lagen op metaal werden gesoldeerd.

In dit programmadeel is het de bedoeling om beschadigde oppervlakken met behulp van vulmateriaalpoeder op te bouwen, die daarna bedekt worden met een laag soldeerpoeder, waarbij het vulmateriaal door het soldeer moet worden geïmpregneerd tijdens het solderen.

De bedoeling van dit programmadeel is om het soldeer en het vulmateriaal in de vorm van plakken te kunnen aanbrengen en deze plakken zelf samen te kunnen stellen uit metaalpoeders en bindmiddelen, opdat met deze methode oppervlakte-defecten kunnen worden hersteld.

## 2 MATERIALEN

De in dit onderzoek toegepaste materialen worden hieronder aangegeven.

Tabel 1: Metaalpoeders

Merknaam	Samenstelling	Korrelgrootte
METCO 45 VF-NS (type X-40)	25,5Cr; 10,5Ni; 7,5W; 0,5C; rest Co	5 - 45 $\mu\text{m}$
Stellite 21 (Grade W)	27Cr; 5Mo; $\leq 2,5\text{Ni}$ ; $\leq 1,5\text{Fe}$ ; 1Mn; 1Si; 0,2C; rest Co	45 - 150 $\mu\text{m}$
RVS AISI 316L	17Cr; 13,1Ni; 2,1Mo; 1Si; 0,2Mn; 0,1O; 0,049N; 0,02C; rest Fe	fijn 0 - 50 $\mu\text{m}$ grof 75 - 105 $\mu\text{m}$

Tabel 2: Soldeerpoeders

Merknaam	Type	Samenstelling	$T_s - T_L$ ( $^{\circ}\text{C}$ )
Nicrobraze 30	BNi5	19Cr; 10Si; rest Ni	1080 - 1135

Tabel 3: Bindmiddelen

Merknaam
Polyethyleenglycol
Nicrobraze Cement Grade 300
Methylcellulose
Paraffine

Tabel 4: Metalen

Materiaaltype	Samenstelling in gewichtsprocenten
RVS AISI 316	16/18Cr; 14Ni; 2Mn; 1Si; 0,005P; 0,03S; 0,08C; 2/3Mo rest Fe
FSX414	29Cr; 10Ni; 7,5W; 1 Fe; 0,25C; 0,01B; rest Co

### 3 OPZET EN ACHTERGRONDEN

De opzet van het onderzoek ten aanzien van het repareren van beschadigde oppervlakken door middel van vulmaterialen en solderen is:

- het bepalen van de optimale dikte verhouding soldeerplak en vulmateriaalplak;
- het vaststellen van de gewenste opwarm- en afkoelsnelheid;
- het vaststellen van de verkregen microstructuur (brosse fasen en poreusheid);
- het bepalen van het uiterlijk van de opbouwlaag met betrekking tot de vlakheid, de aanwezigheid van slink- of krimpscheuren, de overmatige uitvloeit van het soldeer, het kromtrekken van het proefstuk.

De opzet van het onderzoek ten aanzien van het "wide gap" solderen door eerst met een actief soldeer het keramiek te metalliseren en daarna te solderen is:

- het (leren) beheersen van de procesparameters (temperatuur, tijd, opwarm- en afkoelsnelheid) met betrekking tot de kwaliteit van de "wide gap" soldeerverbinding;
- het vaststellen van de kwaliteit van de verbinding door middel van lek dichtheids-, sterkte- en metallografisch onderzoek.

De opzet van het onderzoek ten aanzien van het toepassen van soldeerglazen en/of smeltkeramieken voor het maken van een "wide gap" verbinding is:

- het opdoen van ervaring met soldeerglazen en/of smeltkeramieken van verschillende samenstelling;
- het vaststellen van de kwaliteit van dergelijke verbindingen door middel van lek dichtheids- en metallografisch onderzoek.

#### 4 UITVOERING EN RESULTATEN

Het uitgevoerde onderzoek zal in drie delen worden behandeld, namelijk:

- het onderzoek naar het repareren van oppervlakken;
- het solderen van keramiek/metaalverbindingen met brede spleet;
- het solderen met glaskeramiek van keramiek/keramiekverbindingen met brede spleet.

##### 4.1 Soldeerproeven t.b.v. reparatie van oppervlakken

In analogie met het voorgaande onderzoek (1991), waarbij met behulp van carbiden en soldeer beiden in de vorm van plakken slijtvaste lagen werden opgebracht, zijn in eerste instantie plakken gemaakt van metaalpoeder en soldeerpoeder, beiden gemengd met een binder. Voor de metaalpoederplakken is gebruik gemaakt van diverse poeders, waarbij in de meeste gevallen een combinatie is gemaakt van een grof poeder en een fijn poeder; de poeders zijn:

- METCO 45VF-poeder (korrelgrootte 5 - 45  $\mu\text{m}$ );
- Stellite 21 (korrelgrootte 45 - 150  $\mu\text{m}$ );
- RVS fijn (korrelgrootte 0 - 50  $\mu\text{m}$ );
- RVS grof (korrelgrootte 75 - 105  $\mu\text{m}$ ).

Voor de soldeerpoeders is alleen gebruik gemaakt van BNi5.

Als bindmiddelen kwamen een aantal commercieel verkrijgbare middelen in aanmerking:

- Polyethyleen glycolbinder (P.E.G.)
- Microbraze cement grade 300 (afgekort Nb300)
- methylcellulose
- paraffine.

De solderingen zijn uitgevoerd onder "Low" vacuüm, waarbij de druk varieert van 2 tot  $4 \cdot 10^{-1}$  mbar.

De resultaten van het maken van metaalpoeder- en soldeerplakken en de hiermee uitgevoerde solderingen zijn vastgelegd in tabel 5a en 5b.



## 4.2 Visueel onderzoek

Over de resultaten van het visueel uitgevoerde onderzoek kan het volgende worden opgemerkt:

- het maken van metaalpoeder- of soldeerpoederplakken is moeilijk; de plakken dienen plastisch te zijn en niet bij het opbrengen uit elkaar te vallen; de plakken gemaakt met binder Polyethyleenglycol (P.E.G.) geven het beste resultaat, qua vervormbaarheid en hanteerbaarheid na eerst gedurende 1 uur op 100°C gedroogd te zijn;
- voor de eerste soldering op een gekromd stalen oppervlak is een poedermengsel METCO 45VF/Stellite 21 gemengd met P.E.G. gebruikt in combinatie met een soldeer bestaande uit BNi5 eveneens gemengd met P.E.G., waarbij het soldeer op het poedermengsel is aangebracht; na het solderen op 1175°C gedurende 15 min in low-vacuüm ( $2-4 \cdot 10^{-1}$  mbar) werd een zeer poreus uiterlijk met een slechte hechting op het staal geconstateerd;
- de rest van de solderingen is uitgevoerd op 1250°C - 20 min op een stalen en roestvaststalen oppervlak en twee proeven op op een FSX414 oppervlak (de proeven op FSX414 zijn mislukt door lekkage in de oven); het resultaat is in geen van de gevallen goed, waarbij het oppervlak zeer ruw is en veel poriën bevat; in een enkele combinatie (proefstuk 14/15) vloeit het metaalpoeder en het soldeerpoeder sterk uit; de hechting is eveneens slecht.

Samenvattend kan worden gesteld, dat:

- het moeilijk is om metaalpoeder- en soldeerpoederplakken te maken met diverse bindmiddelen zoals Polyethyleenglycol (P.E.G.), Methylcellulose, Nicrobraze Cement en Paraffine, die voldoende plastisch zijn om goed aan te kunnen brengen op het metaaloppervlak (ook gekromde oppervlakken); de plakken gemaakt met binder Polyethyleenglycol (P.E.G.) geven nog het beste resultaat, qua vervormbaarheid en hanteerbaarheid na eerst gedurende 1 uur op 100°C gedroogd te zijn;
- de uitgevoerde solderingen op 1175°C of 1250°C - 20 min in "Low" vacuüm op staal en roestvaststaal leveren in geen van de gevallen een goed resultaat op; het oppervlak is zeer ruw en bevat veel poriën; de hechting is slecht, terwijl het metaalpoeder en het soldeerpoeder in sommige gevallen sterk is uitgevloeid.

Tabel 5a

Nr	Binder	Poedermengsel			Soldeer		Behandeling	Resultaat
		Poeder 1	Poeder 2	Verhoud.	Soort	hoeveelh.		
1	P.E.G. 7 g	METCO 45VF	Stellite 21	15 g/ 15 g	-	100°C/2h	broos	
2	P.E.G. 3,4g +Nb300 1,5g	"	"	"	-	100°C/3h	nog damp vorming / broos	
3	Nb300 1,5g	"	"	"	-	-	plast./korrelig	
4	Meth.cell. 3 g	"	"	"	-	150°C	te broos / breekt af	
5	Meth.cell. 3 g	"	"	"	-	50°C / 1/2 h	slap / na langere tijd wel vormbaar niet vast	
6	Meth.cell. +Nb300 (2:1)	"	"	"	-	in lucht	wel plastisch/niet vast	
7	Meth.cell. Nb300 (1:2)	"	"	"	-	in lucht	wel plastisch/niet vast	
8	Nb300 3 g	"	"	"	-	in lucht / 72 h	wel plastisch / niet vast	
9/10	P.E.G. 3 g	"	"	"	-	in lucht	wel plastisch / niet vast	
11	P.E.G. 3 g	-	-	-	BNi5	150°C / 2h	nat / gaat uitlopen	
12/13	P.E.G. 4,5 g	METCO 45VF	Stellite 21	15 g/ 15 g	BNi5	100°C (+ 2 uur op 50°C )	uitstoken 150°C / sold. op staal 1.175°C-15 min. zeer poreus / slechte hechting	
14/15	P.E.G. 4,5 g	"	"	"	"	in lucht	te nat en slap; gesold. op staal 1250°C-20 min; uit- gevoeid; poreus uiterlijk	

Tabel 5b

Nr	Binder	Poedermengsel			Soldeer		Behandeling	Resultaat
		Poeder 1	Poeder 2	Verhoud.	Soort	hoeveelh.		
16	P.E.G.	METCO 45VF	Stellite 21	15 g/ 15 g	BNi5	30 g/ 3g PEG	50°C-3dagen	sold. op mat.FSX414 in low-vacuüm op 1250°C-20 min (proef mislukt);
17	Paraffine 1,5g	"	"	"	"	30 g/ 3 g par.	50°C-3dagen	
18/19	P.E.G. 1,5g	"	"	"	"	30 g/ 3g PEG	2 weken drogen in exsicator	sold.op staal in low-vacuüm op 1250°C-20 min; poreus uiterlijk
20	"	"	-	-	"	15g/1,5g par.	100°C - 1 uur	plastisch
21	"	Stellite 21	-	-	"	"	100°C - 1 uur	glimmend nat/uitgezakt
22	"	RVS 0-50 µm	-	-	"	"	100°C - 1 uur	plastisch
23	"	RVS <105 µm	-	-	"	"	100°C - 1 uur	plastisch
24	"	METCO 45VF	-	-	"	"	100°C - 1 uur	plastisch
25	"	Stellite 21	-	-	"	"	100°C - 1 uur	glimmend nat/uitgezakt
26	"	RVS 0-50 µm	-	-	"	"	100°C - 1 uur	plastisch
27	Paraffine	RVS <105 µm	-	-	BNi5	15g/1,5g par.	100°C - 1 uur	plastisch

gesoldeerd op RVS in low-vacuüm op 1250°C-20 min; grillig poreus uiterlijk

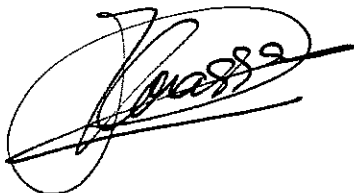
gesoldeerd op staal in low-vacuüm op 1250°C-20 min; grillig poreus uiterlijk

## 6 CONCLUSIE

Van het uitgevoerde onderzoek kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

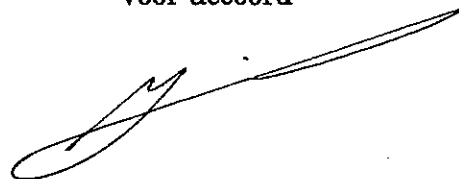
- Het is niet gelukt metaalpoeder- of soldeerpoederplakken te maken met diverse bindmiddelen zoals Polyethyleenglycol (P.E.G.), Methylcellulose, Nicrobraze cement en Paraffine, die voldoende plastisch zijn om goed aan te kunnen brengen op het metaaloppervlak (ook gekromde oppervlakken); de plakken gemaakt met binder Polyethyleenglycol (P.E.G.) geven nog het beste resultaat, qua vervormbaarheid en hanteerbaarheid na eerst gedurende 1 uur op 100°C gedroogd te zijn;
- de uitgevoerde solderingen op 1175°C of 1250°C - 20 min in "Low" vacuüm op staal en roestvaststaal leveren in geen van de gevallen een goed resultaat op; het oppervlak is zeer ruw is en bevat veel poriën; de hechting op het metaal is slecht; het metaalpoeder en het soldeerpoeder is in sommige gevallen sterk uitgevloeid.

TNO Metaalinstituut



ing. C.C.J. Kaasschieter

voor accoord



ir. H.H. van der Sluis