

30

**Nederlands Instituut voor  
Lastechniek**

TC-I-A-276-3<sup>4</sup>/<sub>y</sub>

CORROSIE ONDERZOEK AAN ZILVERBASIS GE-  
SOLDEERD ROESTVASTSTAAL.

Corrosie-onderzoek aan zilverbasis gesoldeerd roestvaststaal.  
(Oriënterende proeven)

TC-I-A-276-83

---

BESTEMD VOOR

---

Nederlands Instituut voor Lastechniek  
Laan van Meerdervoort 2 B  
2517 AJ DEN HAAG

Bestemd voor de voorzitter en de leden van de NIL  
Subcommissie TC-I-A "Hoogtemperatuursolderen".

---

SAMENGESTELD DOOR

---

ing. T. de Haan  
ir. H.H. van der Sluis,  
namens de stuurgroep "Corrosiebestendigheid".

---

Datum : januari 1984  
Opdrachtnummer : 61.39.6.0552, 013838M/HAN/SLU/STW  
Oplaag : 40

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

## INHOUD

	blz.
1. SAMENVATTING	1
2. INLEIDING	2
3. MATERIALEN	3
4. AANMAAKWIJZE VAN DE PROEFSTUKKEN	3
5. DE UITVOERINGSWIJZE VAN DE CORROSIEPROEF	5
6. NIET DESTRUCTIEF METEN VAN DE GROEISNELHEID VAN DE AANTASTING	5
7. RESULTATEN VAN DE CORROSIEPROEF	6
8. DISCUSSIE	8
9. CONCLUSIE	10
10. AANBEVELING	11
11. LITERATUUR	11
12. TABELLEN EN FIGUREN	12

## 1. SAMENVATTING

In TC-I-A-257-83 is het literatuuronderzoek naar het corrosiegedrag van zilver- en koperbasissoldeerverbindingen in roestvaststaal gerapporteerd [1]. Hieruit blijkt dat aantasting van de overgangszône tussen het soldeer en het roestvaststaal kan optreden. De aantastingssnelheid is afhankelijk van het milieu.

Oriënterende proeven zijn uitgevoerd ter ontwikkeling van een testmilieu, dat binnen enkele weken aangeeft of aantasting optreedt. Uit de resultaten van dit onderzoek blijkt dat in een ijzer-, koper- en chloorionenhoudende oplossing voor zilverbasis soldeerverbindingen in roestvaststaal deze corrosievorm optreedt. De aantasting is zowel met behulp van ultrasoon onderzoek als met destructief onderzoek aangetoond.

## 2. INLEIDING

Uit literatuur is bekend dat corrosie op de overgang tussen zilversoldeer en roestvaststaal kan optreden. Bij deze corrosievorm wordt in hoofdzaak de overgangslaag tussen het soldeer en het roestvaststaal aangetast. Door lokale corrosie kan de aantasting snel verlopen. Bij bezwijken van zo'n aangetaste verbinding lijkt het alsof er geen hechting heeft bestaan tussen het soldeer en het roestvaststaal.

Uit de resultaten van het literatuuronderzoek [1] blijkt dat de aantasting van de overgangslaag wordt bepaald door:

- het milieu: chloorionen, koperionen en/of ijzerionen versnellen de aantasting. Ook toename van de zuurgraad versnelt de aantasting.
- de samenstelling van het soldeer: toevoegen van mangaan bevordert de aantasting. Hetzelfde geldt, in mindere mate, voor tin.
- de samenstelling van het roestvaststaal: bij de austenitische soorten is de aantasting geringer dan bij de ferritische soorten.

Versnelde aantasting van de overgangslaag is te verwachten in de volgende oplossingen:

- 8 g ferrisulfaat ( $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ) en 4 cc fluorwaterstof (HF) per 100 cc water,
- 1,5 g ijzerchloride ( $\text{FeCl}_3$ ), 1,5 g koperchloride ( $\text{CuCl}_2$ ) en 25 cc zoutzuur (HCl) per 100 cc water.

(De eerstgenoemde oplossing wordt in dit rapport de "fluorwaterstof oplossing" genoemd. De tweede oplossing wordt de "ijzer- en koperchloride oplossing" genoemd). Afhankelijk van de samenstelling zal ook stromend leidingwater aantasting kunnen veroorzaken. In dit onderzoek zijn de oriënterende proeven in deze drie milieu's uitgevoerd. Als eis aan het testmilieu wordt gesteld dat de beproevingsduur beperkt is tot enkele weken. Ook mag geen andere corrosievorm optreden dan de aantasting van de overgangszone.

In dit onderzoek zijn de volgende soldeersoorten toegepast:

- AgMn15
- AgCu28
- AgCu25,5 Sn6Ni0,5
- AgCu21Pd25

Het soldeer AgMn15 wordt aangegeven als een soldeersoort waarbij de aantasting vrijwel zeker op zal treden. Het soldeer AgCu21Pd25 wordt genoemd als

een soldeersoort dat goed bestand is tegen de aantasting. AgCu28 en AgCu25,5 Sn6Ni0,5 vertonen een aantastingsgedrag dat tussen dat van de beide hiervoor genoemde grenzen ligt.

Als werkstukmaterialen is gekozen voor:

- austenitisch roestvaststaal AISI 316
- martensitisch roestvaststaal AISI 410

De literatuur geeft aan dat de aantasting van de overgangszône vaker optreedt bij zilver-soldeerverbindingen met ferritisch dan met austenitisch roestvaststaal. Als oorzaak wordt het verschil in nikkelgehalte genoemd.

### 3. MATERIALEN

Als werkstukmateriaal is gekozen voor:

- austenitisch roestvaststaal AISI 316,
- martensitisch roestvaststaal AISI 410.

De nominale chemische samenstelling wordt in tabel 1A gegeven (zie 8).

Als soldeersoorten zijn gekozen:

		$T_S (^{\circ}C)$	$T_L (^{\circ}C)$
X	- AgCu21Pd25 code SCP4	901	950
X	- AgMn15 code 852Mn	950	960
	- AgCu25,5Sn6Ni0,5 code 684Sn	650	700
	- AgCu28 code E1101	780	780

De nominale chemische samenstelling wordt gegeven in tabel 1B.

### 4. AANMAAKWIJZE VAN DE PROEFSTUKKEN

Gekozen is voor een proefstukvorm zoals aangegeven in figuur 1, voor roestvaststaal AISI 316, en in figuur 2, voor roestvaststaal AISI 410. Beide materialen zijn op het te solderen vlak geslepen op een ruwheid van 0,2 - 0,4  $\mu m$ . Vóór het solderen zijn de proefstukken ultrasoon ontvet in aceton. Direct voor het solderen zijn de proefstukken E t/m J (zie tabel 2) gebeitst in een oplossing van 395 ml water, 55 ml HCl en 50 ml HNO<sub>3</sub> bij 65°C gedurende 20 seconden in tegenstelling tot de proefstukken A t/m D. Beitsen dient de bevochtiging gunstig te beïnvloeden. Vervolgens zijn deze kort gespeld met gedemineraliseerd water, gespeld met alcohol en gedroogd met

warme lucht.

Het soldeer is gedoseerd in de vorm van draad. Deze draad is gereinigd in een ammoniakoplossing en droog gewreven met een "tissue". De spleetbreedte is ingesteld met behulp van wolframfolie van 1 mm breedte en een dikte van 0,025 mm. Het soldeer is tussen de folies aan één zijde gedoseerd zodanig dat de vloeirichting van het soldeer samenvalt met de slijprichting van het proefstuk en met de lengterichting van de folie (zie figuur 1 en 2). Het gebruikte soldeer heeft een diameter van 1 mm. De lengte bedraagt 60 mm.

De soldeercyclus is als volgt gekozen:

- opwarmen met  $25^{\circ}\text{C}/\text{minuut}$ ,
- egalisatietemperatuur (zie tabel 2) gedurende 15 minuten,
- soldeertemperatuur (zie tabel 2) gedurende 10 minuten,
- afkoelen met  $25^{\circ}\text{C}/\text{minuut}$ ,
- snelkoeling bij  $700^{\circ}\text{C}$ .

Om uitdampen van legeringselementen zoals mangaan en tin te voorkomen zijn de solderingen uitgevoerd in argon bij een onderdruk van 500 mbar; de eenmalige vulling van de oven heeft plaats bij het bereiken van de egalisatietemperatuur. Tot dat moment wordt vacuüm toegepast ( $10^{-4}$  -  $10^{-5}$  mbar) om de ovenatmosfeer zoveel mogelijk te reinigen. Het argon bevat minder dan 5 ppm aan verontreinigingen zoals zuurstof en water. (Het solderen onder deeldruk geldt niet voor proefstukken die in de retortoven zijn gesoldeerd; deze zijn in vacuüm gesoldeerd; zie tabel 2).

De beoordeling van de resultaten van het solderen is gegeven in tabel 2. Bij visuele inspectie van de rand van de soldeerverbinding blijken de twee soldeersoorten met de hoogste soldeertemperatuur nl. AgMn15 en AgCu21Pd25, het beste soldeerresultaat te geven. Dit kan zowel door de samenstelling van het soldeer veroorzaakt worden als door de keuze van de soldeertemperatuur. Volgens [2] treedt boven  $1000^{\circ}\text{C}$  of verdamping van de oxydelaag of reductie van de oxydelaag op door de in het roestvaststaal aanwezige koolstof. Beide bevorderen de bevochtiging.

Om zowel de meniscus als de (bewerkte) soldeernaad te beproeven zijn de proefstukken na het solderen op de volgende wijze behandeld:

- doorslijpen over het hart van het proefstuk, evenwijdig aan de folie's (zie fig. 1 en 2),

- het doorslijpvlak schuren op polijstpapier met korrel 600,
- het gehele proefstuk ultrasoon ontvetten in aceton gedurende 15 minuten.

#### 5. DE UITVOERINGSWIJZE VAN DE CORROSIEPROEF

De corrosieproeven zijn uitgevoerd in:

- stromend leidingwater,
- een waterige oplossing van 600 cc H<sub>2</sub>O, 24 cc HF en 48 g Fe<sub>2</sub> (SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> (de "fluorwaterstof oplossing"),
- een waterige oplossing van 600 cc H<sub>2</sub>O, 9 g CuCl<sub>2</sub>, 9 g FeCl<sub>3</sub> en 150 cc HCl (de "ijzer- en koperchloride oplossing").

In tabel 3 is de samenstelling van het leidingwater vermeld. Vooral het chloridegehalte van dit leidingwater is laag. Tijdens de proef stroomt het water zodanig in de bak waarin zich de proefstukken bevinden dat het water extra belucht wordt. Hierdoor zal het zuurstofgehalte iets toenemen ten opzichte van de opgave in tabel 3. Bij de overige milieu's worden de proefstukken geëxposeerd in een stilstaande oplossing; door het geregeld toevoegen van gedemineraliseerd water tijdens de beproeving wordt de invloed van de verdamping op de concentratie van de oplossing beperkt. In beide milieu's ontstaat een neerslag die kortstondig weggespoeld wordt om visueel te kunnen beoordelen of aan de buitenzijde van het proefstuk aantasting opgetreden is. De invloed van dit wegspoelen op het corrosieproces is niet bekend. Verwacht wordt dat de invloed gering is vanwege het feit dat de corrosie in een smalle spleet plaatsheeft. Door de zeer korte spoeltijd wordt een spleet nauwelijks schoongespoeld. Wel spoelt de neerslag op de soldeernaad snel weg. Het spoelen is uitgevoerd door het proefstuk te dompelen in schoon gedemineraliseerd water. De contrôle is eenmaal per 24 uur uitgevoerd om het corrosieproces niet te vaak te verstoren. In de weekeinden is geen contrôle uitgevoerd.

#### 6. NIET DESTRUCTIEF METEN VAN DE GROEISNELHEID VAN DE AANTASTING

Een fout in een soldeernaad, evenwijdig aan een vrij toegankelijk oppervlak, leent zich in het algemeen voor ultrasoon onderzoek. Voorproeven zijn uitgevoerd om te onderzoeken of deze niet-destructieve methode geschikt is om de (eventuele) voortschrijdende corrosie van de overgangslaag tussen het zilverbasissoldeer en het roestvaststaal te volgen. De bij de voorproef onderzochte



verbinding is de combinatie roestvaststaal AISI 316 met AgCu28.

De gevolgde onderzoekmethode houdt het gemechaniseerd onder water aftasten van het proefstuk met een gefocusseerde taster in. De verkregen informatie wordt vastgelegd in een z.g. sonogram. Om de apparatuur te ijken is gebruik gemaakt van een ijkstuk waarbij een vlakbodemgaatje van  $\emptyset$  2 mm aanwezig is op de plaats van de soldeernaad. De apparatuur wordt zodanig ingesteld dat de aantekening op het sonogram eveneens  $\emptyset$  2 mm bedraagt. Het proefstuk werd in de "ijzer- en koperchloride oplossing" geëxposeerd en vervolgens ultrasound onderzocht. De expositietijd bedraagt per keer 7 dagen.

Figuur 3 geeft het sonogram van een proefstuk weer bij:

- a. de aanvang van de proef,
- b. na de eerste keer 7 dagen expositie in het milieu,
- c. na de tweede keer 7 dagen expositie in het milieu.

Defecten worden zwart geregistreerd. In de figuur is te zien dat het hechtingsoppervlak (wit) van buitenaf afneemt; de voortschrijding van de corrosie is zichtbaar te maken, hetgeen is bevestigd door destructief onderzoek.

Uit de proef bleek dat de toegepaste apparatuur nog niet geschikt is om eenduidige metingen uit te voeren. De stabiliteit van de apparatuur is namelijk onvoldoende, wat leidt tot variatie (in grootte en aantal) van de aantekeningen. Dit beïnvloedt de mogelijkheid om met deze methode de voortschrijding van de aantasting te volgen ongunstig. Een en ander heeft ertoe geleid dat in het vervolg van het onderzoek geen gebruik meer is gemaakt van ultrasone onderzoeksmethoden.

## 7. RESULTATEN VAN DE CORROSIEPROEF

In tabel 4 zijn de resultaten van de corrosieproeven weergegeven. Per proefstuk wordt aangegeven:

- de combinatie van soldeersoort en roestvaststaaltype,
- het proefstuknummer, dit correspondeert met het proefstuknummer van tabel 2,
- de expositietijd,
- het al of niet verbreken van de verbinding onder een lichte mechanische druk na expositie in het milieu.

Een aantal proefstukken werd zowel in de "fluorwaterstofoplossing" geëxposeerd, als in de "ijzer- en koperchloride oplossing" (zie tabel 4). De expositie in de "fluorwaterstofoplossing" werd beëindigd omdat binnen de aangegeven tijd (14 of 27 dagen) geen zichtbare aantasting van de overgangszône opgetreden is. Bij de daarop volgende expositie in de "ijzer- en koperchloride oplossing" is aangenomen dat de voorafgaande expositie in de "fluorwaterstofoplossing" geen invloed heeft.

Tijdens de expositie bleek dat:

- het roestvaststaal AISI 410 sterk wordt aangetast door de "fluorwaterstofoplossing". Er ontstaat een dikke zwarte laag (hetgeen niet overeenkomt met de doelstelling van het onderzoek, namelijk er mag geen corrosie van het werkstukmetaal optreden (zie blz. 2),
- in de "ijzer- en koperchloride oplossing" op het roestvaststaal AISI 410 een roodbruine neerslag gevormd wordt.

Visuele beoordeling van de geëxposeerde proefstukken leidt tot de volgende waarnemingen:

- AgMn15
  - bij de proefstukken A1 en A2 (rvs AISI 316) treedt bij expositie in "stromend leidingwater" een bruine laag op, zowel bij het niet gevulde gedeelte van de soldeernaad als bij de wolframfolie,
  - bij de proefstukken A3 en A4 ontstaat in de "fluorwaterstofoplossing" een neerslag zowel op het rvs AISI 316 als bij de soldeernaad. De neerslag is verwijderd na het beëindigen van de expositie in de "fluorwaterstofoplossing". Vervolgens zijn de schone proefstukken geëxposeerd in de "ijzer- en koperchloride oplossing",
  - bij proefstuk H1 (rvs AISI 410) ontstaat in "stromend leidingwater" na ongeveer 16 dagen een bruine laag bij de soldeernaad.
- AgCu28
  - bij de proefstukken B1, B2, E1 en E2 (rvs AISI 316) ontstaat na ongeveer 22 dagen expositie in "stromend leidingwater" een groene laag op de soldeernaad en op de soldeermeniscus.

- bij de proefstukken B3, E3, B4 en E4, treedt na 13 dagen in de "fluorwaterstofoplossing" zichtbaar interkristallijne corrosie op van het kleine blokje rvs AISI 316. Het grotere blok rvs AISI 316 vertoont geen interkristallijne corrosie,
- bij proefstuk J1 (rvs AISI 410) ontstaat na 13 dagen expositie in "stromend leidingwater" een bruine laag bij het niet gevulde gedeelte van de soldeerspleet en bij de wolframfolie.
- AgCu25,5Sn6Ni0,5 - bij de proefstukken C1 en C2 (rvs AISI 316) ontstaat na 21 dagen in stromend leidingwater een groene laag op de soldeermeniscus,
  - bij de proefstukken C3 en C4 is na 8 dagen expositie in de "fluorwaterstofoplossing" interkristallijne corrosie van het kleine blokje rvs AISI 316 waarneembaar. Het grotere blok rvs AISI 316 vertoont geen interkristallijne corrosie,
  - bij proefstuk C5 is het hechtingsvlak klein, waardoor bij de expositie in de "ijzer- en koperchloride oplossing" de verbinding in korte tijd bezwijkt,
  - bij proefstuk I1 (rvs AISI 410) ontstaat in stromend leidingwater na 38 dagen een groene laag op de soldeermeniscus. Bij de wolframfolie ontstaat een bruine laag,
- AgCu21Pd25 - bij de proefstukken D3 en D4 (rvs AISI 316) is na 9 dagen in de "fluorwaterstofoplossing" interkristallijne corrosie van het kleine blokje waarneembaar.

## 8. DISCUSSIE

Uit destructiefonderzoek blijkt dat in stromend leidingwater aantasting van de overgangszone optreedt bij de combinatie van roestvaststaal AISI 410 met AgMn15. Bij de overige combinaties is geen aantasting waarneembaar. Vermoedelijk is de beproevingstijd te kort en/of het leidingwater te weinig agressief. Bij splaten wordt een bruine laag waargenomen. De laag kan zijn ontstaan ten gevolge van spleetcorrosie. De oorzaak is niet onderzocht. Ook de oorzaak van het ontstaan van een groene laag op de diverse soldeersoorten is niet onderzocht.

De "fluorwaterstofoplossing" veroorzaakt binnen de beproevingsperiode geen aantasting van de overgangszône. Wel treedt interkristallijne corrosie op van het kleine blokje roestvaststaal AISI 316. Het grote blok is hier niet gevoelig voor. Dit verschil wordt waarschijnlijk veroorzaakt door verschil in samenstelling. De beide delen zijn niet afkomstig uit één charge. Bij proefstukken gesoldeerd bij de soldeertemperatuur van 1050°C treedt geen interkristallijne corrosie meer op (zie proefstukken A3 en A4). Het roestvaststaal AISI 410 wordt sterk aangetast door de "fluorwaterstofoplossing". De soldeertemperatuur heeft bij roestvaststaal AISI 410 geen invloed op de aantasting.

De "ijzer- en koperchloride oplossing" tast de overgangszône van de volgende combinaties aan:

- rvs AISI 316 met AgMn15, AgCu28 of AgCu25,5Sn6Ni0,5,
- rvs AISI 410 met AgMn15 of AgCu25,5Sn6Ni0,5.

In figuur 4 is weergegeven hoe het soldeer als "folie" tussen de twee roestvaststaalhelften losgekomen is bij de combinatie rvs AISI 316 en soldeer AgMn15. Volgens [1] is deze verbinding gevoelig voor aantasting. Bij combinatie rvs AISI 316 en soldeer AgCu21Pd25, volgens [1] goed bestand tegen aantasting, is inderdaad geen aantasting van de overgangszône waarneembaar, zie figuur 5. De in figuur 5 zichtbare interkristallijne corrosie is veroorzaakt door de expositie in de "fluorwaterstofoplossing".

De "ijzer- en koperchloride oplossing" blijkt geschikt als testmilieu om de corrosiegevoeligheid van zilverbasissoldeer in combinatie met roestvaststaal aan te tonen. Getracht moet worden de beproevingstijd, nu 34 dagen, te verkorten. De tijdsduur van de test tot het verbreken van de verbinding varieert bij deze oriënterende proeven vermoedelijk door variatie in de vulgraad van de soldeernaad. Hieraan is geen onderzoek uitgevoerd.

Op het roestvaststaal AISI 410 ontstaat in de "fluorwaterstofoplossing" een zwarte laag. In de "ijzer- en koperchloride oplossing" ontstaat een roodbruine laag op het roestvaststaal AISI 410. In beide gevallen is de eventuele invloed van de gevormde lagen op het corrosiegedrag van de verbinding buiten beschouwing gelaten.

## 9. CONCLUSIE

Het uitgevoerde oriënterende onderzoek leidt tot de volgende conclusies:

- In stromend leidingwater wordt de overgangszône tussen het soldeer AgMn15 en het roestvaststaal AISI 410 aangetast. De expositietijd bedraagt 48 dagen. De combinaties roestvaststaal AISI 316 met AgMn15, AgCu28, AgCu25,5Sn6Ni0,5 of AgCu21Pd25 en roestvaststaal AISI 410 met AgCu28, AgCu25,5Sn6Ni0,5 of AgCu21Pd25 vertonen bij het destructief onderzoek geen aantasting. Op enkele combinaties wordt een groene en/of een bruine laag gevormd.
- De in de literatuur aanbevolen waterige oplossing van fluorwaterstof en ferrisulfaat veroorzaakt geen aantasting van de overgangszône tussen het werkstukmetaal roestvaststaal AISI 316 of roestvaststaal AISI 410 in combinatie met de soldeersoorten AgMn15, AgCu28, AgCu25,5Sn6Ni0,5 of AgCu21Pd25. In roestvaststaal AISI 316 kan interkristallijne corrosie optreden afhankelijk van de soldeertemperatuur ( $\leq 1000^{\circ}\text{C}$ ) en de samenstelling van het roestvaststaal.
- De zoutzuur-, ijzer- en koperchloridehoudende oplossing veroorzaakt aantasting van de overgangszône binnen 34 dagen bij de combinaties:
  - . roestvaststaal AISI 316 en AgMn15 of AgCu28 of AgCu25,5Sn6Ni0,5,
  - . roestvaststaal AISI 410 en AgMn15 of AgCu25,5Sn6Ni0,5.

De verbindingen in roestvaststaal AISI 316 of roestvaststaal AISI 410, die gesoldeerd zijn met AgCu21Pd25 zijn bestand tegen aantasting binnen de aangehouden tijdsduur van de proeven (maximaal 34 dagen) in dit milieu. De verkregen resultaten stemmen overeen met uit de literatuur bekende resultaten.

## 10. AANBEVELING

Een goede waarnemingsmethode, waarmee de groei van de aangetaste zône kan worden gemeten tijdens de proef, is nog niet voorhanden. De toegepaste C-scan methode (u.s. onder water) behoeft verfijning voordat deze met betrouwbaarheid kan worden toegepast. Vervolgonderzoek kan zich daarom richten op het verbeteren van toepasbare ndo-technieken.

Het vervolgonderzoek moet zeker gericht worden op verkorting van de beproevingsstijd, naar bijvoorbeeld 7-14 dagen én vergroting van de reproduceerbaarheid, bijvoorbeeld door het uitvoeren van expositieproeven onder trekbelasting. Deze uitvoeringswijze heeft als voornaamste voordeel dat de tijd-tot-breuk-bepaling van een vooraf gedefinieerd verbindingsoppervlak betere mogelijkheden biedt tot vergelijkend onderzoek dan het nu uitgevoerde visuele onderzoek.

Het onderzoek kan leiden tot een selectiemethode voor (zilverbasis)soldeer-soorten in combinatie met roestvaststaal die in waterige milieu's toegepast kunnen worden. Tevens kan het onderzoek toegepast worden voor fundamenteel onderzoek naar de oorzaak van de aantasting.

## 11. LITERATUUR

[1] T. de Haan, H.H. van der Sluis

Corrosie onderzoek aan met zilver- en koperbasis gesoldeerd roestvaststaal. Een literatuurbeschouwing.

(TC-I-A-257-83)

[2] E. Lugscheider, H. Zhuang

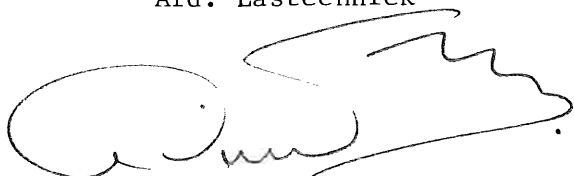
Mechanismen der Entfernung benetzungshemmender Oberflächenoxideschichten des Stahls X10CrNiNb18-9 beim Vakuumlöten.

Schweissen und Schneiden 34 (1982) blz. 490-495

METAALINSTITUUT TNO

Afd. Lastechniek

Sectie Solderen en Lasmilieu



Ing. D. van der Torre



Ir. H.H. van der Sluis

## 12. TABELLEN EN FIGUREN

Tabel 1a Nominale chemische samenstelling in gewichtsprocenten van de toegepaste roestvaststaalsoorten.

type roestvast- staal	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo
AISI 316	≤ 0,10	≤ 2,0	≤ 1,00	16,00-18,00	10,00-14,00	2,00-3,00
AISI 410	≤ 0,15	< 1,00	< 1,00	11,50-13,50	--	--

(Republic Steel Corporation, Ohio, USA)

Tabel 1b Nominale chemische samenstelling in gewichtsprocenten voor de onderzochte soldeersoorten.

Code soldeer	Soldeersoort	Ag	Cu	Mn	Ni	Pd	Sn	C	Norm <sup>1)</sup>
852Mn	AgMn15	84-86			14-16				Ag 19
EL101	AgCu28	71-73	27-29					< 20 ppm	Ag 7
684 Sn <sup>2)</sup>	AgCu25,5Sn6 Ni0,5	68	25,5		0,5		6		--
→ SCP4	AgCu21Pd25	53,5- 54,5	10,5- 21,5			24,5- 25,5			Pd6

1) BS 1845 (1977)

2) geen BS samenstelling. Samenstelling volgens catalogus.

Tabel 2 De soldeeromstandigheden en het resultaat van de uitgevoerde soldeerproeven

Proefstuknummer serie volgnummer	r.v.s. type AISI	soldeer- type	egalisatie temperatuur (°C)	soldeer temp. (°C)	toege- <sup>1)</sup> paste oven	resultaat <sup>4)</sup> soldering
A 1-2-3-4-5	316	AgMn15	900	1050	R	goed
H 1-2-3	410 <sup>2)</sup>	AgMn15	900	1050	W	goed
B 1-2-4	316	AgCu28	730	920	W	matig
B 3-5	316	AgCu28	730	920	W	slecht
J 1-2-3	410 <sup>2)</sup>	AgCu28	730	920	T	matig
C 1-2-3	316	AgCu25,5Sn6Ni0,5	600	920	W	slecht
C 4-5	316	AgCu25,5Sn6Ni0,5	600	920	R	slecht
I 1-2-3	410 <sup>2)</sup>	AgCu25,5Sn6Ni0,5	600	950	T	matig
D 1-2-3-4-5	316	AgCu21Pd25	775	1000	W	goed
G 1-2-3	410 <sup>2)</sup>	AgCu21Pd25	775	1000	W	goed
E 2-3-4-5	316 <sup>2)</sup>	AgCu28	730	920	W	goed
E 1	316 <sup>2,3)</sup>	AgCu28	730	920	W	matig

1) R = retortoven; T = Torvac oven; W = Wentgate oven

2) gebeitst in 55 ml HCl, 50 ml HNO<sub>3</sub> en 395 ml H<sub>2</sub>O bij 65°C tijd 20 s.

3) te zwaar gebeitst

4) goed: volledig doorgeloeid en meniscus gevormd aan alle zijden,

matig: gedeeltelijk doorgeloeid, aan de doseerzijde is een meniscus gevormd,

slecht: het soldeer is nauwelijks doorgeloeid; een niet bekend deel van het soldeervlak is gesoldeerd, alleen op de doseerplaats is een meniscus gevormd.



Tabel 3 Samenstelling van het stromend leidingwater volgens Stichting Waterlaboratorium-Oost, Doetinchem.

Waterstofexponent (pH)			: 7,9-8,0
Geleidingsvermogen bij 20°C	mS/m		: 14-22
Chloride (Cl <sup>-</sup> )	mg/l		: 9-17
Nitriet (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/l		: < 0,02
Nitraat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l		: 1-4
Sulfaat (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/l		: 11-16
Waterstofcarbonaat (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l		: 67-80
Vrij kooldioxyde (CO <sub>2</sub> )	mg/l		: 1-2
Carbonaat (CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> )	mg/l		: 0
Fosfaat (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/l		: 0,03-0,06
Silicaat (SiO <sub>2</sub> )	mg/l		: 14-16
Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	mg/l		: < 0,05
IJzer (Fe)	mg/l		: 0,01-0,02
Mangaan (Mn)	mg/l		: ≤ 0,01
Zuurstof (O <sub>2</sub> )	mg/l		: 6,5-7,2
Calcium (Ca <sup>2+</sup> )	mg/l		: 23-30
Magnesium (Mg <sup>2+</sup> )	mg/l		: 1-3
Natrium (Na <sup>+</sup> )	mg/l		: 7-11
Kalium (K <sup>+</sup> )	mg/l		: 1
Hardheid	m mol/l		: 0,63-0,85
Waterstofcarbonaat hardheid	m mol/l		: 0,57-1,3

Soldeer- soort	rvs type	Proefstuk- nummer	Expositieduur (dagen)			Verbinding verbroken	
			leid.w.	HF-opl. <sup>1)</sup>	Fe-Cu-Cl opl.	ja	nee
AgMn15	316	A1	48				x
"	316	A2	48				x
"	316	A3		14 →	30	x	
"	316	A4		27 →	22	x	
"	316	A5			20		x
"	410	H1	48			x	
"	410	H2		27 →	21	x	
"	410	H3			20	x	
AgCu28	316	B1	48				x
"	316	B2	48				x
"	316	B3		14 →	23	x	
"	316	B4		27 →	21		x
"	316	B5			20		x
"	316	E1	48				x
"	316	E2	48				x
"	316	E3		14 →	34	x	
"	316	E4		27 →	21		x
"	316	E5			20		x
"	410	J1	48				x
"	410	J2		27 →	21		x
"	410	J3			20		x
AgCu25,5Sn6Ni0,5	316	C1	48				x
"	316	C2	48				x
"	316	C3		14 →	7	x	
"	316	C4		27 →	21		x
"	316	C5			20	x	
"	410	I1	48				x
"	410	I2		27 →	21		x
"	410	I3			20	x	
AgCu21Pd25	316	D1	48				x
"	316	D2	48				x
"	316	D3		14 →	34		x
"	316	D4		27 →	21		x
"	316	D5			20		x
"	410	G1	48				x
"	410	G2		27 →	21		x
"	410	G3			20		x

1) Na 14 of 27 dagen zijn deze proefstukken tevens geëxposeerd in de "ijzer- en koperchloride oplossing" →

Opm.: Serie A t/m D geslepen,  
serie E t/m J geslepen + gebeitst

{ er zijn geen proefstukken die  
alleen in de "fluorwaterstof-  
oplossing" geëxposeerd zijn.

Tabel 4 Resultaten van de corrosieproef

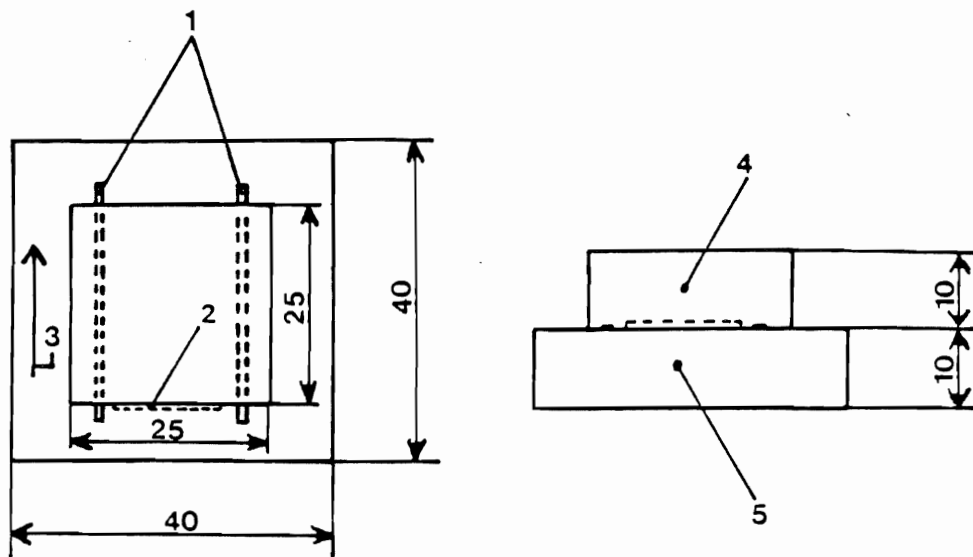


Fig. 1 Proefstukvorm toegepast voor gesoldeerde rvs AISI 316 verbindingen (afmetingen in mm). 1 = wolframfolie 2 = soldeer 3 = slijp/vloeirichting 4 = bovenhelft proefstuk 5 = onderhelft proefstuk

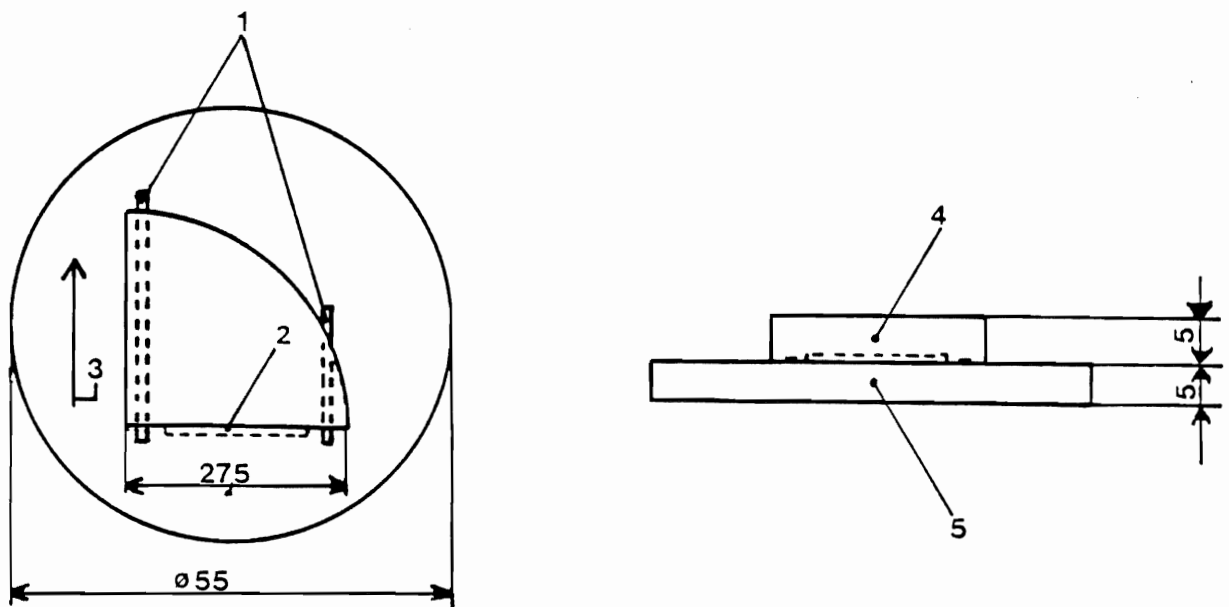


Fig. 2 Proefstukvorm toegepast voor gesoldeerde rvs AISI 410 verbindingen. 1 = wolframfolie 2 = soldeer 3 = slijp/vloeirichting 4 = bovenhelft proefstuk 5 = onderhelft proefstuk

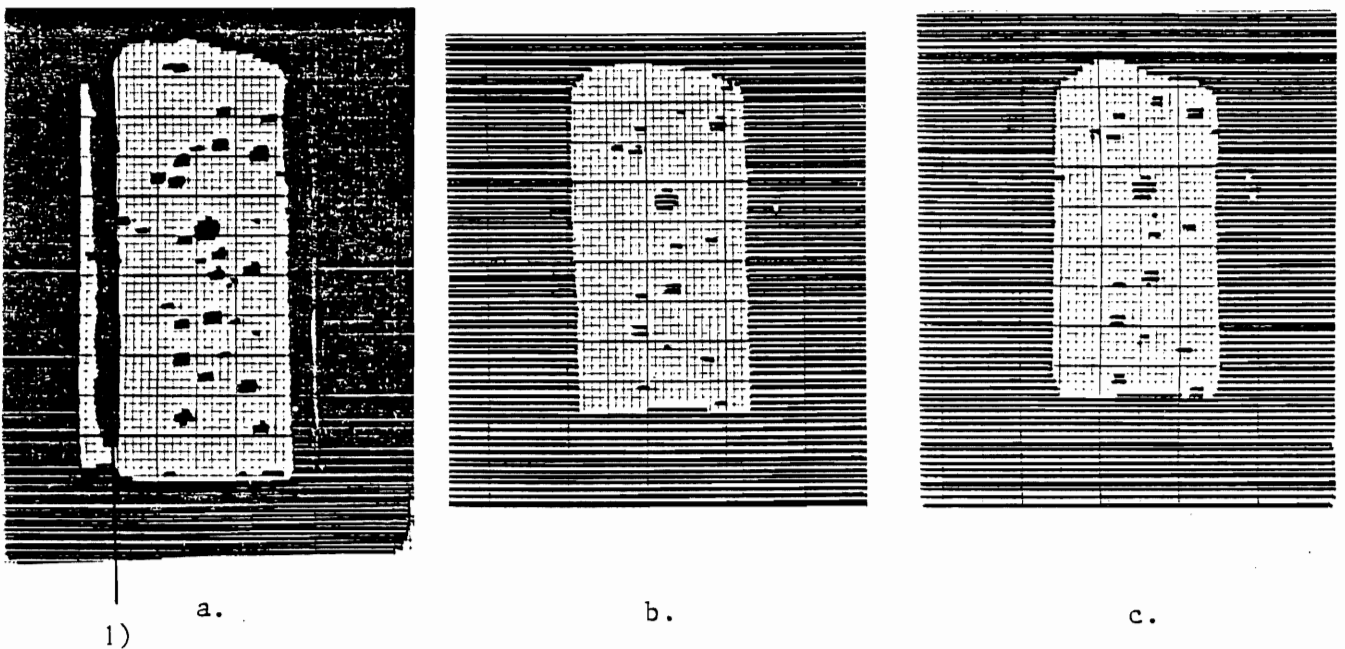


Fig. 3 Sonogram van een proefstuk

a: bij het begin van de proef

b: na de eerste keer 7 dagen expositie in het milieu

c: na de tweede keer 7 dagen expositie in het milieu

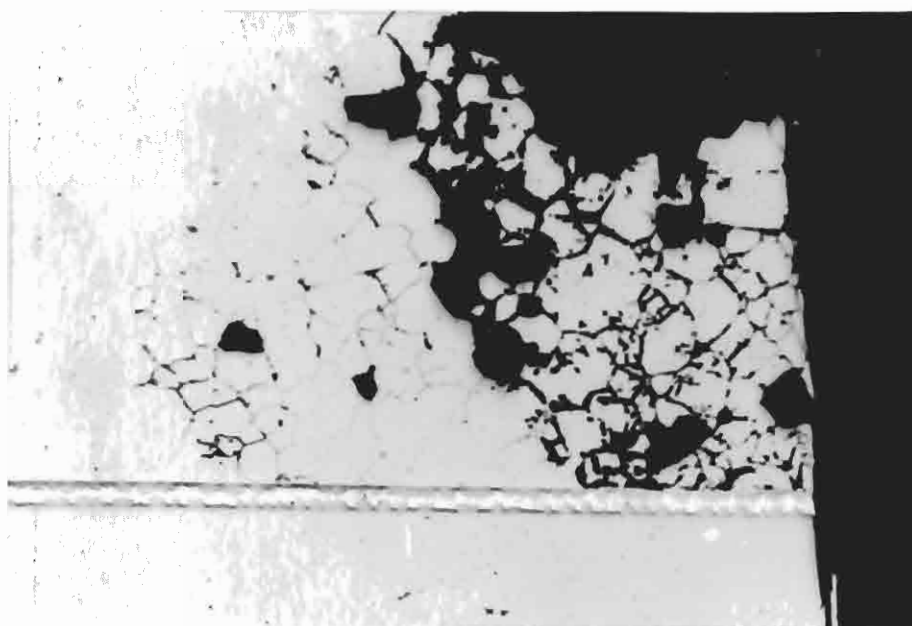
(Vooral tussen a en b valt op dat het aantal aantekeningen afneemt)

1): Indicatie van de wolframfolie.



830389

Fig. 4 Proefstuk Ad (rvs AISI 316 met AgMn15) na 30 dagen expositie in een "ijzer- en koperchloride oplossing".  
Op de voorgrond ligt het "soldeerfolie" dat de verbinding vormde tussen het grote blok (rechts) en het kleine blok (links)



V=100x

L 3453

Fig. 5 Proefstuk D3 (rvs AISI 316 met AgCu21Pd25) na 14 dagen expositie in de "fluorwaterstof oplossing" en 34 dagen in de "ijzer- en koperchloride oplossing". De soldeernaad is niet aangetast. Boven de soldeernaad is de interkristallijne corrosie van het kleine blokje waarneembaar, die veroorzaakt is door de "fluorwaterstof oplossing"