

Rapport  
TC-I-A-257-83

Postbus 541 7300 AM Apeldoorn  
Tel. (055) 773344 Telex 36395 tnoap  
Bezoekadres: Laan van Westenenk 501  
Bank: ABN-Rijswijk

CORROSIE ONDERZOEK AAN MET ZILVER-  
EN KOPERBASIS GESOLDEERD ROESTVAST-  
STAAL.  
EEN LITERATUURBESCHOUWING.



Bestemd voor

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

t.a.v. ing. R. Peereboom (voorzitter NIL-subcommissie TC-I-A  
"Hoogtemperatuursolderen") en de leden van de subcommissie  
TC-I-A.

Samengesteld door

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

Datum                    januari 1983  
Opdracht nr.            61.39.6.0552  
Rapport nr.             0461M/HAN/SLU/STW  
Uw ref. nr.             --  
Oplaag                  35

<u>INHOUD:</u>	Blz.
1. SAMENVATTING	1
2. INLEIDING	2
3. IN DE LITERATUUR GEREGISTREERDE CORROSIE	3
3.1 Metaal-soldeercombinaties	3
3.2 Beproevingmilieu's	4
4. HET CORROSIEPROCES NADER BEKEKEN	5
5. CONCLUSIE	9
6. LITERATUURLIJST	10
7. TABELLEN	14

## 1. SAMENVATTING

Zilverbasissoldeerverbindingen in roestvaststaal kennen een momentaan optredende corrosieve aantasting in waterige milieu's. Deze aantasting wordt veroorzaakt door het selectief oplossen van de overgangsfase tussen het soldeer en het roestvaststaal. Over kopersoldeerverbindingen is in de literatuur op dit gebied geen referentie aangetroffen.

Dit corrosieverschijnsel treedt het sterkst op bij de ferritisch roestvaststaalsoorten; het nikkelgehalte in de austenitische roestvaststaaltypen is verantwoordelijk voor een tragere aantasting. Nikkel- of palladiumtoevoegingen aan het zilverbasissoldeer kunnen de aantasting bij HT-gesoldeerde verbindingen sterk vertragen of zelfs voorkomen.

Daar deze wijze van aantasting zowel optreedt bij hardgesoldeerde als bij HT -vacuüm- gesoldeerde verbindingen, kan de optredende corrosie niet alleen het gevolg zijn van het toepassen van vloeimiddel. Het doel van dit literatuuronderzoek is onder meer na te gaan welke mechanismen voor deze wijze van aantasting verantwoordelijk zijn.

## 2. INLEIDING

Zowel uit literatuurbronnen als uit waarnemingen binnen TC-I-A is gebleken dat bij roestvaststalen verbindingen gesoldeerd met zilverbasis of met koperbasis (CuMnNi) soldeersoorten een snel verlopend corrosieproces in de verbinding kan optreden. De corrosievorm uit zich in een vrij plotseling loslaten van de verbinding. Bij het bekijken van de verbinding lijkt het of tussen het soldeer en het roestvaststaal geen hechting aanwezig geweest is. De aantasting kan optreden bij het toepassen van de verbinding in een waterig of vochtig milieu.

In het literatuuronderzoek is vooral aandacht besteed aan de combinatie van soldeertypen, roestvaststaaltypen en beproevingsmilieu.

### 3. IN DE LITERATUUR GEREGISTREERDE CORROSIE

#### 3.1. Metaal-soldeer combinaties

De aantastingsnelheid is afhankelijk van de combinatie van type zilverbasis-soldeer en roestvaststaal soort. Binnen de aanwezige literatuur is een verdeling waar te nemen in drie groepen:

- verbindingen die zeker aantasting te zien geven,
- verbindingen die soms wel, soms niet aangetast worden. In deze groep speelt de beproevingsperiode een belangrijke rol.
- verbindingen die geen aantasting te zien geven.

In totaal 19 referenties geven aan dat aantasting plaats zal vinden. In tabel 1 zijn de combinaties weergegeven. Bij de roestvaststaal typen wordt onderscheid gemaakt tussen de ferritische typen en de austenitische typen. In [12] wordt aangegeven dat de ferritische typen sneller aangetast worden (beproevingstijd 48 uur) dan de austenitische typen (beproevingstijd > 30 dagen). Bij de soldeersoorten valt op dat aantasting vooral vaargenomen wordt bij de Zn-houdende hardsolderen. In [12, 14 en 18] wordt aangegeven dat het toevoegen van legeringselementen aan AgCu de aantasting zal versnellen. Voor de in aanmerking komende elementen wordt een rangorde opgegeven waarin de beïnvloeding verloopt van een geringe toename tot een grote toename van de aantastingsnelheid. De aangegeven volgorde is Cd, Ni, Sn, In, Mn, Zn waarin Cd een kleine, en Zn een grote invloed heeft. Opvallend is de vermelding van Ni als toevoeging aan het soldeer [3, 8, 10, 16]. Onder bepaalde beproevingscondities blijkt dit soldeer niet corrosiebestendig. In hoofdstuk 4 wordt hierop nader ingegaan.

Soldeersoorten met meer bestanddelen zijn moeilijker te beschrijven door hun complexere structuur.

Onder lichte beproevingscondities blijkt een aantal combinaties geen aantasting te vertonen of in zeer beperkte mate.

In tabel 2 zijn deze combinaties vermeld. De soldeerverbindingen in austenitisch roestvaststaal behoren tot de beter corrosiebestendige. Het AgMn 85-15 geeft, afhankelijk van de beproevingsomstandigheden corrosie te zien. Ook bij een kopervrij soldeertype kan corrosie optreden. Uit bevindingen binnen TC-I-A is gebleken dat eveneens bij koperbasissoldeersoorten (bijv. CuNiMn) corrosie op kan treden.

De lijst lijkt in tegenspraak met tabel 1. De proefomstandigheden bezitten echter een grote invloed op het resultaat.

In 12 referenties wordt aangetoond dat de zilveroldeerverbinding in roestvaststaal corrosiebestendig is. De combinaties zijn aangegeven in tabel 3. Duidelijk is dat vooral de austenitische typen een goede corrosiebestendigheid bezitten, waarbij uit vrijwel alle referenties blijkt dat de nikkel-toevoeging aan het soldeer belangrijk is voor de corrosiebestendigheid. Het wordt vooral vermeld in combinatie met In-toevoeging. De palladiumhoudende soldeersoorten zijn eveneens corrosiebestendig [7, 17].

### 3.2 Beproevingmilieu's

De beproevingsmilieu's zijn te verdelen in wel of niet aantasting veroorzakende milieu's. In wezen hangt het wel of niet aantasten mede af van de beproefde combinatie van soldeer en roestvaststaal. Om een globale milieu invloed aan te kunnen geven is deze factor bij de bespreking van de milieu's opdit moment buiten beschouwing gelaten. Het is wel in tabel 4 opgenomen.

De corrosieve milieu's zijn onder te verdelen in drie groepen:

- stromend leidingwater,
- chloridehoudende milieu's,
- overige milieu's.

In tabel 4 zijn de milieu's aangegeven met de tijdsduur waarover de beproeving plaatsgevonden heeft. Tevens is aangegeven of aan het eind van de corrosieproef wel of geen aantasting waargenomen is.

In de groep van "stromend leidingwater" valt op dat de beproevingsperiode sterk varieert. Het type roestvaststaal is geen indicatie voor de tijdsduur van de beproeving. De invloed van bijvoorbeeld fluxresten, of  $\text{Cl}^-$ -ionen is niet bestudeerd.

In de groep waarin extra chlorideionen aan het medium zijn toegevoegd valt eveneens de grote variatie in beproevingsduur op. De indruk bestaat dat onder invloed van  $\text{Fe}^{3+}$  en  $\text{Cl}^-$  de aantasting versneld verloopt. De spreiding in resultaten is maar weinig kleiner dan bij stromend leidingwater.

Bij de overige milieu's geeft één milieu n.l. 8 g/mol  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  en 4 ml HF in 96 ml  $\text{H}_2\text{O}$  een snelle aantasting. De oorzaak is niet aangegeven. In de referenties [22] en [24] wordt de keuze van dit milieu als vast gegeven gepresenteerd. Als corrosietestmilieu is het zeker aan te bevelen.

## 4. HET CORROSIEPROCES NADER BEKEKEN

De corrosie is een gevolg van de wijze waarop het roestvaststaal door het soldeer bevochtigd wordt. Alvorens hierop verder in te gaan zal eerst het vermoedelijke soldeerproces kort beschreven worden.

Siewert, Heine en Lagally [25] hebben het bevochtigingsgedrag van zilver-koper 72-28 met 0,2% lithium op roestvaststaal onderzocht met behulp van sputter-etsen en Auger electron spectroscopy. Het soldeerproces wordt door hen als volgt beschreven:

- Bij het smelten van het soldeer wordt ten gevolge van oppervlakediffusie het roestvaststaal bedekt door een koperlaag van enkele atoomlagen dik. De korrelgrenzen aan het oppervlak geven een snelle diffusie te zien. Vanaf de korrelgrenzen verspreidt het koper zich over het oppervlak van de korrels.
- Vanuit het soldeer vloeit een koperrijk mengsel uit over de niet zichtbare diffusie laag. De contacthoek van deze laag op het met koper bedekte roestvaststaal is kleiner dan de contacthoek van AgCu op de diffusie laag.
- De koperrijke laag reageert met de oppervlakte-oxiden van het roestvaststaal. Hierbij wordt vermoedelijk een koper-ijzer-oxide gevormd.
- Bij het bereiken van een bepaalde verhouding tussen het koper en de zuurstof in deze laag wordt deze laag bevochtigd door het vloeibare zilver-kopersoldeer.
- Het zilver-kopersoldeer neemt het koper-ijzer-oxide op. Dit is mogelijk doordat de zuurstof in het zilver oplost.
- Het bereiken van de juiste verhouding van koper ten opzichte van zuurstof in het koper-ijzer-oxide is belangrijk. De soldeeratmosfeer mag dus niet te veel verontreinigd zijn met zuurstof omdat bij een te hoog zuurstofgehalte de ijzeroxidelaag weer aan zal groeien. Dit verhindert de bevochtiging effectief.

Ook in andere literatuurreferenties wordt melding gemaakt van een eerstvloeiende laag. Jahrman, Linekar en Booker [14] melden dat de eersvloeiende laag bij zinkhoudende zilver-kopersolderen bestaat uit een CuZn laag. (Zie ook [15]).

Bennert, Hillyer, Keller en Riefenberger [26] melden de volgende verrijkte lagen op de overgangslaag:

- bij AgCuNi soldeer is een CuNi-laag aantoonbaar,
- bij AgCuNiMn soldeer is een CuNiMn-laag aantoonbaar,
- bij AgCuNiSn soldeer is een CuNi-laag aantoonbaar,
- bij AgCuPd soldeer is een CuPd-laag aantoonbaar.

Door Lanzara en Setapen [19] wordt aangegeven dat bij AgMn soldeer vermoedelijk een Mn-rijke laag op het grensvlak aanwezig is. De overgangslaag heeft een grote invloed op het corrosieproces.

Uit de literatuur ontstaat het volgende beeld van het corrosieproces bij zilver-koperbais soldeersoorten:

- bij het grensvlak in de meniscus, die ten gevolge van het solderen koperrijk is en waarschijnlijk ook wat ijzer zal bevatten uit het roestvaststaal, worden ijzerionen en koperionen in het waterige milieu opgenomen. De aanwezigheid van chloorionen in het milieu bevordert de overgang van de Fe- en Cu-ionen [5, 8, 13, 15, 17, 20, 23],
  - ten gevolge van deze ionenopname verandert het milieu bij de meniscusrand. Een verzuring zal optreden [5, 6, 12, 17],
  - het veranderde milieu geeft aanleiding tot een selectieve aantasting van de overgangszone [9, 12, 17],
  - door een verhoogde koperconcentratie en door de verrijking van de interface door bijvoorbeeld zink of mangaan is de interface minder edel ten opzichte van zowel het gepassiveerde roestvaststaal als van het zilverhoudende soldeer [8, 10, 14, 17, 23, 24],
  - de ijzerionen worden in de vorm van ijzerhydroxiden als bruine laag op de buitenrand van de meniscus neergeslagen [3, 4, 7, 8, 12, 14, 15, 18, 23, 27],
  - in de zich vormende kerf treedt een toenemende verzuring op. Vanuit de grenslaag worden meer koperionen opgelost. De koperionen worden in de kerf in bolletjesvorm afgescheiden op het roestvaststaal. Deze koperprecipitatie leidt tot een wigwerking waardoor het milieu verder in de kerf kan doordringen. Bij de koperprecipitatie gaat ijzer in oplossing [5, 14, 15, 18, 20, 27].
- De beschreven aantastingswijze geldt vermoedelijk ook voor de soldeersoorten op enkel zilverbasis of koperbasis (in combinatie met mangaan).

Door de ongunstige verhouding tussen het blootgestelde oppervlak van het grensvlak ten opzichte van het roestvaststaal oppervlak en het soldeerooppervlak zal de corrosiesnelheid hoog kunnen liggen. Dit blijkt ook al uit de beproevingsperioden zoals deze vermeld staan in tabel 4 "corrosiemilieu's". In de literatuur worden invloeden beschreven van legeringssamenstelling, van doseervorm, van de beproevingsvorm en van toevoegingen aan het milieu.



De metallurgische invloeden laten zich als volgt beschrijven:

- Het toevoegen van legeringselementen aan AgCu-soldeer leidt in de regel tot vergroting van de corrosiesnelheid. De in de literatuur vermelde elementen zijn Cd - Ni - Sn - In - Mn - Zn. Hierbij wordt aangegeven, dat het corrosieversterkende effect toeneemt vanaf Cd naar Zn. Het toevoegen van meerdere elementen tegelijk heeft niet altijd tot gevolg dat de corrosiesnelheid sterker toeneemt. De literatuurreferenties waarin deze volgorde vermeld wordt zijn [8, 12, 14, 18, 19, 22].
- Een uitzondering op de voorgenoemde algemene regel vormen de nikkelhoudende zilver- en/of koperbasissolderen.

De nikkeltoevoeging heeft tot gevolg dat op de interface een nikkelrijke laag wordt gevormd. Deze nikkelrijke laag is licht kathodisch ten opzichte van zilver [6] en wordt daardoor beschermd door het zilver. Daarnaast wordt door Jahrman, Myles en Booker [14] opgemerkt dat, bij de toevoeging van zowel Ni als In, de bij stolling ontstane  $\alpha$ -dendrieten, die Ni en In-rijk zijn, de vorming van een pad tussen het eutecticum en de interface verhinderen. De tussen de dendrieten gelegen Cu Zn Fe-fase lost op, indien er contact bestaat met het milieu. Dat nikkeltoevoeging, meestal in de combinatie met In, de aantasting vertraagt of stopt blijkt uit de referenties [1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 14, 17, 18, 20, 22 en 24].

- De corrosiesnelheid kan toenemen onder invloed van een hoger zilveragehalte in het soldeer. Het zilveragehalte bepaalt het potentiaalverschil tussen het grensvlak en het soldeer. Bij een toenemend zilveragehalte stijgt het potentiaalverschil en kan de corrosiesnelheid toenemen. Het zilveragehalte is afhankelijk van de gekozen soldeersamenstelling [15, 17]. Door uitloggen van koper neemt het zilveragehalte toe [5].
- Bij gesoldeerde austenitische roestvaststaaltypen treedt minder aantasting op dan bij de ferritische typen [10, 12], zie ook hoofdstuk 3.1. Een oorzaak wordt niet expliciet genoemd. Wel wordt gesuggereerd dat nikkelopname in het soldeer vanuit het werkstukmetaal de verhoging van de corrosiebestendigheid veroorzaakt [6].

De doseervorm van het soldeer en de soldeercyclus beïnvloeden de aantastingsnelheid bij nikkelhoudende zilverbasissoldeersoorten. Het onderdrukken van de uitscheiding van de nikkelrijke fase verhoogt de aantastingsmogelijkheid en de aantastingsnelheid. Dit kan optreden bij snel solderen, zoals bij hoog-frequent-inductief solderen. Door de hoge afkoelsnelheid wordt de nikkelrijke fase onderdrukt [8, 13]. Nikkelontmenging, wat bij capillair solderen op kan treden, levert ook aantastingsgevoelige verbindingen op [6, 20].

Nikkelontmenging treedt niet op bij foliesolderen [20], waardoor deze verbindingen een hogere aantastingsweerstand bezitten dan onder dezelfde soldeercondities vervaardigde capillair gevloede verbindingen. Daarentegen zijn gestolde soldeerdruppels op het oppervlak (spreidproeven) minder bestand tegen corrosie dan capillair gevloede verbindingen [20, 27]. De aantasting van een meniscus verloopt sneller dan van een soldeernaad in bewerkte toestand [14].

De beproevingsvorm van de verbinding beïnvloedt de spanningstoestand. De spanningstoestand in de soldeerverbinding kan de kerf dichthouden of verder opentrekken. Residuele trekspanningen vergroten de kerfopening [14, 27]. Een fittingvorm zoals toegepast bij pijp-pijpverbindingen vertraagt de aantasting [20], doordat de wigwerking van de koperprecipitatie wordt tegengewerkt. De corrosiespleet wordt niet verder opengedrukt. Hierdoor kan het milieu niet verder in de corrosiespleet dringen.

## 5. CONCLUSIE

Corrosie van zilverbasissoldeerverbindingen in roestvaststaal kan optreden in een waterig milieu of een vochtige omgeving. De aantastingsnelheid van de overgangszone tussen soldeer en roestvaststaal is afhankelijk van:

- de samenstelling en zuurgraad van het milieu, zoals de aanwezigheid van  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  en  $\text{Fe}^{3+}$ ,
- de samenstelling van het zilverbasissoldeer,
- de samenstelling van het werkstukmetaal; ferritische roestvaststaaltypen geven een snellere aantasting te zien dan austenitische.

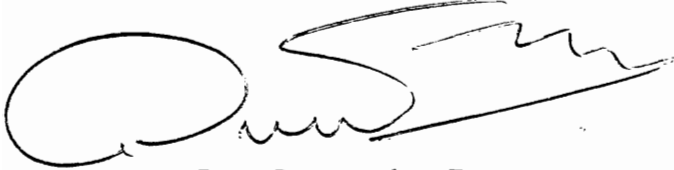
Zoals uit de literatuur blijkt zijn er twee vrijwel corrosiebestendige soldeersoorten in de combinatie met austenitisch roestvaststaal. Bij een goed uitgevoerde soldeerwijze, geen boriumhoudend vloeimiddel en een langzame afkoeling, zijn dat:

- $\text{AgCu14In4Ni}$ , T liquidus =  $730^\circ\text{C}$
- $54\text{Ag}25\text{Pd}21\text{Cu}$ , T liquidus =  $905^\circ\text{C}$

Alle overige tot nog toe beproefde zilverbasissoldeersoorten vertonen na verloop van tijd aantasting. De tijdsduur kan variëren van enkele weken tot 5 à 10 jaar. Ten aanzien van de koperbasissoldeersoorten zijn in de literatuur geen gegevens aangetroffen.

METAALINSTITUUT TNO

Afd. Lastechniek



Ing. D. van der Torre

Sectie soldeertechnologie



Ir. H.H. van der Sluis

## 6. LITERATUURLIJST

- [1] J.H. Valentijn  
Corrosie in soldeerverbindingen in roestvaststaal.  
Rapport Smit Nijmegen WGS 10-1965.
- [2] H.D. Steffens; B. Richter; H. Lange  
Einfluss korrosiever Medien auf die Lebensdauer hartgelöteter  
Verbindungen, Teil 1.  
Werkstoffe und Korrosion Vol. 26, Heft 11, 1975, blz. 836-843.
- [3] E. Haltiner  
Schäden an CrNi-Stahl-Hartlötungen bei Sprenglerarbeiten.  
Zeitschrift für Schweißtechnik, 1981, nr. 5, blz. 192 - 194.
- [4] Dr. W. Mahler  
Schaden an Cr-Ni-Stahl-Hartlötungen bei Sprenglerarbeiten.  
Journal de la Soudure, 1982, nr. 2 blz. 51.
- [5] J. Okamoto, T. Takemoto  
Corrosion mechanism of silver brazed stainless steel joints  
in chloride solutions.  
Trans. JWRI Vol. 9, 1980, nr. 2 blz. 75 - 81.
- [6] I. Kawakatsu  
Corrosion of BAg-brazed joints in stainless steel.  
Welding Research Supplement Vol. 52, 1973, juni blz. 233 S - 239 S.
- [7] M.H. Sloboda  
Making corrosion resistant brazed joints in stainless steel.  
Platinum Metals Review Vol. 23, 1969, no. 2 april blz. 61 - 64.
- [8] G.H. Sistaire, J.J. Halbig, L.H. Grenell  
Silver brazing alloys for corrosion resistant joints in stainless  
steel.  
The Welding journal Vol. 33, 1954, nr. 2 blz. 137 - 143.

- [9] C.H. Chatfield, A.W. Swift  
Silver alloy brazing stainless steels.  
The Welding journal Vol. 28, 1949, nr. 12 blz. 1142 - 1146
- [10] G. Herbsleb, W. Schwenk  
Korrosionsverhalten von Edelstahlrohren und Rohrverbindungen bei der  
Warmwasserverteilung in der Hausinstallation.  
Werkstoffe und Korrosion Vol. 26, 1975, nr. 2 blz. 93 - 103.
- [11] B.W. Christ, J.H. Smith, C.H. Brady  
Analyzing fire extinguisher failures  
Metal Progress, 1978 december blz. 29 - 32.
- [12] J.A. Willingham  
Interfacial corrosion in stainless steel brazed joints  
Stainless steel industry, Vol. 46, 1980 november blz. 17 - 18.
- [13] R.A. Jarman, W.S. Fernando  
Accelerated test detects interface corrosion  
Welding and metal fabrication 1981 december blz. 601 - 602.
- [14] R.A. Jarman, J.W. Myles, C.J.L. Booker  
Interfacial corrosion of brazed stainless steel joints in domestic  
tap water  
British corrosion journal, Vol. 8, 1973 januari blz. 33 - 37.
- [15] R.A. Jarman, G.A.B. Linekar, C.J.L. Booker  
Interfacial corrosion of brazed stainless steel joints in domestic  
tap water, part 2.  
British corrosion journal, Vol. 10, 1975 nr. 13 blz. 150 - 154.
- [16] G. van Westen  
Duurproef en onderzoek naar spleetcorrosiebestendigheid van drie  
typen zilverhardsoldeer bij gebruik met AISI 303 en 431.  
Laboratorium voor Ruimteonderzoek 1982, Utrecht.
- [17] P.Caille, C. Niney, M.E. Vacille  
Welding of equipment for the food and drink industry  
IIW 1978, Dublin, Ireland blz. 90 e.v.

- [18] D.C. Stock, W.J. Smellie  
Soldering stainless steels  
Welding and metal fabrication 1960, april blz. 160 - 161.
- [19] A.A. Lanzara, A.M. Setapen  
Sterling plus lithium alloy selected for brazing B 58 stainless steel sandwich panels  
The Welding journal, Vol. 38, 1959 februari blz. 118 - 124.
- [20] E. Szederjei, A. Bukowiecki  
Zur Frage einer Korrosionsgefährdung von hartgelöteten Edelstahl-fittings insbesondere durch die sogenannten "Messerschnittkorrosion"  
Werkstoffe und Korrosion, Vol. 27, 1976 blz. 432 - 440.
- [21] A.S. Mc. Donald  
Alloys for brazing thin sections of stainless steel  
Welding Research Supplement, Vol. 36, 1957, maart blz. 131 S - 140 S.
- [22] S.M. Bien, H.D. Ayers  
Solder joints on plated rustless alloys  
Journal of Dental Research, Vol. 37, 1958 blz. 368 - 373.  
(Zie ook Journal of Dental Research, Vol. 38, 1959 blz. 428 - 435).
- [23] C.J.L. Booker, R.A. Jarman  
Interfacial corrosion of brazed stainless steel joints in domestic tap water  
Herkomst niet bekend.
- [24] O.W. Rogers  
A study in the control of crevice corrosion of silver soldered stainless steel joints  
British Dental Journal, 1977 blz. 397 - 403.
- [25] T.A. Siewert, R.W. Heine, M.G. Lagally  
Braze alloy spreading on steel  
Welding Research Supplement, 1978 februari blz. 31 S - 37 S.

- [26] W.S. Bennett, R.F. Hillyer, D.L. Keller, D.H. Rieffenberg  
Vacuum brazing studies on high manganese stainless steel  
Welding Research Supplement, 1974 november blz. 510 S - 516 S.
- [27] A.T. Kuhn, R.M. Trimmer  
Review of the aqueous corrosion of stainless steel silver  
brazing joints  
British corrosion journal, Vol. 17 1982 nr. 1 blz. 4 - 8.

Tabel 1 Soldeer - roestvaststaal combinaties die aantasting te zien geven

Referentie	roestvaststaaltype	soldeersoort	opmerkingen
1	13% Cr-staal 13% Cr-staal	Ag92,5Li0,2Cu7,3 Ag72 Li0,2 Cu27,8	
2	X5CrNi18/9 X5CrNi18/9	LAG40Cd BAG3	
3	18-8-CrNi	AgCuInCdNi-leg.	
4	18-8-CrNi	Zn houdende leg.	
5	SUS 304	CuZn-leg.	
6	AISI 304 AISI 430	BAG1, 3, 5 en 7 BAG1, 3, 5 en 7	
7	Ni-houdende RVS	CuAgZnCd	type niet genoemd
8	AISI 430	Combinaties van Ag,Cu met Zn,Cd, Mn, Sn	zelfs Ni-toevoeging voorkomt niet altijd corrosie
9	18-8-CrNi	AgCu - Ni vrij	
10	8CrTi12 en 8CrTi17 X5CrNi18-9 X5CrNi18-9	56Ag26Cu14In4Ni Zn-houdende AgCu Zn-houdende AgCu	(Wn RVS 14512 en 14510)
11	AISI 302	AgCu <sub>x</sub> x=Cd,Sn,Mn,Zn	
12	Ferritisch RVS Austenitisch RVS	AgCu <sub>x</sub> x=Cd,Sn,Mn,Zn AgCu <sub>x</sub> x=Cd,Sn,Mn,Zn	aantasting binnen 48 uur aantasting na 30 dagen
13	CrNi18-8	Ag Cu Cd Zn	
14	BS970-En98E (ferrit) BS 70-En60 (aust)	Ag Mn + Ag Cu x x = Cd,Ni,Sn,In, Mn, Zn	
15	BS970-En58E (feerit)	AgCuZnCd	
16	AISI 303 AISI 431	L Ag20Cd Easy flo NR2	
17	210CN 18-10	AgCu <sub>x</sub>	
18	12Cr12Ni 18Cr10Ni	AgCu <sub>x</sub> x=Cd,Ni,Sn,In,Mn, Zn	
19	17-7 PH	AgMn	



Tabel 2 Zilvergesoldeerde roestvaststaalverbindingen die volgens de referenties een redelijke corrosiebestendigheid bezitten.

Referentie	roestvaststaaltype	soldeersoort	opmerkingen
1	18-8-Cr-Ni	Ag92,5Li0,2Cu7,3	
	18-8-Cr-Ni	Ag72Li0,2Cu27,8	
8	430	AgCuMnNi	type 65; 28; 5,2
		AgCuIn	met Ni-toevoeging
		AgCuZnCd	
10	WN 14016	56AgCuNiIn	met boriumhoudende flux
18	12Cr-12Ni	AgCu70-30-x	x = laag gehalte
	18Cr-10Ni	AgCu70-30-x	van overige elementen
21	AISI 321	AgMn85-15	
	17-7 PH	AgMn85-15	
22	CrNi 18-8	Ag40Cu30Zn28Ni2	
	CrNi 17-7	Ag40Cu30Zn28Ni2	
	80-20CrNi	Ag40Cu30Zn28Ni2	

Tabel 3 Zilvergesoldeerde roestvaststaalverbindingen die volgens de referenties een goede corrosiebestendigheid bezitten.

Referentie	roestvaststaaltype	soldeersoort	opmerkingen
1	18-8-Cr-Ni 13 Cr	AgCu+2-5%Ni AgCu+2-5%Ni	
2	X5CrNi18/9	56Ag26Cu4Ni14In	$T_{liq} = 730^{\circ}\text{C}$
4	18-8-Cr-Ni	LAg56InNi	
5	SUS 304	AgCu+Ni	
7	austenitisch rvs	54Ag25Pd21Cu	$T_{liq} = 905^{\circ}\text{C}$
8	austenitisch rvs AISI 430	AgCuMnNi AgCuSnNi AgCuMnNiSn	type 50-36-6-8
10	X5CrNi18-9	AgCuNiIn	
13	18-8-Cr-Ni	AgCuNiIn	
16	AISI 303 AISI 431	AgCu14In4Ni AgCu14In4Ni	
17	210CN18-10 210CN18-10 210CN18-10	AgCu72-28 AgCu14In4Ni AgCuPd	
19	17-7-PH	AgCuLi0,2	
20	18Cr10Ni0,04C	AgCuInNi	

Tabel 4a

Referentie	rvs type	soldeersamenstelling x=combinaties	samenstelling beproevingsmilieu	tijdsduur beproeving	beproevingstemperatuur °C	corrosie	
						ja	nee
I stromendleidingwater						ja	nee
2	austeniet	LAg40Cd BAg3 56Ag26Cu14In4	-	500 uur	RT <sup>1)</sup>	x	
						x	
3	austeniet	AgCuZnCd	-	2-5 jaar	20°C	x	
7	austeniet	CuAgZnCd 54Ag25Pd21Cu	-	1 week	RT	x	
							x
8	ferriet en austeniet	AgCu x x= Zn,Cd,Mn, In of Mn, Sn, Ni	-	5-10 dagen	RT	x	
						x	x
14	ferriet en austeniet	AgMn en AgCu x x= Cd, Ni, Sn, In, Mn,Zn	-	60 dagen	RT	x	
						x	x
15	ferriet	AgCuZnCd	-	35 dagen	RT	x	
16	AISI 303 en AISI 431	AgCu14In4Ni	-	3 maanden	RT		x
18	12CrNi en 18Cr 10Ni	AgCu 70-30 en sporen andere elementen	-	300 uur	RT	x	

Tabel 4b

Referentie	rvs type	soldeersamenstelling	samenstelling beproevingsmilieu	tijdsduur beproeving	beproevingstemperatuur °C	corrosie		
						ja	nee	
II Chloride-houdende milieus							ja	nee
1	austeniet	Ag92,5Cu7,3Li0,2 Ag72Cu27,8Li0,2	10%FeCl <sub>3</sub> in H <sub>2</sub> O	14 dagen	RT	x		
5	SUS304	CuZn-legering en AgCu+Ni	0,4MolNaCl en 0,05 mol CuCl <sub>2</sub> in H <sub>2</sub> O	niet bekend	25°C	x	x	
6	AISI 430 AISI 304	BAg1; 3; 5; 7;	5%HCl 5%NaCl	2-4 weken	RT	x		
9	18Cr8Ni	AgCu-legering zonder Ni	Cl <sup>-</sup> -ionen	?	RT	x		
10	8CrTi12 8CrTi17 X5CrNi18-9	56Ag26Cu14In4Ni	NaCl, 500 mg Cl <sup>-</sup> /liter in H <sub>2</sub> O	120 uur	90°	x x	x	
13	NiCr18-8	AgCuCdZn AgCuInNi	3,3gFeCl <sub>3</sub> per liter H <sub>2</sub> O	9 dagen	RT	x	x	
17	210CN18-10	AgCu72-28 AgCuPd AgCu14In4Ni AgCu x x= Cd,Sn,Zn	590 ppm Na <sup>+</sup> , 310 ppm Fe <sup>3+</sup> 1500 ppm Cl <sup>-</sup> of 971 ppm Na <sup>+</sup> , 1500 ppm Cl <sup>-</sup>	6 dagen beide milieu's	60°	x	x x	
20	18Cr10Ni 0,04C	LAg40Cd AgCuInNi	50-500 mg HCl per liter H <sub>2</sub> O	12 maanden	30°	x	x	

Tabel 4c

Referentie	rvs type	soldeersamenstelling	samenstelling beproevingsmilieu	tijdsduur beproeving	beproevingstemperatuur °C	corrosie	
						ja	nee
III overige milieu's						ja	nee
2	x5CrNi18/9	LAg40Cd 56Ag26Cu14In4Ni BAG3	5% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> in H <sub>2</sub> O	150 uur	RT	x	x
6	AISI 304	BAG1; 3; 5; 7	5% HNO <sub>3</sub> in H <sub>2</sub> O	1 week	RT	x	
			5% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> in H <sub>2</sub> O	2 weken			
11	AISI 302	AgCu x x = niet bekend hardsoldeer	120 cm <sup>3</sup> H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,7 kg NaC (CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , 9,5 l H <sub>2</sub> O	5-15 jaar	RT	x	
19	17-7 PH	AgMn  Ag72Cu27,8Li0,2	H <sub>2</sub> O dompelproef	enkele maanden	RT	x	
22	18/8CrNi	Ag40Cu30Zn28Ni2	zoutsproeitest	100 uur	RT	x	
24	18/8CrNi	LAg40Cd Easy-flo nr. 2	8g mol Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> + 4ccHF in 96 ml H <sub>2</sub> O of 8 g mol Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> + 4ccHF in 96 ml H <sub>2</sub> O	24 uur	RT	x	x

1) RT = kamertemperatuur

Tabel 4 Overzicht van de in de literatuur beschreven beproevingsmilieu's in samenhang met soldeersoort, roestvaststaaltype, tijdsduur van de proef en de beproevingstemperatuur.