

INFOFICHES ROESTVAST STAAL [DEEL 3-2]

LASSEN ALS INITIATOR VAN CORROSIE IN ROESTVAST STAAL: MOGELIJKE PROBLEMEN EN REMEDIERING

Bij het lassen van roestvast staal kunnen nogal wat problemen optreden tijdens of na het lassen.

De verschillende onderwerpen die hierna zullen besproken worden, toegepast op roestvaste stalen, zijn de diverse vormen van plaatselijk versnelde corrosie als gevolg van het lassen, en de scheurvorming en verbrossing die veroorzaakt kunnen worden door het lassen.

IE Door Ir Robert Vennekens, IWE, CEWE, Fweldl, Onderzoekscentrum van het BIL, Technologische Adviseerdienst (Dienst gesubsidieerd door IWT) Ir. Wim Van Haver, Onderzoekscentrum van het BIL



Figuur 1: gelocaliseerde corrosieve aantasting in een 2205 duplex roestvast stalen pijpsysteem (boven: buitenkant, onder: binnenkant van de pijp) door aanwezigheid van thermische oxides in de laszone

PROBLEMEN

We gaan er vanuit dat het lassen wordt uitgevoerd door ervaren vakmensen/gekwalificeerde lassers die werden opgeleid voor het lassen van deze materialen, en dat de lasprocedures werden opgesteld door een lascoördinator. Zelfs met correct gekozen lastoevoegmaterialen, een correcte lasprocedures uitvoering blijken gelaste constructies na verloop van tijd toch onderhevig aan schade, zoals scheuren, corrosie, vermoeiing, corrosievermoeiing enz. Uit onderzoek blijkt dat de schade soms toe te schrijven is aan het lassen zelf door het zéér snel en plaatselijk opwarmen en afkoelen, maar ook veelal te wijten is aan de metaalkundige eigenschappen van de materialen. Men zal altijd

trachten de eigenschappen van de lasverbinding zo goed mogelijk te laten overeenstemmen met deze van de basismaterialen. Dwz dat de eigenschappen van het lastoevoegmateriaal niet te veel mogen afwijken van deze van de gelaste materialen, de platen, profielen of pijpen/buizen. Er is voor het verwerken/lassen van rvs een zekere metaalkundige achtergrondkennis vereist. Van bij het ontwerp moet rekening worden gehouden met die materiaaleigenschappen die bij het lassen van belang zijn of kunnen zijn.

VERSNELDE CORROSIE ALS GEVOLG VAN HET LASSEN

A. Algemeen

De corrosievastheid van staal kan

worden verbeterd door toevoeging van chroom (zie vorige infofiches). Voor de ferritische en martensitische chroomstalen varieert het Cr-gehalte tussen de 12 en ongeveer 30%. Wanneer andere legeringselementen worden toegevoegd kunnen we een betere corrosiebestendigheid verkrijgen (in het geval van Mo en Ni), maar ook een betere lasbaarheid. De austenitische legeringen (met minimaal 17% Cr en 9% Ni) bezitten naast de hogere corrosieweerstand tevens betere taaiheid en een verbeterde lasbaarheid, dit in vergelijking met de Cr-stalen. Zoals reeds eerder werd vermeld zijn de ferritische en austenitische roestvaste staalsoorten enkel corrosievast wanneer ze in oxiderend milieu worden toegepast, als gevolg van de vorming van een zeer dichte en goed hechtende Cr-oxidehuid. Wanneer echter deze oxides werden gevormd op hoge temperatuur ("thermische oxides"), bv. als gevolg van het lassen of bij een warmtebehandeling, dan wordt het materiaal lokaal gevoeliger voor corrosie als gevolg van scheurtjes in de oxidehuid (**figuur 1**). In kritische gevallen moeten deze oxiden correct worden verwijderd. (Zie latere infofiche over oppervlaktebehandeling van rvs)

B. Putcorrosie (pitting)

Putcorrosie is zeer gevaarlijk, omdat de aantasting niet gelijkmatig plaatsvindt maar zeer plaatselijk. Er ontstaan putjes in het materiaal, die snel dieper kunnen

worden. Putvormige corrosie in austenitisch rvs treedt vooral op in chloridehoudende milieus. De aantasting begint bij een plaatselijk defect in de oxidelaag. Er ontstaan kleine plekken direct onder het oppervlak, die als een anode werken. Behalve door een defect kan putvormige corrosie ook ontstaan doordat verf, roest, slib, e.d. op het oppervlak vastzitten. Ook slakresten of lasspatten die na het lassen achterbleven kunnen problemen geven. Goed beitsen en passiveren is een remedie om putvormige corrosie tegen te gaan. Een regelmatige controle op de vorming van afzettingen op materiaal van installaties in bedrijf is belangrijk. De toetreding van zuurstof wordt belet en het metaaloppervlak wordt plaatselijk gevoelig. Het onzichtbare afsluitende oxidehuidje dat voor de corrosievastheid zorgt, is namelijk niet absoluut bestendig tegen aantasting maar lost zeer langzaam op. Om een blijvende bescherming te garanderen, moet het dus steeds opnieuw gevormd worden. Vandaar dat de zuurstof vrij moet kunnen toetreden (zie verderop: "Spleetcorrosie"). Een andere weg die men kan volgen is minder pitting-gevoelige staalsoorten (met hoger Ni- of Mo-gehalte bijvoorbeeld) te kiezen bij de bouw van de installatie. Hetzelfde geldt voor de duplex roestvaste staalsoorten. Titanium-gestabiliseerde soorten zijn daarentegen vaak veel gevoeliger voor pitting dan andere austenitische soorten (**figuur 2**). Tot de putvormige corrosie wordt ook wel de besmettingscorrosie gerekend. Deze aantasting ontstaat doordat vreemde metaaldelen (bv. slijpresten) op de een of andere manier op het rvs zijn terechtgekomen. Toetreding van zuurstof en vorming van de beschermende chroomoxidelaag wordt daardoor belet, zodat het metaaloppervlak plaatselijk actief is. De vreemde deeltjes en verontreinigingen kunnen bijvoorbeeld ontstaan bij het gebruik van gereedschappen zoals staalborstels en slijpschijven die ook voor ongelegeerd staal werden gebruikt. Daarom moet het verwerken van gewoon staal en rvs in dezelfde ruimte met dezelfde gereedschappen worden vermeden.

Maatregelen om putvormige corrosie tegen te gaan:

- Mo-houdende types gebruiken;
- geen Ti-gestabiliseerde types toepassen;
- altijd beitsen en passiveren;
- besmetting met vreemde deeltjes

Figuur 2: Putcorrosie, vooral geconcentreerd op de gelaste zone, door chloridehoudend water in een AISI 316 Ti gestabiliseerd austenitisch roestvast stalen onderdeel van een afvalverwerkingsinstallatie



voorkomen.

C. Spleetcorrosie

Wanneer twee oppervlakken van rvs in een vloeistof voldoende dicht tegen elkaar liggen, of wanneer een of ander niet-metallisch voorwerp het staal geheel of gedeeltelijk bedekt, ontstaat een spleet waarin de vloeistof maar weinig uitwisseling heeft met de vloeistof daarbuiten. In zulke gevallen treedt vaak ernstige corrosie op.

Voorbeelden vinden we bij pakkingen tussen flenzen, waarbij de vloeistof tussen pakking en metaal kan kruipen. Andere voorbeelden waarbij men aan spleetcorrosie moet denken zijn hoeklassen, pijp- pijpenplaatverbindingen en koel- en verhitingspiralen.

De verklaring is dat de zuurstofconcentratie in de spleet kleiner wordt dan erbuiten, waardoor de zuurtegraad verhoogd wordt en het staal in de spleet in oplossing gaat. Dit is dus een punt waarop men bij het ontwerpen van verbindingen in een constructie dient te letten. Dit geldt uiteraard ook voor lasverbindingen. Spleten dienen zo mogelijk te worden vermeden, of moeten zo groot mogelijk gehouden worden. Ook spleten afdichten door lassen is een middel om de kans op spleetcorrosie te verminderen. Een kleine, smalle spleet geeft steeds aanleiding tot problemen, een brede spleet minder of geen. Wat het kiezen van minder spleetcorrosie-gevoelige staalsoorten betreft geldt, dat het gebruik van molybdeengelegeerde, niet-gestabiliseerde staalsoorten - net als bij putvormige corrosie - het risico vermindert.

Spleetcorrosie tegengaan:

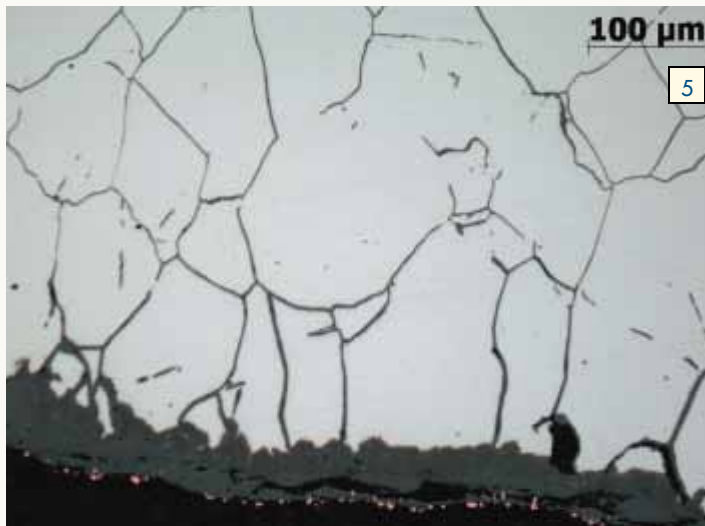
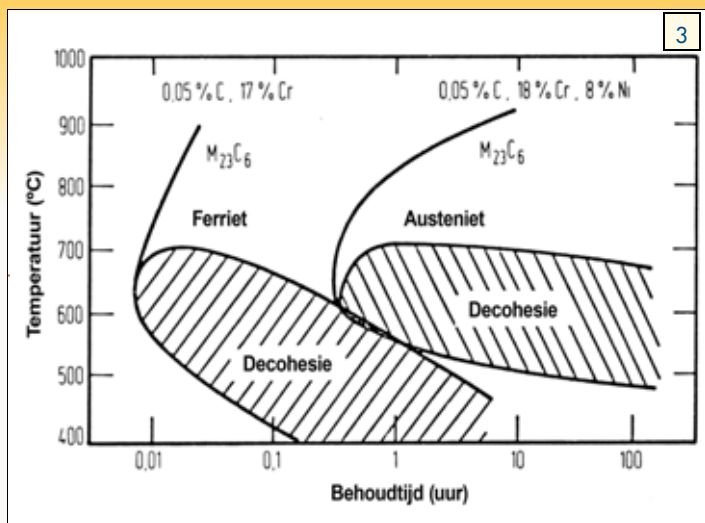
- geen smalle spleten tolereren;
- Mo-houdende types gebruiken;
- geen Ti-gestabiliseerde types gebruiken;
- goed beitsen en passiveren.

D. Interkristallijne corrosie

Austenitische roestvaste staalsoorten bevatten in leveringstoestand, afhankelijk van hun samenstelling, een hoeveelheid koolstof die grotendeels in de austenietstructuur is opgelost. Bij verhitting tussen 450 °C en 850 °C kan deze koolstof zich binden aan het chroom met vorming van carbides die zich gaan uitscheiden op de korrelgrenzen. De vormingssnelheid van deze carbides is het grootst bij 500 °C à 700 °C, afhankelijk van het staaltype (figuur 3). In het temperatuursgebied 450-850 °C verplaatsen de koolstofatomen zich vrij gemakkelijk naar de korrelgrenzen. De diffusiesnelheid van chroom is niet zo groot waardoor er daar chroomcarbides worden gevormd. De omgeving van de korrelgrenzen wordt

hierdoor armer aan chroom. Indien het vrije chroomgehalte onder de 12% daalt dan ontstaat er een zone die gevoelig is voor corrosie. De aantasting die hierdoor ontstaat wordt interkristallijne corrosie genoemd. Het materiaal dat gevoelig werd voor interkristallijne corrosie noemt men gesensitiseerd. In figuur 4 wordt zo een structuur getoond, terwijl figuur 5 een interkristallijne aantasting toont. Bij lassen komt interkristallijne corrosie niet hoofdzakelijk in het lasmetaal zelf, maar vooral in de zgn. warmtebeïnvloede zone voor. We spreken dan van lasbederf ("weld decay") (figuur 6). Bij het lassen in meerdere lagen neemt de kans op het ontstaan van interkristallijne corrosie in de las zelf toe. Gesensitiseerd materiaal, met een chroomverarming rond de korrelgrenzen, kan men homogeeengloeien bij ongeveer 900 °C. Bij deze temperatuur blijven carbides wel bestaan, maar door verhoogde chroomdiffusie wordt de chroomverarming aan de korrelgrenzen gecompenseerd. Een andere methode om de gevoeligheid voor interkristallijne corrosie te verminderen is het materiaal een oplossingsgloeibehandeling te laten ondergaan bij 1050-1100 °C, waarna bij voorkeur in water moet worden afgeschrikt. Voor verdere bijzonderheden over de warmtebehandelingen wordt verwezen naar Deel 8. Chroomcarbides worden niet alleen gevormd in de WBZ maar ook in de rest van de constructie, wanneer de bedrijfstemperatuur in het sensitisatiegebied ligt. In dat geval is er onder andere gevaar voor interkristallijne aantasting door condensaatvorming bij stoppen en starten van installaties, of indien installaties chemisch worden gereinigd. Als er gevaar is voor dat soort aantastingen is een andere materiaalkeuze noodzakelijk. Om de vorming van chroomcarbides te vermijden of te vertragen staan een aantal methoden ter beschikking:

- verlaging van het koolstofgehalte tot minimaal 0,03% zoals onder andere bij type 304L of type 316L; let op de verschuiving van de sensitisatiegebieden in figuur 7,
 - toevoegen van stabiliserende legeringselementen, die sterkere carbidevormers zijn dan chroom; dit zijn titaan en niobium.
- Indien rvs aan bedrijfstemperaturen in het kritieke temperatuursgebied moet worden blootgesteld, kan voor een van bovengenoemde mogelijkheden worden gekozen, dus voor een laagkoolstofhoudende kwaliteit (eventueel met toevoeging van N voor hogere sterkte, de "LN" kwaliteit), of een gestabiliseerde staal. Bij de warmtebehandeling van gestabiliseerde soorten ontstaan in het materiaal Ti- of Nb-carbides, die uitgescheiden

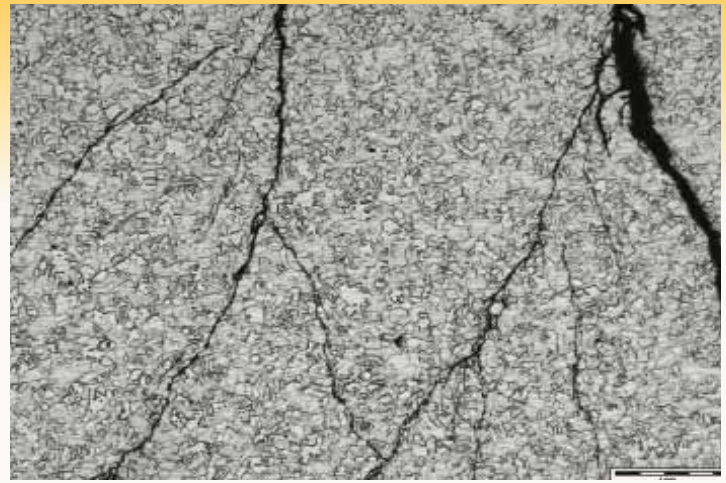


Figuur 3: Vorming van carbides voor een typisch ferritisch roestvast staal (links) en een AISI 304 type austenitisch roestvast staal (rechts) in functie van tijd en temperatuur. De gearceerde zone geeft het kritische gebied weer voor de resp. materialen, bepaald door middel van een standaard test (Strauss test)

Figuur 4: Geëitste metallografische doorsnede uit een AISI 316 hogedrukstoompijp, gesensitiseerd door lang verblijf bij 510 °C

Figuur 5: Ongeëitste metallografische doorsnede van dezelfde pijp als getoond in figuur 4, waarbij interkristallijne corrosie merkbaar is aan de binnenzijde van de pijp

Figuur 6: Lasbederf in een bocht van een stoomleiding in AISI 304: aan weerszijden treedt op ongeveer 1 cm van de las interkristallijne corrosie op



Figuur 9: Optreden van chloride spanningscorrosie in AISI 304 Ti gestabiliseerd roestvast staal. In de ongeëtte doorsnede (links) zijn de titaancarbidet precipitaten zichtbaar

worden binnenin de korrels en niet specifiek op de korrelgrenzen. Gestabiliseerd staal kan echter onder bijzondere omstandigheden bij het lassen soms toch nog gevoelig worden voor interkristallijne aantasting (zie volgende paragraaf).

Maatregelen tegen interkristallijne corrosie:

- gestabiliseerde soorten gebruiken;
- laag C-houdende types gebruiken;
- voorwarmen, warm zetten en warmbuigen niet toepassen;
- olie, vet, verf, vuil e.d. in of bij de lasnaad verwijderen;
- bij voorkeur oplossend gloeien.

E. Knife-line attack

Indien gestabiliseerd rvs gelast wordt, kunnen zeer plaatselijk in de WBZ, de titaan- en niobiumcarbides worden opgelost. Dit kan plaatsvinden in het gebied waarin de temperatuur enige tijd boven 1.100 °C is geweest, m.a.w.: dicht bij de fusieline. De koolstof komt dan weer vrij en kan zich binden aan het chroom. Hierdoor kan bij lagere temperatuur in een zeer nauw begrensd gebied chroomcarbide-uitscheiding

plaatsvinden die resulteert in interkristallijne corrosie. Deze vorm van gelokaliseerde aantasting "ter breedte van een messnede" wordt aangeduid met de naam "knifeline attack". Zie **figuur 8**.

Knifeline attack tegengaan:

- geen gestabiliseerde soorten gebruiken, maar bijvoorbeeld laag C-houdende types;
- na het lassen stabiliserend gloeien.

F. Spanningscorrosie

Na het lassen komen restspanningen in het materiaal voor. Deze kunnen bij austenitisch rvs spanningscorrosie veroorzaken, vooral in chloridehoudende milieus. Chlorides zijn aanwezig in zeewater, maar ook in pvc-bevallende isolatiematerialen, folies, tapes enz. Zij kunnen eveneens aanwezig zijn in beitsmiddelen en spoel- of afperswater. Bij aantasting door chlorides treden scheuren op die bij austenitisch rvs meestal dwars door de korrels (transkristallijn) verlopen. Een tweede kenmerk betreft de vele vertakkingen van de scheur. Zie **figuur 9** voor een voorbeeld van spanningscorrosiescheuren in austenitisch Cr-Ni-staal. De

hoofdscheurrichting staat bij spanningscorrosie steeds loodrecht op de spanningsrichting. Algemeen treedt deze vorm van corrosie op boven 50 °C op die plaatsen waar trekspanningen aanwezig zijn. Om het optreden van spanningscorrosie onder bovengenoemde omstandigheden te voorkomen, kan een warmtebehandeling bij 900 °C of hoger worden toegepast, waarbij de restspanningen worden opgeheven. Het gevaar van spanningscorrosie kan worden verlaagd door bv. de lasspanningen zo laag mogelijk te houden, door een juiste lasvolgorde, symmetrisch lassen enz. Men kan ook kiezen voor een ander materiaal (chromstaal, duplex, Ni-legering) dat hier minder of niet gevoelig voor is. Het al dan niet optreden van spanningscorrosie in een bepaald milieu is immers zeer materiaalspecifiek!

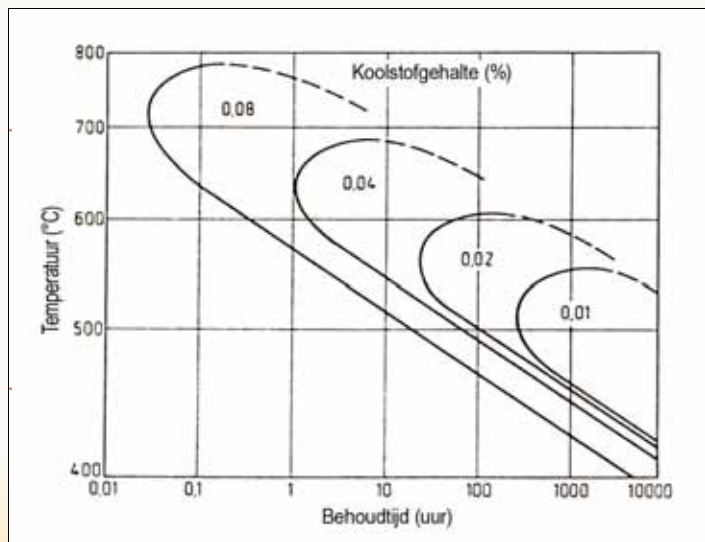
Spanningscorrosie tegengaan:

- goed en spanningsarm construeren,
- zo min mogelijk lassen, snijden, knippen,
- het materiaal niet of zo min mogelijk hameren,

- zorgen voor een goede oxidefilm door beitsen en passiveren;
- spanningsarmgloeien toepassen;
- een chromstaal, een duplexstaal of nikkellegering toepassen indien mogelijk;
- koudbuigen en koudvormen niet toepassen;
- goed polijsten van de gehele lasverbinding. □

BIBLIOGRAFIE

- Roestvast staal lassen, Van voorbereiding tot nabewerking; Smitweld bv, Nijmegen (1986)
- Lassen van roest- en hittevast staal, vm42, FME – NIL
- Corrosion Atlas – A collection of Illustrated Case Histories, During E D D, compiler, 3rde editon, 812 p, 1997, Elsevier Science, Amsterdam
- Les aciers inoxydables: Propriétés-Mise en Oeuvre-Emploi-Normes, Traduction autorisée de l'ouvrage allemand "Nichtrostende Stähle" - 2nd edition 1989 (Verlag Sihalaisen mbH), 372 p, 1990, Technique et Documentation - Lavoisier



Figuur 7: Vorming van carbides voor een 18% Cr – 8% Ni austenitisch roestvast staal in functie van tijd, temperatuur en koolstofgehalte



Figuur 8: Knifeline attack (verticale lijn direct links naast de las) in AISI 316 Ti voorkomend in dezelfde installatie waarvan reeds een detail getoond werd in figuur 2