

DRIELUIK OVER CORROSIE BIJ OF DOOR LASVERBINDINGEN DEEL 1

LASSEN EN LEVENSDUUR: DE KOST GAAT VOOR DE BAAT

Bij het ontwerpen van veel installaties speelt de corrosievastheid van het toe te passen materiaal een belangrijke rol. Te denken valt bijvoorbeeld aan installaties voor de behandeling van vervuild oppervlaktewater, proceswater, bluswaterleidingen, maar ook aan offshore installaties, chemische en petrochemische installaties. Dr.ir. Peter van Houten, IW en ir. Jelle Brantsma, IWE, gaan in een drieluik dieper in op de te maken keuzes en de uitvoering van het lasproces en de invloed, die dat heeft op de corrosieweerstand van lasverbindingen.

De materiaalkeuze voor het bouwen van een bepaalde installatie geschiedt op basis van de te verwachten corrosieve omstandigheden. Behalve eerdere ervaring, spelen daarbij kennis van de chemische samenstelling van het medium en de bedrijfscondities een belangrijke rol. Op basis van deze gegevens, materiaalkennis en de gewenste levensduur, wordt een materiaal geselecteerd.

Al naar gelang de specifieke omstandigheden kan dit bijvoorbeeld een koolstofstaal, een austenitisch of een austenitisch/ferritisch (duplex) roestvaststaal zijn. Indien nodig wordt uitgeweken naar hoogwaardiger (lees duurder) legeringen, zoals bijvoorbeeld superaustenieten, hoognikkellegeringen, titaan of zirkonium.

Effecten van lassen tijdens de bouw van een installatie worden diverse verbindingstechnieken toegepast, waarbij lassen in de praktijk nog steeds de meest toegepaste techniek is. Lassen kan echter beschouwd worden als een - in vergelijking tot de zorg die de materiaalfabrikant aan het materiaal heeft besteed - ongecontroleerde behandeling, die het materiaal geen goede dienst bewijst.

Door het lassen kunnen namelijk allerlei ongewenste effecten optreden waardoor de corrosievastheid van zowel het lasmetaal als de warmtebeïnvloede zone (WBZ) naast de las sterk negatief beïnvloed kan worden (zie figuur 1). In veel gevallen zijn deze effecten op voorhand bekend en door de juiste voorzorgsmaatregelen in acht te nemen te beperken of te voorkomen. In enkele gevallen zijn de effecten door nabehandelingen gedeeltelijk of geheel op te heffen.

Extra maatregelen worden in de praktijk als lastig ervaren en bovendien zijn er uiteraard altijd extra kosten aan verbonden, waardoor in de praktijk niet altijd juist gehandeld wordt. Vaak wordt dan vergeten dat de gevolgen, en daarmee de kosten, van falen van een lasverbinding uiteindelijk veel hoger kunnen uitvallen. Hierbij moet gedacht worden aan veiligheid en milieu, kosten van procesuitval, een ontevreden klant, en daarbij geteld de kosten van de noodzakelijke herstelwerkzaamheden (als reparatie nog mogelijk is!).

INVLOED VAN LASSEN OP CORROSIEVASTHEID

De eigenschappen van een materiaal, en daarmee de mate van corrosievastheid, worden door een fabrikant van basismateriaal bij het vervaardigen middels een nauwgezette procesvoering beheerst en gecontroleerd.

Lassen heeft in het algemeen een nadelige invloed op deze oorspronkelijke corrosievastheid van het uitgangsmateriaal. Bij de beschouwing over de invloed van lassen op de corrosievastheid van lasverbindingen moet zodoende onderscheid worden gemaakt tussen het lasmetaal, de warmtebeïnvloede zone (WBZ) en het basismateriaal.

De corrosievastheid van een materiaal wordt bepaald door:

- de chemische samenstelling;
- de microstructuur;
- materiaalspanningen.

En bovendien hebben nog invloed:

- de conditie van het oppervlak dat in contact staat met het corrosief medium; en
- de geometrie van het oppervlak.

Bij het lassen treedt smelten en vermenging van een deel van het basismetaal met het toegepaste lastoevoegmateriaal op. In de lasboog kan afbrand (of toebrand) van legeringselementen optreden. Zowel de mate van opmenging als toe- of afbrand is procesafhankelijk, waarbij met name het gekozen lasproces, de toegepaste warmte-inbreng (heat input) en het toegepaste lastoevoegmateriaal een belangrijke rol spelen. Uitgaande van een gekozen lastoevoegmateriaal (kerndraad), lasnaadvoorbereiding, laskantreiniging en lasproces (opmenging) wordt de conditie van het lasmetaal verder beïnvloed door de wijze van gasbescherming (MIG/MAG, backing), de keuze van het bekledingstype van de elektrode (BMBE), en de keuze van het poeder (OP). Dit gecombineerd levert het lasmetaal, waarvan de corrosievastheid wordt bepaald door de chemische samenstelling en de microstructuur.

Bekend is het optreden van galvanische corrosie bij lassen waarvan de samenstelling van lasmetaal en de te verbinden delen onderling te sterk afwijken (zie figuur 2). Bij galvanische corrosie zal het meest onedele materiaal preferent aangetast worden. Overigens kunnen verschillen in microstructuur bij gelijke samenstelling ook grote verschillen in corrosiegedrag te zien geven.

Uit de aard van het proces heeft het lasmetaal, veelal in tegenstelling tot het basismateriaal (meestal gewalst of gesmeed) een dendritische (giet)structuur, die al naar gelang de combinatie van voorwarmen, warmte-inbreng en lagenopbouw meer of minder grof zal zijn.



Figuur 1. Putcorrosie en knife line attack langs de beide smeltlijnen van een las (twee rijen van putten) in de wand (316Ti) van een scheepsijsmachine (medium zeewater). De las en het plaatmateriaal bleken bestand tegen het gekoelde zeewater, de warmtebeïnvloede zones echter niet.

STRUCTUURVERSCHIL EN KRIMP

Verschillen in microstructuur in de WBZ van het basismateriaal kunnen optreden door faseformaties (waaronder hardingsverschijnselen), korrelgroei en korrelverfijning. Ook kunnen uitscheidingen in de korrels en aan de korrelgrenzen optreden.

Zowel korrelgroei als uitscheidingen hebben een negatieve invloed op de corrosievastheid. Een bekend probleem bij gelast roestvaststaal is het optreden van corrosie door uitscheidingen van carbiden aan de korrelgrenzen (interkristallijne corrosie). Tegenwoordig is de vorming van sigmafase (selectieve corrosie en verbrossing) nog steeds een probleem bij het lassen van super duplex roestvaststaal.

Ook onvoldoende gereinigde laskanten voorafgaande aan het lassen kan tot problemen met uitscheidingen leiden.

Structuurveranderingen en krimp (overwegend bepaald door de lasnaadvorm en warmte-inbreng) tijdens het stollen van de las verhogen lokaal de inwendige spanningen van het materiaal. Ook hierdoor neemt de corrosieweerstand af: hoge inwendige (trek)spanningen kunnen, in combinatie met de aanwezige nominale bedrijfsspanningen, leiden tot het optreden van spanningscorrosie. Afhankelijk van de procescondities kan spanningscorrosie zowel bij laaggelegeerd staal als hooggelegeerde materialen optreden.

De structuur van en spanningen bij de lasverbinding kunnen door voorwarmen, een aangehouden interpass temperatuur en uiteindelijk door een nabehandeling (post weld heat treatment, stralen, peenen, enz.) beïnvloed worden.



Figuur 2. De corrosievastheid van een lasverbinding wordt onder meer beïnvloed door de samenstelling van het lasmetaal. De linker foto toont een TP316L koelleiding waar binnen een jaar gebruik galvanische aantasting van het lasmetaal is opgetreden als gevolg van plaatselijk gebruik van een verkeerde las electrode (ongelegeerd staal). De rechter foto toont de doorsnede van de aangetaste lasverbinding.

VOLDOENDE GASBESCHERMING VOORKOMT AANLOOPKLEUREN

De conditie van het oppervlak is met name bij roestvaststaal van groot belang. De corrosievastheid van roestvaststaal wordt bepaald door de aanwezigheid van een zeer dunne passieve huid van chromoxiden aan het oppervlak.

Door onvoldoende gebruik van schermgas of backing gas kan aan de doorlaszijde of aan de sluitlaagzijde het oppervlak van de las en de warmtebeïnvloede zone (WBZ) direct naast de las oxideren.

Een dergelijke oxidatie toont zich in de vorm van aanloopkleuren (zie figuur 3). Aanloopkleuren zijn in feite het gevolg van een onregelmatig verdikte en onvolkomen (niet voldoende afdichtende) oxidehuid. De matrix direct onder deze oxidehuid is verarmd aan chroom. Een dergelijk oppervlak met aanloopkleuren is sterk gevoelig voor diverse soorten van corrosieve aantasting. Aanloopkleuren kunnen na het lassen middels slijpen of beitsen verwijderd worden, waarna het oppervlak onder atmosferische condities vanzelf passivert (het vormen van een goed afdichtende dunne oxidehuid), waardoor de corrosieweerstand weer hersteld is.

Het verwijderen van aanloopkleuren aan de binnenzijde van leidingsystemen moet middels beitsen, maar dit kan echter, zeker bij grotere leidingsystemen, problematisch en kostbaar zijn. Aanloopkleuren kunnen zodoende beter vermeden worden. Dit kan door voldoende gasbescherming aan beide zijden van de lasverbinding toe te passen (booggas en backinggas).



Figuur 3. Aanloopkleuren met beginnende aantasting langs de lassen aan het inwendige van een type 304L roestvast stalen watertank.

LASFOUTEN ZIJN FUNEST VOOR DE CORROSIEVASTHEID

Lasfouten kunnen eveneens aanleiding geven tot corrosie. Bekend is dat onvoldoende doorlassing en slakrestanten of insluitsels aan het oppervlak van de las aanleiding kunnen geven tot spleet- of putcorrosie. Ook onvolkomenheden in de lasgeometrie (uitlijningheid, te zware doorlassing) kunnen het corrosiegedrag nadelig beïnvloeden. Hierbij moet gedacht worden aan het afzetten van sedimenten in een leiding, wervelingen (erosiecorrosie) bij de lasnaad of het achterblijven van product bij lasnaden na het draineren van leidingen.

Uit bovenstaande blijkt dat zowel de juiste keuze als ook de juiste uitvoering van het lasproces een grote invloed heeft op de corrosieweerstand van lasverbindingen.

Hiermee is een einde gekomen aan het eerste deel van de drieluik over corrosie bij of door lasverbindingen. In deel II wordt verder ingegaan op de vormen van corrosieve aantasting.

Dit eerste deel van de drieluik kwam tot stand door medewerking van dr.ir. Peter van Houten, IWE, werkzaam bij Element Materials Technology Rotterdam b.v. uit Breda en ir. Jelle Brantsma, IWE, Project manager bij het Burgumse Damen Shipyard.

Verbeter de corrosieweerstand en eigenschappen van uw RVS met Packo Surface Treatment : elektro-polijsten, amorfiseren, micro-ondulatie, ontzwarren, beitsen en passiveren,...

www.electropolish.be

marc.quaghebeur@packo.com

DRIELUIK OVER CORROSIE BIJ OF DOOR LASVERBINDINGEN DEEL 2

VORMEN VAN CORROSIEVE AANTASTING

Bij het ontwerpen van veel installaties speelt de corrosievastheid van het toe te passen materiaal een belangrijke rol. Te denken valt bijvoorbeeld aan installaties voor de behandeling van vervuild oppervlaktewater, proceswater, bluswaterleidingen, maar ook aan offshore installaties, chemische en petrochemische installaties. In deel 1 werd dieper ingegaan op de keuzes en de uitvoering van het lasproces en de invloed, die dat heeft op de corrosieweerstand van lasverbindingen. In dit deel worden de vormen van corrosieve aantasting besproken.

Schade door corrosie vormt één van de grootste kostenposten in de industrie. Vaak begint corrosie al tijdens de bouw- of testfase, terwijl de resulterende schade vaak pas na ingebruikname opgemerkt zal worden. Het is ondoenlijk om alle vormen van corrosie in het kort te beschrijven. Globaal kan er onderscheid gemaakt worden tussen:

- Algemene of specifieke corrosie;
- specifieke en preferente (sterk gelokaliseerde) vormen van aantasting; en
- vormen van microbiologisch geïnduceerde corrosie (MIC).

ASPECIFIEKE CORROSIE

Bij algemene (aspecifieke) corrosie worden de korrels en korrelgrenzen van een materiaal in gelijke mate aangetast, waardoor een min of meer gelijkmatige en daarmee redelijk voorspelbare wanddikteafname optreedt. Een dergelijke aantasting leidt tot een ruw oppervlak en is vaak goed visueel waarneembaar. Een bekend voorbeeld is het 'roesten' van constructiestaal in contact met vocht, water of zeewater.

De snelheid van algemene corrosie wordt uitgedrukt in een wanddikteafname (mm/jaar). De ontwerper kan rekening houden met algemene corrosie middels een corrosietoeslag, die wordt gebaseerd op de gewenste levensduur.

SPECIFIEKE EN PREFERENTE VORMEN VAN AANTASTING

Bij roestvast staal spelen echter overwegend specifieke en preferente vormen van corrosie een rol, leidende tot gelokaliseerde aantasting. Deze vormen van corrosie hebben allen gemeen dat de corrosiesnelheid veel minder goed voorspelbaar is en bovendien vaak sterk afhankelijk is van geringe wijzigingen in materiaalkwaliteit en gebruikcondities. Dit maakt de levensduurinschatting door de ontwerper (die vooraf geen kennis heeft over specifieke procescondities of toekomstige wijzigingen hierin) zeer lastig.

De microstructuur van het materiaal is van grote invloed op het mogelijke optreden van specifieke corrosie. In de praktijk blijkt dan ook dat specifieke vormen van corrosie juist vaak bij lasverbindingen in het roestvast staal optreden.

Bekende vormen van specifieke corrosie zijn putcorrosie, spleetcorrosie, interkristallijne aantasting, selectieve aantasting (versponing) en spanningscorrosie (zowel inter- als transkristallijn). Bij spanningscorrosie spelen, behalve het medium en de temperatuur, ook de gecombineerde materiaalspanningen (bedrijfsspanningen en lokaal verhoogde inwendige spanningen als gevolg van het lassen) een rol.

PUTCORROSIE

Schade door specifieke corrosie is vaak zeer lokaal, visueel lastig of niet waarneembaar, verloopt relatief snel en wordt daardoor in veel gevallen pas ontdekt na falen.

Ook putcorrosie in basismateriaal en lassen is als een vorm van specifieke corrosie te beschouwen. Putcorrosie treedt juist op aan delen van het oppervlak die minder passief zijn vergeleken met het omringende oppervlak. Hierbij kunnen ook insluitsels en uitscheidingen die aan het materiaaloppervlak liggen, een rol spelen (zie figuur 1).

Specifieke vormen van corrosie, met name spanningscorrosie en putcorrosie, tonen vaak (effectief gezien) een autokatalytisch gedrag, wat wil zeggen: een éénmaal ontstane aantasting groeit in een steeds sneller tempo verder. Het is dan ook zinloos om de snelheid van specifieke corrosie uit te drukken in een wanddikteafname per jaar.

Putcorrosie (en spanningscorrosie) van roestvast staal treden met name op indien het roestvast staal in contact is met water of waterig medium met een verhoogd gehalte aan chloriden ("zout").



Figuur 1. Links: kleine, visueel nauwelijks zichtbare defecten aan het lasoppervlak hebben geleid tot putcorrosie van een las in een 316L roestvast stalen vat. De corrosieproducten hebben zich verspreid, de donkere puntjes op de wand zelf wijzen reeds in de richting van startende putcorrosie op de wand.

GALVANISCHE CORROSIE

Bij vormen van preferente aantasting spelen de oppervlakte/contactcondities van het metaal (lokale verschillen in passiviteit) een belangrijke rol. Bekende vormen zijn galvanische corrosie van of juist naast lassen, spleetcorrosie bij afdichtingen, onvolkomen doorlassingen en bindingsfouten aan de doorlassing.

Galvanische corrosie is in feite een gelokaliseerde (preferente) vorm van algemene corrosie, waarbij het onedeler materiaal door het elektrisch geleidende contact met een edeler materiaal anodisch geactiveerd wordt (sneller corrodeert dan normaal), terwijl de edelere legering (kathodisch) wordt beschermd. Dit effect kan nog versterkt worden als het oppervlak van het onedele materiaal klein is ten opzichte van het oppervlak van het edele materiaal. Dit betekent dat, om versnelde aantasting van de lassen te voorkomen, het lastoevoegmateriaal edeler dient te zijn dan het basismateriaal. Vooral bij reparaties, wanneer de toegepaste materialen door onvoldoende documentatie vaak niet bekend zijn, kan het fout gaan. Een combinatie die gevoelig is voor dit type corrosie is een type SS304-las in een type SS316-leiding. Dergelijke fouten kunnen worden voorkomen door voorafgaande aan de reparatie materiaalanalyse uit te voeren. Dit kan, ook op locatie, middels Optische Emissie Spectrometrie (OES) of Röntgenfluorescentie-analyse.

VORMEN VAN MICROBIOLOGISCH GEÏNDUCEERDE CORROSIE (MIC)

Een afwijkende eend in de bijt is microbiologisch geïnduceerde corrosie (MIC) in materialen in contact met waterige media. MIC ontstaat door slijmvormige afzettingen van bacteriën op het metaal, waarbij de (vaak zure) uitscheidings- en afbraakproducten tot lokale aantasting (veelal putvorming) kunnen leiden. Gevormde corrosieputten kunnen sterk ondergraven zijn, zodat aan het buitenoppervlak slechts een put ter grootte van een speldenknop zichtbaar is, terwijl het onderliggende metaal diep is aangevreten. MIC treedt preferent op bij (rond)lassen. Hierbij speelt de oppervlakteruwheid (slijm-laagvorming) en het afzetten van sediment of onvoldoende drainage (aan de doorlassing) een rol. Uiteraard spelen de watersamenstelling en temperatuur een belangrijke rol.

In het volgende zullen enkele praktijkvoorbeelden van corrosie van lasverbindingen worden besproken.

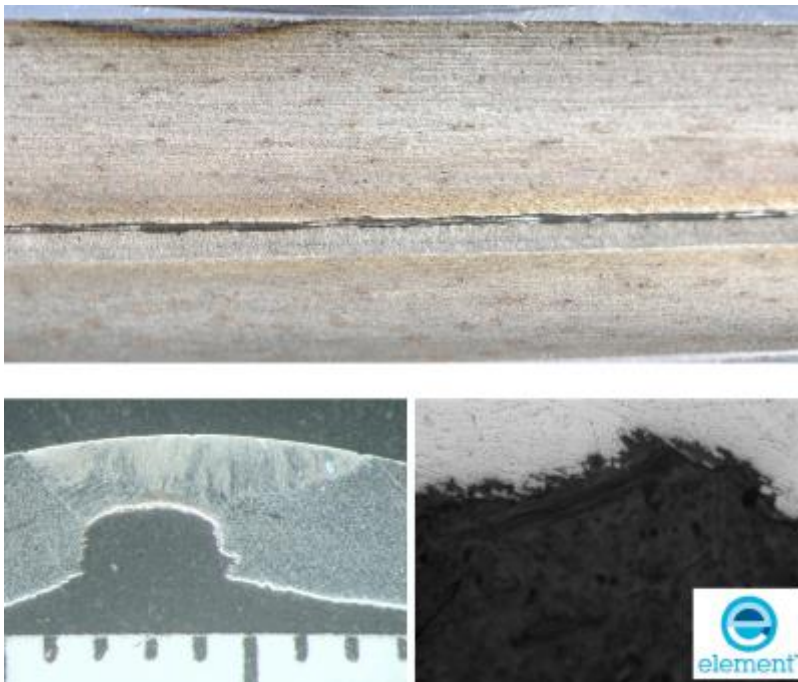
PREFERENTE AANTASTING VAN EEN LANGSLAS IN EEN ROESTVASTSTALEN LEIDING

Na circa twee jaar in gebruik te zijn geweest bleek er sterke wanddikteafname te zijn opgetreden in een roestvaststalen leiding, type 316L, Ø25 mm t=1 mm. De aantasting was met name aan de langslas opgetreden. Door de pijp stroomde een zuivelproduct, terwijl periodiek werd gereinigd met een oplossing van 5% zoutzuur bij een temperatuur van 20°C, gevolgd door naspoelen met schoon leidingwater.

Uit het onderzoek bleek dat vooral de las, maar ook het basismateriaal van de leiding was aangetast (zie figuur 2).

Het basismateriaal (austeniet) toonde een lichte algemene (gelijkmatige) aantasting, terwijl de las sterk preferent bleek aangetast, de resterende wanddikte bedroeg bij de las nog slechts 40%.

Roestvaststaal type 316L is eigenlijk niet geschikt voor de toegepaste concentratie zoutzuur.



Figuur 2. Preferente aantasting van een langslas in een roestvaststalen leiding. Boven: Langsdoorsnede van de aangetaste leiding met aangetaste langslas. Linksonder: Doorsnede over de aangetaste langslas. Rechtsonder: Detail van het interdendritisch aangetaste lasmetaal.

Verwacht werd echter dat het periodiek kortstondig spoelen, gevolgd door naspoelen met schoon leidingwater, geen problemen zou opleveren.

Een andere factor bleek een rol te hebben gespeeld in de versnelde aantasting van de las: Het lasmetaal had een gebruikelijke dendritische structuur van austeniet met interdendritisch ferriet. Het is bekend dat, bij vergelijkbare samenstelling van ferriet en austeniet, ferriet selectief wordt aangetast. Het lasmetaal bleek inderdaad interdendritisch te zijn aangetast.

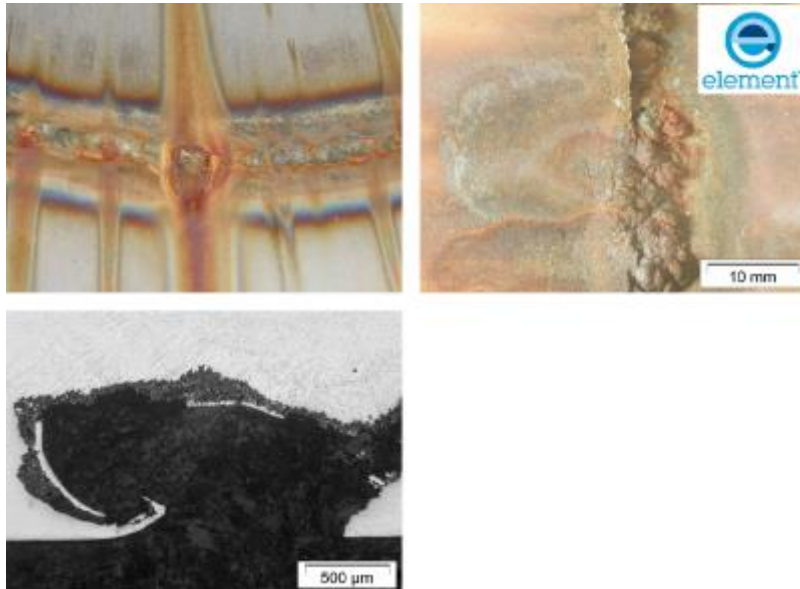
Corrosie van rondlassen in een brandblusleiding van roestvaststaal type 316L

Circa een half jaar na oplevering trad perforatie op van een brandblusleiding. De leiding was gevuld met

(stilstaand) leidingwater. Na het uitnemen van secties werden perforaties aangetroffen in en naast de rondlassen. Het bleek dat vrijwel alle rondlassen (combinaties van) lasdefecten toonden.

Aangetroffen werden (zie figuur 3): Aanloopkleuren (alle lassen), onvoldoende doorlassing, uitlijnigheid, restanten van (niet omgesmolten) slijpbramen en verbrand lasmetaal ('bloemkolen').

Als gevolg van de aangetroffen lasfouten waren meerdere vormen van specifieke/preferente corrosie opgetreden (putcorrosie, spleetcorrosie). Uitgaande van de aangetaste lassen hadden zich corrosieproducten over het binnenoppervlak van de leiding verspreid en raakte bovendien het stilstaande water langzaam vervuild. Hierdoor kon uiteindelijk ook MIC optreden, wat vervolgens in relatief korte tijd tot perforaties heeft geleid.



Figuur 3. Corrosie van rondlassen in een brandblusleiding van roestvaststaal type 316L. Linksboven: Aanloopkleuren (onvoldoende backinggas) en verspreiding van de corrosieproducten vanaf de las. Rechtsboven: Slijpbramen (onvoldoende lasnaadvoorbewerking) en verbrand lasmetaal (onvoldoende backinggas). Linksonder: Ondergraven putvorming als gevolg van MIC.

Duidelijk bleek dat het laswerk van onvoldoende kwaliteit was. Voorafgaande aan het lassen was onvoldoende zorgvuldigheid besteed aan de lasnaadvoorbewerking, en het leidingwerk was voorafgaande aan het lassen onvoldoende doorgespoeld met backinggas (formeergas) en niet na het lassen gebeitst. Het beeld en de verspreiding van de aantastingen in het leidingwerk was zodanig dat het gehele leidingwerk als verloren beschouwd kon worden.

Hiermee is een einde gekomen aan het tweede deel van de drieluik over corrosie bij of door lasverbindingen, waarin vormen van corrosieve aantasting werden besproken, waarna een aantal voorbeelden ter illustratie. In deel III wordt verder ingegaan op interkristallijne en interdendritische aantasting, knife line attack en spanningscorrosie.

Dit tweede deel van het drieluik kwam tot stand door medewerking van dr.ir. Peter van Houten, IWE, werkzaam bij Element Materials Technology Rotterdam b.v. uit Breda en ir. Jelle Brantsma, IWE, Project manager bij het Burgumse Damen Shipyard.

*Verbeter de corrosieweerstand en eigenschappen van uw RVS met Packo Surface Treatment : elektro-polijsten, amorfiseren, micro-ondulatie, ontzwarren, beitsen en passiveren,
www.electropolish.be marc.quaghebeur@packo.com*

DRIELUIK OVER CORROSIE BIJ OF DOOR LASVERBINDINGEN DEEL 3

INTERKRISTALLIJNE EN INTERDENDRITISCHE AANTASTING, KNIFE LINE ATTACK EN SPANNINGSCORROSIE

Bij het ontwerpen van veel installaties speelt de corrosievastheid van het toe te passen materiaal een belangrijke rol. Te denken valt bijvoorbeeld aan installaties voor de behandeling van vervuild oppervlaktewater, proceswater, bluswaterleidingen, maar ook aan offshore installaties, chemische en petrochemische installaties. In deel II werden diverse vormen van corrosieve aantasting besproken, zoals specifieke en specifieke en preferente vormen van corrosie, alsmede vormen van microbiologisch geïnduceerde corrosie (MIC). In het derde en daarmee laatste deel wordt dieper ingegaan op aantastingen als interdendritische en interkristallijne aantasting, knife line attack en spanningscorrosie.

Zoals in het vorige deel al werd aangegeven vormt schade door corrosie één van de grootste kostenposten in de industrie. Vaak begint corrosie al tijdens de bouw- of testfase, terwijl de resulterende schade vaak pas na ingebruikname opgemerkt zal worden. Hierna volgen enkele voorbeelden van opgetreden schade bij de lassen door interkristallijne aantasting (sensitisering) en interdendritische aantasting, knife line attack en spanningscorrosie.

CORROSIE IN LASWERK VAN EEN VAT VAN ROESTVAST STAAL, TYPE 304 EN 321 (304TI)

Na circa zes jaar gebruik trad perforatie op bij de lassen van een vat. In het vat werd proceswater verwarmd tot 60°C en werd CaCl₂ gedoseerd. Het vat bleek voornamelijk bij de lassen te zijn aangetast. Hierbij werd pitting aangetroffen, interdendritische aantasting en knife line attack (zie figuur 1).

Roestvast staal types AISI 304 en 321 zijn, evenals de overige austenitische Cr/Ni 18/8 roestvaststaalsoorten, gevoelig voor pitting, indien ze in contact staan met chloridenhoudende oplossingen, zeker bij temperaturen boven circa 40°C.

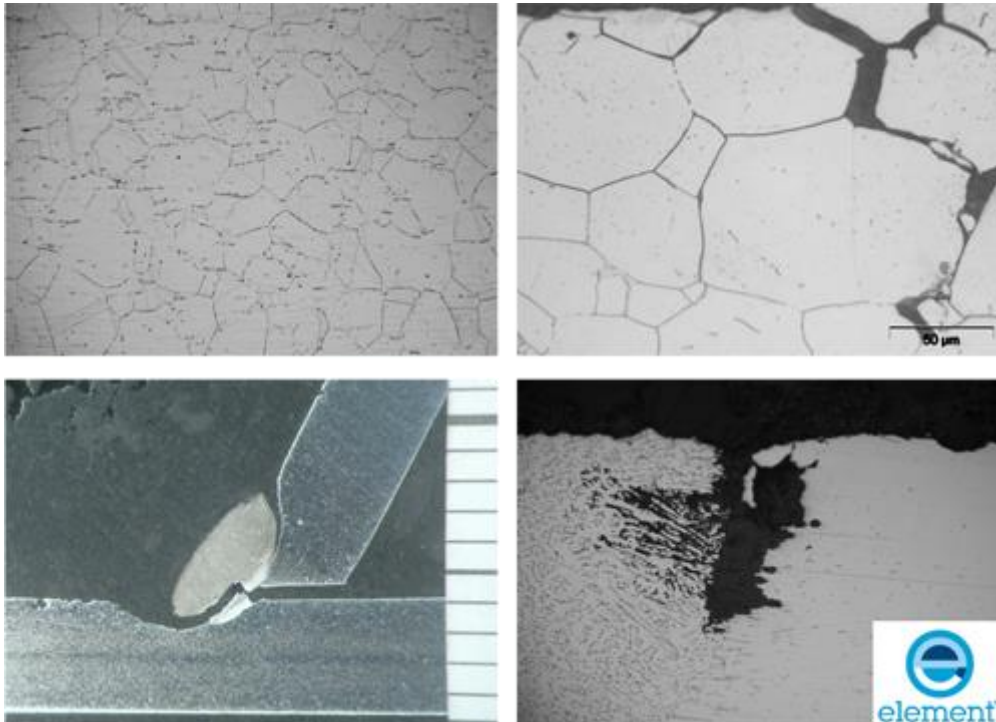
De warmtebeïnvloede zones (WBZ) naast de lassen van de roestvast staal type AISI 304-plaatdelen toonden sensitivering. Sensitivering van relatief hoog koolstofhoudende ($C \geq 0.03\%$) austenitische roestvaststaalsoorten, zoals roestvast staal type AISI 304, betreft de vorming van chroomcarbiden aan de korrelgrenzen in de warmtebeïnvloede zone (met name in het temperatuurgebied 450-800°C), waarbij de korrels juist langs de korrelgrenzen ontchroomd raken. Hierdoor worden de korrelgrenzen van het materiaal in de WBZ gevoelig voor interkristallijne aantasting (weld decay).

Sensitivering had voorkomen kunnen worden door gebruik te maken van een laag koolstofhoudende roestvast staalvariant (AISI 304L).

Sensitivering van type 304 roestvast staal kan - maar dit is zeer omslachtig en duur - opgeheven worden door oplosgloeien (1050°C-1150°C) van de chroomcarbiden, gevolgd door snel afkoelen (water).

KNIFE LINE ATTACK

Een andere mogelijkheid om weld decay te vermijden is om een gestabiliseerde roestvaststaalsoort toe te passen. In een met titaan gestabiliseerd roestvast staal (AISI 321) wordt het aanwezige koolstof door het titaan gebonden, waardoor weld decay in principe niet kan optreden. Dergelijk plaatmateriaal was ook in het vat toegepast. Ook dit materiaal kent echter zijn eigen lasproblemen: in een zeer smalle zone langs de las (Tpiek >1050°C) vallen de titaancarbiden tijdens het lassen uiteen, waarna tijdens het (relatief snelle) afkoelen er alsnog chroomcarbiden gevormd kunnen worden. Dit leidt tot een zeer smalle, langs de lasnaad liggende, gesensitiseerde zone, die gevoelig is voor interdendritische aantasting. Een dergelijke aantasting staat bekend als knife line attack. Een dergelijke sensitivering van type 321 roestvast staal kan opgeheven worden door oplosgloeien (1050°C-1150°C), gevolgd door langzaam afkoelen (lucht).



Figuur 1. Corrosie in laswerk van een vat, opgebouwd uit plaatwerk van roestvast staal, type AISI 304 en 321 (304Ti).

Linksboven: Gesensitiseerde matrix in de warmtebeïnvloede zone van de AISI 304-plaat.

Rechtsboven: Interkristallijne aantasting (weld decay) van het gesensitiseerde materiaal van de AISI 304-plaat.

Linksonder: Knife line attack langs een las tussen AISI 321-plaatdelen.

Rechtsonder: Interdendritische aantasting van het lasmetaal tussen AISI 321-plaatdelen.

SPANNINGSCORROSIE BIJ LASSEN IN ROESTVAST STAAL, TYPE 304L EN 316L

Na circa een half jaar normaal gebruik trad plotselinge lekkage op van een type 316 roestvast stalen condensaatleiding door scheurvorming nabij de lassen. Het condensaat had een temperatuur van circa 80°C en was licht chloridenhoudend. Uit nader onderzoek bleek de scheurvorming het gevolg te zijn van spanningscorrosie.

Austenitische roestvast stalen, waaronder de meest gebruikte typen AISI 304 en 316, zijn gevoelig voor spanningscorrosie (stress corrosion cracking, SCC). Soms treedt spanningscorrosie op door contact met organische zuren, leidende tot een interkristallijn scheurverloop. De meest bekende vorm van spanningscorrosie in deze materialen is echter chloride-spanningscorrosie (Cl-SCC), een transkristallijne vorm van spanningscorrosie (zie figuur 2). Spanningscorrosie leidt veelal tot vertakte scheuren, bij leidingwerk wordt de schade pas waarneembaar op het moment dat er lekkage optreedt.

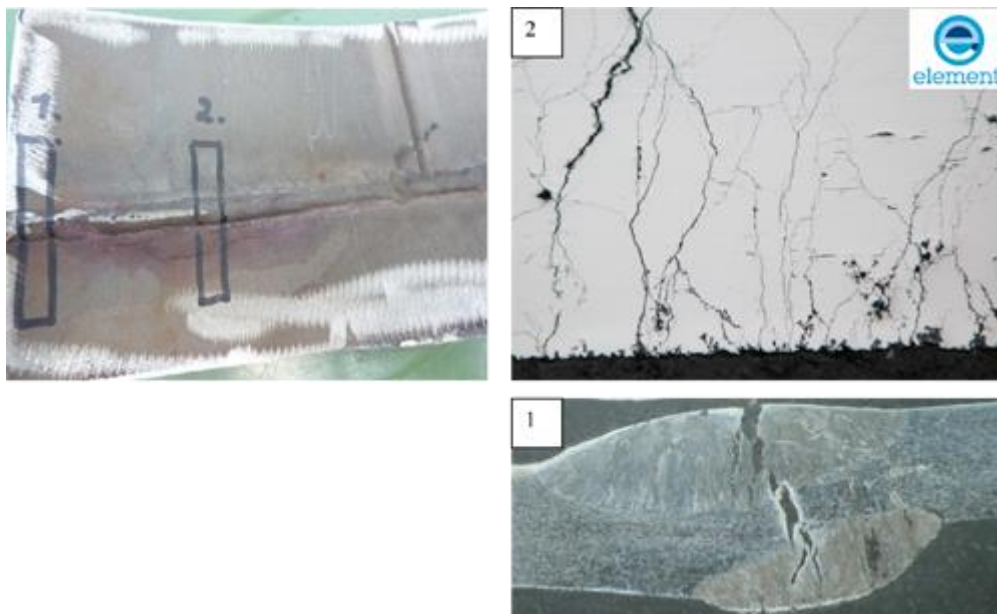
Spanningscorrosie kan optreden wanneer, gelijktijdig, aan de volgende voorwaarden wordt voldaan:

- het gebruik van een materiaal dat gevoelig is voor spanningscorrosie;
- trekspanningen in het materiaal; en
- de aanwezigheid van een corrosief waterig milieu bij een temperatuur, waarbij spanningscorrosie kan optreden.

CHLORIDE-SPANNINGSCORROSIE

Roestvast staal van het type AISI 304L of 316L (de laatste is wel beter bestand tegen putcorrosie, maar niet tegen Cl-SCC) is gevoelig voor chloride-spanningscorrosie indien het in contact komt met een waterig chloridenhoudend milieu. De hoger nikkelhoudende roestvast stalen zijn minder gevoelig voor spanningscorrosie. Als grenswaarden voor het corrosief milieu voor spanningscorrosie van 304 of 316 worden meestal de volgende waarden aangehouden:

- een chloridegehalte >200 ppm (standaard drinkwater mag maximaal 150 ppm (mg/liter) bevatten volgens het Waterleidingbesluit) en
- een temperatuur boven de circa 60°C.



Figuur 2. Chloride-spanningscorrosie (transkristallijn) bij lassen in 316L roestvast staal in contact met een zouthoudende oplossing bij 80°C.

Bij bijzonder hoge materiaalspanningen (dus vaak bij lassen, waar de residuele spanningen in de orde van de rekgrens zijn) kan chloride-spanningscorrosie zelfs al bij lagere chloridegehalten of temperaturen optreden. De combinatie van factoren is bepalend.

Spanningscorrosie treedt op onder invloed van trekspanningen in het materiaal. Soms kunnen de inwendige spanningen verband houdende met de pijpfabricage al voldoende zijn om scheurvorming te initiëren. Vaak echter treedt spanningscorrosie op nabij de lassen in leidingwerk als gevolg van de door de laskrimp ontstane residuele trekspanningen.

De scheuren kunnen zich in relatief korte tijd (dagen tot weken) vormen.

Spanningscorrosie kan ook optreden onder isolatie. Indien de isolatie rondom een warme leiding nat wordt (bijvoorbeeld door regen of bluswerk) kan het chloridegehalte op het leidingoppervlak door indampen van het vocht dusdanig concentreren dat er spanningscorrosie vanaf het buitenoppervlak van de leiding optreedt.

Hiermee is een einde gekomen aan de drieluik over corrosie bij of door lasverbindingen, waarin werd aangegeven dat de juiste keuze als ook de juiste uitvoering van het lasproces een grote invloed heeft op de corrosieweerstand van lasverbindingen. Verder werden vormen van corrosieve aantasting en een aantal voorbeelden besproken, en werd in dit laatste deel verder ingegaan op pitting, interdendritische aantasting, knife line attack en spanningscorrosie.

Dit derde deel en tevens laatste deel van de drieluik kwam tot stand door medewerking van dr.ir. Peter van Houten, IWE, werkzaam bij Element Materials Technology Rotterdam b.v. uit Breda en ir. Jelle Brantsma, IWE, Project manager bij het Burgumse Damen Shipyard.

Uitgave van:

2BLONDS V.O.F.
De Laet de Kanterstraat 27a
2313 JS Leiden

**Verbeter uw RVS oppervlak met Packo Surface Treatment :
Micro-ondulatie, Amorfiseren, Elektrochemisch polijsten,
Ontzwaren, Beitsen, Passiveren,**

Packo Surface Treatment
marc.quaghebeur@packo.com
www.electropolish.be

PACKO AFWERKINGEN



- **Micro-Ondulatie:** Aanbrengen van afgeronde golfstructuur. Resulteert in "luchtlaag" tussen wand en product.
- **Amorfiseren:** Soort "verglazen" van het oppervlak. Volledig gesloten structuur. Blijft metaal zelf. Schilfert niet.
- **Elektropolijsten:** Elektrochemisch selectief ijzer oplossen om hoge Cr/Ni samenstelling aan oppervlak te bekomen.
- **Ontzwarten:** Oplossen van bepaalde oppervlakte-elementen die bepaalde voeding/farma-producten zwart laten verkleuren.
- **Beitsen / Passiveren:** Bekende techniek om lasverkleuringen en roest te verwijderen.
- **Parelstralen:** Stralen van oppervlak met "inerte" media.
- **Anti-kleef afwerking:** Combinatie van behandelingen in functie van toepassingen.
- **Bacteriewerende finish:** Combinatie van behandelingen in functie van toepassingen.
- **Micro-ontbramen:** Onzuiverheden, schuurbramen en metaalschilfers oplossen zodat deze niet in produkt terecht komen en er een gladder oppervlak ontstaat.
- **Ontschilferen:** Onzuiverheden en ingedrukte metaalschilfers oplossen zodat deze niet in produkt terecht komen en er een meer zuiver oppervlak ontstaat.
- **Afwerking lage wrijvingscoëfficiënt:** Combinatie van behandelingen in functie van toepassingen.
- **Corrosiewering:** Combinatie van behandelingen in functie van toepassingen.
- **E-polidur harden:** Herschikken van oppervlaktestructuur zodat een hardere en slijtvastere laag ontstaat.
- **Revisie, Polijstwerk, Ra:** Herstellen van gebruikt materiaal.
- **Derouging:** Verwijderen en voorkomen van een specifieke corrosievorm.
- **Advies en metingen:** Studies van hygiënische, reinigings-, aankleef-, corrosie-situaties in functie van oppervlak en afwerking.
- **HOE:** De meeste behandelingen zijn dompelprocessen. Opdrachtgever dient voor goede leegloop en/of vloeistofdichtheid te zorgen. We leggen geen lagen, er blijft dus geen vreemd product op het RVS achter.

Tel + 32 (0) 51 51 92 80

marc.quaghebeur@packo.com

A VERDER COMPANY