

LASBEDERF EN KNIFE-LINE ATTACK IN GELAST AUSTENITISCH ROESTVAST STAAL

Bekende lasgerelateerde problemen bij austenitisch roestvast staal zijn lasbederf (Engels: weld decay) en in mindere mate knife-line attack. Beide zijn bijzondere vormen van interkristallijne corrosie die worden veroorzaakt door respectievelijk carbideuitscheiding in de warmtebeïnvloede zone en direct naast de las.

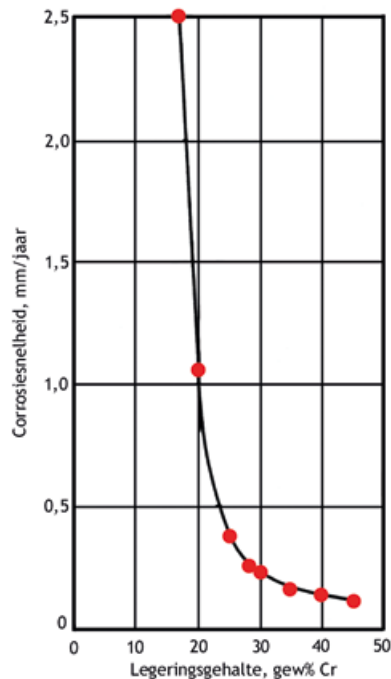
A.J. Schornagel

Bij temperaturen boven ongeveer 1035°C lossen chroomcarbiden volledig op in austenitisch roestvast staal. Als dit staal echter langzaam wordt afgekoeld van deze hoge temperatuur of opnieuw wordt verwarmd tot in het temperatuursgebied van 425 tot 815°C, dan treedt er uitscheiding op van chroomcarbiden op de korrelgrenzen. Deze carbiden bevatten meer chroom dan de matrix. Als gevolg van deze carbideuitscheiding raakt de aangrenzende matrix verarmd aan chroom. De diffusiesnelheid van chroom in austeniet is laag bij de temperaturen waar deze uitscheiding van carbiden plaatsvindt. Daarom blijven de verarmde zones bestaan en is de legering gevoelig geworden voor interkristallijne corrosie.

Dit verschijnsel heet sensitisering en het treedt op omdat de verarmde zones in tal van milieus hogere corrosiesnelheden vertonen dan de rest van de matrix. Afbeelding 1 laat zien hoe het chroomgehalte de corrosiesnelheid van ijzer-chroomlegeringen beïnvloedt in kokend 50% H₂SO₄ dat ferrisulfaat [Fe₂(SO₄)₃] bevat. In alle gevallen verkeren de legeringen in de passieve toestand. De ruime verschillen in corrosiesnelheid zijn het gevolg van verschillen in het chroomgehalte. Bij lager-chroomhoudend roestvast staal is de passieve laag wat beter oplosbaar in het zuur en derhalve moet er meer metaal oplossen om de laag weer te herstellen. Als austenitisch roestvast staal snel tot beneden ongeveer 425°C wordt afgekoeld dan krijgen de carbiden geen gelegenheid om te precipiteren en is het staal ongevoelig voor interkristallijne corrosie. Opnieuw verwarmen van de legeringen tot 425 - 815°C, zoals in geval van spanningsarmgloeien, veroorzaakt uitscheiding van carbiden en maakt het staal gevoelig voor interkristallijne corrosie.

De maximum snelheid waarmee uitscheiding plaatsvindt ligt bij ongeveer 675°C. Omdat dit een veel voorkomende temperatuur is voor spanningsarmgloeien van koolstofstaal en laaggelegeerd staal, moet er zorg voor worden gedragen bij de selectie van een RVS-type dat moet worden gebruikt bij lasverbindingen tussen ongelijksoortige staalsoorten (zwart-witverbindingen), die naderhand spanningsarm worden gegloeid. Lassen is gewoonlijk de oorzaak van gevoelig worden van roestvast staal voor interkristallijne corrosie. Hoewel de afkoelsnelheden in de las zelf en in het direct aangrenzende basismetaal hoog genoeg zijn om carbideprecipitatie te vermijden, brengt de lascyclus een deel van de warmtebeïnvloede zone in het precipitatie temperatuurgebied. Er kunnen dan carbiden uitscheiden en een zone op enige afstand van de las wordt gevoelig voor interkristallijne corrosie (afbeelding 2). Hier is dan sprake van lasbederf. Lassen leidt niet altijd tot sensitisering van austenitisch roestvast staal.

In dunwandige werkstukken kan de warmtecyclus zodanig uitvallen dat geen enkel deel van de warmtebeïnvloede zone lang genoeg op sensitiseringstemperaturen verkeert om uitscheiding van carbiden te geven. Zodra de uitscheiding eenmaal heeft plaatsgevonden, kan het alleen nog maar worden verwijderd door opnieuw verwarmen van de legering tot boven 1035°C, gevolgd door snel afkoelen. Deze warmtebehandeling doet de uitgescheiden chroomcarbiden in oplossing gaan en herstelt de chroomverarmde zones. Deze praktijk wordt aangeduid als oplosgloeien.



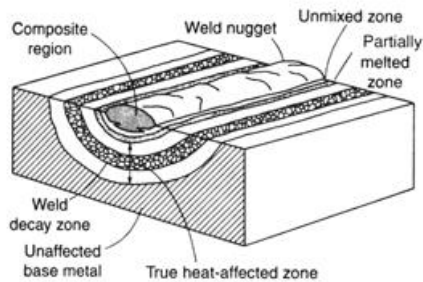
Afbeelding 1 Invloed van chroomgehalte op het corrosiegedrag van ijzer-chroom-legeringen in kokend 50% H₂SO₄ met Fe(SO₄)₃.

VERMIJDEN VAN INTERKRISTALLIJNE CORROSIE/LASBEDERF

Gevoeligheid voor interkristallijne corrosie van austenitisch roestvast staal kan worden vermeden door het koolstofgehalte te beperken of door toevoeging van elementen waarvan de carbiden stabielere zijn dan die van chroom. Voor de meeste austenitische RVS-typen zorgt beperking van het koolstofgehalte tot 0,03% of minder (de L-typen) voor het uitblijven van sensitisering tijdens lassen en de meeste warmtebehandelingen. Deze methode is niet effectief voor het elimineren van sensitisering die het resultaat is van langdurig gebruik bij temperaturen tussen 425 en 815°C.

Bij temperaturen boven 815°C vormen titanium en niobium stabielere carbiden dan chroom en ze worden om die reden toegevoegd aan austenitisch roestvast staal om zulke carbiden te vormen (gestabiliseerde typen), waardoor er koolstof uit de vaste oplossing wordt onttrokken en waardoor precipitatie van chroomcarbiden wordt teruggedrongen. De gangbaarste van deze gestabiliseerde typen zijn 321 en 347. Type 321 bevat minimaal 5 x (C% + N%) aan titanium en type 347 bevat minimaal 8 x C% aan niobium. Toevoeging van stikstof dient te worden overwogen als titanium als stabilisator wordt gebruikt, niet omdat de uitscheiding van chroomnitride een probleem is bij austenitisch roestvast staal, maar omdat titaniumnitride zeer stabiel is. Titanium verbindt zich met alle stikstof die maar beschikbaar is, daarom moet met deze reactie rekening worden gehouden bij het bepalen van het totale gehalte aan titanium dat nodig is om te kunnen combineren met koolstof. De gestabiliseerde typen zijn beter bestand tegen sensitisering als gevolg van langdurig blootstellen aan temperaturen tussen 425 en 815°C dan de laag-koolstofhoudende typen en de gestabiliseerde typen zijn het materiaal bij voorkeur, indien het gebruik blootstelling aan deze temperaturen met zich meebrengt. Voor maximum weerstand tegen interkristallijne corrosie ondergaan deze typen een stabiliserende warmtebehandeling op ongeveer 900°C. Het doel van deze warmtebehandeling is de verwijdering van koolstof uit de vaste oplossing bij temperaturen waar titanium- en niobiumcarbiden stabiel zijn, maar chroomcarbiden niet.

Zulke warmtebehandelingen verhinderen de vorming van chroomcarbide als het staal wordt blootgesteld aan lagere temperaturen. Additionele methodes voor het minimaliseren of elimineren van interkristallijne corrosie van lassen in austenitisch roestvast staal omvatten: - Geef het staal voor het lassen een zachtgloeibehandeling om elke vorm van koude deformatie te verwijderen (koudvervormen bevordert carbideuitscheiding). - Gebruik lage warmte-inbreng en lage interpass temperaturen ter verhoging van de afkoelsnelheden, zodat de verblijftijd in het sensitiseringsinterval zo kort mogelijk is. - In geval van verbindingslassen in buizen en pijpen inwendig koelen met water nadat de grondnaad is gelegd, hetgeen sensitisering van het inwendige als gevolg van opvolgende lasgangen elimineert. - Geef een oplosgloeibehandeling na het lassen. Verwarmen van het werkstuk tot in het temperatuursgebied lopend van 1050 tot 1100°C doet elk carbide dat mogelijk is gevormd op de korrelgrenzen in de warmtebeïnvloede zone weer in oplossing gaan. Voor grote werkstukken is deze benadering meestal onpraktisch.



Abbeelding 2 Schematische weergave van de gebieden van een las in austenitisch roestvast staal.

LAGE-TEMPERATUURSENSITISERING

Er is ook interkristallijne corrosie waargenomen in de warmtebeïnvloede zone bij bedrijfstemperaturen, ruim beneden het klassieke sensitiseringstemperatuurgebied. Dit gedrag, dat ook wel lage-temperatuursensitisering wordt genoemd, doet zich vooral voor na jarenlange blootstelling aan temperaturen beneden 400°C, zelfs bij laag-koolstoftypen. Als verklaring wordt de aanwezigheid van carbide-embryo's aangevoerd die zich hebben afgezet op de korrelgrenzen in de warmtebeïnvloede zone, die dan tijdens gebruik uitgroeien tot volwaardige chroomrijke carbiden. De corrosieve aantasting verloopt dan weer via het chroomverarmingsmechanisme zoals hiervoor is beschreven. Om deze vorm van aantasting tegen te gaan worden in plaats van de conventionele of L-typen hetzij gestabiliseerde hetzij L-typen met een verhoogd stikstofgehalte, zoals 316LN, gebruikt.

KNIFE-LINE ATTACK

Gestabiliseerd austenitisch roestvast staal kan gevoelig worden voor een plaatselijke vorm van interkristallijne corrosie die bekend staat als knife-line attack. Tijdens het lassen wordt een zeer smalle strook van het basismetaal, direct grenzend aan de fusielijs, verwarmd tot temperaturen die hoog genoeg zijn om niet alleen chroomcarbiden op te lossen maar ook de stabiliserende carbiden, de afkoelsnelheid is verder hoog genoeg om uitscheiding van carbiden te verhinderen. Als zulke lassen in gestabiliseerde typen vervolgens worden verwarmd tot in het sensitiseringsinterval van 425 tot 815°C, bijvoorbeeld tijdens spanningsarmgloeien, gebruik bij hoge temperatuur, of opvolgende lasgangen, dan kan er uitscheiding plaatsvinden van chroomcarbiden, omdat titanium en niobium geen gelegenheid hebben gehad om carbiden te vormen. Er ontstaan dus zeer smalle stroken metaal, direct grenzend aan de fusielijs, die gevoelig zijn voor interkristallijne corrosie. Knife-line attack kan worden vermeden door het geven van een stabiliserende gloeibehandeling op circa 900°C.

SAMENVATTING

Tabel 1 geeft een overzicht van de temperatuurgebieden waarbinnen de diverse carbiden worden gevormd. Lasbederf en knife-line attack zijn niet hetzelfde en komen op verschillende plaatsen in de warmtebeïnvloede zone voor. Lasbederf op enige afstand van de fusielijs en knife-line attack er direct aangrenzend. Beide zijn vormen van interkristallijne corrosie. Lasbederf kan worden bestreden door:

- gebruik te maken van laagkoolstofhoudende austenitische RVS-typen of gestabiliseerde RVS-typen;
- te lassen met zo min mogelijk warmte-inbreng en zo laag mogelijke interpass temperatuur;
- indien mogelijk na het lassen een oplosgloeijing op circa 1060°C te geven (kan bij gestabiliseerd austenitisch roestvast staal achterwege blijven). Knife-line attack komt eigenlijk uitsluitend voor bij gestabiliseerd austenitisch roestvast staal. Om dit staal na lassen weer in de uitgangstoestand te brengen dient te worden gegloeid op circa 900°C, oplosgloeien kan achterwege blijven.

Tabel 1. Temperatuurbereik voor sensitisering van austenitisch roestvast staal.

Temperatuur	Metallurgische reacties	Ongestabiliseerde typen (geen Nb/Ti)	Gestabiliseerde typen (321, 347)
Smeltpunt			
A	Alle carbiden lossen op.	Snelle afkoeling verhindert IKC.	Snelle afkoeling en herverhitten tot in C veroorzaakt KLA. Herverhitten tot in B verhindert KLA.
1230°C			
B	Uitscheiding van Nb/Ti carbide. Chroomcarbide lost op.	Snelle afkoeling verhindert IKC.	IKC wordt verhindert door uniforme uitscheiding van opgeloste Nb/Ti carbiden.
815°C			
C	Uitscheiding van chroomcarbiden op korrelgrenzen.	Sensitisering voor IKC wordt veroorzaakt.	Geen sensitisering, vanwege aanwezigheid van Nb/Ti carbiden.
425°C			
D	Geen reacties.	Temperatuur te laag voor adequate diffusie.	

IKC: Interkristallijne corrosie; KLA: Knife-line attack

Tabel 1. Temperatuurbereik voor sensitisering van austenitisch roestvast staal.

Verbeter uw RVS oppervlak met Packo Surface Treatment

www.electropolish.be marc.quaghebeur@packo.com

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