

INFOFICHES RVS [3-3]

LASSEN ALS INITIATOR VAN SCHEUREN EN VERBROSSING IN RVS

PROBLEMEN EN REMEDIËRING

In deel 3-3 van onze reeks infofiches RVS bespreken we de niet aan corrosie gerelateerde problemen die kunnen gepaard gaan met het lassen van roestvast staal met inbegrip van mogelijke te nemen maatregelen.

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

WARMSCHEUREN

Wanneer roestvaste stalen met een volledig austenitische structuur gelast worden, zijn deze gevoelig voor warscheuren in het lasmetaal (figuur 1) én de WBZ. In het laatste geval wordt dit aangeduid met de term liquation cracking. Als bovendien gelast wordt met een volaustenitisch toevoegmateriaal is het risico op warscheuren groot. Deze stolscheuren ontstaan bij hoge temperatuur tijdens het afkoelen van de lasverbinding. Er bevinden zich dan tussen de primair gevormde austenietdendrieten vloeibare filmpjes met een lager stolpunt. Wanneer de austenietdendrieten dan krimpen tijdens het afkoelen ontstaan er als gevolg van de krimpspanningen, interkristallijne scheurtjes. Indien echter in het austenitisch lasmetaal enkele procenten delta-ferriet (2-6 %) aanwezig is, dan vermindert de scheurgevoeligheid aanzienlijk (figuur 2). Bij het lassen van RVS-types 304 en 316 treedt daarom warscheuren vrijwel niet op. Dit zal later worden verduidelijkt aan de hand van Schaeffler/De Long diagrammen.

De met niobium (Nb) gestabiliseerde toevoegmaterialen blijken wel gevoelig te zijn voor warscheuren, zelfs indien er ferriet aanwezig is in het lasmetaal. Dit geldt eveneens voor de WBZ van Nb- en Ti-gestabiliseerd austenitisch roestvast staal. Elementen in het lasmetaal zoals P, S, O, Si en Nb beïnvloeden de scheurvorming nadelig. Om deze problemen te voorkomen moeten, naast een goed gekozen lasuitvoering, tevens hoge eisen aan de chemische samenstelling en het ferrietgehalte van basis- en lastoevoegmateriaal worden gesteld. Vol-austenitische soorten zoals type 310 zijn zeer gevoelig voor het optreden van warscheuren. Aan het

lasmetaal wordt vaak 3 - 8% Mn toegevoegd om deze scheurvorming te onderdrukken. De lasbaarheid wordt door mangaan echter in negatieve zin beïnvloed.

Maatregelen:

- zorgen dat het lasmetaal enige procenten delta-ferriet bevat;
- P-, S-, O- en Si-gehalte van het lasmetaal zo laag mogelijk houden (bv. %P + %S < 0,020);
- toevoegen van Mn aan het lasmetaal bij het lassen van volaustenitische soorten;
- bij Nb-houdende soorten: eisen stellen aan C- en Nb-gehalte alsook aan de Nb/C-verhouding.

SIGMA-FASE

Worden austenitische roestvaste staalsoorten zoals de types 310, 316, 317 en de gestabiliseerde soorten 321 en 347, verhit in het temperatuurgebied tussen ca. 450 en 850°C, dan kan een intermetallische verbinding van ijzer en chroom ontstaan (FeCr) - die sigma-fase wordt genoemd - die bij kamertemperatuur hard en bros is, en de taaiheid sterk doet afnemen. Ook bij ferritische chroomstaalsoorten kan deze sigma-fase voorkomen. De uitscheidingsneiging wordt groter naarmate het Cr-gehalte hoger is. De molybdeenhoudende soorten zijn gevoeliger voor de vorming van deze fase. Ook Si, Ti en Nb hebben een nadelige invloed op de vormingssnelheid. De vorming treedt bij roestvaste staalsoorten zonder molybdeen in het algemeen pas op na een langdurig verblijf in dit kritieke temperatuurgebied. (figuur 3 en 4) Komt in het austeniet delta-ferriet voor, dan kan bij soorten als type 316 de sigma-fase in het ferriet optreden na een relatief kort verblijf op hoge temperatuur. In bepaalde soorten met een hoog gehalte aan ferrietvormende



Figuur 1: Warscheuren in het lasmetaal van een gietstuk en een plaat, beide in AISI 316. Er werd met TIG gelast zonder toevoegmateriaal



Figuur 2: Type AISI 304 lasmetaal met enkele procenten delta-ferriet



Figuur 3: Een gietstuk in AISI 316 werd te traag afgekoeld. Als gevolg daarvan werd het delta-ferriet in de austenietmatrix grotendeels omgezet tot sigma-fase (de donkere tweede fase). Op sommige plaatsen is nog intact deltaferriet zichtbaar –dit is iets lichter dan de sigma-fase **Figuur 5:** Gebroken duplex roestvast stalen onderdeel uit een harsinstallatie. Dit stuk werd elke 2 maand gereinigd gedurende een uur bij 420-450°C. Na 2 jaar resulteerde dit in "475°C verbrossing". Links wordt getoond hoe de scheur doorheen het ferriet loopt. en het taaiere austeniet vermiid



elementen (bijvoorbeeld het hoog-Mo-houdende 317) kan reeds sigma-fase ontstaan gedurende de warmtecyclus bij het lassen, vooral bij meerlagenlassen. De taaiheid van het materiaal neemt, naarmate het gehalte aan sigma-fase toeneemt, bij kamertemperatuur beduidend af, zodat er zeer lage kerfslagwaarden kunnen aangetroffen worden. De ongunstige uitwerking van sigma-fase kan door een warmtebehandeling boven 1000°C teniet worden gedaan, maar dit soort warmtebehandelingen wordt in de praktijk zelden uitgevoerd. Het verdient aanbeveling de gevoelige staalsoorten te lassen met een relatief geringe warmte-inbreng. Later zal aandacht worden geschonken aan de vorming van sigma-fase en andere precipitaten in Cr- en CrNi-staal. Vooral bij bepaalde hoog Cr-houdende hittevaste staalsoorten dient met het uitscheidingsgedrag van deze precipitaten rekening te worden gehouden. Ook de duplexstalen zijn onder bepaalde omstandigheden gevoelig voor deze sigma-fase verbrossing.

Maatregelen:

- bij lascyclus snel doorlopen van het kritieke temperatuursgebied (850-450°C);
- gevoelige soorten niet gebruiken in het kritieke temperatuursgebied;
- ferrietgehalte in het lasmetaal beperken;
- soorten gebruiken met lager gehalte aan sigma-fase bevorderende elementen (Mo, Si) en hoger Ni gehalte.

"475°C" – BROSHEID

Dit fenomeen komt voor bij ferritische chroomstalen en duplex roestvast staal indien het materiaal wordt verhit tussen 400 en 550°C. In dit temperatuursgebied vormt zich een chroomrijke uitscheiding op de korrelgrenzen, waardoor het staal zeer bros kan worden (figuur 5). De precipitatie manifesteert zich het

snelst bij ongeveer 475°C. Het komt er in eerste instantie op aan een staalsoort te kiezen die bij een bedrijfstemperatuur in het betreffende gebied niet al te gevoelig is voor de verbrossing (bijvoorbeeld soorten met een wat lager Cr-gehalte). Bij het lassen van staalsoorten die wel gevoelig zijn, dient het kritieke temperatuursgebied zo snel mogelijk te worden doorlopen. De eigenschappen van staal dat, tengevolge van deze uitscheidingen, verbrost is, kunnen worden verbeterd door het materiaal een warmtebehandeling te geven.

Maatregelen:

- snel afkoelen van het materiaal bij het doorlopen van het kritieke temperatuursgebied (400-550°C), en gebruik in dat temperatuursgebied vermijden;
- warmtebehandeling van het materiaal op een temperatuur boven het kritieke gebied.

KORRELGROEI

Ferritisch chroomstaal geeft moeilijkheden door zeer sterke korrelgroei en daarmee gepaard gaande verbrossing wanneer het bij hoge temperaturen wordt verwarmd waarbij de carbides volledig zijn opgelost: dit kan optreden binnen een tijd van enkele minuten bij 900°C tot enkele seconden boven 1150°C. Dit kan dus gebeuren bij bedrijfstemperaturen in dit temperatuursgebied, en ook tijdens het lassen. Wordt gebruik gemaakt van toevoegmateriaal met dezelfde samenstelling als die van het basismateriaal, dan treedt ook in het lasmetaal korrelgroei op (figuur 6). Om deze reden wordt veelal voor het lassen van ferritisch chroomstaal een austenitisch toevoegmateriaal gebruikt van het type 309. Korrelgroei in de WBZ blijft echter behouden. Omdat de structuur tot het smeltpunt ferritisch blijft, kan deze niet worden verwijnd door een warmtebehandeling. Aan het chroomstaal wordt soms enig Ti, Al of Ni toegevoegd om de

korrelgroei te remmen.

Maatregel:

keuze van materiaal gelegeerd met voldoende korrelgroeiremmers (Ti, Al, of Ni).

KOUDSCHEUREN

Door aan Cr-staal voldoende koolstof toe te voegen wordt dit staal hardbaar. Afhankelijk van de chemische samenstelling, de warmtebehandeling en de snelheid van afkoeling, zal martensiet ontstaan, een fase met hoge hardheid. Door aansluitend ontlaten van het martensiet kan de hardheid en brosheid enigszins worden verlaagd. Deze martensitische chroomstalen moeten worden beschouwd als de veredelbare materialen in de groep roestvaste staalsoorten. Ze worden onder andere voor snijgereedenschappen en matrijzen toegepast, waaraan bij hoge uitzondering gelast wordt. Er zijn eveneens toepassingen in de olie-industrie, de stoomketelbouw en de vliegtuigbouw waar 12% Cr-staal voor gelaste onderdelen uit pijp of plaat wordt gebruikt. Martensitische roestvaste staalsoorten met minder dan 0,15% C kunnen mits gepaste voorzorgsmaatregelen worden gelast, maar voorwarmen en gloeien na het lassen is meestal gewenst om scheurvorming te voorkomen. Het lassen van de varianten met hoog C-gehalte dient met de uiterste zorg te geschieden. Bij niet of onvoldoende voorwarmen is de kans groot dat na het lassen van martensitisch Cr-staal hardingscheuren ontstaan, voornamelijk in de WBZ. Ook kan vertraagde scheurvorming optreden als gevolg van de aanwezigheid van waterstof (koudscheuren). Door voorwarmen en relatief langzaam afkoelen wordt het krimpspanningsniveau verlaagd, en voldoende diffusie van waterstof vanuit de WBZ naar de buitenwereld wordt mogelijk. Voor 12% Cr-stalen worden uiteenlopende voorwarmtemperaturen aangegeven:

van 150 tot 400°C. Bij de keuze van de geschikte voorwarmtemperatuur moet rekening worden gehouden met het waterstofaanbod uit het lasproces en met de warmte-inbreng. Indien er te hoog wordt voorgewarmd kan restausteniet in de las en de overgangszone achterblijven, wat zich na het spanningsarmgloeien omzet in harde martensiet. Alleen als hoge eisen worden gesteld aan de sterkte of de fysische eigenschappen van de lasverbindingen worden lastoevoegmaterialen met ongeveer dezelfde samenstelling als het basismateriaal toegepast. In alle andere gevallen zal men toevoegmaterialen van het type 309 of hoog Ni-houdende materialen toepassen; deze materialen met austenitische microstructuur verhinderen immers in belangrijke mate de waterstofdiffusie naar de gevoelige zones in de WBZ.

Maatregelen:

- werkstuk op juiste manier voorwarmen en afkoelen;
- ontlaatbehandeling na het lassen uitvoeren;
- laagwaterstof-lasproces en/of proces met hoge warmte-inbreng gebruiken;
- toepassen van austenitisch toevoegmateriaal. □

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, 3rd 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 Stahleisen mbH), 372 p, 1990, Technique et Documentation - Lavoisier

Figuur 4: Gescheurde AISI 310 buis in een kraakoven. Wegens verstopping met roet liep de temperatuur op tot in het sigma fase gebied. Door de optredende spanningen traden uiteindelijk interkristallijne scheuren op in het verbroste metaal



Figuur 6: Korrelgroei in de warmte-beïnvloede zone van gelast ferritisch roestvast staal met 18% Cr en 3% Mo. Merk ook de grove korrelstructuur in het eveneens ferritische lasmetaal

