

Lasbaarheid van nikkel en nikkellegeringen



Figuur 1. Het lassen in de praktijk aan een nikkel legering.

Nikkel en nikkellegeringen worden toegepast wegens hun specifieke eigenschappen zoals:

- corrosievastheid
- hittevastheid en hoge temperatureigenschappen
- hoge taaiheid bij lage temperatuur.

In dit artikel zullen de nikkel en nikkellegeringen in groepen worden onderverdeeld. Tevens zullen richtingen worden aangegeven deze legeringen te lassen zonder dat de corrosievastheid en de mechanische eigenschappen negatief zullen worden beïnvloed.

Materiaaltypen

De legeringen kunnen worden ingedeeld naar hun belangrijkste legeringselementen. Ondanks het feit dat er nationale en internationale aanduidingen voor deze legeringen bestaan worden in de praktijk de handelsnamen zoals Inconel, Monel, Hastelloy het meest gebruikt.

Met betrekking tot de lasbaarheid kunnen de legeringen worden onderverdeeld in legeringen waarbij de legeringselementen volledig in elkaar kunnen oplossen (solid solution) en in legeringen waarbij de sterkte-eigenschappen worden verkregen door precipitatieharding.

Het wezenlijke uitgangspunt van precipitatiehardende legeringen is dat de mechanische eigenschappen worden verkregen door oplosgloeien gevolgd door ontlaten. Deze gecombineerde warmtebehandeling draagt zorg voor harde deeltjes die worden uitgescheiden in een nikkelrijke matrix.

Solid solutions

Tot deze groep behoren onder andere puur nikkel (Nikkel 200), Ni-Cu legeringen (Monel 400-groep) en de eenvoudige Fe-Ni-Cr legeringen (bv. Inconel 600-groep, Incoloy 800-groep). Deze legeringen worden normaliter gelast in gegloeide conditie, aangezien de warmtebeïnvloede zone geen harding veroorzaakt behoeven deze legeringen geen warmtebehandeling na het lassen.

Precipitatiehardende legeringen

Tot deze groep behoren de Ni-Cu-Al-Ti, Ni-Cr-Al-Ti, en de Ni-Cr-Fe-Nb-Al-Ti (Monel 500 -groep, de Inconel 700-groep, de Incoloy 900 -groep en de meeste Nimonic-legeringen). Deze legeringen kunnen gevoelig zijn voor scheuren bij warmtebehandeling na het lassen.

Lasbaarheid

De meeste nikkellegeringen kunnen worden gelast met een gasboogproces zoals: GTAW (TIG), GMAW (MIG). Het lassen met beklede elektroden is vervolgens een veel toegepaste methode. Het lassen onder poeder is voorbehouden aan de legeringen waarbij de legeringselementen volkomen in elkaar oplosbaar zijn, zoals Nikkel 200, Inconel 600 en Monel 400. "Solid solutions" legeringen worden normaliter gelast in gegloeide toestand. De precipitatiehardende legeringen in de oplosgegloeide toestand. Voorwarmen is niet nodig of het zou moeten zijn dat er gevaar bestaat voor het ontstaan van porositeit ten gevolge van condensatie. Aanbevolen wordt om materiaal dat door de een of andere oorzaak eigenspanningen bezitten eerst te gloeien alvorens te lassen teneinde de inwendige spanningen te verlagen.

Het gloeien na het lassen is normalerwijze niet nodig om de corrosieweerstand te verhogen. Het kan echter noodzakelijk zijn om een gloeibehandeling na het lassen uit te voeren om de mechanische eigenschappen te verbeteren d.m.v. precipitatieharden of voor het afvloeien van spanningen om de gevoeligheid voor spanningscorrosie te verlagen.

Tabel 1. Groepsindeling Nikkellegeringen volgen ISO/TR 15608.

| Groep | Type Nikkellegering |
|-------|--|
| 41 | Puur Nikkel |
| 42 | Nikkel-Koper legeringen (Ni-Cu) Ni \geq 45% en Cu \geq 10% |
| 43 | Nikkel-Chroom legeringen (Ni-Cr-Fe-Mo) Ni \geq 40% |
| 44 | Nikkel-Molybdeen legeringen (Ni-Mo) Ni \geq 45%, Mo \leq 32% |
| 45 | Nikkel-IJzer-Chroom legeringen (Ni-Fe-Cr) Ni \geq 30% |
| 46 | Nikkel-Chroom-Kobalt legeringen (Ni-Cr-Co) Ni \geq 45%, Co \geq 10% |
| 47 | Nikkel-IJzer-Chroom-Koper legeringen (Ni-Fe-Cr-Cu) Ni \geq 45% |
| 48 | Nikkel-IJzer-Kobalt legeringen (Ni-Fe-Co-Cr-Mo-Cu) 25% \leq Ni \leq 45% en Fe \geq 20% |

Toevoegmaterialen

Normalerwijze last men met lastoevoegmaterialen welke in chemische samenstelling overeenkomen met het basismateriaal. Voegt men dikwijls kleine hoeveelheden van de elementen titaan, aluminium en niobium toe. Hierdoor wordt de gevoeligheid voor porositeiten en/of scheuren verlaagd. De lastoevoegmaterialen voor het GTAW en GMAW-proces zijn vastgelegd in AWS 5.14 en NEN-EN 18274:2004. Aanbevolen toevoegmaterialen voor de verschillende legeringen worden in tabel 2 gegeven.

| Tabel 2: Lastoevoegmaterialen voor nikkel en nikkellegeringen | | | | |
|---|-------------|--------------|--------------------------------|--|
| Legering | EN 18274 | AWS A5.14 | Handelsnaam | Opmerkingen |
| Zuiver nikkel | | | | |
| Nikkel 200 | Ni2061 | ERNi-3 | Nikkel 61 | Bevat meestal 3% Ti |
| Nikkel koper | | | | |
| Monel 40 | Ni4060 | ERNiCu-7 | Monel 60 | Overeenkomstig lastoevoegmateriaal met toevoegingen van Mn, Ti en Al |
| Nikkel chroom | | | | |
| Brightray S | Ni6076 | - | NC 80/20 | NiCr en NiCrFe lastoevoegmaterialen |
| Nimonic 75 | Ni6076 | - | NC 80/20 | |
| Nikkel/Chroom/IJzer | | | | |
| Alloy 800 | Ni6625 | ERNiCrMo-3 | Inconel 625 Thermanit 21/33 | Dikwijf gelast met NiCr-legeringen, doch de in chemische samenstellingen overeenkomstige legeringen zijn te prefereren |
| Alloy 600 | Ni6082 | ERNiCr-3 | Inconel 82 | Sommige legeringen bevatten Niobium |
| Alloy 718 | Ni7718 | ERNiFeCr-2 | Inconel 718 | Overeenkomstig lastoevoegmateriaal of Inconel 625 |
| Nikkel/Chroom/Molybdeen | | | | |
| Alloy 625 | Ni6625 | ERNiCrMo-3 | Inconel 625 | 625 kan ook gebruikt worden bij cladding |
| Hastelloy C-22 | Ni6022 | ERNiCrMo-10 | Hastelloy C-22 | |
| Nikkel/Molybdeen | | | | |
| Hastelloy B-2 | Ni1066 | ERNiMo-7 | Hastelloy B-2 | Lastoevoegmateriaal moet een in |

| | | | | |
|---|--------|------------|-------------------------|--|
| | | | | chemische samenstelling overeenkomen met het moedermateriaal |
| Hoogtemperatuurbestendige legeringen | | | | |
| Hastelloy-X Waspaloy | Ni6002 | ERNiCrMo-2 | Hastelloy X Waspaloy | De mechanische eigenschappen bepalen de keuze van het lastoevoegmateriaal. Eventueel kan 625 worden toegepast. |

Onvolkomenheden bij het lassen

Bij het lassen van Nikkel en haar legeringen is het noodzakelijk uit te gaan van een zeer schoon oppervlak. Men dient het oppervlak te ontvetten en de aanwezige oxide door schuren en/of een mechanische bewerking te verwijderen. Het is noodzakelijk bij het TIG-lassen dat het punt van de draad in het beschermende inerte gas om excessieve oxidatie van de toevoegdraad te voorkomen. De problemen die in de praktijk voorkomen zijn:

- porositeit
- oxide-insluitingen
- geen goede aanvloeiing tussen de opeenvolgende rupsen
- stollingsscheuren in de las
- microscheuren

Bovendien verdient het aandacht te schenken aan problemen die kunnen optreden bij een warmtebehandeling na het lassen. Deze kunnen zijn:

- scheuren ten gevolge van de gloeibehandeling (precipitatie-effecten)
- spanningscorrosie (bij het in bedrijf zijn van de constructie)

Porositeit

Porositeit kan optreden als gevolg van het invangen bij het stollen van zuurstof en/of stikstof uit de lucht en tengevolge van een te zware oxidehuid. Ook waterstof uit de atmosfeer en van het te lassen oppervlak kan leiden tot porositeit. Zorgvuldig reinigen van de te lassen oppervlakken en toevoegingen van desoxidanten aan het lastoevoegmateriaal (zoals Al en Ti) verlagen dit risico. Indien Argon wordt gebruikt als beschermingsgas bij het MIG en TIG-lassen moet men er voor zorg dragen dat het inerte gas komt op die plaatsen waar men het gas nodig heeft. Speciale aandacht hierbij dient geschonken te worden aan de doorlassingszijde. Het toepassen van een Argon/H₂-mengsel heeft een positief

effect op de lasbaarheid. Bovendien ontstaat er minder oxide en het materiaal vloeit enigszins beter aan.

Oxide-insluitingen en gebrek aan hechting tussen de opeenvolgende lagen

De smelttemperatuur van de oxides van nikkel en nikkellegeringen ligt boven de 2100 gr C. Met andere woorden, duidelijk hogere dan het smeltpunt van de legering zelf. Tijdens het stollen blijft deze oxide intact en kan worden ingesloten en onvolkomenheden zoals insluitsels veroorzaken.

Bij het vullen van naden in de meerlagentechniek kan het zijn dat deze oxides en slak die aan de bovenzijde van de neergelegde rupsen aanwezig zijn, onvoldoende gelegenheid krijgen op te lossen in de volgende laag. Dat resulteert vervolgens in een bindingsfout of andere onvolkomenheden.

Het is om deze reden dat nikkel en nikkellegeringen een grondige voorbehandeling nodig hebben alvorens men deze legeringen gaat lassen. Hierbij wordt gedacht aan ontvetten, schuren en bij de aanwezigheid van hoogtemperatuuroxide dient men te slijpen en/of te frezen. Het gebruik van een staalborstel (RVS) is onvoldoende, hiermee word de oxide slechts gepolijst. Tijdens het lassen in de meerlagentechniek dient de oxidatie en de slak tussen de elkaar opeenvolgende rupsen verwijderd te worden.

Stolscheuren in de las

Het ontstaan van stolscheuren is meestal het gevolg van verontreinigingen in de legering, lasproces en lascondities. Bij het stollen concentreren deze verontreinigingen zich in het midden van de las. Indien gelijktijdig, bijvoorbeeld door te snel "lopen" een holle las ontstaat, dan zullen de krimpkrachten dwars op de las zodanig hoog zijn dat de samenhang tussen de korrels in het midden van de las verbroken wordt met een stolscheur tot gevolg. Dit risico kan worden verlaagd door goed te reinigen, uit te gaan van een zuiver materiaal en een te hoge lassnelheid te vermijden.

Door de gevoeligheid voor stolscheuren wordt het gebruik van onderpoeder lassen zeer beperkt. Om deze scheuren te voorkomen dient men de lasnaadvorm, lassnelheid en lastechniek nauwgezet te kiezen.

Microscheuren

Nikkel en nikkellegeringen zijn gevoelig voor het ontstaan van "liquation cracking" in de opnieuw verhitte zones in de las en warmte beïnvloedde zone.

Lassers kunnen nagenoeg geen invloed uitoefenen op dit scheurfenomeen. Ze wordt voornamelijk bepaald door de hoeveelheid verontreinigingen in de legeringen en de korrelgrootte. De ene legering is meer gevoelig dan de andere. Een legering die na intensieve studie en aanpassingen duidelijk minder gevoelig is geworden voor liquation cracking is Inconel 718. Een aantal andere gegoten superalloys zijn niet te lassen zonder de vorming van microscheuren.



Figuur 2. Microscheur in overgang en plaatmateriaal.

Scheuren ten gevolge van warmtebehandelingen na het lassen

Dit fenomeen wordt in Nederland ook wel "strain-age" of "reheat-cracking" genoemd. Deze scheuren treden op bij precipitatiehardende legeringen die na het lassen worden gegloeid. De gevoeligheid voor deze scheurvorming kan worden verlaagd door een gloeibehandeling vooraf aan het lassen uit te voeren. Indien de legering namelijk eerst oploosend wordt gegloeid neemt de gevoeligheid voor scheuren af. De beste resultaten worden echter verkregen door oververoudering (overaging) Inconel 718 is een legering die conform de zojuist beschreven methode is behandeld.

Spanningscorrosie

Door het lassen worden nikkel en nikkellegeringen in het algemeen niet gevoeliger voor het ontstaan van spanningscorrosie. Indien de legeringen blootgesteld worden aan bepaalde media kan spanningscorrosie wel optreden. Hierbij moet worden gedacht aan bijvoorbeeld waterstoffluoride en sodium hydroxide. Spanningsarmgloeien na het lassen verlaagt de gevoeligheid voor spanningscorrosie

Deze aflevering in de rubriek 'Laskennis opgefrist' is een bewerking van 'Job Knowledge for welders Part 22' uit TWI Connect door Karel Bekkers, geactualiseerd eind 2008.

Inlichtingen

Nederlands Instituut voor Lastechniek
Boerhaavelaan 40
2713 HX Zoetermeer
Website: www.nil.nl
e-mail: info@nil.nl

Informatie en advies van het NIL wordt verstrekt in goed vertrouwen en is gebaseerd op de huidige stand der technische kennis. Er kan geen garantie verleend worden aan de resultaten of effecten door toepassing van de informatie van deze website. Ook kan er geen verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid geaccepteerd worden voor iedere vorm van verlies of schade.