

INTRODUCTIE LASSEN VAN NIKKEL & NIKKEL LEGERINGEN

Nikkel en nikkellegeringen worden toegepast wegens hun specifieke eigenschappen zoals:

- corrosievastheid
- hittevastheid
- hoge temperatureigenschappen
- hoge taaierheid bij lage temperatuur.

Materiaaltypen

De legeringen kunnen worden ingedeeld naar hun belangrijkste legeringelementen. 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 legeringelementen 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 Nikkel 200 (Ni 99,2-2.4066), Monel 400-groep, Inconel 600-groep, Incoloy 800-groep, Hastelloy-legeringen en enige Nimonic[®]-legeringen (zoals Nimonic 75-NiCr20Ti-2.4951). Deze legeringen worden normaliter gelast in gegloeide conditie, aangezien de warmtebeïnvloede zone geen harding veroorzaakt vereisen deze legeringen geen warmtebehandeling na het lassen.

Precipitatiehardende legeringen

Tot deze groep behoren de Monel 500-groep, de Inconel 700-groep, de Incoloy 900-groep en de meeste Nimonic-legeringen. (zoals Alloy 80/90/263 en PE 16). 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 legeringelementen volkomen in elkaar oplosbaar zijn, zoals Nikkel 200 (Ni 99,2-2.4066), Inconel 600 (NiCr15Fe-2.4816) en Monel 400 (NiCu30Fe-2.4360). Het onderpoederdek lassen wordt echter zelden toegepast. "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 constructies die door de een of andere oorzaak eigenspanningen bezitten eerst te gloeien alvorens te lassen om de inwendige spanningen te verlagen. Het gloeien na het lassen is normalerwijze niet nodig om de corrosieweerstand te verhogen. Het kan echter nodig zijn dat een gloeibehandeling na het lassen noodzakelijk wordt om de mechanische eigenschappen te herstellen of voor het afvloeien van spanningen om de gevoeligheid voor spanningscorrosie te verlagen.

Toevoegmaterialen

Normalerwijze last men met lastoevoegmaterialen welke in chemische samenstelling overeenkomen met het basismateriaal. Om problemen te voorkomen 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 TIG (GTAW), MIG (GMAW) - en beklede elektroden proces, zijn vastgelegd in AWS 5.11, 5.14 en DIN 1736.

Aanbevolen lastoevoegmaterialen voor de verschillende legeringen worden in tabel 1 gegeven.

Tabel 1: Lastoevoegmaterialen voor nikkel & nikkellegeringen						
Aanduidingen lastoevoegmaterialen						
Legering	TIG - MIG		Elektrode		Handelsnaam	Opmerkingen
	DIN 1736	AWS A5.14	DIN 1736	AWS A5.11		
Zuiver nikkel						
Alloy 200 (2.4066 - Ni 99,2)		ER Ni-3 ER Ni-1			Nikkel 200 Nikkel 99,2	Bevat meestal 3% Ti
Nikkel koper						
Alloy 400 (2.4360 - NiCu30Fe)	2.4377 SG-NiCu30MnTi	ER NiCu-7	2.4366 EL-NiCu30Mn	E NiCu-7	Monel® 400	Overeenkomstig lastoevoegmateriaal met toevoegingen van Mn, Ti en Al
Nikkel chroom						
Brightray S		-			NC 80/20	NiCr en NiCrFe lastoevoegmaterialen
Nimonic 75 / Alloy 75 (2.4951 - NiCr20Ti)		-			NC 80/20	
Nikkel/Chroom/IJzer						
Alloy 800 / 800H (1.4876 - X10NiCrAlTi 32-20)	2.4831 SG-NiCr21Mo9Nb	ER NiCrMo-3	2.4648 EL-NiCr19Nb	E NiCrFe-2	Inconel® 625 Thermanit® 21/33	Veelal gelast met NiCr-legeringen, maar de in chemische samenstellingen overeenkomstige legeringen hebben de voorkeur
Alloy 600 (2.4816 - NiCr15Fe)	2.4806 SG-NiCr20Nb	ER NiCr-3	2.4648 EL-NiCr19Nb	E NiCrFe-2	Inconel 82	Sommige legeringen bevatten Niobium
Alloy 718 (2.4668 - NiCr19NbMo)	2.4667 SG-NiCr19NbMoTi	ER NiFeCr-2	2.4648 EL-NiCr19Nb	E NiCrFe-2	Inconel 718	Overeenkomstig lastoevoegmateriaal of Inconel 625
Nikkel/Chroom/Molybdeen						
Alloy 625 (2.4856 - NiCr22Mo9Nb)	2.4831 SG-NiCr21Mo9Nb	ER NiCrMo-3	2.4621 EL-NiCr20Mo9Nb	E NiCrMo-3	Inconel 625	625 kan ook gebruikt worden bij cladding
Hastelloy C-22 (2.4602 - NiCr21Mo14W)	-	ER NiCrMo-10	?		Hastelloy® C-22	
Nikkel/Molybdeen						
Alloy B-2 (2.4617 - NiMo28)		ER NiMo-7	?		Hastelloy B-2	Lastoevoegmateriaal moet in chemische samenstelling overeenkomen met het moedermateriaal
Hoogtemperatuurbestendige legeringen						
Alloy X (2.4665) Waspaloy		ER NiCrMo-2	2.4648 EL-NiCr19Nb	E NiCrFe-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 schoon oppervlak. Ontvet het oppervlak, verwijder de aanwezige oxide door schuren en/of een mechanische bewerking. 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
- stollingscheuren 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 een aanleiding vormen. 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 ° C. Met andere woorden, een duidelijke hogere temperatuur dan die van het smeltpunt van de legering zelf.

Tijdens het stollen blijft deze oxide intact en kan worden ingesloten. 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 frasen. Het gebruik van een staalborstel (RVS) is onvoldoende! 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. 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.

Microscheuren

Nikkel en nikkellegeringen zijn gevoelig voor het ontstaan van "liquation cracking" in de opnieuw verhitte zones in de las en overgangszones. 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. Als voorbeeld dient de legering Inconel 718. (NiCr19NbMo-2.4668) Een legering die na intensieve studie en aanpassingen duidelijk minder gevoelig is geworden voor liquation cracking. Zelfs minder gevoelig dan de gegoten superalloys. De superalloys vertonen deze scheurvorming in hevige mate.








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. Indien de legering namelijk eerst oploosend wordt gegloeid neemt de gevoeligheid voor scheuren af. De beste resultaten worden echter verkregen door over-veroudering. Inconel 718 is een legering die conform de zojuist beschreven methode is behandeld.

Spanningscorrosie

Het lassen van nikkel en nikkellegeringen maakt deze legeringen in haar algemeenheid niet gevoeliger voor het ontstaan van spanningscorrosie. Indien de legeringen onderworpen worden aan bepaalde media is dat namelijk wel het geval. Hierbij moet worden gedacht aan bijvoorbeeld Fluorwaterstofzuur en "caustic soda". Spanningsarmgloeien verlaagt de gevoeligheid voor deze scheurvorm.

Bij de productomschrijvingen worden de volgende afkortingen en symbolen gebruikt:

Afktorting	Verklaring	Stroomsoort / Polariteit	
TS	Treksterkte in MPa (N/mm ²)	~	Wisselstroom (AC)
RG	Rekgrens in MPa (N/mm ²)	=	Gelijkstroom
R	Rek in %	-	Elektrode aan min pool
KW	Kerfslagwaarde in J (Joules)		
HB	Hardheid Brinell		
HBK	Hardheid Brinell na Koudverstevinging		
HRC	Hardheid Rockwell C (Cone)		
Lasposities:			
	Alle posities PA, PB, PC, PD, PE, PF, PG w, h, s, q, hu, u, f		Alleen onderhands en hoeklassen PA, PB w, h
	Alle posities, verticaal neergaand beperkt PA, PB, PC, PD, PE, PF, (PG) w, h, s, q, hu, u, (f)		Alleen onderhands PA w
	Alle posities, behalve verticaal neergaand (PG) PA, PB, PC, PD, PE, PF w, h, s, q, hu, u.		Alleen verticaal neergaand PG f
	Alle posities, behalve verticaal neergaand (PG) en boven het hoofd (PE) PA, PB, PC, PF w, h, s, q		

DISCLAIMER

De gegeven informatie over de producten, uitrustingen enz. is gebaseerd op onze huidige uitgebreide technische kennis en ervaring van de toepassingen. Wij verstrekken deze informatie in woord en schrift naar beste kennis, maar wij accepteren geen enkele aansprakelijkheid, behoudens dit in een individueel contract. Wij behouden ons echter het recht voor, om zonder kennisgeving vooraf, technische veranderingen aan te brengen als onderdeel van onze product ontwikkeling activiteiten. Ons technisch service personeel is beschikbaar om op uw verzoek verdere adviezen en assistentie te verlenen om productie en technische problemen op te lossen. Dit ontslaat gebruikers niet van hun verantwoordelijkheid om onze informatie en aanbevelingen te controleren alvorens zij hun eigen werk gaan uitvoeren. In het geval van schade, is onze aansprakelijkheid beperkt tot compensatie in dezelfde graad als weergegeven in onze Algemene Verkoopvoorwaarden.

The information given about our products, equipment, e.g. is based on our actual technical extensive knowledge and experience of applications. We provide this information in word and writing according to the best of our knowledge, but we do not accept any responsibility beyond that in the individual contract. We do however reserve the right to make technical changes, without prior notice, as part of our product development activities. Our technical service personnel are available on request to provide further advice and assistance to solve manufacturing and technical problems. This does however not relinquish users of their responsibility to check our information and recommendations prior to carrying out their own work. In the event of damage, our liability is limited to compensation to the same degree as provided for in our General Terms and Conditions of Sales.