

# Lassen van roestvast staal een overzicht en richtlijnen voor het lassen

Men kiest in de praktijk voor roestvast staal omdat dit staal ten opzichte van ongelegeerd staal enkele bijzondere eigenschappen bezit, zoals:

- verhoogde corrosievastheid
- verhoogde temperatuur oxidatievastheid
- hoge ductiliteit en
- voor bepaalde typen hun mechanische eigenschappen



Het succes bij het lassen van roestvast staal is vooral afhankelijk van het te lassen type roestvast staal, de keuze van de lastoevoegmaterialen, de lasnaadvorm en de opmenging van het lastoevoeg- en het basismateriaal.

## Roestvaststaal typen

Door toevoeging van tenminste 12% chroom aan laag koolstofhoudend staal wordt dit staal in bepaalde media roestvast.

Chroom is het enige element dat deze eigenschap bezit. Alle andere toegevoegde elementen geven aan roestvast staal een extra eigenschap of ondersteunen in bepaalde media een mechanische of corrosie eigenschap. Om deze redenen bestaat er een groot aantal verschillende roestvast staalsoorten.

Roestvast staal kan men naar de structuur onderverdelen in 4 hoofdgroepen, die alle onderling verschillende corrosie- en mechanische eigenschappen bezitten. De vier hoofdgroepen zijn:

- ferritisch chroomstaal
- martensitisch chroomstaal
- austenitisch CrNi-staal
- ferritisch/austenitisch Cr/Ni staal.

De eerste drie groepen bestaan uit een enkel fase structuur, de vierde uit een twee fase structuur namelijk ferriet en austeniet, deze groep wordt ook wel duplex roestvast staal genoemd.

Omdat het bekend is dat nikkel (samen met koolstof, mangaan en stikstof) de austenietvorming bevordert en chroom (samen met silicium, molybdeen, en niobum) zorgt voor de ferrietvorming, kan de structuur van de las goed voorspeld worden op basis van de chemische samenstelling. Het voorspellen is mogelijk met behulp van het Schaeffler diagram waar de austeniet- en ferrietvormende elementen aangegeven zijn als nikkel- en chroom equivalent.

Door het verschil in samenstelling en structuur hebben de legeringsgroepen verschillende lasbaarheidseigenschappen. Elk van de hoofdgroepen kent weer een verdere onderverdeling. Globaal is de belangrijkste onderverdeling de volgende:

### **Ferritisch chroomstaal:**

Ferritisch chroomstaal heeft een chroomgehalte van 11-28%. Veel toegepaste legeringen zijn de 430 type met 16-18%Cr en de 407 type met 10-12%Cr. De structuur bestaat voornamelijk uit ferriet, en is niet hardbaar hierdoor zijn ze goed lasbaar. Echter de WBZ kan grofkorrelig worden en hierdoor slechte taaiheidseigenschappen bezitten.

- ferritisch chroomstaal voor corrosievaste toepassingen
- ferritisch chroomstaal voor hittevaste toepassingen
- ferritisch chroomstaal met een zeer laag gehalte aan verontreinigingen en koolstof en met gelijktijdig een hoog gehalte aan chroom en enige toevoeging van molybdeen, het zgn. E.L.I. chroomstaal (Extra Low Interstitials).

De lasbaarheid van al de ferritische chroomstalen kan problematisch zijn.

### **Martensitisch chroomstaal:**

De meest toegepaste martensitische chroomstaal is type 410 met een chroomgehalte van 12-18% en laag nikkelgehalte maar met een hoog koolstofgehalte. Het grote verschil in lasbaarheid met de ferritische en austenitische soorten is dat er harde martensitische structuren ontstaan in de WBZ en dat ze vaak niet gelast worden met matching (qua samenstelling gelijk) lastoevoegmateriaal. Martensitische chroomstalen kunnen succesvol gelast worden als er voorzorgsmaatregelen genomen worden om scheurvorming in de WBZ te voorkomen, zeker bij grotere dikten en verbindingen met hoge inwendige spanningen.

- Conventioneel' martensitisch chroomstaal, een type met een relatief hoog koolstofgehalte en duidelijk bedoeld voor toepassingen waarbij een hoge hardheid gekoppeld aan een zekere corrosievastheid wordt vereist. Aan deze typen wordt meestal niet gelast.
- Zwak martensitisch chroomstaal. Deze typen bevatten naast relatief weinig chroom, 4 à 5% Ni en hebben een laag C-gehalte. Enkele typen zijn 1.4313 (13%Cr-4%Ni) en 1.4405 (16%Cr-5%Ni). Het materiaal wordt veelal in gegoten toestand verwerkt bij onder andere waterkrachtcentrales. Deze typen zijn goed lasbaar, doch behoeven een gecompliceerde warmtebehandeling na het lassen.

Laskennis opgefrist nr. 9: Lassen van roestvast staal een overzicht en richtlijnen voor het lassen

- Super martensitisch chroomstaal. Deze groep is een ontwikkeling van de laatste 10 jaar. Ze zijn voornamelijk ontwikkeld ten behoeve van de olie- en gaswinningsindustrie. Pijpen voor transport van olie en gas vanaf de boorput naar bijvoorbeeld de wal worden in dit materiaal vervaardigd. Dit staal kenmerkt zich door haar hoge rekgrens en sterkte gekoppeld aan een redelijke corrosievastheid. Het materiaal is een gedegen concurrent geworden voor het duplex roestvast staal, vanwege de veel geringere prijs (in verband met het geringere gehalte aan legeringselementen). De lasbaarheid verdient bijzondere aandacht.

### **Austenitisch roestvast staal:**

Deze hoofdgroep kent vele varianten, en leent zich daarom voor veel mogelijke indelingen. Een grove indeling zou kunnen zijn: de molybdeen vrije typen en de molybdeen houdende typen. Een andere indeling zou kunnen zijn: de conventionele austenieten (bijvoorbeeld de 300 serie) en de super austenieten (typen met verhoogd Cr, Ni en Mo en toevoegingen van stikstof).

Karakteristieke samenstelling voor de austenitische staalsoorten is 16-26%Cr en 8-22%Ni. Een zeer bekende legering is type 304 met 18%Cr en 10%Ni

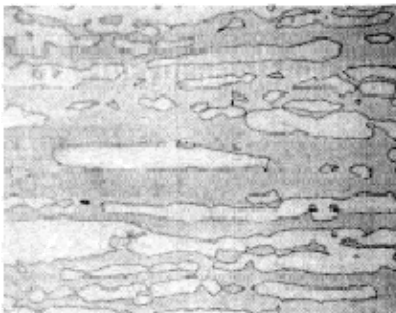
Duidelijk is dat de hoofdgroep groot is en sterk in corrosie-eigenschappen en in lasbaarheid verschillende typen omvat. Algemeen kan worden gesteld dat de lasbaarheid van de austenitische roestvast stalen goed is. Alle lasprocessen zijn toepasbaar. Omdat de structuur niet hardbaar is door afkoeling, behouden de legeringen na het lassen een goede taaiheid en is voorwarmen of een warmtebehandeling na het lassen niet nodig.

### **Duplex roestvast staal:**

Duplex roestvast staal bestaat uit een 2 fasen structuur met bijna gelijke hoeveelheden austeniet en ferriet. De chemische samenstelling ligt gemiddeld tussen de 22-26%Cr, 4-7%Ni en 0-3%Mo met een kleine hoeveelheid stikstof (0,1-0,3%) voor de stabilisatie van de austeniet.

Ze zijn onder te verdelen in 3 groepen:

- molybdeen vrij duplex staal (24%Cr-4%Ni-0,2%N)
- conventioneel duplex staal, bekend onder Werkstoffnummer 1.4462 (22%Cr-5%Ni-3%Mo-0,15%N)
- super duplex staal (een duplex met verhoogd Cr, Mo en N-gehalte) (figuur 1). Ook het Ni gehalte is hierbij verhoogd tot 6 à 7%. Deze staalsoorten kenmerken zich door een hoge rekgrens en een hoge weerstand tegen putvormige- en spanningscorrosie in vergelijking tot conventioneel austenitisch roestvast staal.



De lasbaarheid van de duplex staalsoorten is goed mits er voldaan wordt aan een aantal belangrijke voorwaarden.

Figuur 1. Microstructuur van super duplex roestvast staal.

Laskennis opgefrist nr. 9: Lassen van roestvast staal een overzicht en richtlijnen voor het lassen

## De lasbaarheid van roestvast staal.

Zoals reeds uit de algemene opmerkingen, die zijn gemaakt bij de beschrijving van de staaltypen, blijkt, is de lasbaarheid van de roestvast staalsoorten onderling sterk verschillend. Per type zullen de belangrijkste voorwaarden en richtlijnen worden behandeld die kunnen leiden tot een gezonde lasverbinding.

### Ferritisch chroomstaal:

Voor alle soorten geldt: De overgang (warmte-beïnvloede zone) van deze staalsoorten is gevoelig voor korrelgroei. Hoe hoger de warmte-inbreng in het materiaal tijdens het lassen, hoe sterker de korrelgroei en dus hoe grover de korrel (figuur 2). Het gevolg is een brosse warmte beïnvloed zone wat tot scheurvorming kan leiden.



Figuur 2. Grovere korrel in de warmte-beïnvloed zone van ferritisch roestvast staal.

Bij dun ferritisch chroomstaal (max.6 mm) wordt in de praktijk zelden voorgewarmd bij het lassen. Bij dikten > 6 mm wel. Afhankelijk van de dikte, maar vooral van de spanningstoestand van de te lassen constructie moet worden voorgewarmd tussen 50 en 250 °C. Voorwarmen zal de korrelgrootte in de WBZ niet verkleinen maar het zal wel de afkoelsnelheid van de WBZ verlagen en zorgen voor het afnemen van de inwendige spanningen. Ook is het belangrijk om in de dikkere materialen de warmte-inbreng te beperken om zo de breedte van de WBZ te beperken. Het gebruik van een austenitische lastoevoegmateriaal zal ervoor zorgen dat de las taaier wordt.

Bij toepassingen die bij hoge temperatuur worden ingezet en waarbij zwavel uit het proces vrijkomt mag niet gelast worden met een AISI 309L type. Het nikkel in dit type staal (12 tot 14%) kan dan namelijk preferent worden aangetast. Voor dergelijke toepassingen moet worden gelast met een lastoevoegmateriaal met een met het basismateriaal overeenkomende chemische samenstelling of met een lastoevoegmateriaal van het type AISI 329 (25%Cr - 4,5%Ni). De genoemde aantasting treedt namelijk niet op als het nikkelgehalte lager is dan 5%.

In de andere gevallen kan probleemloos gelast worden met een AISI 309L lastoevoegmateriaal.

Het E.L.I.-Cr staal is iets bijzonders en komt ook weinig voor. Indien het wordt gelast, moet dat gebeuren met een lage warmte-inbreng en met een lastoevoegmateriaal met een sterk afwijkende chemische analyse vertoont, namelijk een zogenaamde superausteniet (31%Ni-27%Cr-3,5%Mo) of een

Laskennis opgefrist nr. 9: Lassen van roestvast staal een overzicht en richtlijnen voor het lassen

lastoevoegmateriaal in die richting. In de praktijk blijkt dat dan het ductiele lasmetaal de krimpspanningen opvangt, waardoor de tijdens het lassen gevormde grofkorrelige structuur in de warmte beïnvloede zone laag wordt belast en niet zal scheuren. Het hoge Cr gehalte en de toevoeging van Mo dragen bij aan de goede corrosievastheid van het materiaal.

### **Martensitisch chroomstaal:**

De lasbaarheid van de drie genoemde soorten martensitisch chroomstaal is verschillend.

Conventioneel martensitisch chroomstaal kenmerkt zich door een relatief hoog koolstofgehalte. Dit is nodig om een hard slijtvast materiaal te verkrijgen. De structuur, die bestaat uit martensiet, is bros en heeft een lage rek. Door deze lage rek kan de bij het lassen optredende krimpspanningen moeilijk worden opvangen, waardoor scheuren ontstaan. Het is ook gevoelig voor waterstofscheuren.

Chroomstaal uit deze serie met een relatief 'laag' koolstofgehalte kan met succes worden gelast mits wordt uitgegaan van een laag waterstof houdend lastoevoegmateriaal met een hoge rek (bijvoorbeeld een type AISI 309L). Tevens dient afhankelijk van de dikte, het actuele koolstofgehalte en de warmte-inbreng te worden voorgewarmd tussen de 200 en 300 °C.

Dikwijls moet na het lassen te worden warmtebehandeld op een temperatuur van 650 tot 750 °C. Dit kan met succes worden uitgevoerd indien gelast is met 'matching' lastoevoegmateriaal.

Zwak martensitisch chroomstaal (13%Cr - 4%Ni) wordt in de praktijk gelast met een in chemische samenstelling overeenkomend lastoevoegmateriaal.

Alleen bij dikwandige constructies of bij constructies met een hoge eigenspanning wordt voorgewarmd op ca. 100 °C. De tussenlagetemperatuur mag hiervan niet te veel afwijken, daar het martensietstartpunt van dit staal ligt op ca. 240 °C en het martensiet finishpunt MF op ca. 120 °C. Om een volledige plotselinge overgang van austeniet naar martensiet te voorkomen, moet elke laag (of lasrups) worden afgekoeld tot een temperatuur lager dan het MF alvorens de volgende laag (of lasrups) mag worden gelegd.

Voor het type 1.4405 (16% Cr - 5% Ni) ligt een en ander nog wat kritischer. Bij dit materiaal mag niet worden voorgewarmd en de verschillende lasrupsen, moeten alvorens de volgende lasrups mag worden gelegd; eerst afkoelen tot een temperatuur van ca. 50 °C, Zowel 13% Cr - 4% Ni chroomstaal als 1.4405 moeten na het lassen worden gegloeid op een temperatuur tussen 580 en 620 °C.

Super martensitisch chroomstaal wordt gelast met superduplex lastoevoegmateriaal. Het zo verkregen lasmetaal heeft een rek grens die nagenoeg gelijk is aan die van super martensitisch chroomstaal. Voorwarmen en warmtebehandelen na het lassen zijn niet noodzakelijk. Absoluut noodzakelijk is gebruik te maken van waterstofarme lasprocessen (TIG, MIG) of van waterstofarme lastoevoegmaterialen Bmbe en OP).

De eerste lastoevoegmaterialen met "matching" chemische samenstellingen zijn door de diverse producenten van lastoevoegmaterialen al ontwikkeld, doch tot nu toe wordt nog steeds gekozen voor de toepassing van superduplex lastoevoegmateriaal.

## **Austenitisch roestvaststaal:**

Conventioneel roestvast staal, zoals de typen AISI 304L, 316L; 321; 347 en 318, kan probleemloos met de bekende lasprocessen worden gelast. Het lastoevoegmateriaal moet, afgezien van enkele bijzondere toepassingen; 3 tot 10 % ferriet bevatten om het optreden van warmtscheuren te voorkomen. De lasnaadvorm moet zodanig zijn dat de warmte kan worden afgevoerd; met andere woorden een scherpe V-naad moet worden afgeraden. Een staand deel van 1 tot 1,5 mm is noodzakelijk vanwege de slechte warmtegeleiding van austenitisch roestvast staal.

Door onder andere de grote uitzettingscoëfficiënt van dit type staal moet de lasnaad een grotere openingshoek hebben dan bij gelijke toepassing in koolstofstaal. Ook dient een grotere vooropening gekozen te worden en moeten meer en zwaardere hechtlassen worden toegepast. De vooropening kan eenvoudig worden verkregen door stukjes las draad van de juiste diameter in de lasnaad te hechten en deze bij het lassen eerst middels slijpen te verwijderen. De hoge elektrische weerstand van austenitisch roestvast staal laat niet toe dat een roestvast staal elektrode even hoog in stroom wordt belast als een ongelegeerd staal elektrode.

De inbrandingsdiepte is bij austenitisch roestvast staal minder groot dan bij ongelegeerd staal. Bij de roestvaste staaltypen waarbij een laag ferrietgehalte van het lasmetaal wordt vereist (in verband met bijvoorbeeld de magnetische eigenschappen zoals bij mijnenvegers) moet een lasmetaal met extra mangaantoevoeging worden toegepast. Een voorbeeld hiervan is een type aangeduid met 1.4455; dat 6 tot 8% Mn bevat. Dit koppelt een zeer hoge taaiheid aan een goede corrosievastheid en een hoge weerstand tegen warmtscheuren.

De typen 321 en 347 moeten worden gelast met een AISI 304L type of indien bindend voorgeschreven met een AISI 347 lastoevoegmateriaal, hoewel dit laatste type warmtscheuren kan veroorzaken. Qua sterkte is een AISI 304L altijd superieur aan de basismaterialen van de typen 321 en 347, ook bij hogere temperatuur. Alleen bij toepassingen waar kruip een rol speelt en in een enkel corrosief milieu geniet een AISI 347 de voorkeur.

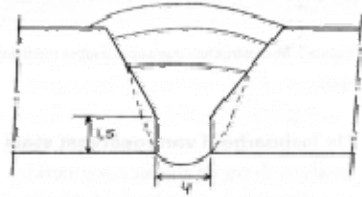
De super austenieten hebben ten opzichte van de conventionele austenieten alleen een hoger legeringsniveau. Door het verhoogde Cr en Mo-gehalte moet ook het Ni-gehalte drastisch worden verhoogd. De chemische samenstellingen die hierdoor worden verkregen maken deze soorten bij het lassen gevoelig voor warmtscheuren. Schoon werken; lassen met een lage warmteïnbreng (max. 1,5 kJ/mm) en een zorgvuldige keuze van het lastoevoegmateriaal (laag gehalte aan verontreinigingen als S en P; en toevoegingen zoals Mn) is een absolute noodzaak om een goede las te verkrijgen. Het lassen van super austenieten is dan ook werk voor hierin gespecialiseerde bedrijven.

## **Duplex roestvast staal:**

Zowel het molybdeen vrije duplex staal (1.4362) als het molybdeen houdende type 1.4462 worden gelast met een 4462 lastoevoegmateriaal. Het lastoevoegmateriaal moet een hoger Ni-gehalte hebben (7 a 9%) en toevoegingen van stikstof (0,12 tot 0,18%). Indien hieraan wordt voldaan kan er weinig mis gaan. Een te lage warmteïnbreng (< 0,5 kJ/mm) dient te worden vermeden alsmede een te hoge Laskennis opgefrist nr. 9: Lassen van roestvast staal een overzicht en richtlijnen voor het lassen

tussenlagen temperatuur toelaatbaar 250 °C max.). Voorwarmen is niet noodzakelijk en wordt slechts toegepast als de constructie bijvoorbeeld ten gevolge van grote dikten of gecompliceerde vormgeving een hoge eigenspanning bezit. Spanningsarmgloeien wordt niet toegepast.

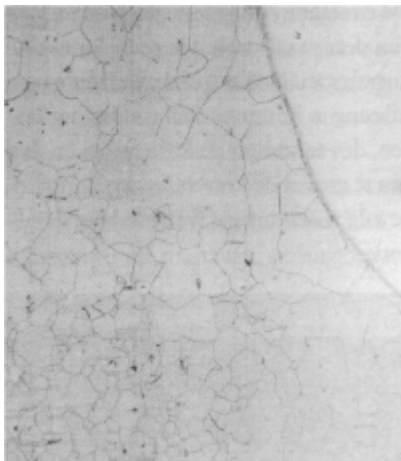
Super duplex staal kenmerkt zich door een hoger legeringsniveau. Dit maakt het staal echter gevoeliger voor het uitscheiden van ongewenste fasen bij het lassen. Deze fasen verminderen de corrosieweerstand en de taaiheid van het materiaal. Op het ontstaan van deze uitscheidingen kan als volgt worden geanticipeerd.



Figuur 3. Lasnaad voor een las in super duplex roestvast staal.

Het lastoevoegmateriaal is voor dit staal overgelegeerd met nikkel en soms ook met stikstof. Indien mogelijk moet de laatste laag n de corrosiezijde worden aangebracht, immers de ongewenste fase uitscheidingen treden op door de laswarmte van volgende lagen.

In die gevallen waarbij de laatste laag niet aan de corrosiezijde kan worden gelegd, moet de grondlaag zwaar worden aangebracht en worden gevolgd door enkele dunne lagen. Deze zogenaamde "cold-pass" techniek voorkomt dat in de grondlaag en de warmte-beïnvloede zone de ongewenste corrosiegevoelige fasen worden uitgescheiden (figuur 3 en 4).



Figuur 4. Microstructuur van een TIG-las, de warmte-beïnvloed zone en het basismateriaal van super duplex roestvast staal.

Tabel. Groepsindeling voor de roestvaste staalsoorten volgens ISO/TR 15608:2000

Groep	Sub groep	Type roestvaste staalsoorten
7		Ferritisch, martensitisch of precipitatiehardende RVS soorten met $C \leq 0,35\%$ en $10,5\% \leq Cr \leq 30\%$
	7.1	Ferritische roestvaste staalsoorten
	7.2	Martensitische roestvaste staalsoorten
	7.3	Precipitatie hardende roestvaste staalsoorten
8		Austenitische roestvaste staalsoorten
	8.1	Austenitische roestvaste staalsoorten $Cr \leq 19\%$
	8.2	Austenitische roestvaste staalsoorten $Cr > 19\%$
	8.3	Mangaanhoudende austenitisch RVS $4,0\% < Mn \leq 12,0\%$
10		Austenitisch-ferritisch RVS soorten (Duplex)
	10.1	Austenitisch-ferritisch RVS met $Cr \leq 24,0\%$
	10.2	Austenitisch-ferritisch RVS met $Cr > 24,0\%$

---

*Deze aflevering in de rubriek 'Laskennis opgefrist' is een bewerking van 'Job Knowledge for welders Part 20' uit TWI Karel Bekkers en Lammert Brantsma, geactualiseerd eind 2008.*

### Inlichtingen

Nederlands Instituut voor Lastechniek  
 Boerhaavelaan 40  
 2713 HX Zoetermeer  
 Website: [www.nil.nl](http://www.nil.nl)  
 e-mail: [info@nil.nl](mailto:info@nil.nl)

<p>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.</p>
--