



## Ferritische roestvaste staalsoorten

Voordat er gelast kan worden, zal er enige voorkennis moeten zijn van het te lassen basis-materiaal en hoe dit tot stand is gekomen. In deze reeks van Materialenkennis voor de Laspraktijk zijn we inmiddels bij groep 7 aangekomen, waarin we de eerste roestvaste staalsoorten tegenkomen. In deze groep worden drie interessante staaltypen behandeld. Deze maand aandacht voor de ferritische roestvaste staalsoorten.

Door het toevoegen van tenminste twaalf procent chroom aan laag koolstofhoudend staal wordt het staal in bepaalde media roestvast. Chroom is het enige element dat dit kan veroorzaken. Alle andere legeringselementen geven aan roestvast staal een extra eigenschap of verbeteren in bepaalde media de mechanische of corrosieve eigenschappen. De vele wensen en mogelijkheden met al die legeringselementen hebben ervoor gezorgd dat een groot aantal verschillende roestvaste staalsoorten is ontstaan. Roestvast staal kan men op basis van de materiaalstructuur onderverdelen in vier hoofdgroepen, die allen onderling diverse corrosie- en mechanische eigenschappen bezitten. De volgende RVS-groepen kennen we:

- Ferritisch roestvast staal (groep 7.1)
- Martensitisch roestvast staal (groep 7.2)
- Austenitische roestvast staal (groep 8)
- Duplex staal (austenitisch/ferritisch) (groep 10)

Tabel 1 toont de verdere onderverdeling van de staalsoorten in groep 7.

Ferritisch roestvast staal dankt zijn naam aan het feit dat de structuur bij kamertemperatuur ferritisch is. Deze staalsoorten zijn magnetisch en hebben een

Tabel 1 - Indeling roestvaste staalsoorten van groep 7. Concentraties zijn in gewichtsprocenten

Subgroep	Roestvast staal met: $C \leq 0,35\%$ en $10,5\% \leq Cr \leq 30\%$
7.1	Ferritisch roestvast staal
7.2	Martensitisch roestvast staal
7.3	Precipitatiehardend roestvast staal

maximum koolstofgehalte van 0,08%. Naast 10 tot 30% chroom (Cr) worden andere elementen toegevoegd om de corrosieweerstand te verhogen, zoals molybdeen tot 4,5% (Mo). Titanium (Ti) en niobium (Nb) verbeteren de lasbaarheid. De sterkte en corrosieweerstand nemen toe door het toevoegen van kleine hoeveelheden stikstof (N). Wel neemt de taaiheid hierdoor af. Ferritische roestvaste staalsoorten kunnen worden onderverdeeld in:

- 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 zogenoemde Extra Low Interstitials (ELI) chroomstaal;
- Superferritisch roestvast staal.

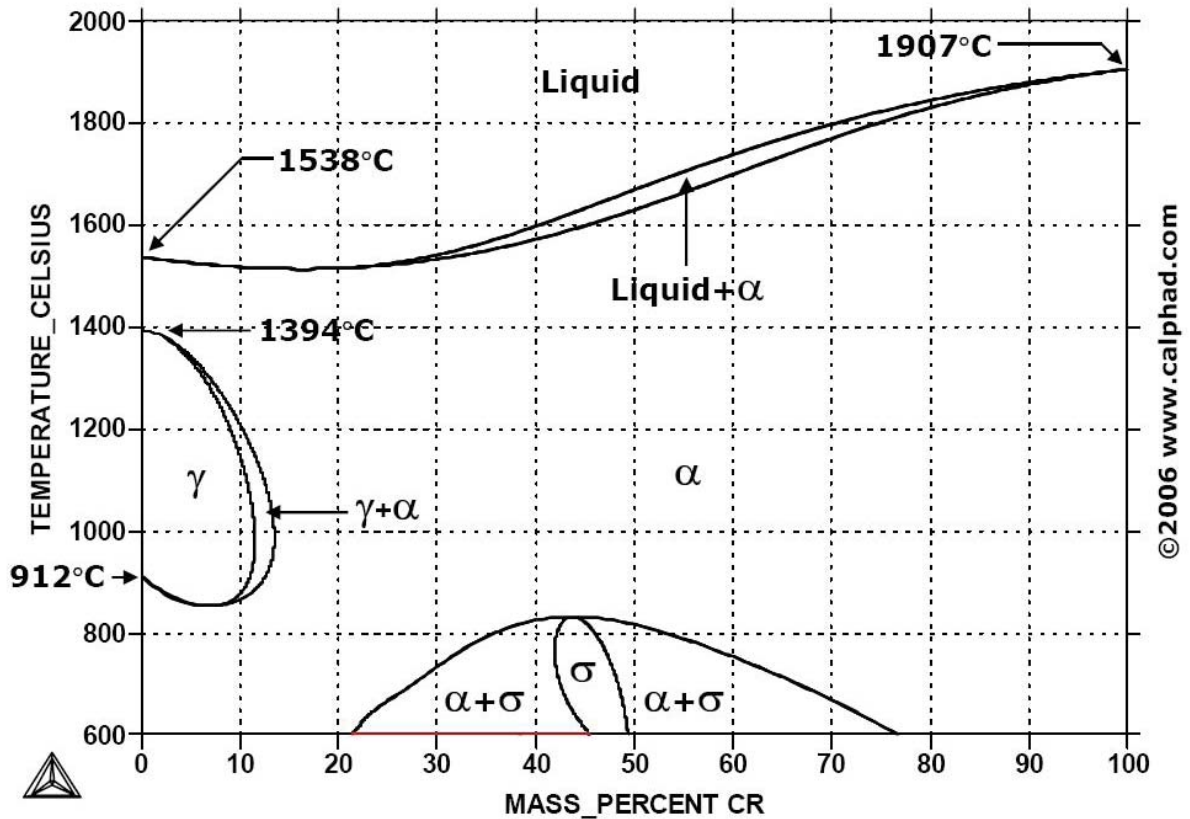
Ferritisch roestvast staal wordt gewoonlijk in zacht gegloeide toestand gebruikt. Dit materiaal is niet hardbaar middels warmtebehandelingen door de ferrietstructuur waarin geen faseovergangen optreden bij verhoging van de temperatuur.

### Lasbaarheid

Het lassen van ferritische chroomstalen kan lastig zijn en dient zorgvuldig te worden voorbereid en uitgevoerd. Vrijwel alle lasprocessen kunnen worden toegepast mits de warmtehuishouding goed wordt gereguleerd. De voorkeur gaat uit naar lasprocessen met een lage warmte-inbreng, zoals hoogfrequent inductielassen en laserlassen. Voor alle staalsoorten geldt namelijk: de warmtebeïnvloede zone (WBZ) is



## Iron-Chromium Phase Diagram



Figuur 1 - IJzer-Chroom fasediagram

gevoelig voor korrelgroei. Hoe hoger de warmte-inbreng in het materiaal tijdens het lassen, hoe sterker de korrelgroei en dus hoe grover de korrel. Het gevolg is een warmtebeïnvloede zone met sterk verlaagde rekgrens en taaiheid. De gevoeligheid van interkristallijne corrosie kan hierdoor toenemen.

Bij dun ferritisch chroomstaal (dikte tot 6 mm) wordt in de praktijk zelden voorverwarmd bij het lassen. Bij dikten boven de 6 mm, afhankelijk van de dikte en vooral van de spanningstoestand van de te lassen constructie, moet er voorverwarmd worden tussen 50 en 250 °C. Bij typen met een hoog chroomgehalte kunnen ongewenste intermetallische verbindingen ontstaan die een negatieve invloed hebben op de taaiheid. In het Fe-Cr fasediagram is te zien dat bij hogere Cr-gehalten de sigmafase kan ontstaan. Als lastoevoegmateriaal wordt daarom vaak voor een austenitische chroom-nikkellegering gekozen (vaak 309L type). Dit lastoevoegmateriaal heeft een hoge rek en goede taaiheid waardoor de verbinding deze eigenschappen ook krijgt, met als uitzondering natuurlijk de WBZ. Die zone kunnen we niet beïnvloeden met lastoevoegmateriaal.

De ferritische roestvast staalsoorten zijn goed lasbaar met argon of argon-helium mengsels, eventueel

aangevuld met enkele procenten (max 5%) actieve componenten (CO<sub>2</sub> of O<sub>2</sub>). Waterstof mag echter niet aan het beschermgas worden toegevoegd. Dit om waterstofbroosheid in en naast de las te voorkomen.

Bij toepassingen op hoge temperatuur waarbij zwavel uit het proces vrijkomt, mag niet met een austenitisch lastoevoegmateriaal worden gelast. Het nikkel uit het austenitisch lastoevoegmateriaal (12-14%) kan preferent worden aangetast. Dergelijke toepassingen moeten worden gelast met een lastoevoegmateriaal waarbij de samenstelling overeenkomt met het basismateriaal of met een laag nikkelgehalte, bijvoorbeeld AISI 329 type met 25%Cr en 4,5%Ni. Bij een nikkelgehalte van minder dan 5% zal er geen preferente aantasting door zwavel plaatsvinden.

Het ELI-Cr staal is een bijzonder type en komt maar weinig voor. Als het wordt gelast, moet de warmte-inbreng laag worden gehouden. De beste resultaten worden verkregen als een lastoevoegmateriaal wordt gebruikt met een sterk afwijkende chemische samenstelling, namelijk een zogenaamde superausteniet (31%Ni-27%Cr-3,5%Mo). Het ductiele lastoevoegmateriaal blijkt de krimpspanningen op te vangen waardoor de tijdens het lassen gevormde grofkorrelige structuur in de warmtebeïnvloede 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.

#### Voordelen

- Lage thermische uitzettingscoëfficiënt
- Goede hoge temperatuur oxidatieweerstand
- Niet gevoelig voor spanningscorrosie
- Goede kruipeigenschappen
- Hoge sterkte
- Minder terugvering bij koudvervormen

#### Nadelen

- Onjuiste warmtebehandeling van deze legeringen kan aanleiding geven tot de vorming van brosse fasen
- Onjuiste laspraktijken kunnen eveneens leiden tot verbrossing van deze legeringen
- Deze legeringen kunnen een lage taaiheid vertonen in geval van grote wanddiktes

#### Toepassingen

Door de goede corrosie-eigenschappen, de weerstand tegen spanningscorrosie en de relatief lage prijs (geen nikkel) worden deze legeringen veel toegepast. Sommige legeringen zijn onder bepaalde omstandigheden zelfs beter dan het austenitische roestvast staal type AISI 304. Voorbeelden van enkele toepassingen zijn:

- Containers
- Heet water tanks
- Bekleding van stalen tanks
- Consumentenartikelen (keukengerei, afwasmachines, wasmachines)
- Uitlaatsystemen

#### Superferritisch roestvast staal

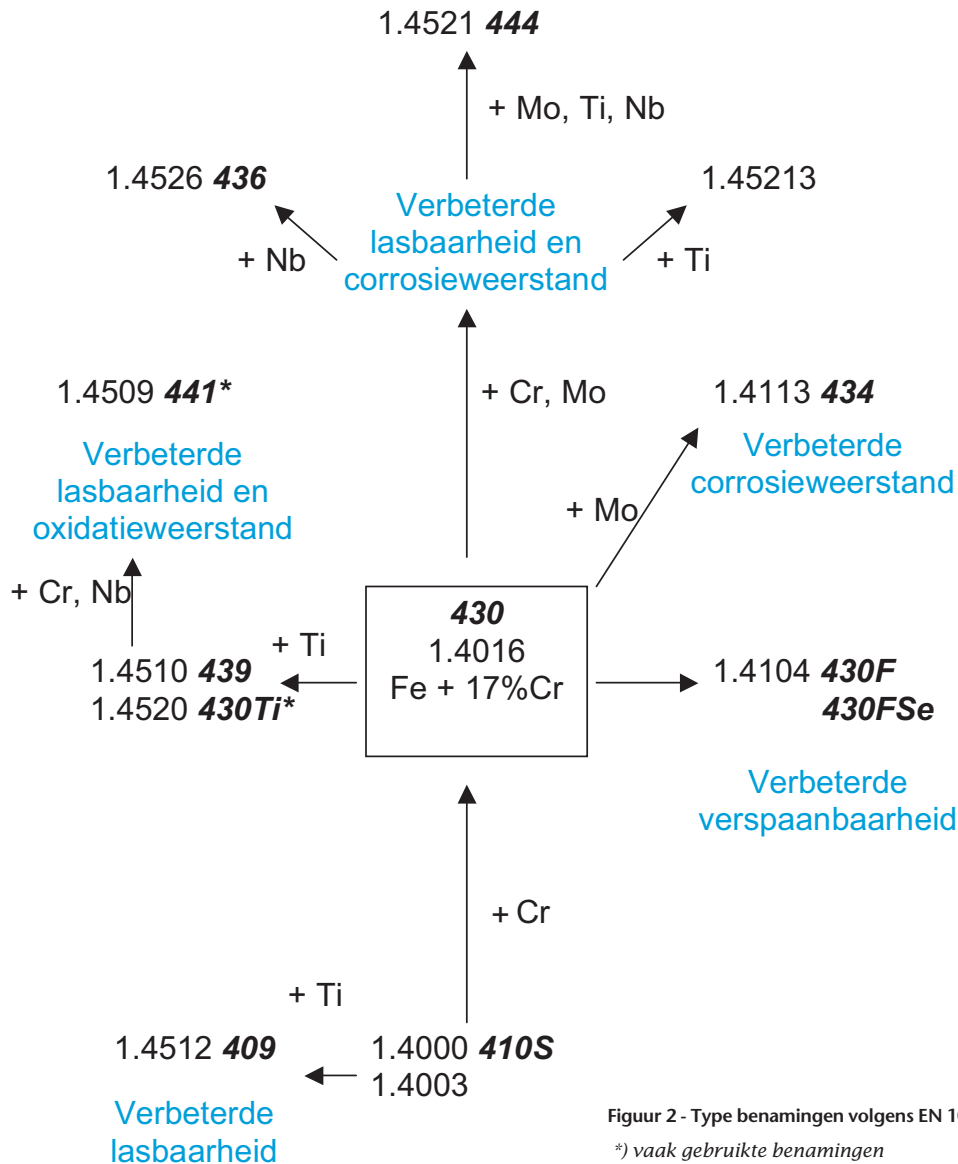
Hoogzuiver ferritisch roestvast staal of 'superferritisch' roestvast staal werd geïntroduceerd in de jaren zeventig. De oudste en bekendste is E-Brite 26-1, een legering die 26% Cr en 1% Mo bevat. E-Brite wordt gefabriceerd door middel van vacuüsmelten, met als doel het koolstof- en stikstofgehalte te reduceren tot een zeer laag niveau. Er zijn vele samenstellingen ontwikkeld vanwege de weerstand van deze hoogzuivere ferritische legeringen tegen tal van agressieve milieus, waaronder 18Cr-2Mo, 29Cr-4Mo, 29Cr-4Mo-2Ni en 27Cr-3,5Mo-2Ni. Door problemen met lassen en het beheersen van de taai-bros overgangstemperatuur, worden deze legeringen toegepast in plaatdiktes onder 3,2 mm en voor buizen.

De 26-1 legering heeft een corrosieweerstand die gelijk is of beter is dan die van 304 en 316. Bovendien is 26-1 beter bestand tegen scheurvormende spanningscorrosie. De hoger gelegeerde superferritische beschikken in principe over superieure corrosieweerstand.

Tabel 2 - Voorbeelden van legeringen uit groep 7.1 (in handel verkrijgbaar) volgens CEN ISO/TR 20172:2004

Materiaal	X2CrNi12	X6Cr17	X3CrTi17	X6CrMo17-1	X2CrMoTi18-2
Werkstofnummer	1.4003	1.4016	1.4510	1.4113	1.4521
ASTM	S40977	430	439	434	444
Max. %C	0,030	0,08	0,05	0,08	0,025
Max. %Si	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Max. %Mn	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00
Max. %P	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
Max. %S	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Max. %N	0,030	-	-	-	0,030
Max. %Cr	10,5-12,5	16-18	16-18	16-18	17-20
Max. %Mo	-	-	-	0,90-1,40	1,80-2,50
Max. %Nb	-	-	-	-	-
Max. %Ni	0,30-1,00	-	-	-	-
Max. %Ti	-	-	0,80*	-	0,80*
Rekgrens MPa	>280	>240	>230	>260	>280
Treksterkte MPa	450-650	450-600	420-600	450-630	400-460
Min. Rek %	20	20	23	18	20
Res. inter- granular corrosion	Nee	Ja, niet na lassen	Ja	Ja, niet na lassen	Ja

\*) Of  $[4x(C+N) + 0,15]$



Figuur 2 - Type benamingen volgens EN 10088 en AISI  
\*) vaak gebruikte benamingen

### Lassen van superferritisch roestvast staal

Voor de bewerking hebben staalfabrikanten speciale lasprocedures ontwikkeld, die nauwgezet moeten worden opgevolgd. Om de corrosieweerstand van de superferrieten te handhaven, moet alles in het werk worden gesteld om verontreiniging met stikstof of koolstof tijdens lassen te vermijden. Superferrieten bezitten na het lassen een slechte taaheid in de laszone en de warmtebeïnvloede zone is zeer kerfgevoelig. Als deze legeringen gedurende langere tijd worden verhit tussen 400 en 480°C, of als ze langzaam worden afgekoeld binnen dit temperatuurtraject, neemt de kerfslagtaaiheid af en wordt het staal bros. ■

### Gebruikte Normen

- NEN-EN 10088-1, Roestvaste stalen - Deel 1: Lijst met roestvaste stalen, juni 2005.
- NEN-EN 10028-7, Flat products made of steels for pressure purposes - Part 7: Stainless steels, december 2007.

### Literatuur

- Wat is roestvast staal, uitgeverij TCM, Euro Inox.
- Lassen van roestvast staal, Euro Inox.
- Laskennis Opgefrist nr. 9, Lassen van roestvast staal.
- Lassen van roest- en hittevast staal, VM42, Vereniging FME, september 1990.

Ger van Krieken is laspraktijkingenieur en sinds 1996 werkzaam als lastechnisch en materiaalkundig adviseur bij het interne ingenieursbureau van Corus.