



## Legeringselementen in staal

# Ferrietvormers

Voordat er kan worden gelast, zal er enige voorkennis moeten zijn van het te lassen basis-materiaal en hoe dit tot stand is gekomen. In de vorige afleveringen is de basis beschreven voor de productie van ijzer en staal, met de verwerking tot halffabricaten voor de industrie door gieten, walsen en smeden. Ook de achtergronden van de natuurkundige kant zijn bekeken om een beter inzicht te krijgen in de structuurveranderingen van staal. Door het toevoegen van andere stoffen (legeren) kunnen we de materiaaleigenschappen beïnvloeden.

De invloed van legeringselementen op staal kan erg verschillen. Er zijn hierin twee grote groepen aan te geven: de austenietvormende elementen en de ferrietvormende elementen. In dit artikel komen de ferrietvormende elementen aan bod, een vervolg op de austenietvormende elementen in de vorige aflevering.

Natuurlijk starten we met de invloed op het Fe-Fe<sub>3</sub>C diagram als referentie, weergegeven in figuur 1. De ferrietvormende elementen in een ijzer koolstof legering zijn silicium (Si), aluminium (Al), chroom

(Cr), wolfram (W), Molybdeen (Mo), vanadium (V), Niobium (Nb), titaan (Ti) en borium (B). De ferrietvormende elementen hebben gemeen dat ze verbindingen aangaan met het koolstof en zo de vorming van ferriet ondersteunen.

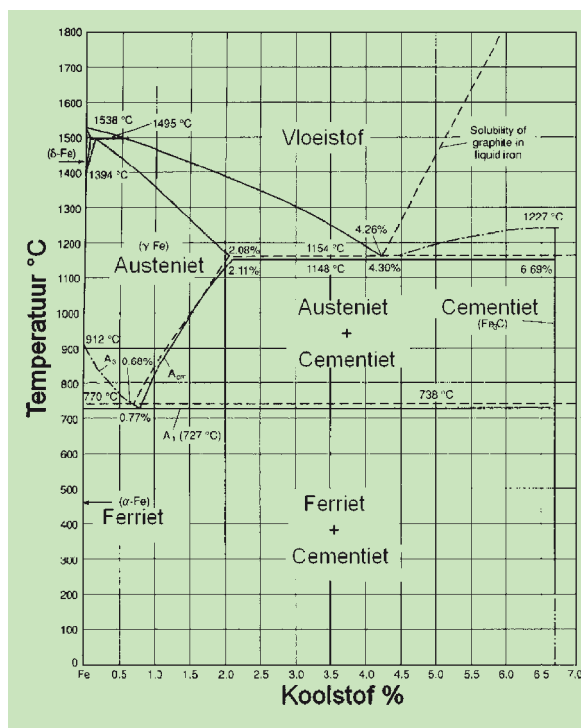
Als de bereidheid tot carbidevorming van bovengenoemde elementen wordt vergeleken met die van Fe, dan hebben Si en Al een lagere affiniteit dan Fe. Chroom heeft een lichte hogere affiniteit en W, Mo, Nb, Ti een significant hogere affiniteit dan Fe. Vanadium heeft de hoogste neiging tot het vormen van carbiden.

### Volledig of niet volledig oplosbaar

De verschillende ferrietvormende elementen laten zich op twee manieren onderscheiden: volledig in elkaar oplosbaar en beperkt in elkaar oplosbaar. Volledige oplosbaarheid is in het fasediagram herkenbaar aan een groot gebied van mengkristallen (ferriet en austeniet) en de samenkomst van de delta (δ) en alpha (α) ferrietgebieden. De elementen met een volledige oplosbaarheid zijn Si, Al, Cr, Mo, W, Ti en V. Een voorbeeld hiervan is het Fe-Cr diagram, zie figuur 2.

Beperkte oplosbaarheid is in het fasediagram herkenbaar aan een afsnoering van het austeniet gebied, zonder dat de delta (δ) en alpha (α) ferriet gebieden samenkomen. In plaats van de samenkomst van de ferrietgebieden is er de vorming van verbindingen of andere fasen. De elementen met een beperkte oplosbaarheid zijn Nb en B. Een voorbeeld hiervan is het Fe-Nb diagram, zie figuur 3.

Het gemeenschappelijke effect van de ferrietvor-



Figuur 1 - Fe-Fe<sub>3</sub>C diagram

mende elementen is natuurlijk het verkleinen van het austenietgebied, bij verhoging van het percentage legeringselement. Een voorbeeld hiervan is de afsnoering van het austenietgebied door toevoeging van chroom, zie figuur 4.

In tabel 1 is een overzicht gegeven van de elementaire eigenschappen van de ferrietvormende elementen. Opvallend is de lage oplosbaarheid van de elementen in de austeniet en de grote verschillen in atoom straal ten opzichte van het ijzer atoom.

### Ferrietvormers en hun effect

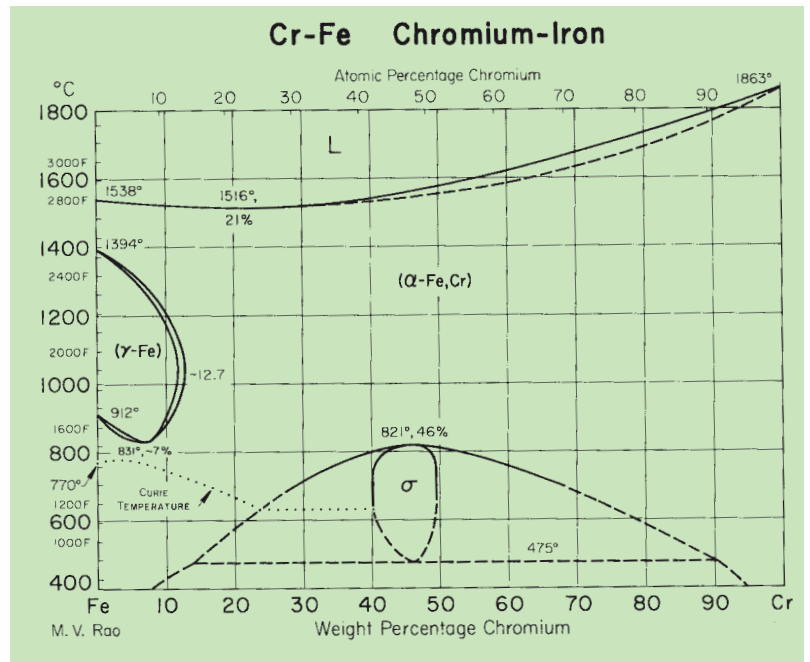
De legeringselementen zijn een bewuste toevoeging aan het staal. De invloeden van de elementen in staal, met de relatie naar het lassen, kunnen als volgt worden aangegeven.

#### Silicium, Si:

- Desoxidator;
- Is normaal aanwezig in staal, maar pas een echt legeringselement boven de 0.4%wt;
- Verlagen van de kerftaaiheid;
- Verhogen van de sterkte en rekgrens, zeker in combinatie met mangaan;
- Bevordert de magnetiseerbaarheid van staal;
- Verlaging van de oppervlaktespanning van het lasbad, wat resulteert in een betere aanvloeiing van de las.

#### Aluminium, Al:

- Sterke desoxidator;
- Bindt stikstof, waardoor de weerstand tegen veroudering wordt verhoogd;
- Bevordert korrelverfijning.



#### Chroom, Cr:

- Sterke verhoging van de hardbaarheid;
- Verlagen van de kerftaaiheid;
- Geeft een verhoging van de treksterkte;
- Vorming van chroomcarbiden.

#### Wolfram, W:

- Sterke verhoging van de hardbaarheid;
- Geeft een verhoging van de treksterkte;
- Vorming van wolframcarbiden;
- Wordt veel in combinatie met chroom toegepast om materiaaleigenschappen op hoge temperatuur te verbeteren.

#### Molybdeen, Mo:

- Verhoging van de hardbaarheid;
- Bevordert korrelverfijning;
- Geeft een verhoging van de treksterkte en rekgrens;
- Geeft hogere weerstand tegen warmscheuren in roestvast staal;

Figuur 2 - Voorbeeld van een volledig oplosbaar element in ijzer, chroom (Cr) met een groot ferriet ( $\alpha$ ) gebied

Element	Structuur opbouw	Soortelijk gewicht in kg/dm <sup>3</sup>	Smelt temperatuur in °C	Atoom straal in pico meter, 10-12 meter	Oplosbaarheid in austeniet %wt
Fe	KRG	7.8	1538	126	-
Si	KVG	2.3	1683	117	1.9
Al	KVG	2.7	933	143	1.8
Cr	KRG	7.2	2130	128	13.4
W	KRG	19.3	3683	139	5.0
Mo	KRG	10.2	2890	139	2.9
V	KRG	5.8	2163	134	1.5
Nb	KRG	8.6	2740	146	1.5
Ti	HEX	4.5	1940	147	1.2
B	Triagonaal	2.3	2352	85	~0.1

Tabel 1 - Een overzicht van elementaire eigenschappen van de ferrietvormende elementen. KRG = Kubisch Ruimtelijk