



Materialen en hun lasb

Staalsoorten uit groep 2

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 aflevering is uitgebreid stilgestaan bij de groepsindeling volgens ISO/TR 15608 en de staalsoorten uit groep 1. Deze maand vervolgen we de serie met de thermomechanisch behandelde, fijnkorrelige staalsoorten uit groep 2.

Om een goede vergelijking te maken tussen de materialen uit groep 1 en 2 eerst een korte terugblik op de warmtebehandeling en productie van de materialen uit groep 1. De sterkte van het materiaal wordt

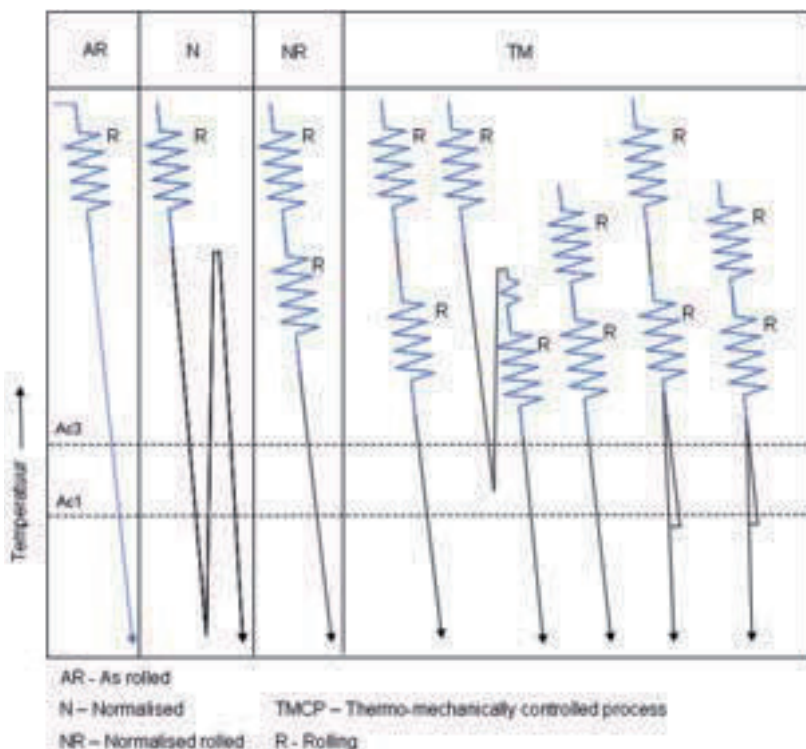
hier onder meer verkregen door normaal gloeien en het toevoegen van legeringselementen. Het normaal gloeien verkleint de korrelgrootte aanzienlijk, wat resulteert in een hogere treksterkte en taaierheid. De productie van normaal gloeid staal kan op twee manieren worden uitgevoerd:

- Walsen, afkoelen tot in het ferrietgebied (onder A_{C1}), gevolgd door opwarmen tot in het austenietgebied (boven A_{C3}) en vervolgens vlot afkoelen. Elke keer dat er een structuurverandering plaatsvindt, verkleint de korrel. Dus van ferriet naar austeniet en van austeniet naar ferriet geeft twee keer korrelverfijning.
- Walsen, af laten koelen tot net boven A_{C3} en dan een laatste walsreductie plaats laten vinden. Dit geeft niet dezelfde fijne korrel als de hierboven beschreven methode, maar genormaliseerd walsen is een stuk goedkoper en wordt daardoor veel toegepast.

Het normaliseren levert verschillende voordelen op: een hogere sterkte en taaierheid. Het nadeel is dat het een dure behandeling is, maar gelukkig is de methode van normaliserend walsen goedkoper.

Groep 2

In groep 2 zitten de thermomechanisch gewalste constructiestaalsoorten en gietstaal met een minimale rekgrens van 360N/mm², zie tabel 1. Karakteristiek voor deze groep is dat de materialen hun sterkte niet verkrijgen door toegevoegde legeringselementen, maar juist door een speciale walsbehandeling. Deze behandeling wordt ook wel thermomechanisch walsen genoemd. De stalen uit groep 2 zijn bekend onder verschillende benamingen:



Figuur 1 - Schematische weergave van de diverse walsprocessen ter vergelijking. AR is het standaard walsproces, N is normaal gewalst en daarna gegloeid op de normaal gloeitemperatuur. NR is genormaliseerd gewalst, waarbij de laatste walsreductie plaatsvindt boven A_{C3} -temperatuur. Dit levert ongeveer hetzelfde resultaat op als walsen en aansluitend normaal gloeien. TM is een verzameling van diverse mogelijkheden om thermomechanisch gewalst materiaal te maken. Welke optie wordt gekozen, is afhankelijk van de fabrikant van het staal.

- TMCP = ThermoMechanically Controlled Processing
- HSLA = High Strength Low Alloy
- SxxxM = Structural steels, constructiestaal kwaliteit
- PxxxM = Pressure vessel steels, staal voor drukvaten

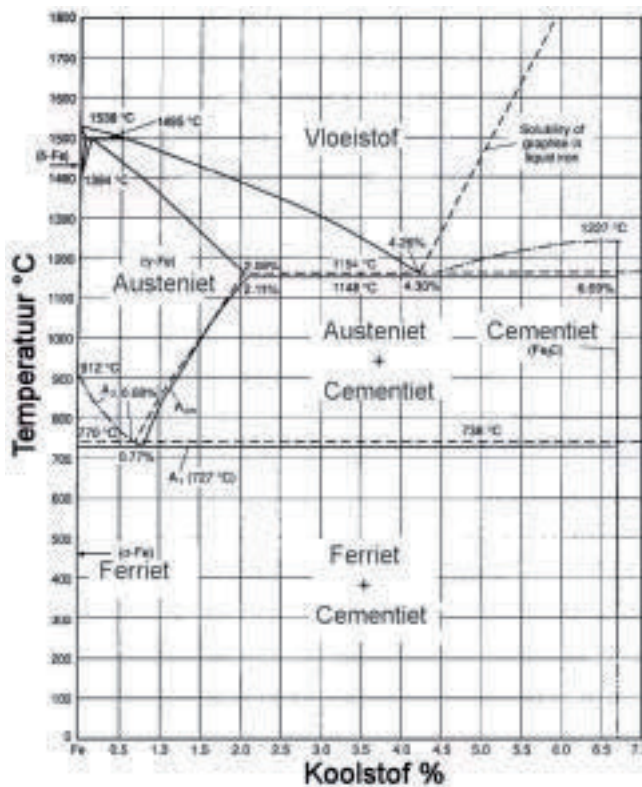
De staalsoorten die volgens de NPR-CEN-ISO/TR 20172:2006 onder groep 2 vallen, zijn te vinden in tabel 1.

Thermomechanisch walsen

Tijdens de laatste reductiestap van de plaatdikte tot de gewenste eindmaat wordt een zo gunstig mogelijke combinatie van deformatiegraad en walstemperatuur aangehouden. De laatste walsgang wordt bij een lagere temperatuur vaak tussen A_{C1} en A_{C3} uitgevoerd, zie figuur 1. De precieze walsbehandeling verschilt per fabrikant. De behandeling resulteert in een zeer fijnkorrelige structuur met een hoge taaiheid.

Materiaalkundig

Het koolstofgehalte van deze staalsoorten is zeer laag, 0,08% C is geen uitzondering. De hoeveelheid legeringselementen die aan deze staalsoorten worden toegevoegd, is zeer gering, zie tabel 3. Voor de sterkte kunnen enkele tienden procenten Cr, Mo, Ni, Cu worden toegevoegd. Tijdens het warmwalsen wordt het materiaal gedeformeerd en zal hierdoor rekristalliseren wat een korrelverfijnd effect heeft. De temperatuur tijdens het walsen ligt boven de rekristallisatietemperatuur, hierdoor kan er naast de korrelverfijning direct korrelvergroving optreden wat een nadelig effect heeft op de sterkte. Door de korrelgroei tijdens het walsproces in de hand te houden, kunnen fijnkorrelige staalsoorten worden gemaakt. Toevoegingen van vanadium, niobium, titaan, aluminium en stikstof zorgen voor uitscheidingen in de vorm van carbiden, nitriden en carbo-nitriden. Deze uitscheidingen nestelen zich voor een deel op de korrelgrenzen, de rest zit in de korrel zelf. Hierdoor wordt de korrelgroei tijdens het walsen zeer bemoei-



Figuur 2 - Ijzer-koolstofdiagram

lijkt, maar er zijn wel kiemen voor de rekristallisatie die later op zal treden. Door het staal tijdens het walsproces niet de tijd te geven om te rekristalliseren, maar dit uit te stellen tot een relatief lage temperatuur, ontstaan zeer fijne korrels.

De afwalstemperatuur kan in het austenietgebied of in het austeniet-ferrietgebied worden gekozen. De gevormde ferriet krijgt een vervorming die niet ongedaan gemaakt kan worden door rekristallisatie. De overige austeniet zal bij verdere afkoeling ook tot ferriet overgaan, maar niet versterkt zijn. Het afwalsen in het austeniet-ferrietgebied leidt tot een extra sterkteverhoging, hoe lager er afgewalst wordt des te hoger de sterkte.

Doordat dit proces temperatuurafhankelijk is, speelt de dikte van de plaat een belangrijke rol. Hoe dikker het materiaal, hoe langzamer de afkoeling. Dit betekent dat er meer legeringselementen toegevoegd moeten worden om de korrelgroei tegen te houden. Daarom zie je de chemische samenstelling veranderen met de dikte.

2	Thermomechanisch behandeld fijne korrelstaalsoorten en gietstalen met een specifieke minimum rekgrens $R_{EH} > 360N/mm^2$
2.1	Minimum rekgrens $360N/mm^2 < R_{EH} \leq 460 N/mm^2$
2.2	Minimum rekgrens $R_{EH} > 460N/mm^2$

Tabel 1 - Indeling materialengroep 2, ISO/TR 15608



Figuur 3 - Thermomechanisch gewalste rollen bij Corus IJmuiden uit de Direct Sheet plant (DSP). Deze plant produceert per jaar circa 1,2 miljoen ton hoge sterktestaal, waaronder S550MC (Ympress)



TMCP-materiaal wordt gemaakt tot een maximale dikte van 100 tot 120 mm. Voor staalsoorten met een dikte groter dan 100 mm worden Quenched and Tempered stalen toegepast.

Lasbaarheid

Het lage koolstofgehalte van deze staalsoorten is al diverse keren genoemd. Dit gehalte is veel lager dan bijvoorbeeld genormaliseerd staal. Het bevordert de lasbaarheid, zeker wat betreft koudscheuren en het beperken van de hardheden. Helaas heeft dit voordeel ook een nadeel: er treedt altijd sterkteverlies op in de warmtebeïnvloede zone na het lassen. De warmte tijdens het lassen gloeit als het ware de warmtebeïnvloede zone uit. Het is erg belangrijk om

de warmte-inbreng tijdens het lassen te beperken (< 2,5kJ/mm).

Voordelen van de toepassing van materialen uit groep 2:

- Weinig legeringselementen
- Ze zijn minder gevoelig voor koudscheuren
- Hogere kerfslagwaarden in WBZ
- Laag percentage koolstof, circa 0,08% = goede lasbaarheid = weinig voorwarmen

Helaas zijn er ook enkele nadelen waarmee rekening moet worden gehouden:

- De warmtebeïnvloede zone heeft een lagere sterkte dan las- en basismateriaal;

2.1	EN 10028-5	Drukvlaten	P420M, P420ML1, P420ML2, P460M, P460ML1, P460ML2
	EN 10025-4	Lasbare fijnkorrelstaal	S420M, S420ML, S460M, S460ML
	EN 10149-2	Koudvervormbaar	S420MC, S460MC
	EN 10208-2	Buizen klasse B	L415MB, L450MB
	EN 10219-1	Koudvervormd gelaste buis	S420MH, S420MLH, S460MH, S460MLH
	EN 10222-4	Smeedstukken voor drukvlaten	P420NH
2.2	EN 10149-2	Koudvervormbaar	S550MC, S600MC, S650MC, S700MC
	EN 10208-2	Buizen klasse B	L485MB, L555MB

Tabel 2 - Materialen uit groep 2, volgens ISO/TR 20172

Tabel 3 - Productanalyse en mechanische eigenschappen van diverse staalsoorten uit groep 2

	Groep 2.1				Groep 2.2
	S420M	P460ML2	S460MH	L555MB	S650MC
Max. %C	0,16	0,16	0,16	0,16	0,12
Max. %Si	0,50	0,60	0,60	0,45	0,60
Max. %Mn	1,70	1,70	1,70	1,8	2,00
Max. %P	0,030	0,020	0,035	0,025	0,025
Max. %S	0,025	0,015	0,030	0,020	0,015
Tot min. %Al	0,02	0,020	0,020	0,015-0,060	0,015
Max.%N	0,025	0,02	0,025	0,0012	-
Max. %Nb	0,05	0,05	0,05	0,06	0,09
Max. %V	0,12	0,10	0,12	0,10	0,20
Max. %Ti	0,05	0,05	0,050	0,06	0,22
Max.%Mo	0,20	0,10	0,20	0,10	0,50
Max. %B	-	-	-	-	0,005
Max. %Cr	0,30	-	-	0,30	
Max. %Ni	0,80	-	0,30	0,30	
Max. CE	0,43 t>16mm	0,47 t>40mm	0,46	Overeen te komen	
Min. Rekgrens MPa	420	460	460	555-675	6504
Treksterkte MPa	520-680	530-720	530-720	625	700 - 880
Min. Rek %	19	17	17	18	10
Kerfslagw.	40J-20°C	27J -50°C	27J -50°C	55J 0°C	
Buiging 180° min doornØ					2t

- = niet gespecificeerd
- M = thermomechanisch gewalst
- L = eisen kerfslagwaarden 27J bij -50°C
- C = koudvervormbaar (Cold forming, flanging)
- H = hol profiel (Hollow section)
- Max CE = maximum koolstofequivalent

- Spanningsarmgloeien boven 580°C heeft een zeer nadelige invloed op de eigenschappen van het materiaal;
- Fouten tijdens fabricage, door ondeskundig lassen of ongewenste vervormingen, kunnen niet meer hersteld worden door gloeien, zonder dat er verlies van mechanische eigenschappen van het basismateriaal optreedt. ■

Literatuur

Constructiestaal op hoger niveau door legeren en gecontroleerd walsen, T. Luijendijk, Metaal magazine, 29-06-2005.

Gebruikte normen

ISO/TR 15608, NPR-CEN-ISO/TR 20172:2006, EN 10028-5, EN 10025-4, EN 10149-2, EN 10208-2, EN 10219-1, EN 10222-4.

Formule

$$\text{Koolstof Equivalent CE} = \text{C\%} + \frac{\text{Mn}}{6} + \frac{\text{Cr} + \text{Mo} + \text{V}}{5} + \frac{\text{Ni} + \text{Cu}}{15}$$

$$\text{Warmte-inbreng} = k \frac{U \times I}{v} \times 10^{-3} \text{ kJ/mm}$$

k = thermisch rendement van lasproces

U = elektrische spanning [V]

I = stroom [A]

v = voortloopsnelheid [mm/sec]

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