

Lasmetaalkunde

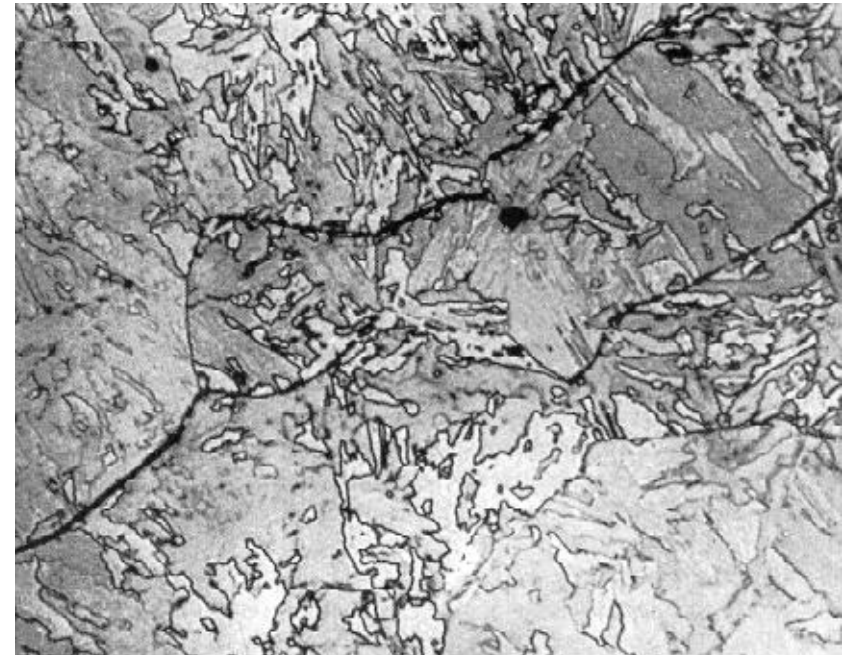
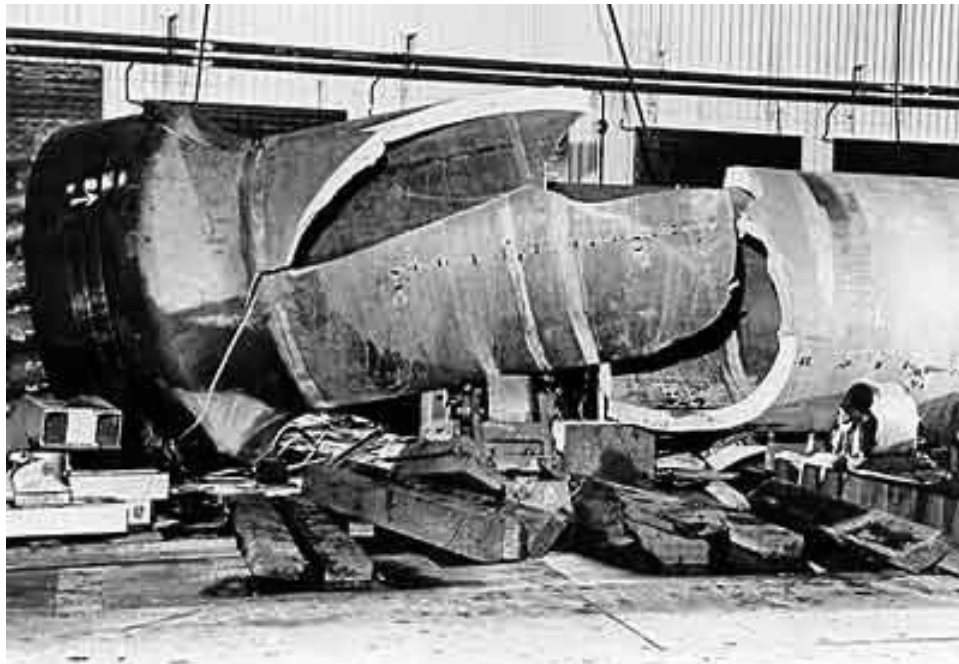
5d reheat cracking

Ir C.A. Brak

Versie 2017

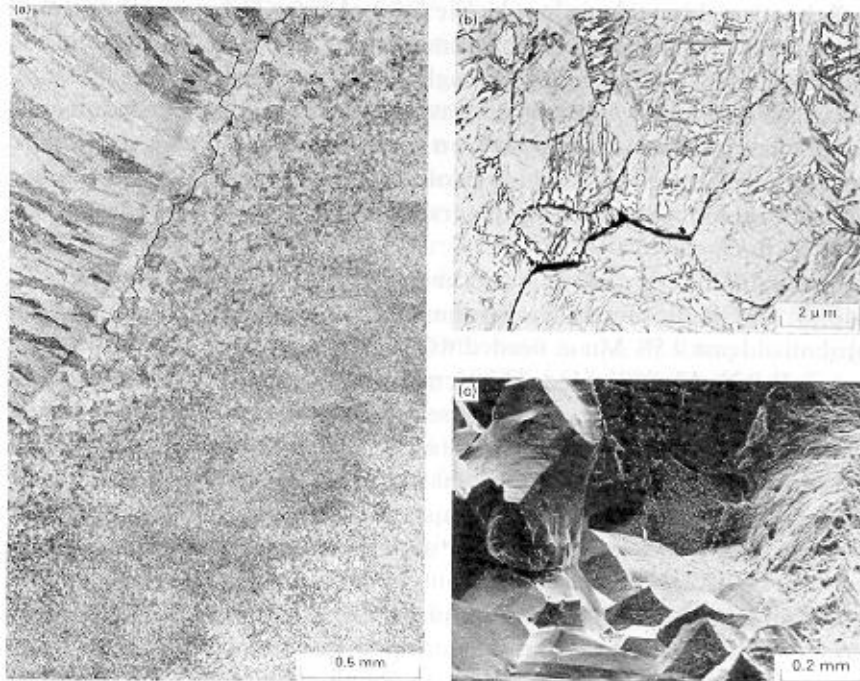
Onderwerpen:

- Scheurmechanisme
- Soorten staal die gevoelig zijn voor reheat cracking
- Invloed van legeringselementen, lastemperatuurcyclus en spanning



Kenmerken

- Is een typische scheur in **ferritisch kruipvast** staal maar komt ook voor in roestvaststaal
- Interkristallijn
- Vooral in de WBZ of in lasmetaal van een meerlagenlas
- Treedt op bij een warmtebehandeling (PWHT) tussen ca. 500 en 700 °C
– of door de warmtebehandeling van een volgende las



Factoren

- Scheurgevoelige samenstelling
- Scheurgevoelige structuur (oa. grofkorreligheid)
- Restspanningen – vooral in 3-assige spanningstoestand (dus grotere plaatdiktes)
- Temperatuur in het relaxatiegebied (kruip)

Mechanisme

De kruipvastheid -sterkte bij hogere temperaturen- van het materiaal wordt gerealiseerd door versterking van de matrix door precipitatie van carbides en nitrides.

Door verhoging van temperatuur daalt de taaiheid in de HAZ.

De spanningen zorgen dan voor plastische deformatie, die geheel via de zwakste plek verloopt: **de korrelgrens**.


Een deel van de precipitaten lost op en wordt weer uitgescheiden langs de korrelgrens: extra verzwakking

Invloed van de legeringselementen

Er zijn veel empirische formules opgesteld, geschikt voor bepaalde materialen, toepassingen en lasprocessen.

De meeste legeringselementen leveren een zekere bijdrage aan de verbrossing van het materiaal in de grofkorrelige WBZ (CGHAZ), bij verhitting op ca 600 °C. S, en mogelijk ook P en Sn bevorderen de interkristallijne verbrossing

Vooraf Mo-V en Mo-B legeringen zijn gevoelig

5 Cr - 1 Mo	 Toenemend risico op reheat cracking
2,25 Cr - 1 Mo	
0,5 Mo – B	
0,5 Cr - 0,5 Mo - 0,25 V	

De formules hebben slechts een indicatieve waarde

$$P = Cr + 3,3Mo + 8,1V - 2 \quad (\text{Nakamuro})$$

Als $P > 0$ dan is het staal gevoelig voor reheat cracking

$$\Delta G1 = 10 C + Cr + 3,3 Mo + 8,1V - 2 \quad (\text{Gemodificeerd})$$

Als $\Delta G1 > 2$ staal is gevoelig voor reheat cracking

$$P_{SR} = Cr + Cu + 2Mo + 10V + 7NB + 5Ti - 2 \quad (\text{Ito, Nakanishi})$$

Als $P_{SR} > 0$, dan is het staal gevoelig voor reheat cracking.

$$R_s = 0.12Cu + 0.19S + 0.10As + P + 1.18Sn + 1.49Sb$$

Als $R_s > 0,03$ dan is het staal gevoelig voor reheat cracking.

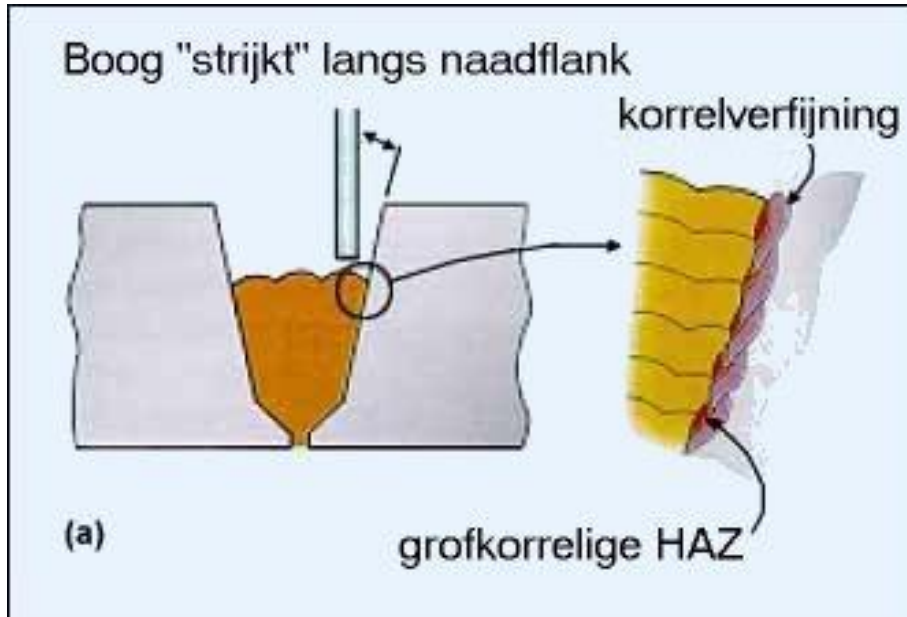
Om de invloed van verontreinigingen te bepalen kan **bovendien** gebruik gemaakt worden van de formules voor de ontlaatbrosheid (de J en X factor), dan wel:

$$MCF = Si + 2Cu + 2P + 10As + 15Sn + 20Sb$$

(MCF = metal composition factor volgens Boniszewski)

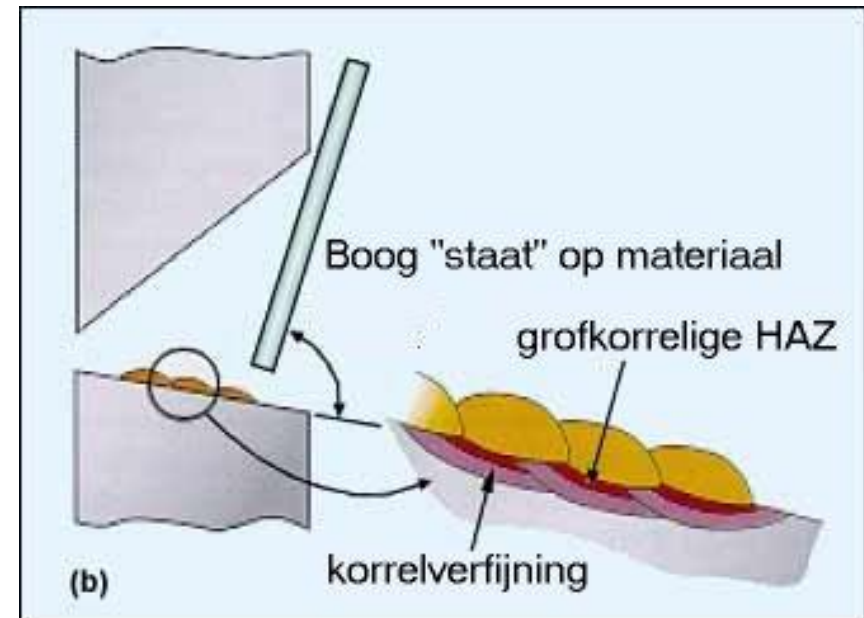
Hoe verminderen we de kans op ontstaan van reheat cracking?

- Vermijdt zo veel mogelijk het ontstaan van een grofkorrelige zone → let op de naadvorm en las met een minimale warmte-inbreng
- Gebruik temperbead om de CGHAZ te verkleinen
- Gebruik fijnkorrelig materiaal, dat voldoet aan de geaccepteerde formules voor samenstelling en zuiverheid
- Vermijdt spanningsconcentraties en streef een minimale restraint na

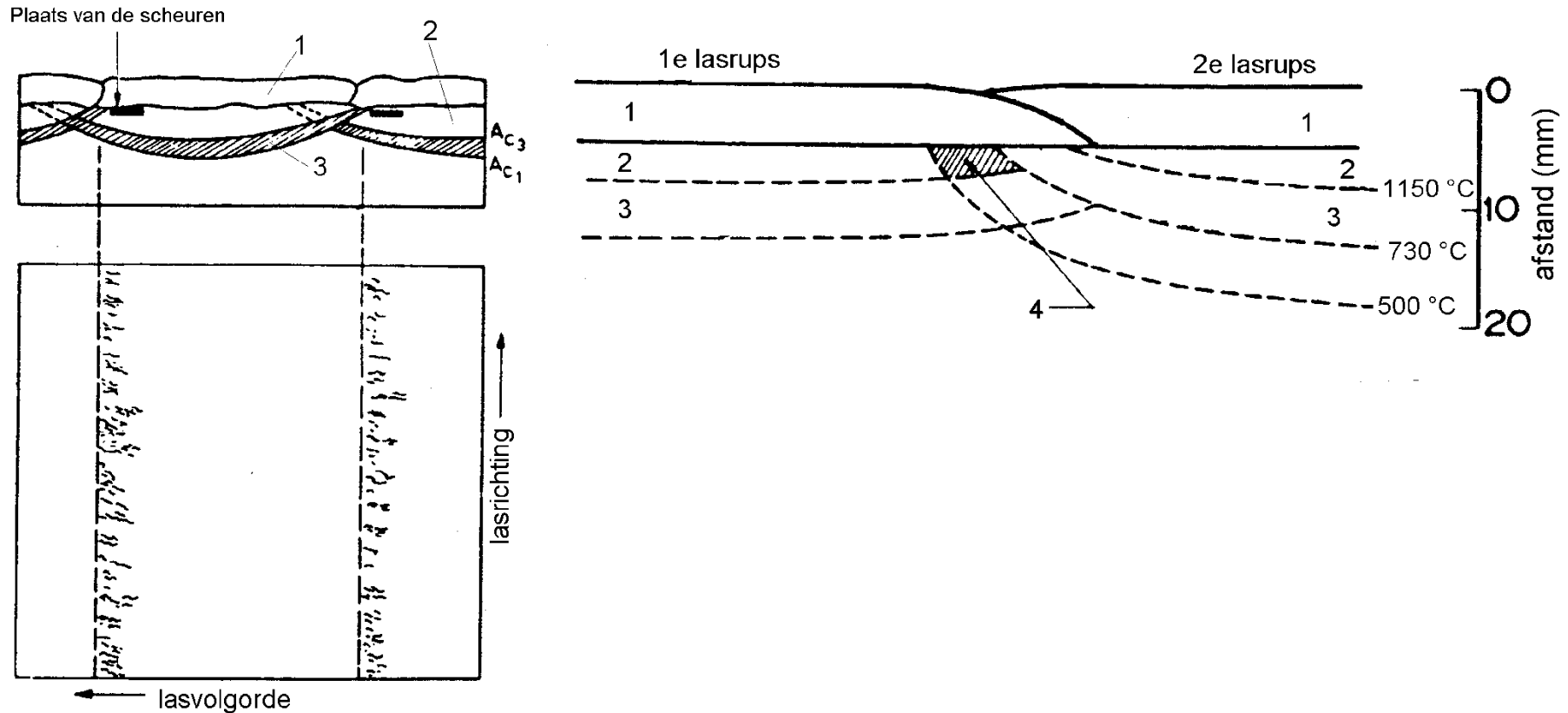


Maak de lasnaad zo steil mogelijk,
zodat er een kleine CGHAZ ontstaat

In dit geval ontstaat er een grotere
grofkorrelige zone



Underclad cracking



Bij het (band)oplassen van roestvast staal op kruipvast (dikwandig staal) kunnen scheuren ontstaan in dat gedeelte van de WBZ dat door de tweede naastliggende rups wordt warmtebehandeld.

Scheurtjes ontstaan onder het oppervlak, waar de temperatuur van ca 600°C wordt gehaald.

Underclad cracking

Bij hoge temperatuur is RVS sterker dan ferritisch staal, zeker als dat niet al te kruipvast is

Hierdoor ontstaat een plastische deformatie in de HAZ

Deze scheuren ontstaan dus tijdens het lassen.

Temper embrittlement

Ontlaatbrosheid

Verbrossing kan ontstaan in kruipvast ferritisch staal bij:

- “Gevoelige” samenstelling
- Segregatie van P, As, Sb & Sn naar de korrelgrens
- Gloeitemperatuur 375-575 °C
- Langzame afkoeling in dit temperatuurtraject

Verbrossing wordt bepaald aan de hand van de verschuiving van de overgangstemperatuur

voor basismateriaal geldt:

J-Factor (Watanabe)

$$J = (\% \text{ Si} + \% \text{ Mn}) (\% \text{ P} + \% \text{ Sn}) \times 10^4$$

Cu 0.20% max; Ni 0.30% max (gew %)

Mn + Si \leq 1.1 % (voor lasmetaal moeilijk te realiseren!)

J < 150 [oorspronkelijk], daarna J < 120

thans: J < 100

Lasmetaal ... →... te lage taaiheid

Mogelijkheden

- **Samenstelling**
- **Warmtebehandeling**
- **Basisch toevoegmateriaal**
- **Korrelverfijning**

- **Verlaag het gehalte aan verontreinigingen**
 - **P, As, Sb, Sn**
 - Dit is niet voldoende
 - **Mn**
 - **Hoewel in basismateriaal niet zo gewenst, omdat het samen met Si uitgescheiden wordt, is het in lasmetaal noodzakelijk om aciculaire ferriet te vormen**
In lasmetaal is de afkoelsnelheid zo groot dat er geen Mn-Si uischeiding plaats vindt.

voor lasmetaal geldt:

X-Factor (Bruscato)

$$X = \frac{10 P + 5 Sb + 4 Sn + As}{100}$$

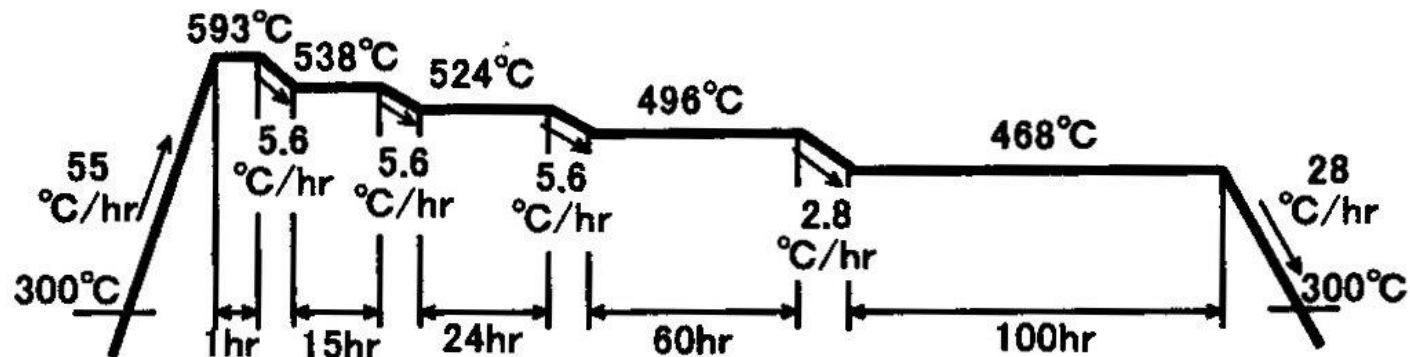
Aanvankelijk : $X < 20$ ppm

Thans $X < 15$ ppm

De verbrossing kan kwantitatief bepaald worden
bijvoorbeeld met een

Step ageing of step cool treatment

- De verbrossing is afhankelijk van het materiaal (bijv. wel of geen V)
- De warmtebehandeling is afhankelijk van de opdrachtgever
- Criterium : verschuiving van de overgangstemperatuur bij een kerfslagwaarde $KV = 54 \text{ J}$ (maximaal 5°C)



Typische stepcool treatment, met een totale tijdsduur van meer ca 240 uur

Voorbeeld van verbrossing door stepcooling (SC)

SR = spanningsarm gegloeid

Na SR + SC is in dit voorbeeld de verbrossing 4 °C.

→

De overgangstemperatuur voor de kerfslagwaarde van 54 J is met 4 °C verhoogd.

