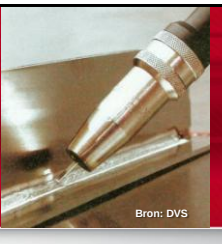


Voorwarmen en laag waterstof in lastoevoegmateriaal

Workshop MIG/MAG

Fred Neessen
Voorheen Lincoln Smitweld B.V.

Lasgroep Zuid, 26 Sept. en 31 Okt. 2023

Waarom voorwarmen?

- Verlagen van thermische spanningen
- Een minder gevoelige microstructuur
- Geringere toename van de hardheid
- Verminderen van porositeiten
- Verminderen van risico op waterstofscheuren
- Compenseren van grote warmteverliezen

Interactie van voorwarmen en chemische samenstelling

$$CE = C + \frac{Mn}{6} + \frac{(Cr + Mo + V)}{5} + \frac{(Si + Ni + Cu)}{15}$$

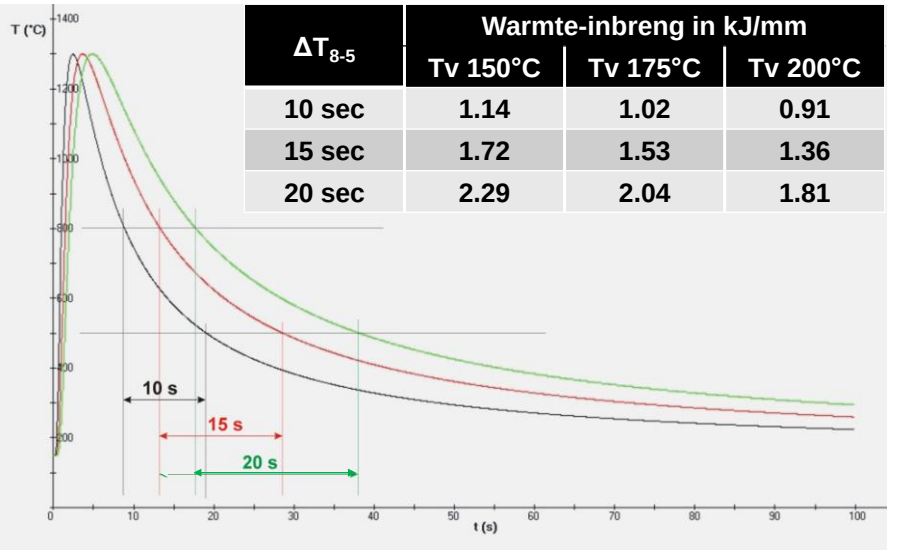
- Koolstofequivalent (CE) meet het vermogen om een martensiet structuur te vormen, die nodig is voor ontstaan van waterstofscheuren
  - CE < 0,35 — geen voorwarmen of warmtebehandeling
  - 0,35 < CE < 0,55 — Voorwarmen
  - 0,55 > CE — Voorwarmen en warmtebehandeling
- Voorwarm temp. ⬆ als CE ⬆ en plaatdikte ⬆

EN 10025, hot rolled structural steels overview

Designation according EN 10025 Part...	Part 2 Hot rolled	Part 3 Normalized fine grain	Part 4 Thermo mecha-nical rolled fine grain	Part 5 Atmospheric cor-rosion resistance	Part 6 High Yield strength quenched and tempered
S235	JR, J0, J2			J0W, J2W	
S275	JR, J0, J2	N, NL	M, ML		
S355	JR, J0, J2, K2	N, NL	M, ML	J0WP, J2WP J0W, J2W, K2W	
S420		N, NL	M, ML		
S450	J0				
S460		N, NL	M, ML		Q, QL, QL1
S500					Q, QL, QL1
S550					Q, QL, QL1
S620					Q, QL, QL1
S690					Q, QL, QL1
S890					Q, QL, QL1
S960					Q, QL
Note that:	JR = 27 J at +20°C J0 = 27 J at 0°C J2 = 27 J at -20°C K2 = 40 J at -20°C	N = 40 J at -20°C NL = 27 J at -50°C	M = 40 J at -20°C ML = 27 J at -50°C	W = atmospheric corrosion resistance P = greater P-content	Q = at -20°C QL = at -40°C QL1 = at -60°C For all 30 J long. and 27 trans.

	S235J2G3 (1.0116) EN 10025	S355N (1.0545) EN 10025-3	S690QL (1.8928) EN 10025-6
C	≤ 0,19	≤ 0,22	≤ 0,22
Mn	≤ 1,5	≤ 0,85 – 1,75	≤ 1,80
Si	-	≤ 0,55	≤ 0,86
Cr	-	≤ 0,35	≤ 1,6
Ni	-	≤ 0,55	≤ 2,1
Mo	-	≤ 0,13	≤ 0,74
Cu	-	≤ 0,60	≤ 0,55
V	-	≤ 0,14	≤ 0,14
Ti	-	≤ 0,06	≤ 0,07
Zr	-	-	≤ 0,17
B	-	-	≤ 0,006
Nb	-	≤ 0,06	≤ 0,07
Rekgrens	≥ 235	≥ 355	≥ 690
Treksterkte	360 – 510	470 – 630	770 – 940
	250/500 = 0,5	360/520 = 0,7	700/800 = 0,88
Rek	≥ 17 (22)	≥ 22	≥ 14

ΔT_{8-5} = f(W.I. en Tv)



ΔT_{8-5}	Warmte-inbreng in kJ/mm		
	Tv 150°C	Tv 175°C	Tv 200°C
10 sec	1.14	1.02	0.91
15 sec	1.72	1.53	1.36
20 sec	2.29	2.04	1.81

Voorwarmen om waterstof-scheuren te voorkomen

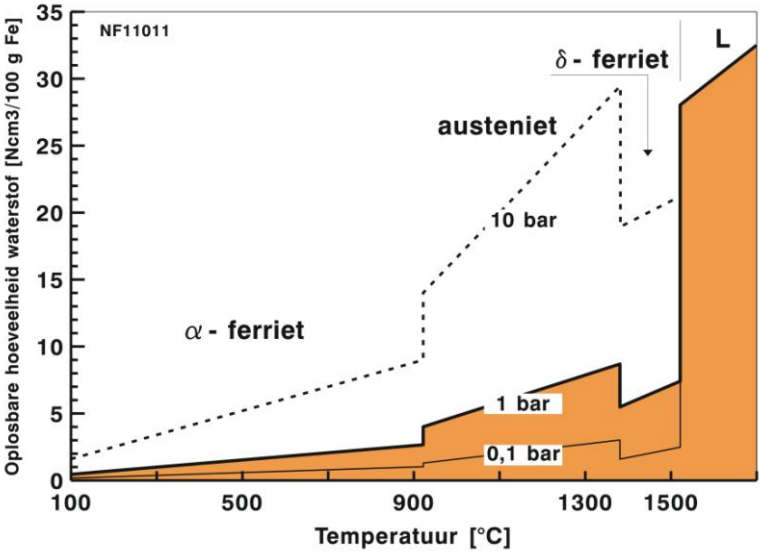
- Bij voorwarmen van het basismateriaal, verdwijnt de warmte langzamer uit de laszone
  - Langzamere afkoelsnelheden voorkomen de vorming van martensiet
- Voorwarmen zorgt ervoor dat waterstof uit het metaal kan diffunderen

Diffundeerbare waterstof

Wat het is ?

- Waterstof opgelost in on- en laaggelegeerd staal en is bij kamertemperatuur nog steeds mobiel
- Naarmate de las vervormd en er spanningen optreden, kunnen waterstofscheuren ontstaan (Under bead of Delayed Cracking genoemd)
- Daarom zijn waterstof gecontroleerde draden ontwikkeld, zodat minimale hoeveelheden waterstof via de gevulde draad in de las wordt geïntroduceerd

Oplosbaarheid van waterstof in ijzer als functie van temperatuur en druk



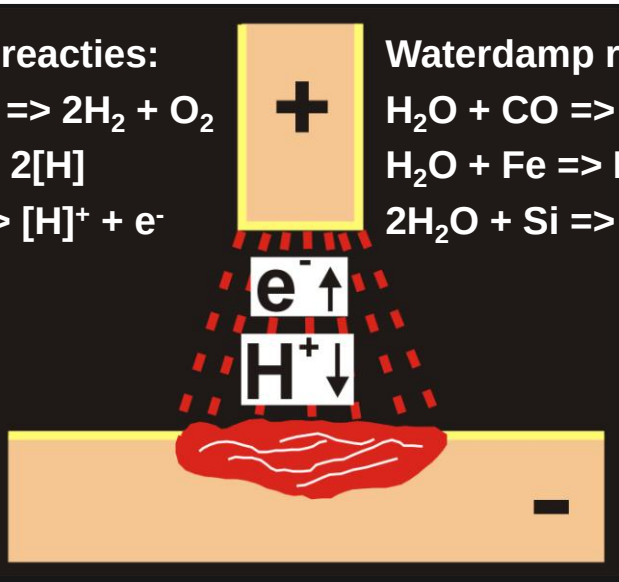
H_2 - Dissociatie

Boogreacties:

$2H_2O \Rightarrow 2H_2 + O_2$

$H_2 \Rightarrow 2[H]$

$[H] \Rightarrow [H]^+ + e^-$



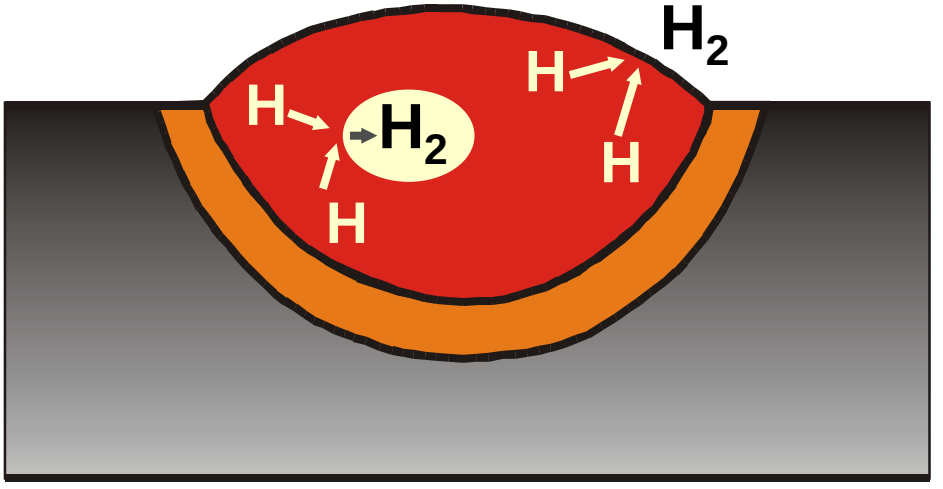
Waterdamp reacties:

$H_2O + CO \Rightarrow H_2 + CO_2$

$H_2O + Fe \Rightarrow H_2 + FeO$

$2H_2O + Si \Rightarrow 2H_2 + SiO_2$

Recombinatie en Diffusie

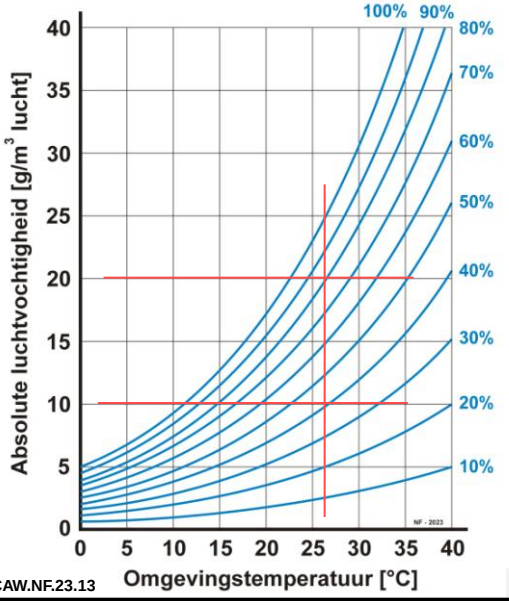


Diffundeerbare waterstof

Waar komt het vandaan?

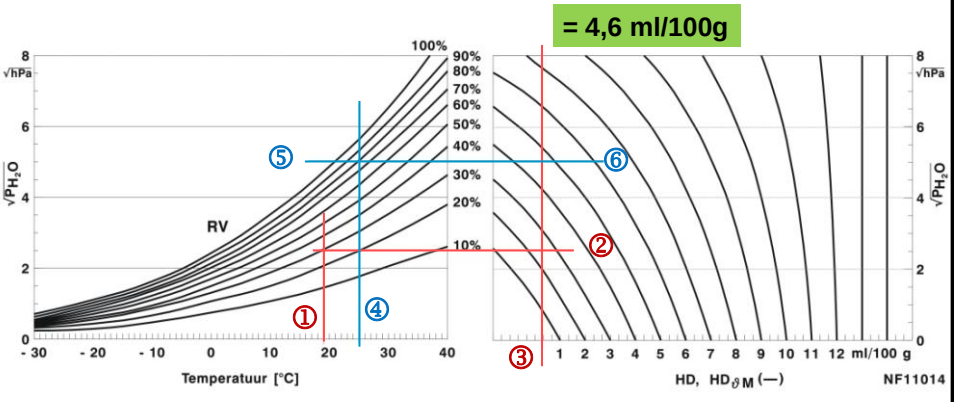
- Lassen is een belangrijke bron:
  - Vocht in poeders, elektrodebekledingen en vulling bij gevulde draden
  - Smeermiddelen op massieve en gevulde draden
  - Vocht in de atmosfeer, vooral voor open boogprocessen, bijv. SMAW en FCAW-(S)
  - Verontreinigingen op lasoppervlakken (bijv. roest, olie, verf)
  - Verontreiniging van beschermgas, bijv. vochtcondensatie in gasleidingen
- Bronnen zijn tijdens het lassen altijd aanwezig

Hoeveelheid vocht in atmosfeer = f(temp. en rel. luchtvochtigheid in %)



❶ Waterdampspanning als functie van temperatuur en relatieve vochtigheid

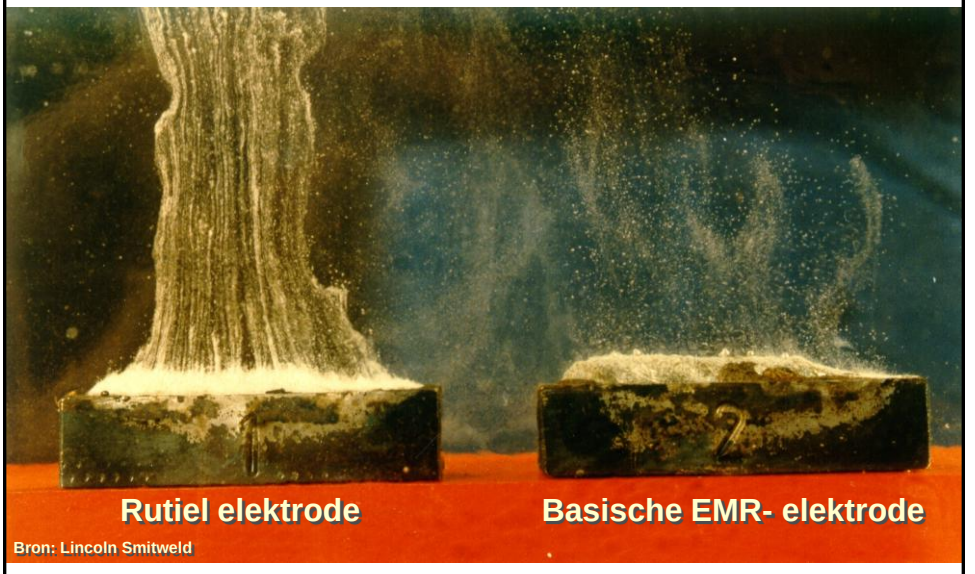
❷ Herleiding van hoeveelheid waterstof beïnvloed door de waterdampspanning



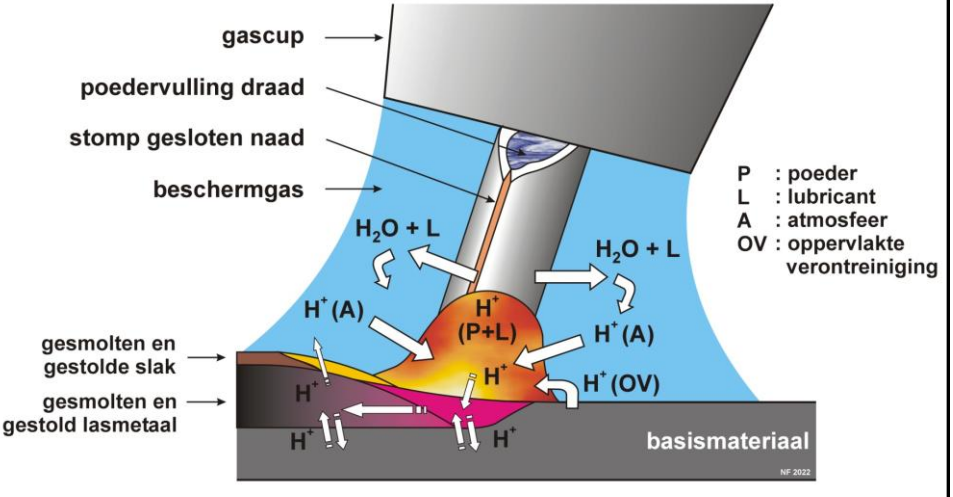
Gegeven: H_{DM} = 2,5 ml/100g bij 19° en 30% RV

Gevraagd: H_{DM} bij 25°C en 80% RV

Het ontwijken van waterstof door diffusie in glycerine bij 60ºC



Mogelijke waterstofbronnen tijdens lassen gevulde draden

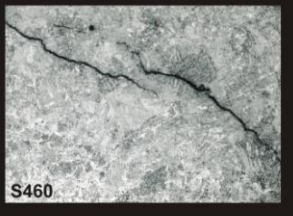


Vocht en waterstof

- In de lasboog zijn aanwezig:
  - H_2 (moleculair)
  - H_2O
  - organische bestanddelen (potentiële waterstofbronnen)

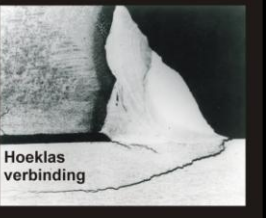
  Deze dissociëren tot waterstof atomen
- Atomair waterstof lost in vloeibaar metaal op
- Eisen stellen aan diffundeerbaar waterstof bij:
  - basische on- en laaggelegeerde elektroden
  - laspoeders (basische, maar ook aan alle andere)
  - alle gevulde draden (on- en laaggelegeerd lasmetaal)

Factoren die de gevoeligheid voor waterstof bepalen



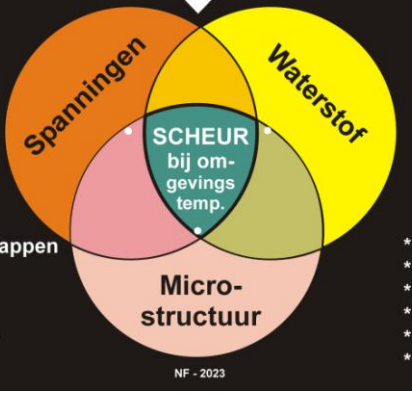
* voorwarm temperatuur
* interpass temperatuur
* lasproces
* chemische samenstelling
* atmosferische toestand

Waterstof



Overlap van de 3 factoren resulteert in een hoog risico
Hoe kleiner de grootte van de cirkels hoe kleiner het risico

Spanningen



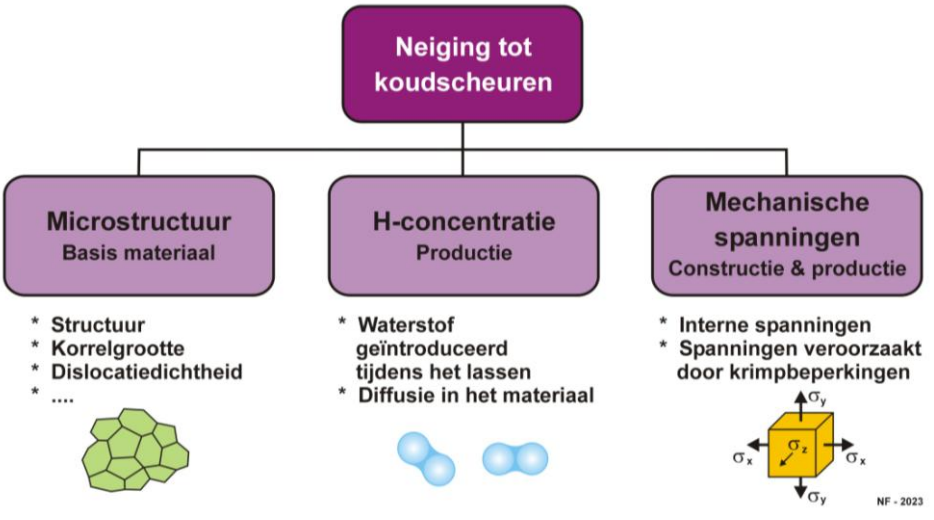
Microstructuur

* mechanische eigenschappen
* lasnaadvorm
* warmte-inbreng
* materiaaldikte
* voorwarm temperatuur
* interpass temperatuur

* chemische samenstelling
* lasproces
* warmte-inbreng
* materaaldikte
* voorwarm temperatuur
* interpass temperatuur

Bron: Peter Hart

Waterstof ondersteunt koudscheuren

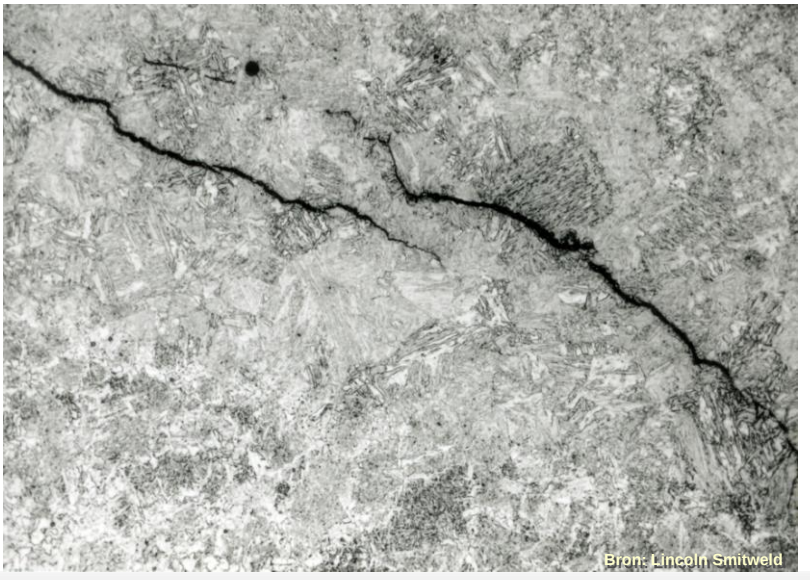


Martensiet

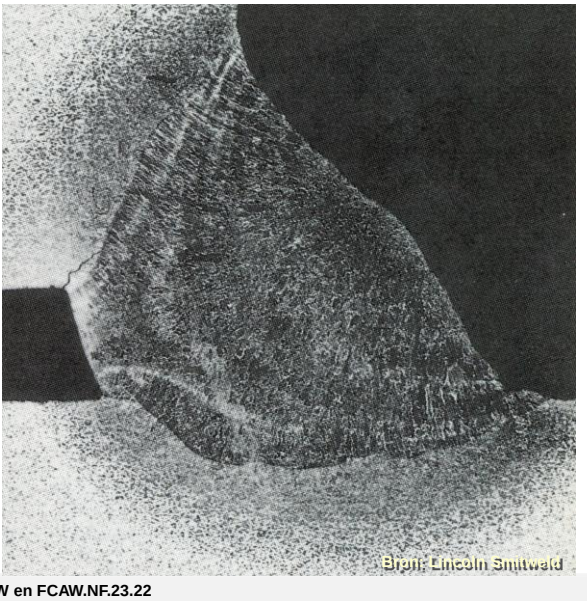
- Hoge hardheid
- Lage rek
- Slechte kerftaaiheid
- Hoge Re/Rm verhouding

} Gevoelig voor scheuren

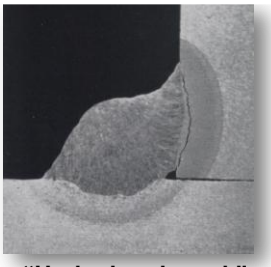
Koudscheur in S460 - V is 125 maal



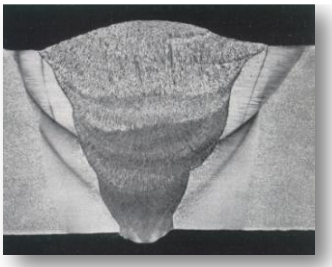
HAZ waterstofscheuren in met waterstof geladen materiaal (mag. x 10)



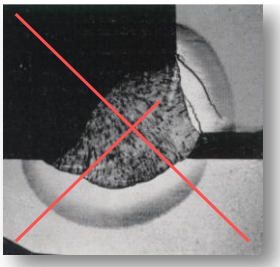
Waterstof geïnitieerde koudscheuren



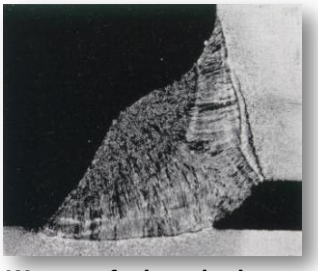
"Under bead crack"



"Toe cracks" in de HAZ



Scheurvorming door te grote "root gap" a.g.v. toenemende spanning



Waterstofscheur in de root

"Toe crack"
in een meerlagen hoeklas

Bron:
Lincoln Smitweld

Maatregelen om waterstof te verminderen

“Laag waterstof” is relatief

- Gevulde draden zijn niet de enige bron van waterstof in de las…
- En de gevoeligheid voor waterstofeffecten verschilt per toepassing...
- “Laag” kan niet in elke toepassing hetzelfde betekenen
- En aan “Laag” kan geen specifieke waarde worden toegewezen

Bedankt voor uw aandacht