

# Lasmetaalkunde

5b warmscheuren

**Ir C.A. Brak**

Versie 2017

## Warmzscheuren

Komen vooral voor –maar niet uitsluitend– in:

- Austenitisch roestvaststaal
- Aluminiumlegeringen
- Koperlegeringen
- Nikkellegeringen

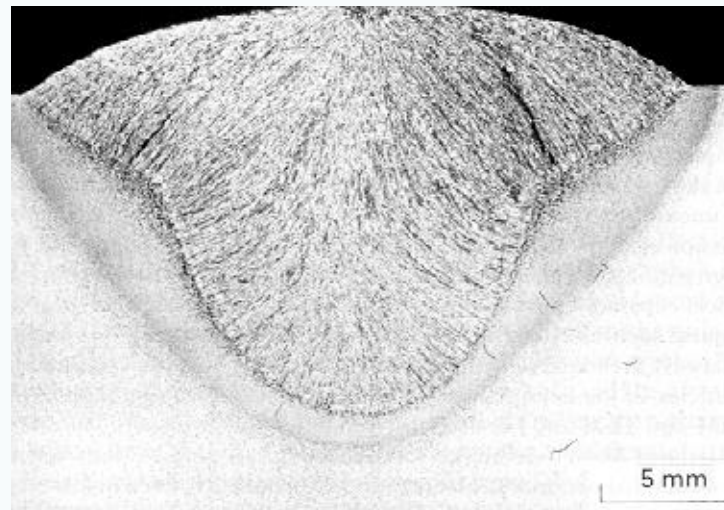
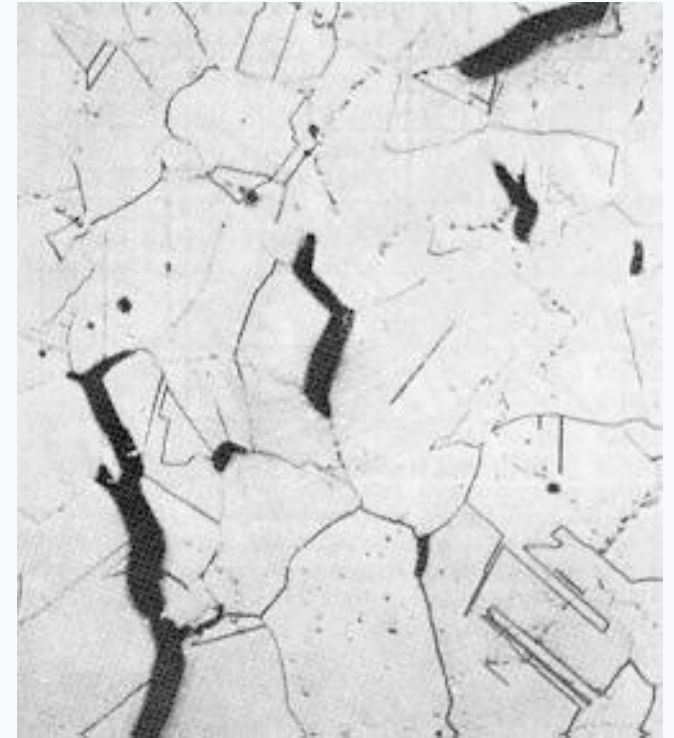
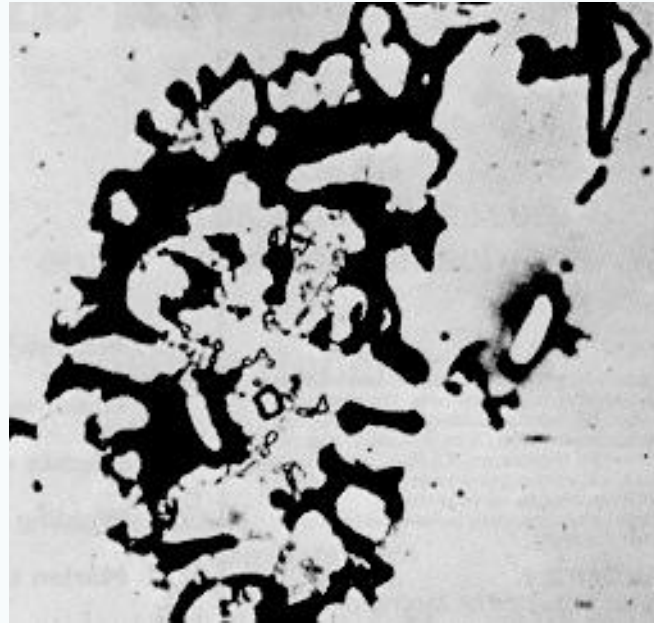
Kortom: in legeringen met een austenitische (KVG) structuur

- Verlopen uitsluitend interkristallijn
- Komen voor in lasmetaal en WBZ

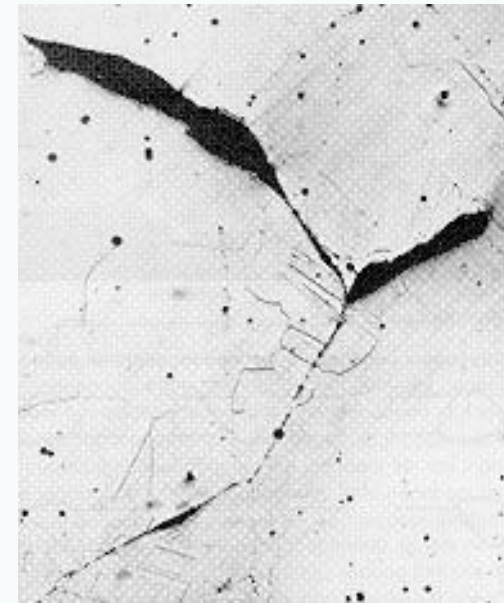
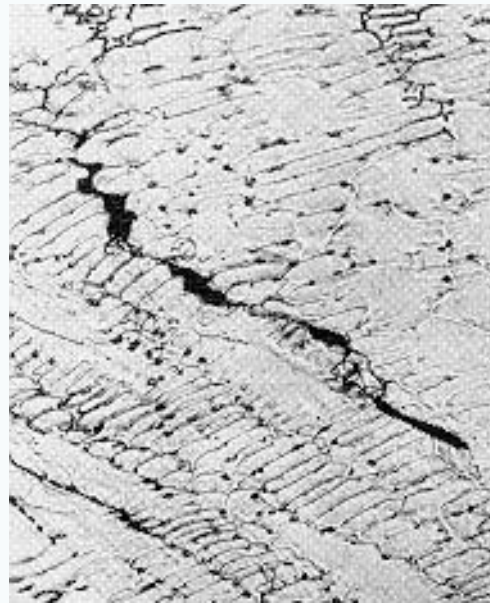
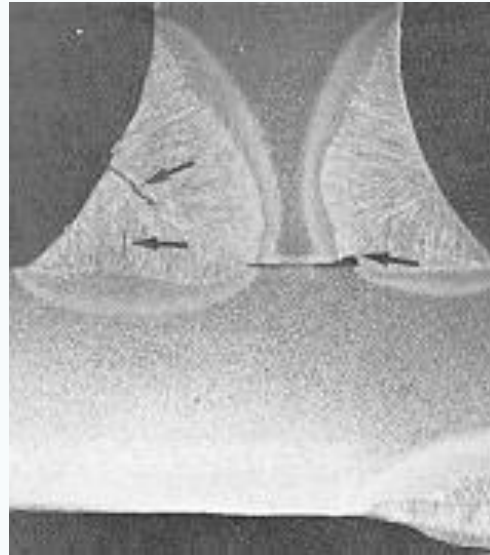
Te onderscheiden in

- Stolscheuren = solidification cracks
- Smeltscheuren = liquation cracks
- Scheuren door verminderde vervormbaarheid = ductility dip cracking

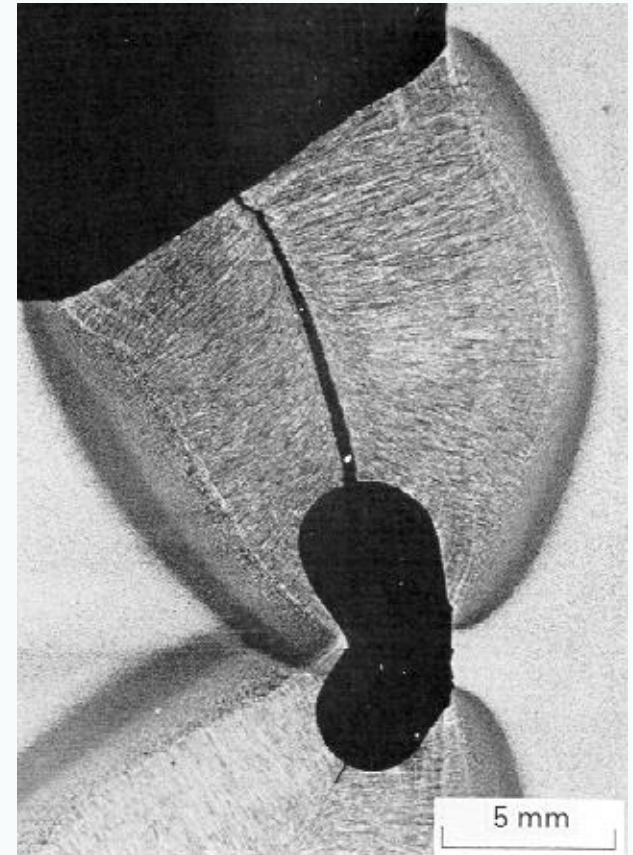
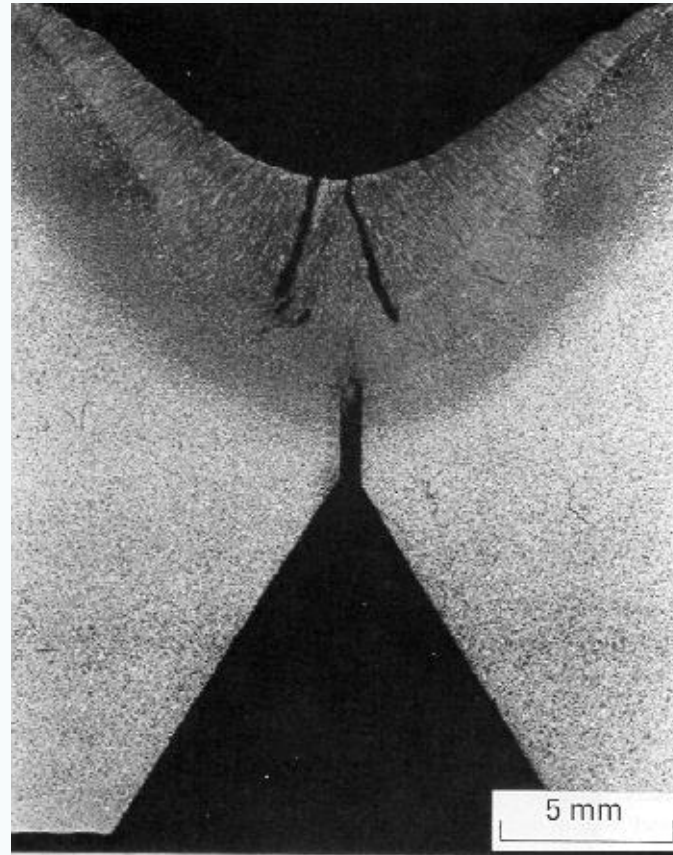
# Stolscheuren



# stolscheuren



# stolscheuren



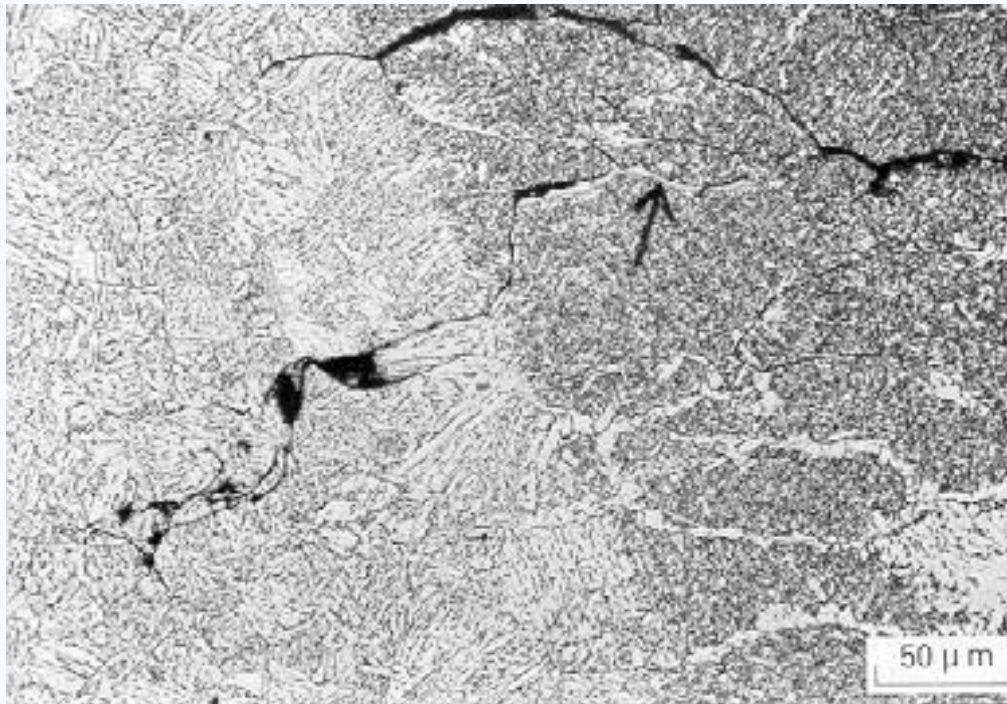
De aanwezigheid van de vooropening versterkt de kans op warmscheuren



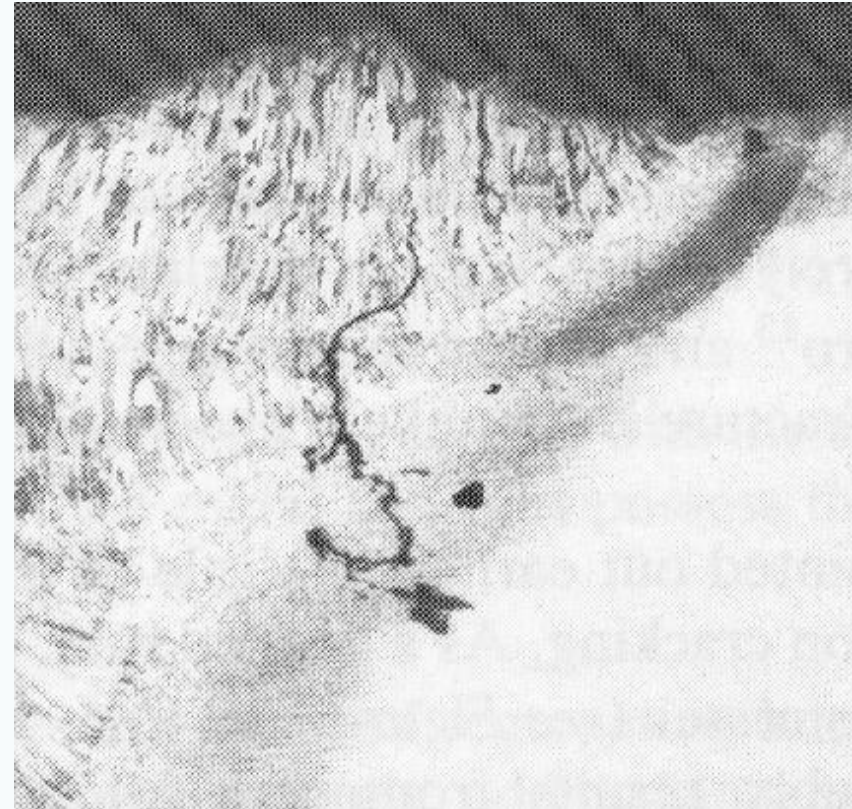
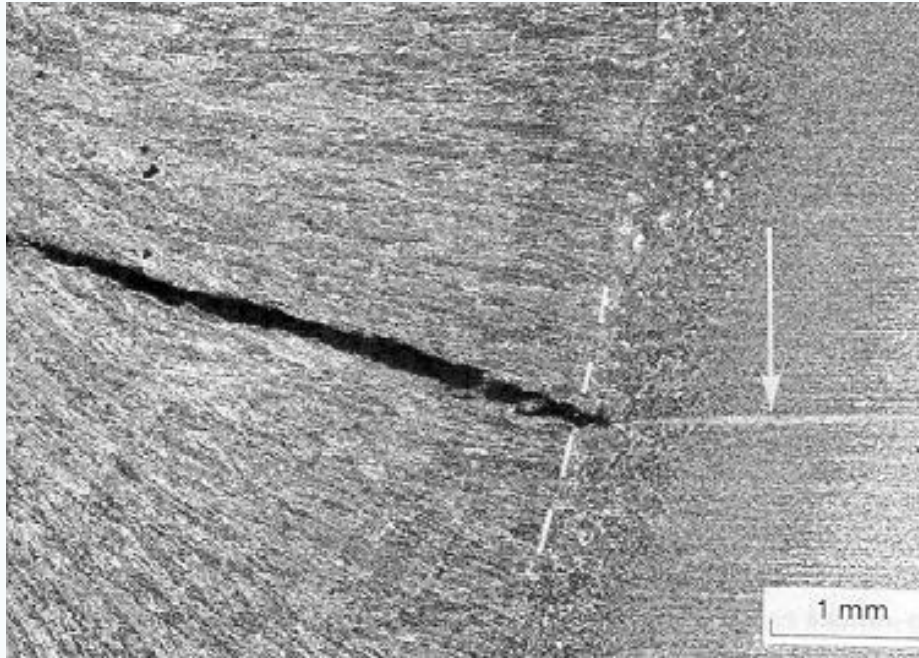
LME = Liquid Metal Embrittlement

Koper in staal

Zink in roestvaststaal



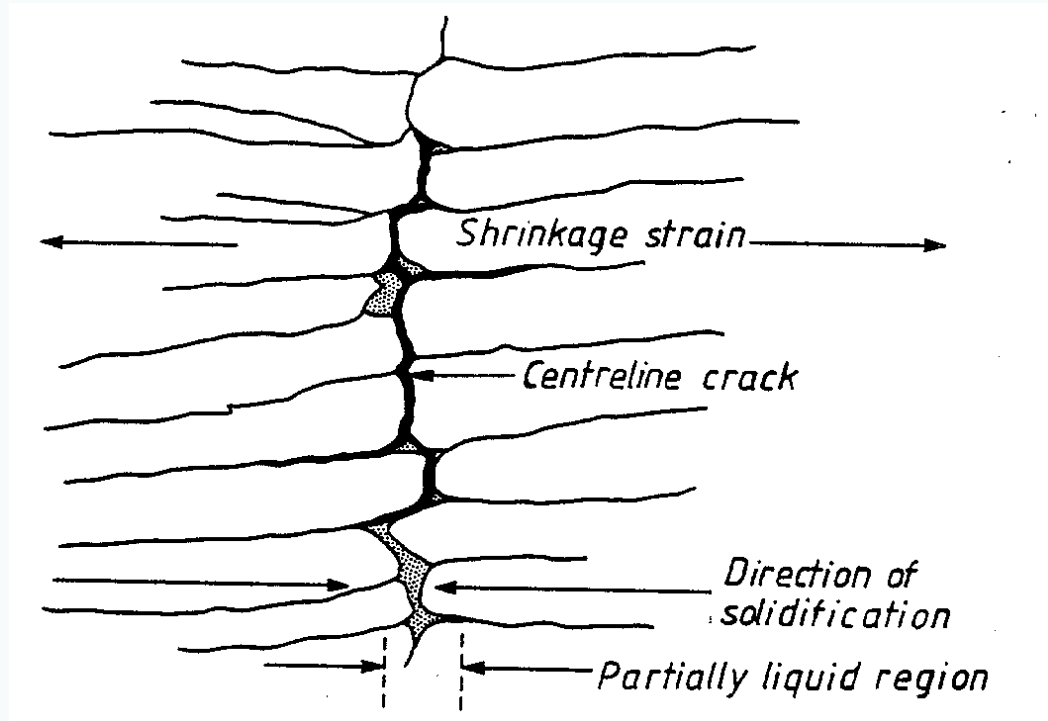
# smeltscheuren



Smeltscheuren beginnen in de WBZ en kunnen doorlopen in het lasmetaal

## Warmscheurtheorieën

### Pumphrey (stolscheur)



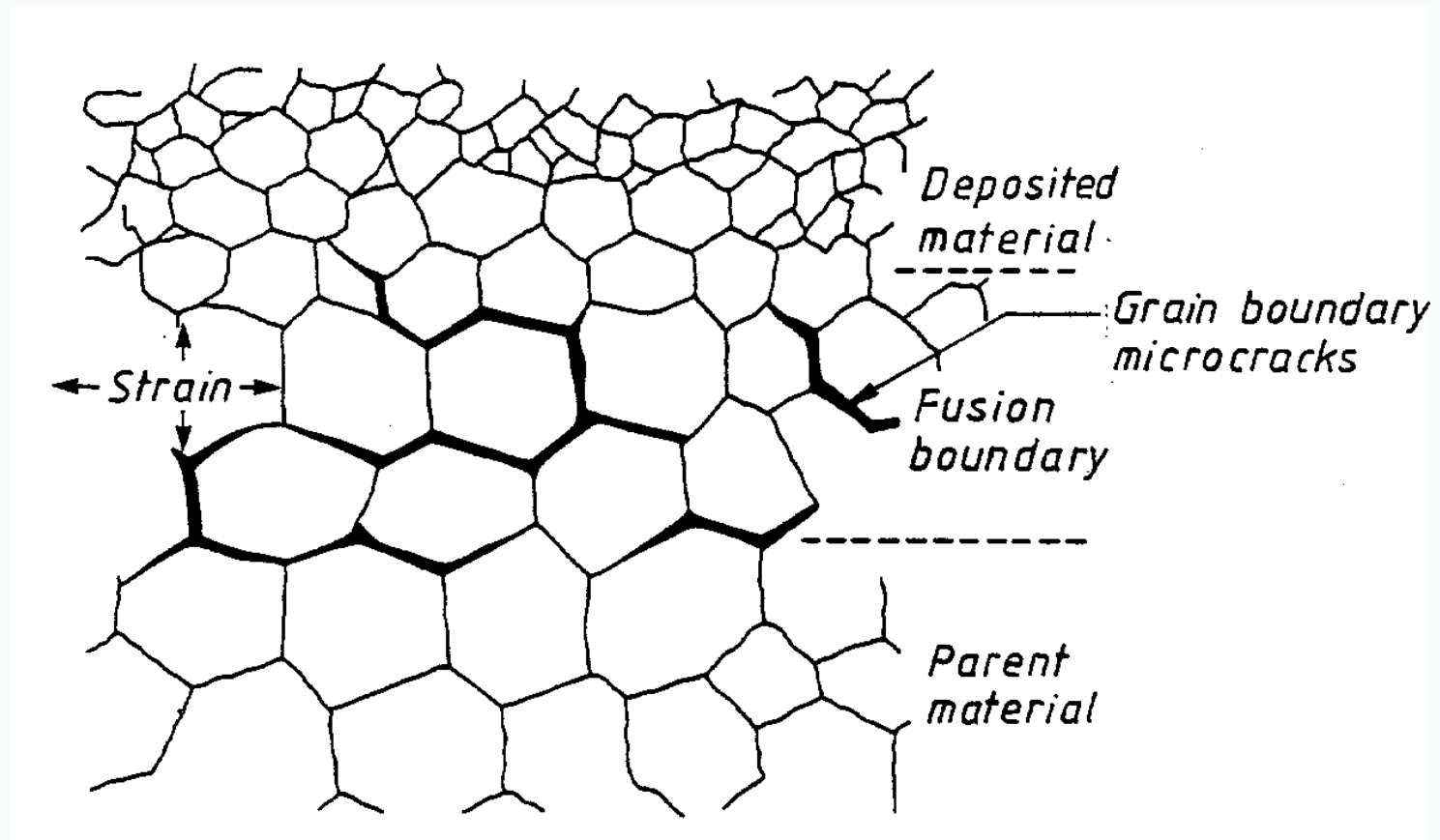
Dendrieten (..) groeien uit en de laagsmeltende fasen blijven in de vloeistof over. Slinkholtes kunnen niet opgevuld worden als de doorgang van de vloeistof wordt belemmerd.

Door krimpspanning en laagsmeltende fasen kunnen scheuren ontstaan, daar waar de dendrieten elkaar raken.

*Voorbeeld: in het midden van een hoeklas*



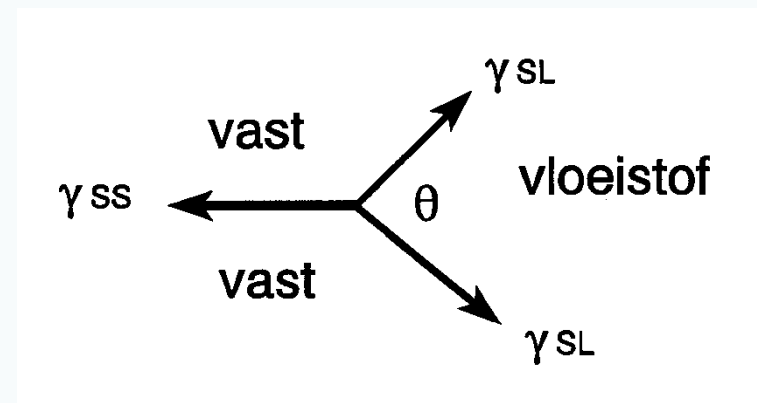
## Pellini (smeltscheur)



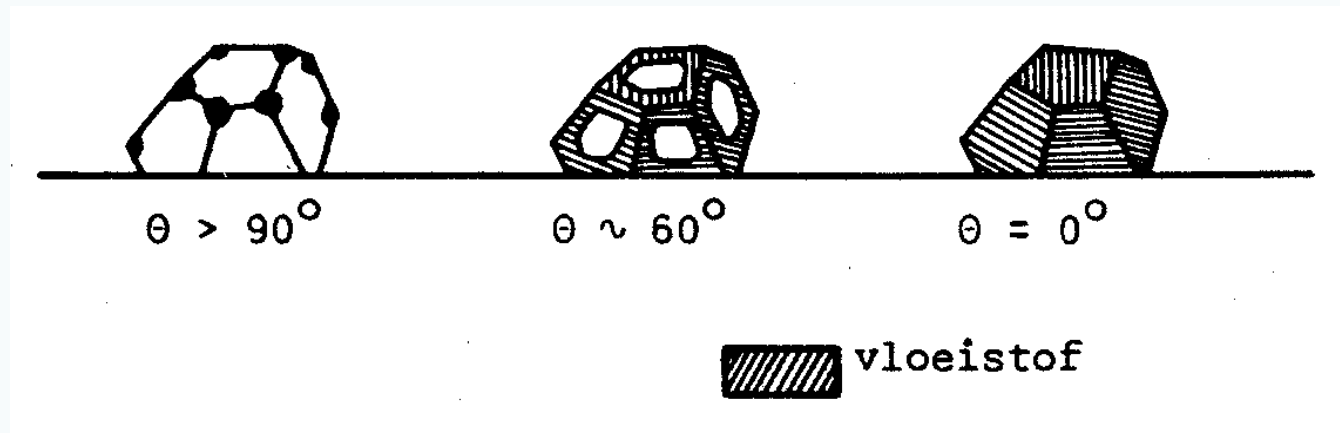
Ontstaan van vloeistof (door laagsmeltende fase) op de korrelgrens geeft scheuren door krimpspanning.

*Voorbeeld bij "verontreinigd" materiaal*

## Borland



Naast een laagsmeltende fase is het ook noodzakelijk dat deze fase in vloeibare toestand **een lage grensvlakspanning** geeft. Dit heeft tot gevolg dat de hoek  $\theta$  klein is waardoor de vloeistof het oppervlak bevochtigd heeft en de binding tussen de korrel verbroken is.



**Borland is de meest gangbare theorie.**

Naast deze drie theorieën zijn er in de afgelopen jaren nog andere geweest die hier niet zullen worden besproken.

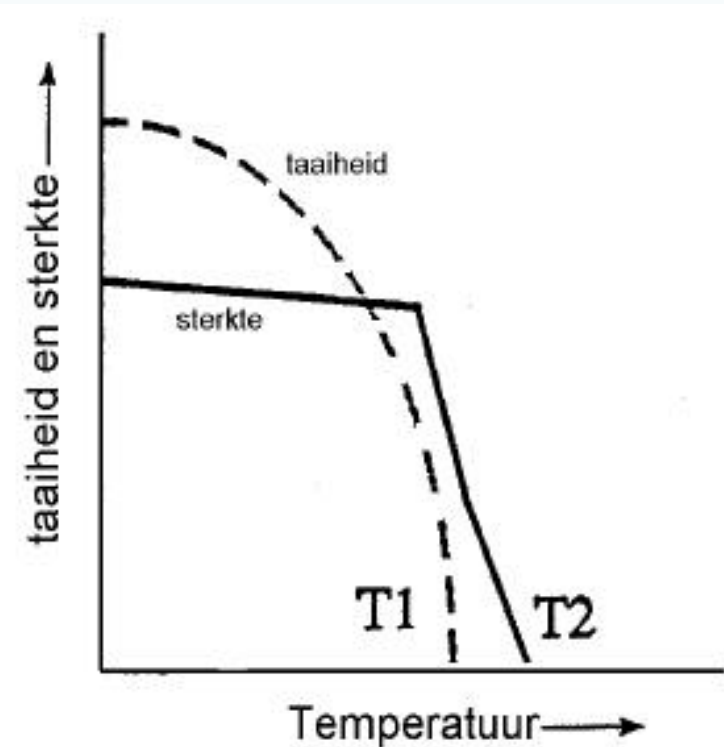
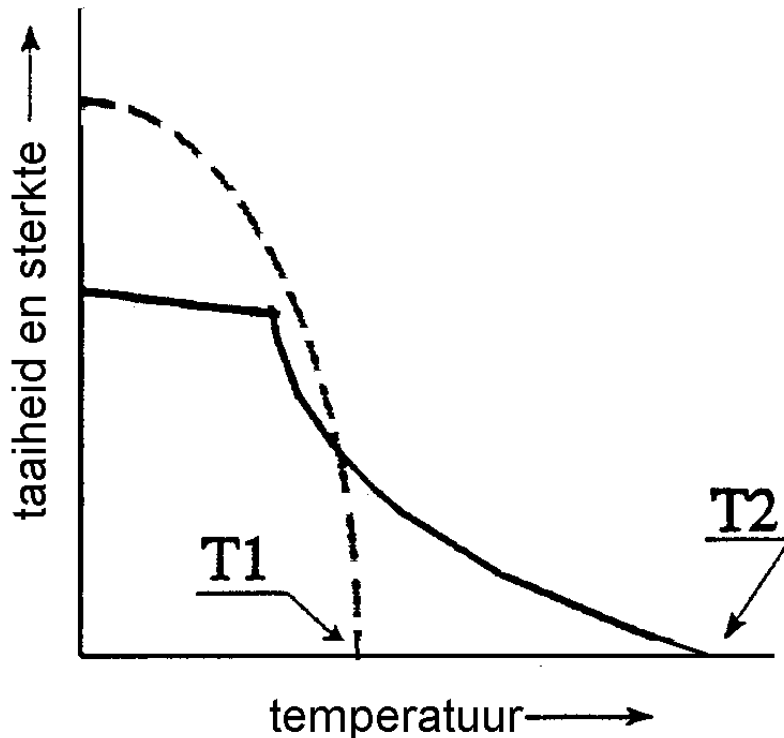
Scheuren ontstaan door (krimp)spanning en gebrek aan taaigheid;  
Tijdens de stolling hebben we met beide te maken:

## Vergelijking van mechanische eigenschappen in de buurt van het smeltpunt

Als de **brittle temperature range** (*BTR*) (=verschil tussen  $T_1$  en  $T_2$ ) groot is, wordt het materiaal scheurgevoelig.

$T_1$  Nil-ductility temperatuur

$T_2$  Coherentie temperatuur



**T1 -- Nil-ductility temperatuur (NDT) →**

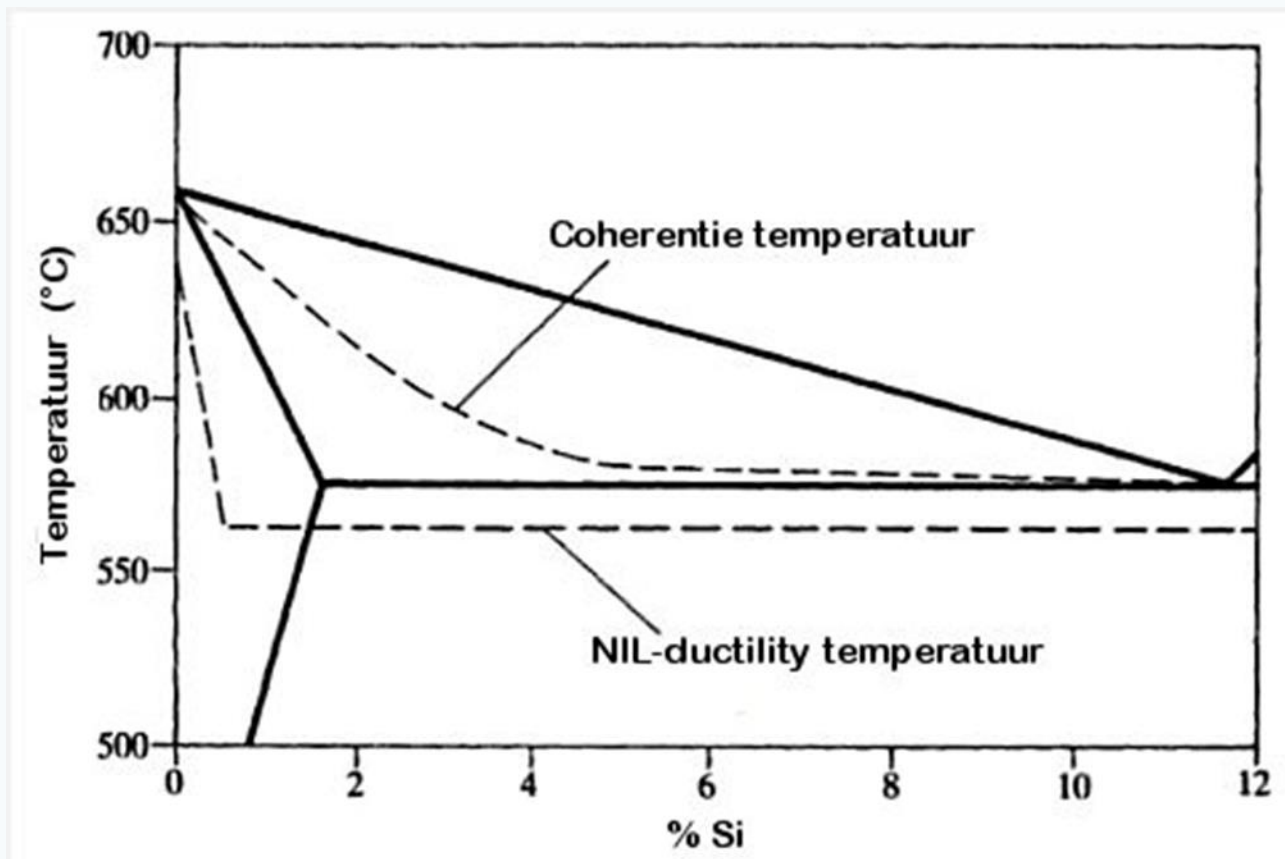
Boven deze temperatuur breekt het materiaal met een bros breukvlak. Dit kan bijvoorbeeld gemeten worden door de insnoering van een trekstaafje te meten.

Let Op: deze term wordt ook gebruikt bij het bros breken van staal bij lage temperatuur.

**T2 -- Coherentie temperatuur -ook wel: Nil-strength temperature (NST) →**

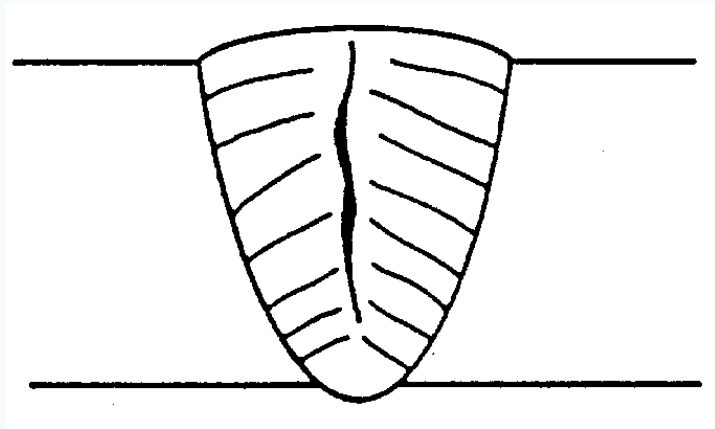
Boven deze temperatuur heeft het materiaal geen sterkte meer.





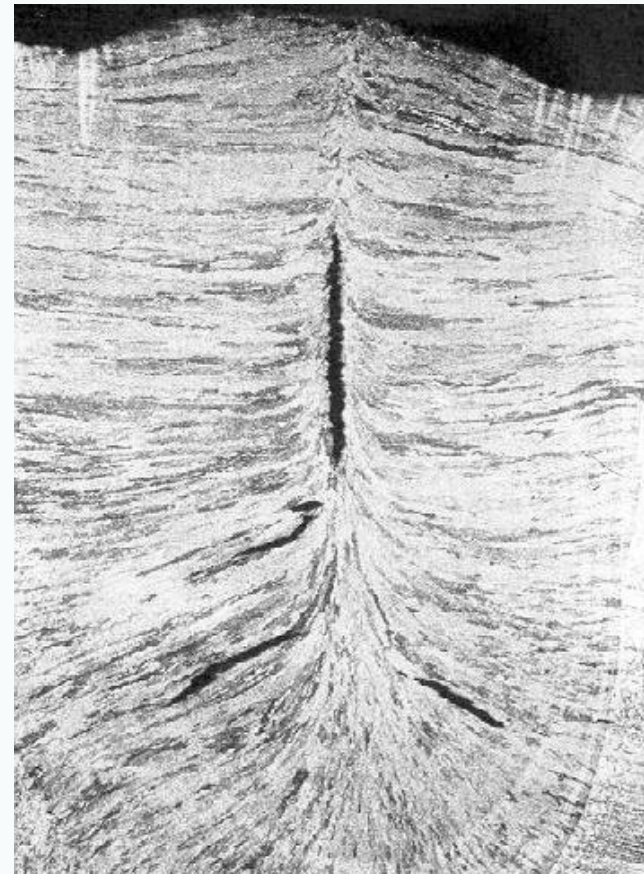
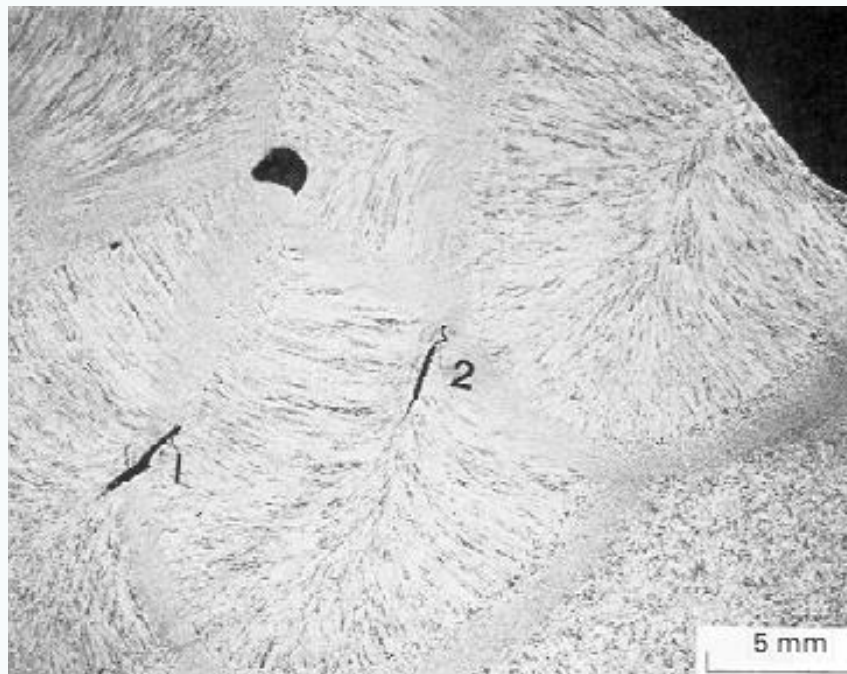
Voorbeeld in Mg-Si diagram

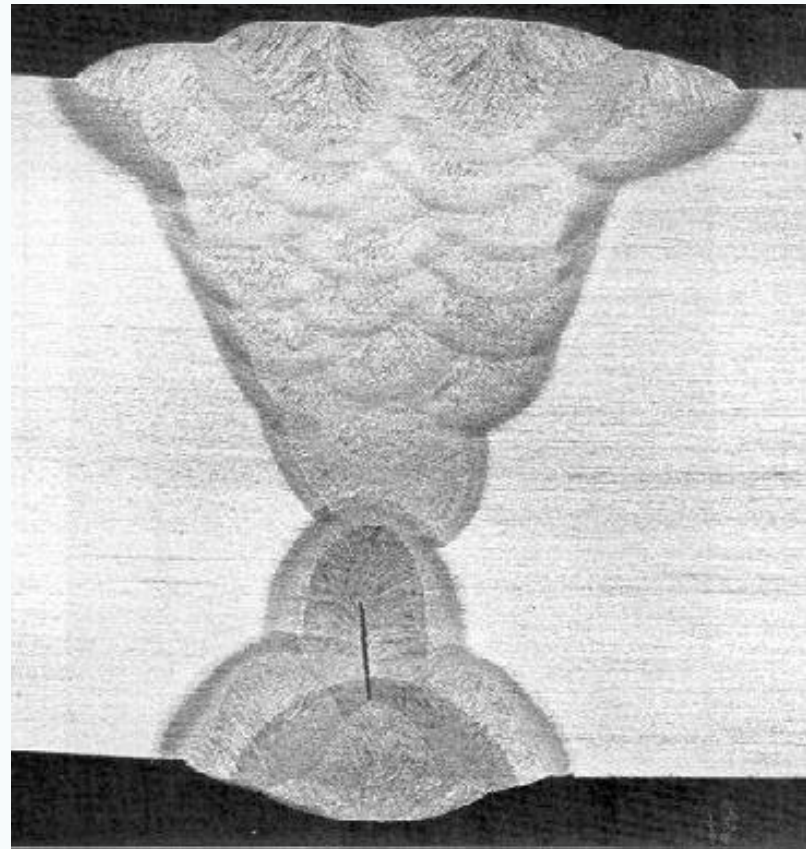
# HB scheuren



Verhouding Hoogte – Breedte  $> \approx 1$   
(afhankelijk van de samenstelling)

Komt (vooral/bijna uitsluitend) voor bij  
het onderpoederlassen van ongelegeerd en  
laaggelegeerd constructiestaal





Deze HB scheur is ontstaan door een te zware las in te nauwe naad.  
De lasser heeft misschien gedacht dat de scheur door de volgende lagen ongedaan zou worden gemaakt.

Te vermijden door wijdere naad (beter uitslijpen) of dunne lagen

Er is een empirische formule voor de scheurgevoeligheid:

De Units of Crack Susceptibility (UCS) is gerelateerd aan de samenstelling in gew%

$$UCS = 230 C + 190 S + 75 P + 45 Nb - 12,3 Si - 5,4 Mn - 1$$

Als  $UCS < 10$  dan hoge weerstand tegen scheuren

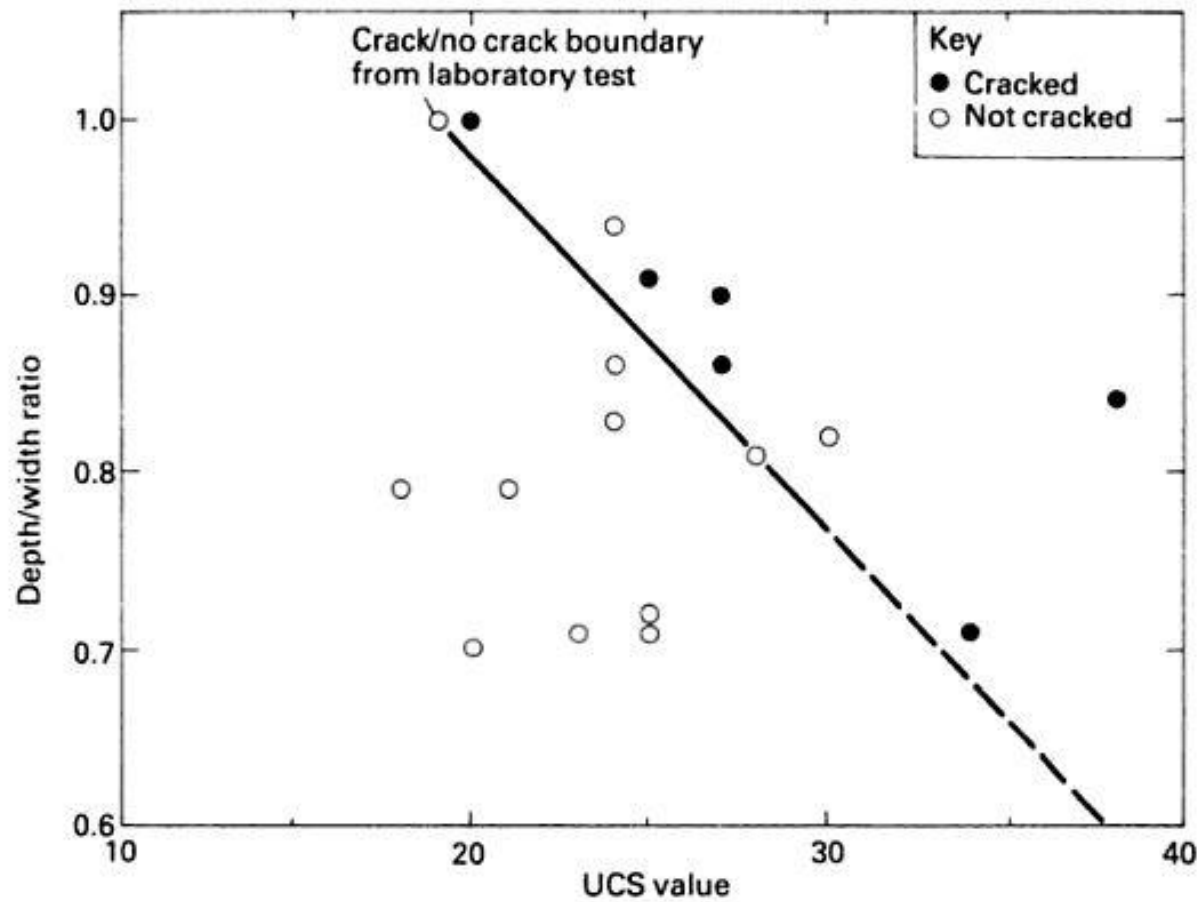
Als  $UCS > 30$  dan groot risico op scheuren

Tussen 10 en 30 neemt risico op scheuren toe als de HB verhouding toeneemt en/of de lassnelheid

Zie ook EN 1011-2

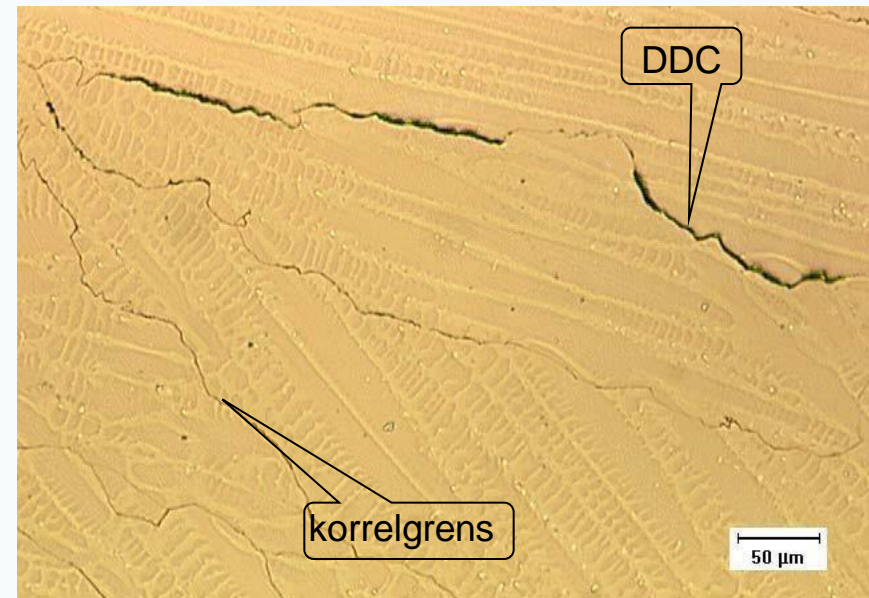
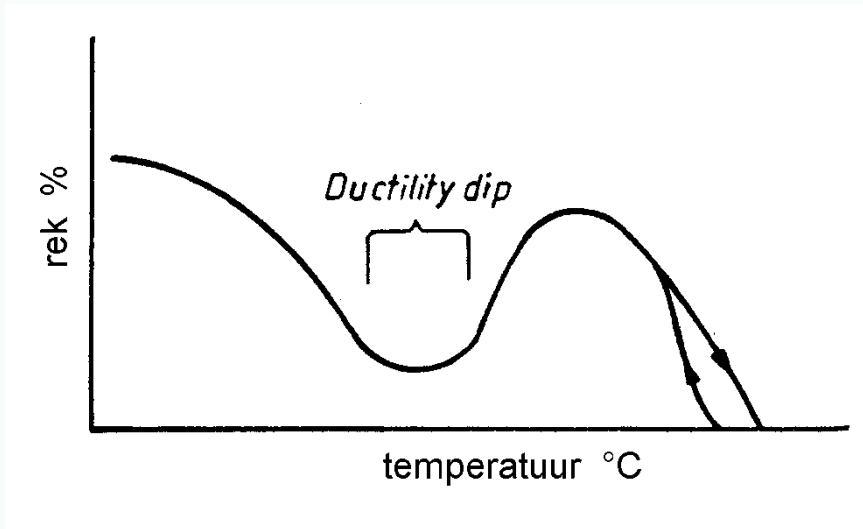


## 76 Weldability of ferritic steels



3.18 Results of tests on commercial submerged arc fillet welds in which  $D/W$  was varied and the results related to the UCS (Eq. [3.1] of the weld metal).

## Ductility dip cracking (DDC)



Deze scheuren kunnen voorkomen in KVG legeringen (vooral gerapporteerd in RVS en Ni-legeringen).

In dit geval is niet een vloeibare fase de oorzaak maar uitscheidingen langs de korrelgrens die tijdelijke verbrossing geven. Hierbij speelt segregatie van S en P een belangrijke rol.

Ook bij meerlagenlassen komt het meer voor.

Het temperatuurgebied waarin DDC optreedt, ligt rond de 750 - 1000 °C.

De scheuren zijn klein (microscheuren) en worden met NDO nauwelijks opgemerkt

## Criteria voor warmscheurproeven

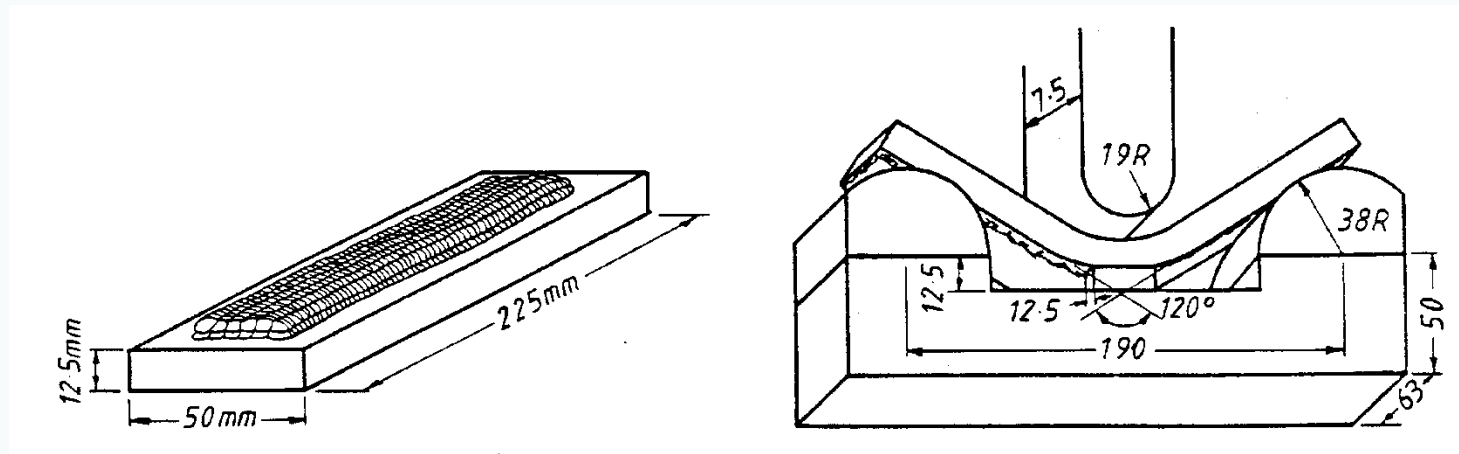
- Treden er scheuren op? (vergelijking tussen materialen)
- Hoe groot is de scheur? (variatie in spanning in een proefstuk)
- Wanneer treedt de eerste scheurvorming op?
- Waar treedt de scheurvorming op?

Er bestaan veel warmscheurproeven en je mag ze ook zelf bedenken

Bekende proeven die kort worden besproken zijn:

- Fissure bend test
- Circular patch test
- Murex hot cracking test
- Vastrestraint test

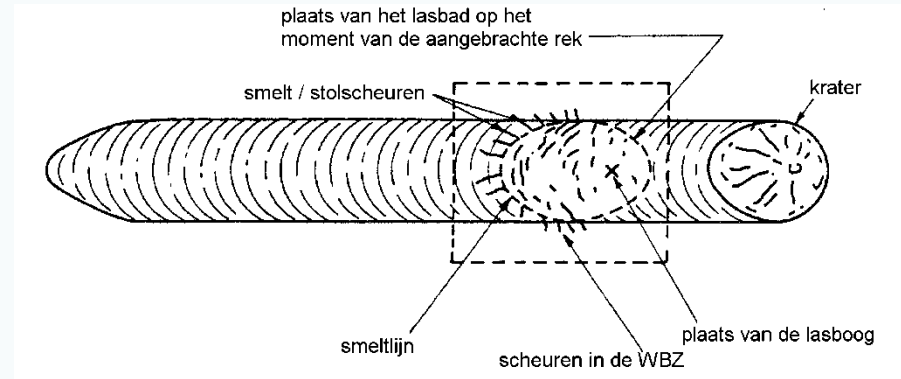
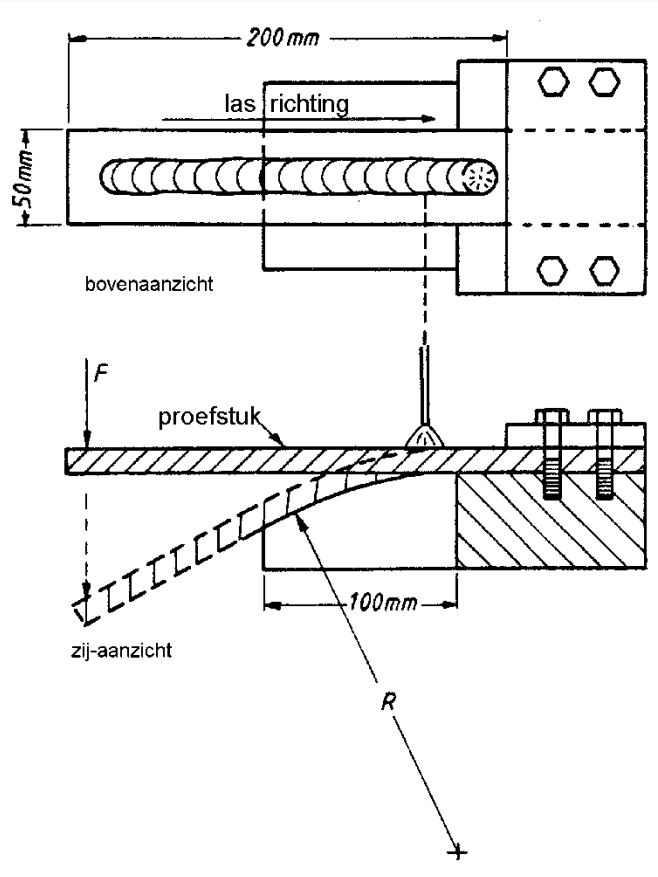
## Fissure bend test



Na een oplassing van twee lagen van elk zes snoeren wordt de sluitlaag tot de helft van de dikte afgeslepen. Daarna wordt een buigproef uitgevoerd. Speciaal voor smeltscheuren

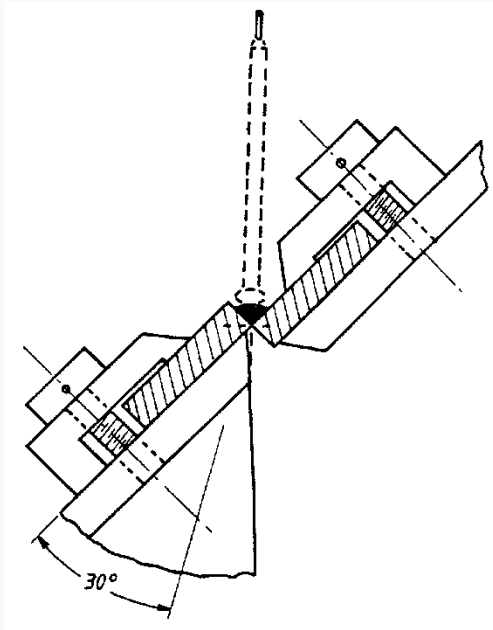


## Varestraint proef



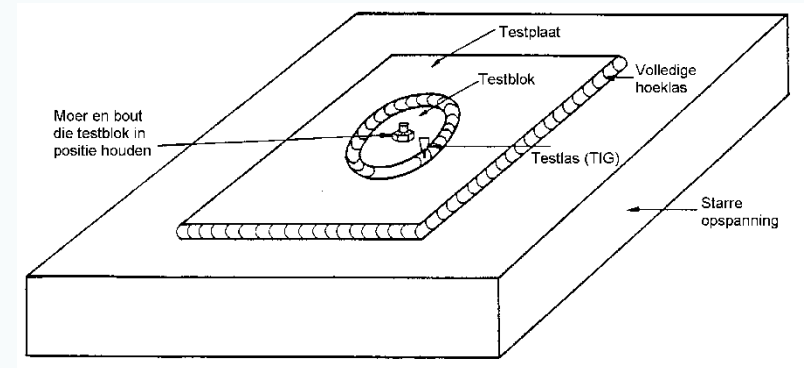
**warmscheuren  
varestraint proefstuk 4% rek**

De testplaat wordt tijdens het lassen gebogen over een aambeeld met radius  $R$

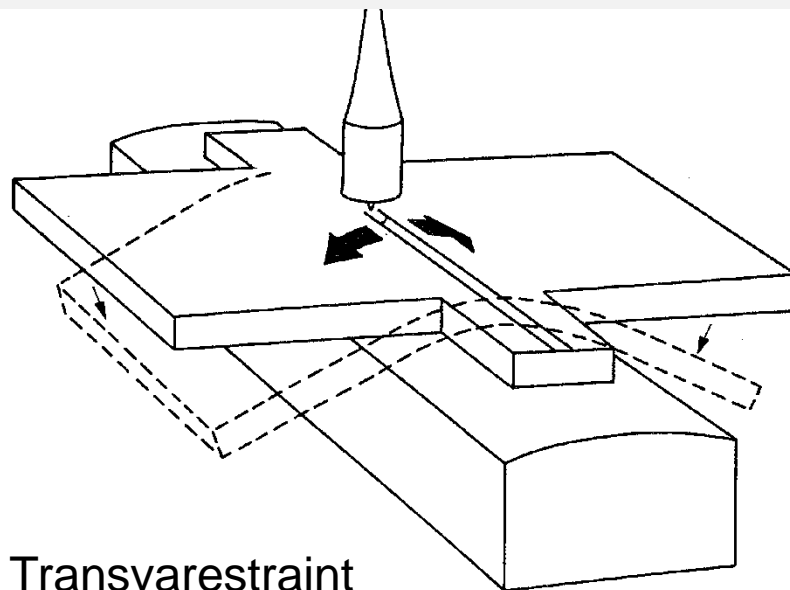
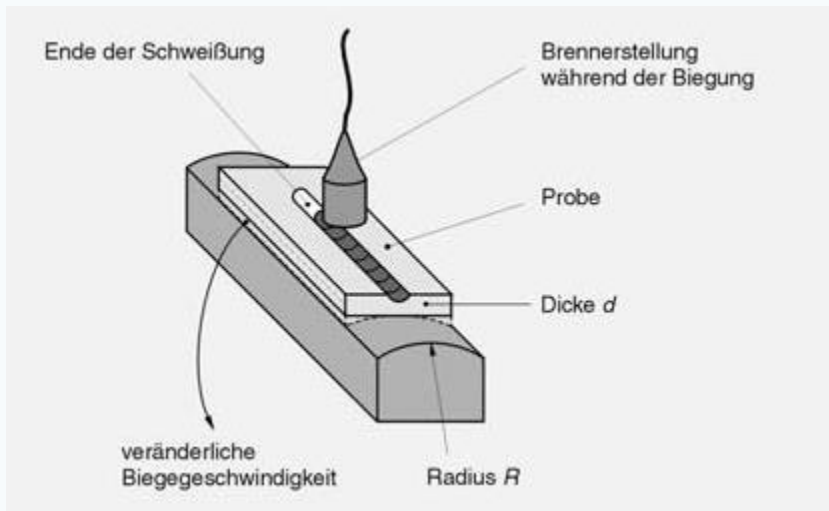


### Murex hot cracking test

Tijdens het lassen wordt de lashoek vergroot

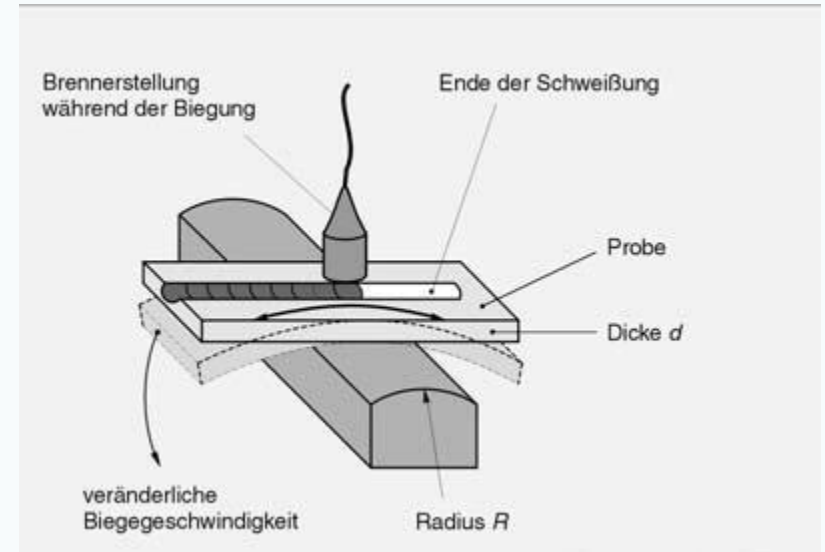


### Circular Patch test



Transvarestraint

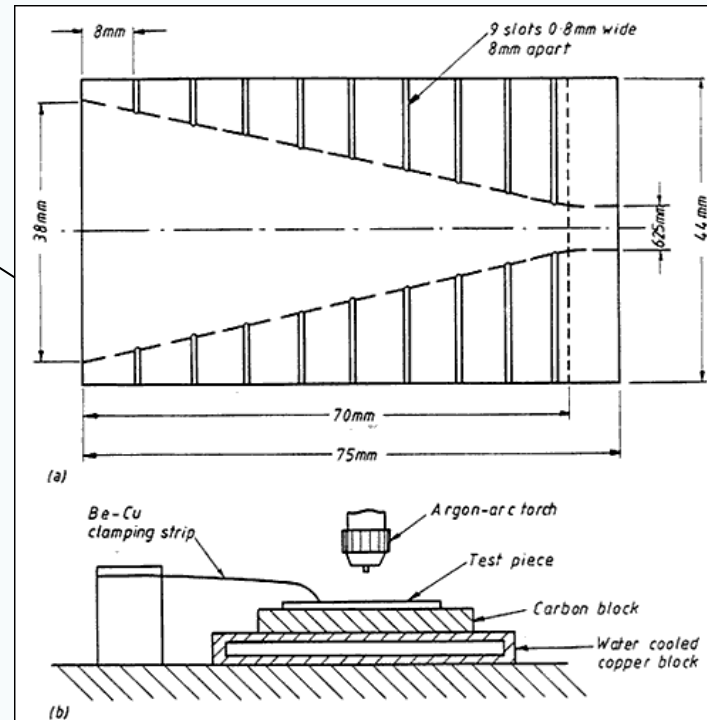
## Modified Varestraint



Met name de transvarestraint proef lijkt geschikt te zijn om de **brittle temperature range** te bepalen.

Kleine opsomming van warmscheurproeven die in de afgelopen jaren ooit voorgesteld zijn

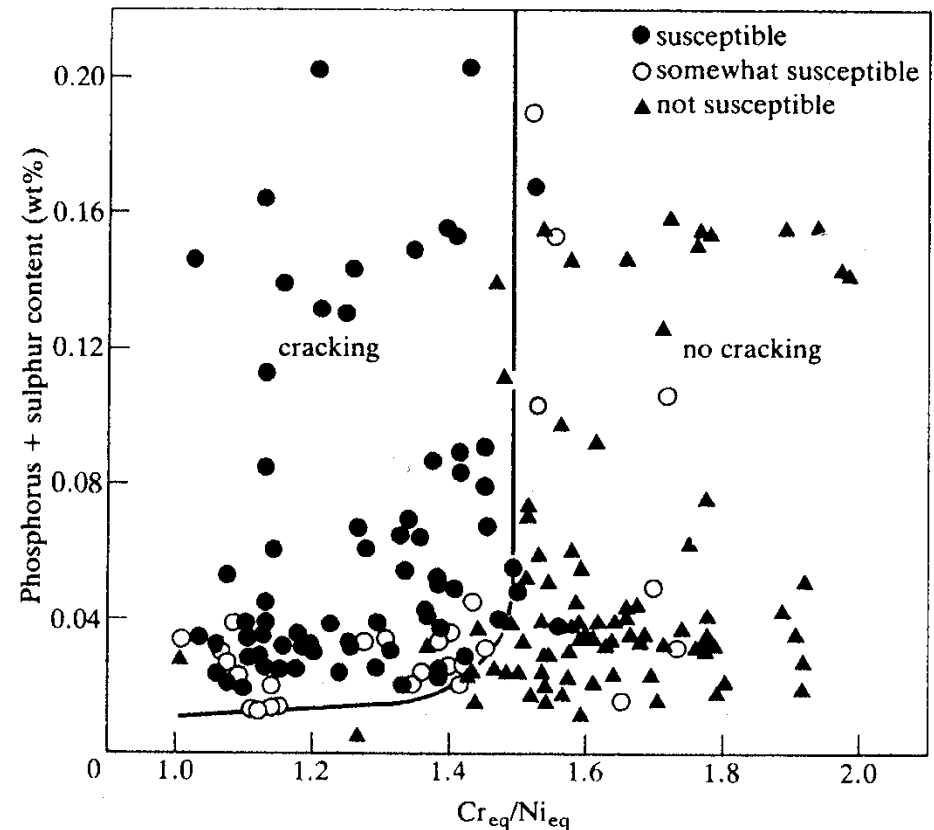
Full penetration Cruciform test  
 Navy torture test  
 Fissure bend test  
 BWRA ring test  
 FISCO hot cracking test  
 Houldcroft Fischbone test  
 Circular Patch test  
 (modified) Varestraint test  
 Transvarestraint test  
 Murex hot cracking test  
 Russian MIG fillet test  
 Enz., enz ....



## Voorbeeld toepassing warmscheurtheorie in RVS

Warmscheurgevoeligheid in austenitisch roestvaststaal is afhankelijk van de hoeveelheid S + P en van de verhouding  $Cr_{eq}/Ni_{eq}$ .\*

Met de theorie van Borland is deze scheurvorming te verklaren. S lost niet (nauwelijks) op in de austeniet en blijft dus achter in de later stollende vloeistof. Als tijdens de stolling ook ferriet gevormd wordt, zal daarin een plaats vinden.



**Figure 9.9** The susceptibility of austenitic chromium–nickel steels to solidification cracking, as function of Schaeffler  $Cr_{eq}/Ni_{eq}$  and sulphur and phosphorus contents. (From Kujampaa *et al.*, 1980)

\* Uitleg over Cr- en Ni equivalenten wordt gegeven in module 2.16.

De scheurgevoeligheid van de P+S blijkt betere resultaten te geven bij gebruik van andere Cr- en Ni equivalenten (bijv die van Hammar en Svensson - zie 2.16 deel 3), maar de essentie blijft overeind.