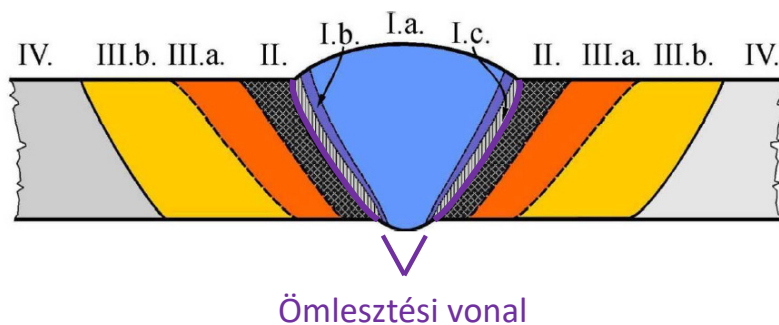


Kristályosodás

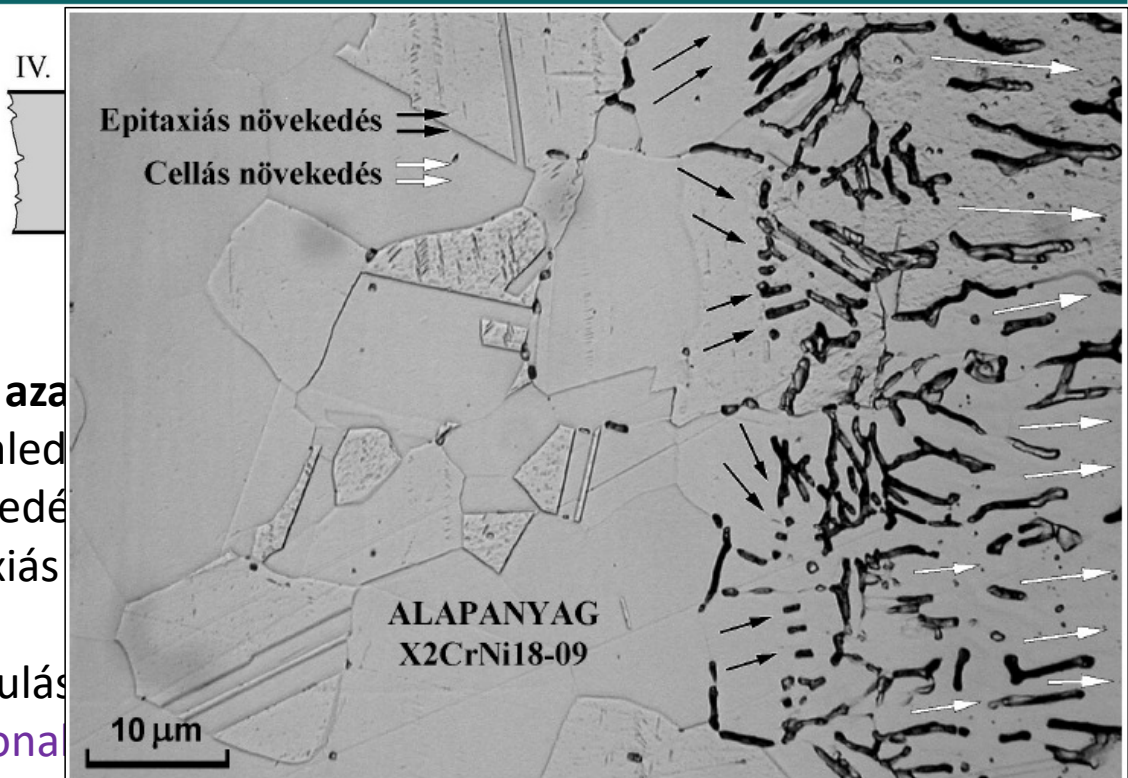
Hegeszthetőség – Dobránszky János és Varbai Balázs nyomán
BMEGEMTNG02

Az ömlesztőhegesztett kötés övezetei



- **I. varratfém, azaz a megszilárdult ömledék**
 - I.a. az ömledék keveredése után megszilárdult tartomány
 - I.b. keveredés nélküli zóna
 - I.c. epitaxiás kristályosodási zóna
- A megszilárdulás kezdete I.c. és a II. tartomány közötti húzódik → **ömlesztési vonal**
- Első fázis: epitaxiás zóna

- I. varratfém, azaz
 - I.a. az ömledék
 - I.b. keveredék
 - I.c. epitaxiás
- A megszilárdulás során keletkező **ömlesztési vonal**
- Első fázis: epitaxiás

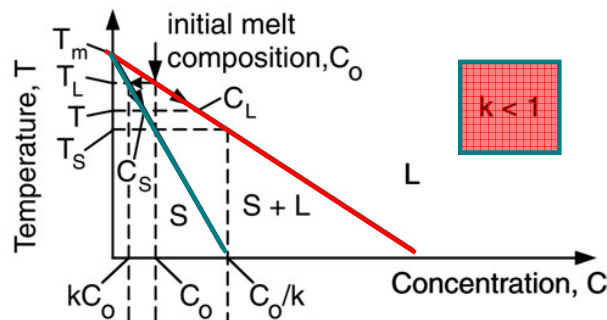


2.12. ábra – Az alapanyag / varratfém határ ausztenites acélban.
A sötétre maródott fázis delta-ferrit (fotó: Hrotkó V.)

3



Feltétele



(a)



teljes

4

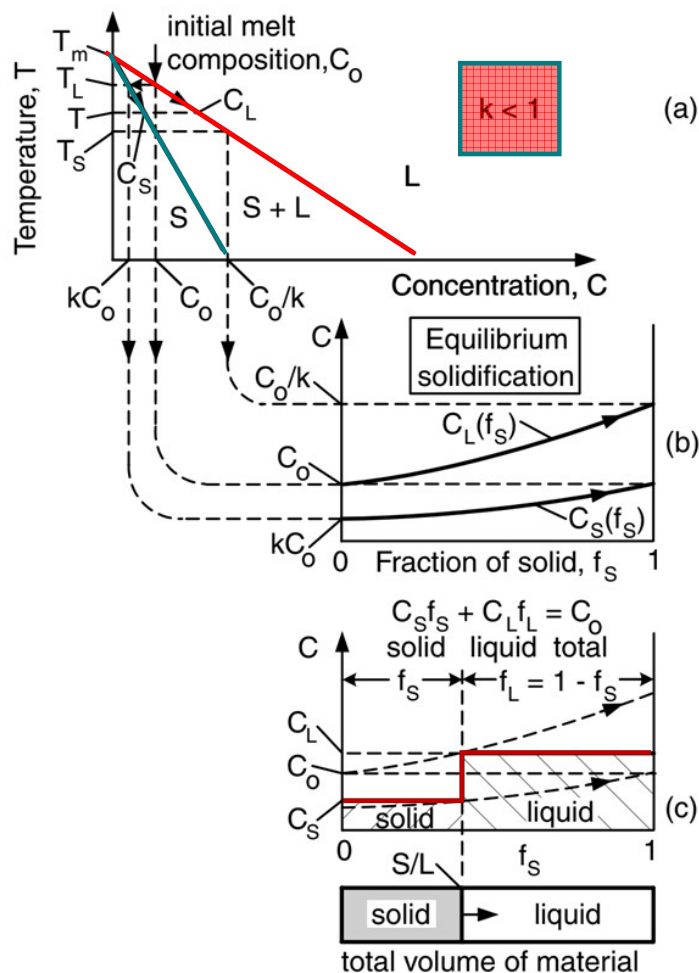


Figure 6.3 Solute redistribution during solidification with complete diffusion in solid and liquid: (a) phase diagram; (b) $C_L(f_s)$ and $C_S(f_s)$; (c) composition profiles in solid and liquid.

5

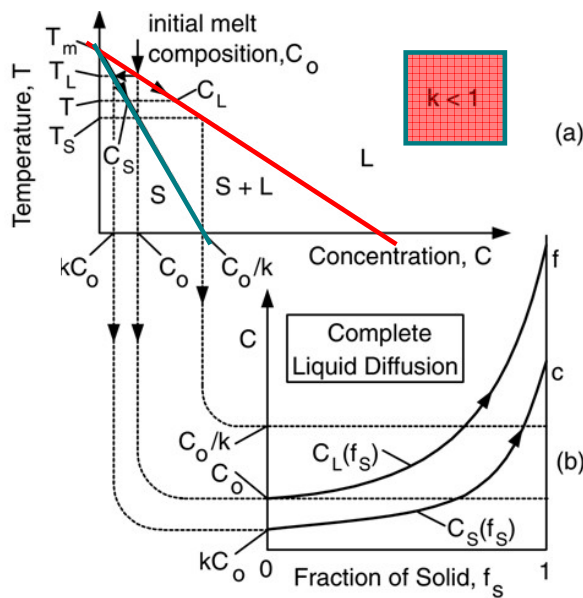


Figure 6.4 Solute redistribution during solidification with complete diffusion in liquid and no diffusion in solid: (a) phase diagram; (b) $C_L(f_s)$ and $C_S(f_s)$; (c) composition profiles in solid and liquid; (d) conservation of solute.

6

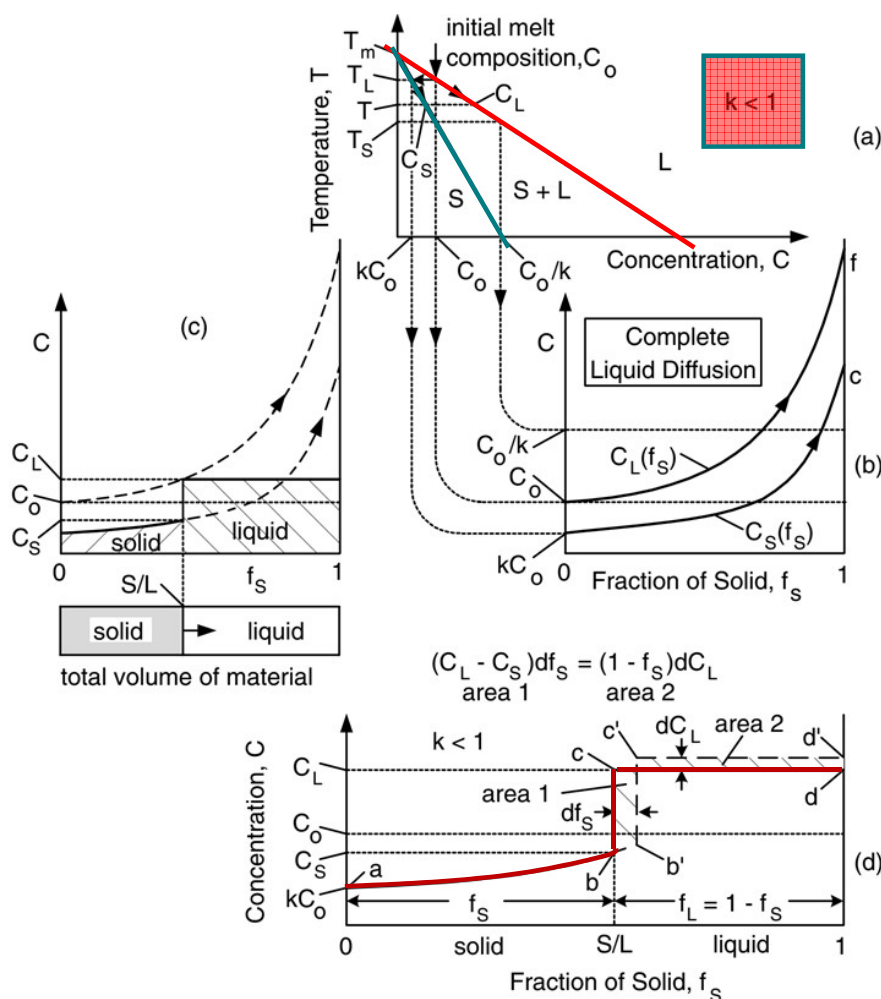


Figure 6.4 Solute redistribution during solidification with complete diffusion in liquid and no diffusion in solid: (a) phase diagram; (b) $C_L(f_s)$ and $C_S(f_s)$; (c) composition profiles in solid and liquid; (d) conservation of solute.

7

Feltételezés: a szilárd fázisban elhanyagolható, folyadék fázisban rövid (limitált)

8

Feltételezés: a szilárd fázisban elhanyagolható, folyadék fázisban rövid (limitált)

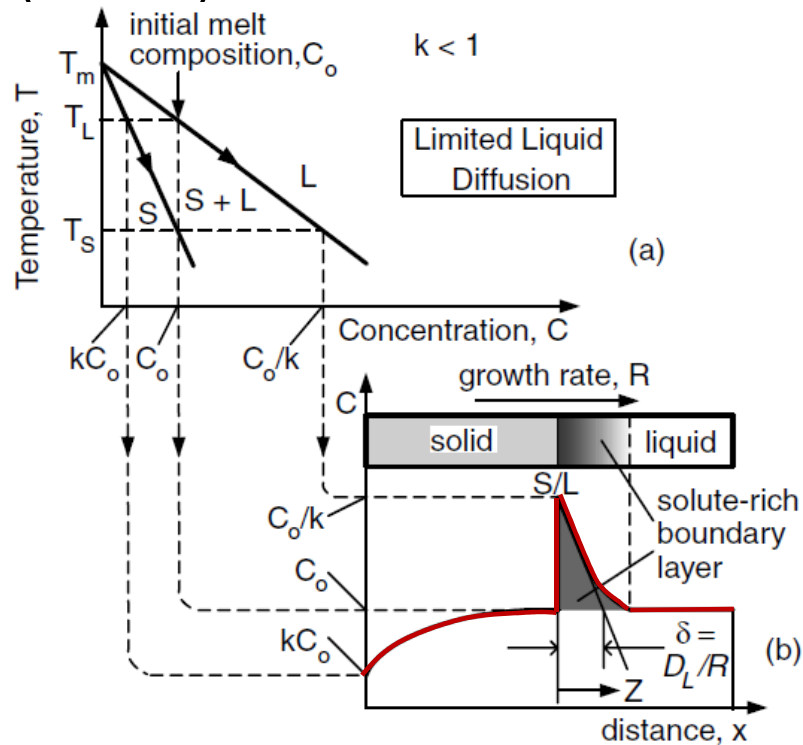


Figure 6.6 Solidification with limited diffusion in liquid and no diffusion in solid: (a) phase diagram; (b) solute-rich boundary layer.

9

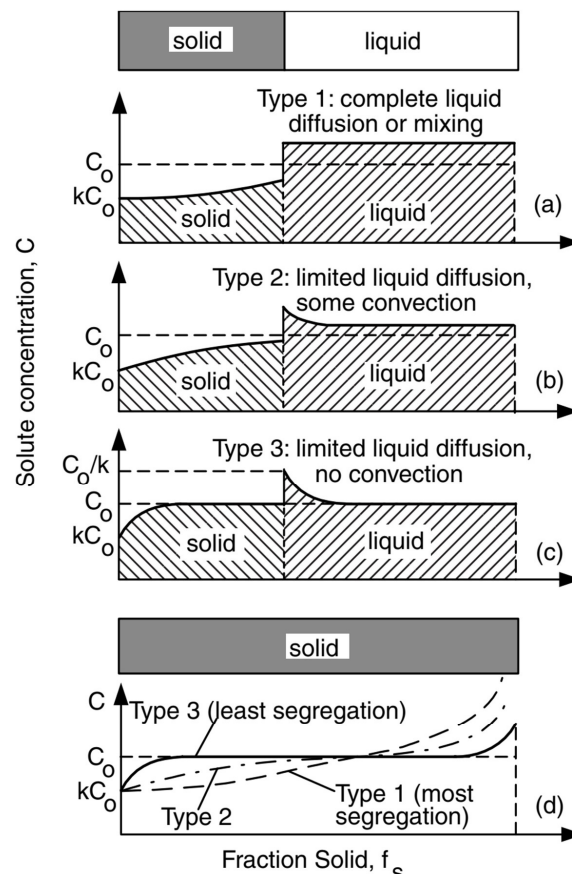


Figure 6.7 Solute redistributions in the absence of solid diffusion: (a) type 1; (b) type 2; (c) type 3; (d) resultant segregation profiles.

10

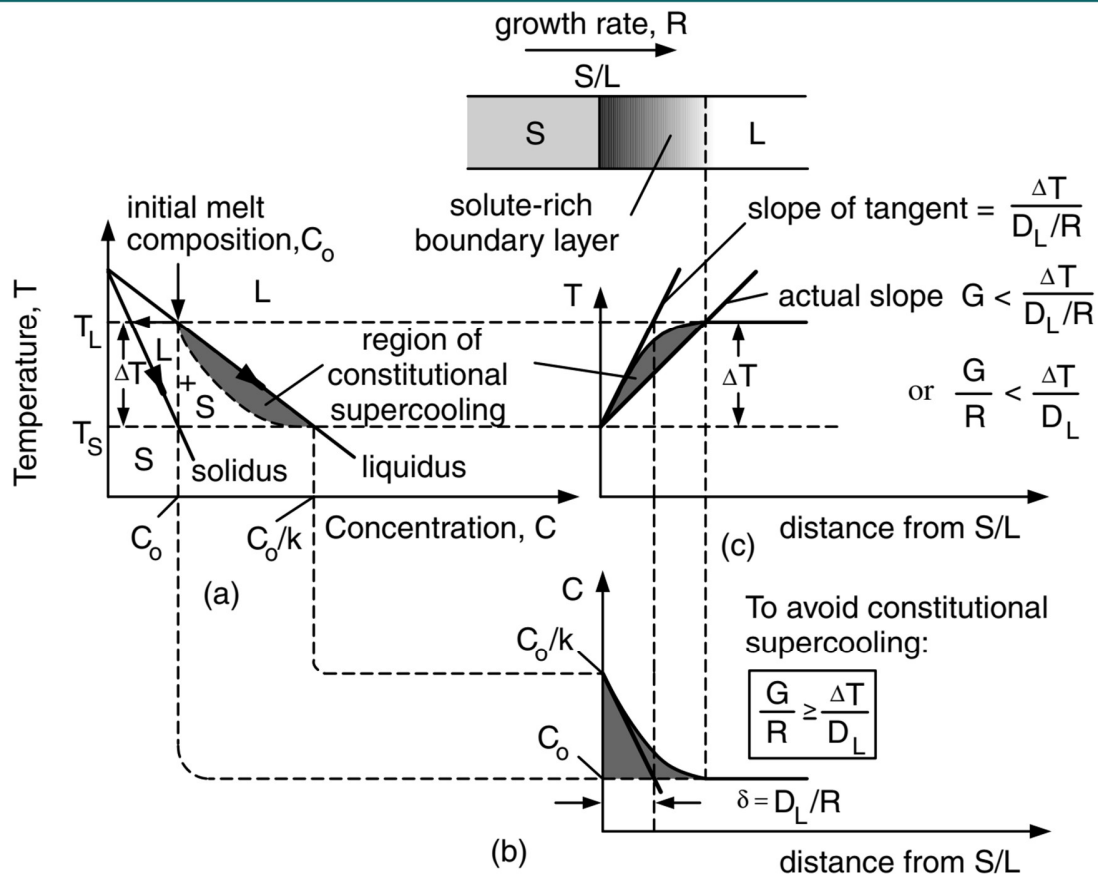


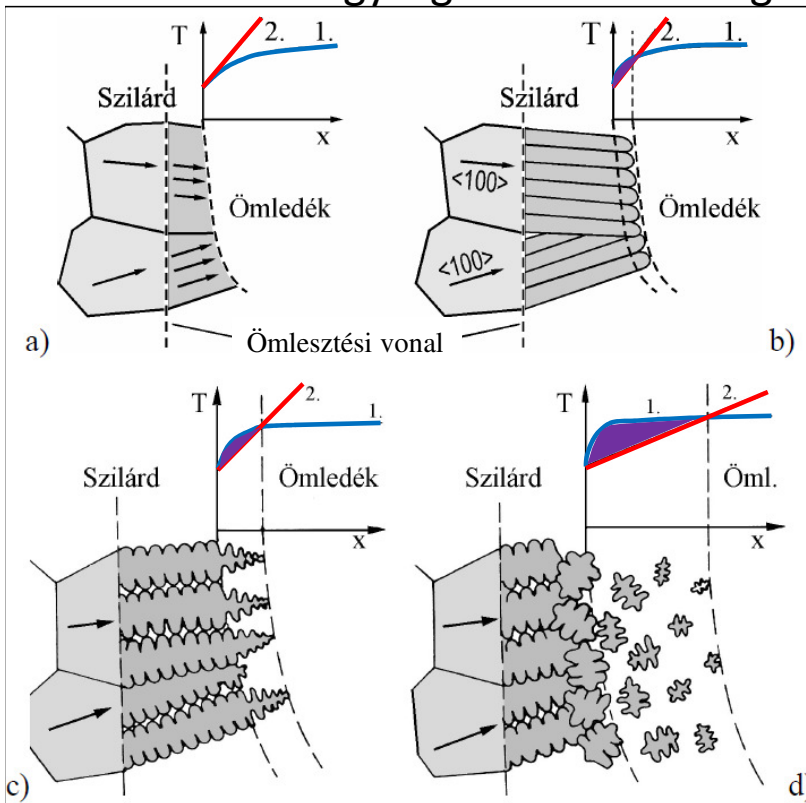
Figure 6.10 Constitutional supercooling: (a) phase diagram; (b) composition profile in liquid; (c) liquidus temperature profile in liquid.

11

- Dúsulás a S|L fázishatáron
- A likvidusz hőmérséklet változik
- A tisztán folyadék fázis termodinamikailag csak akkor stabil ha teljes egészében a likvidusz hőmérséklet felett van
- A likvidusz hőmérséklet alatt a S + L együttesen van jelen
- A síkfrontos kristályosodás megváltozik
- A varratfém metallográfiai vizsgálatakor gyakran szinte lehetetlen elkülöníteni a klasszikus értelemben vett szemcséket és szemcsehatárokat, éppen ezért az ilyen varratoknál azok **szubszemcse** szerkezetéről kell beszélni.

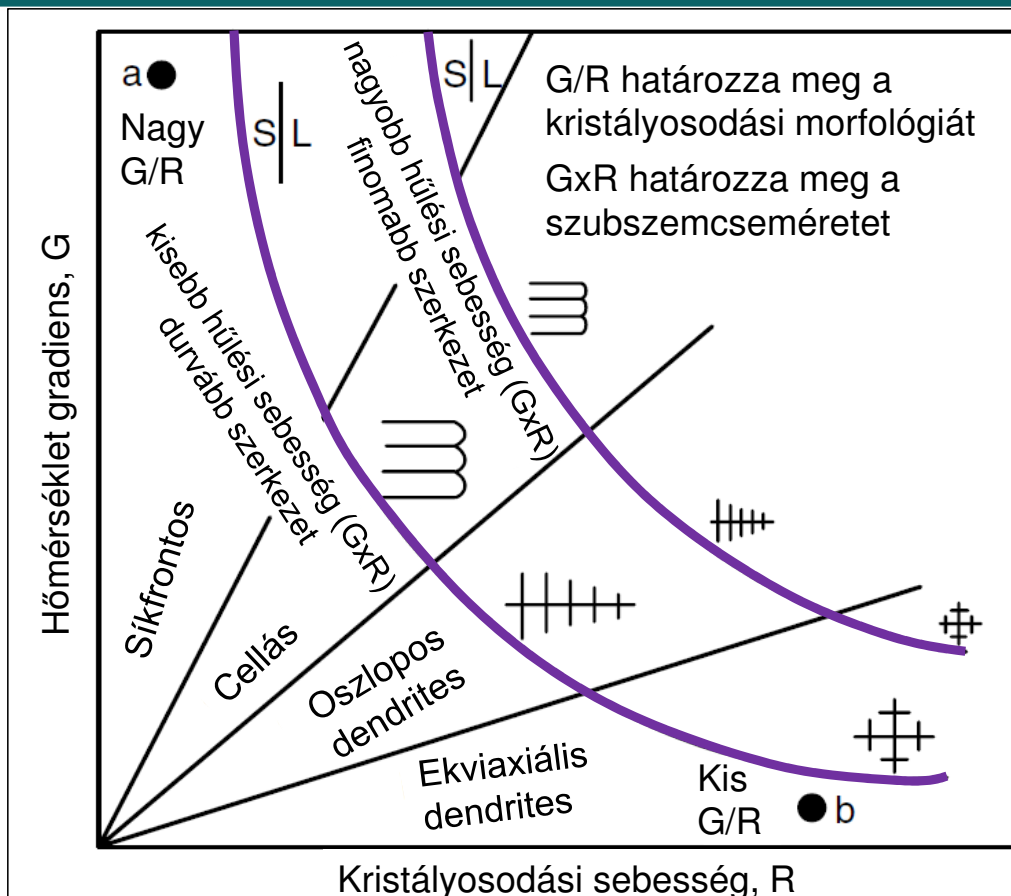
12

- Szerkezeti túlhűtés elmélete (Constitutional supercooling): a szilárd–folyadék fázishatáron a hőmérséklet-gradiens egyensúlyi értékétől való eltérés nagysága határozza meg a kristályosodás jellegét



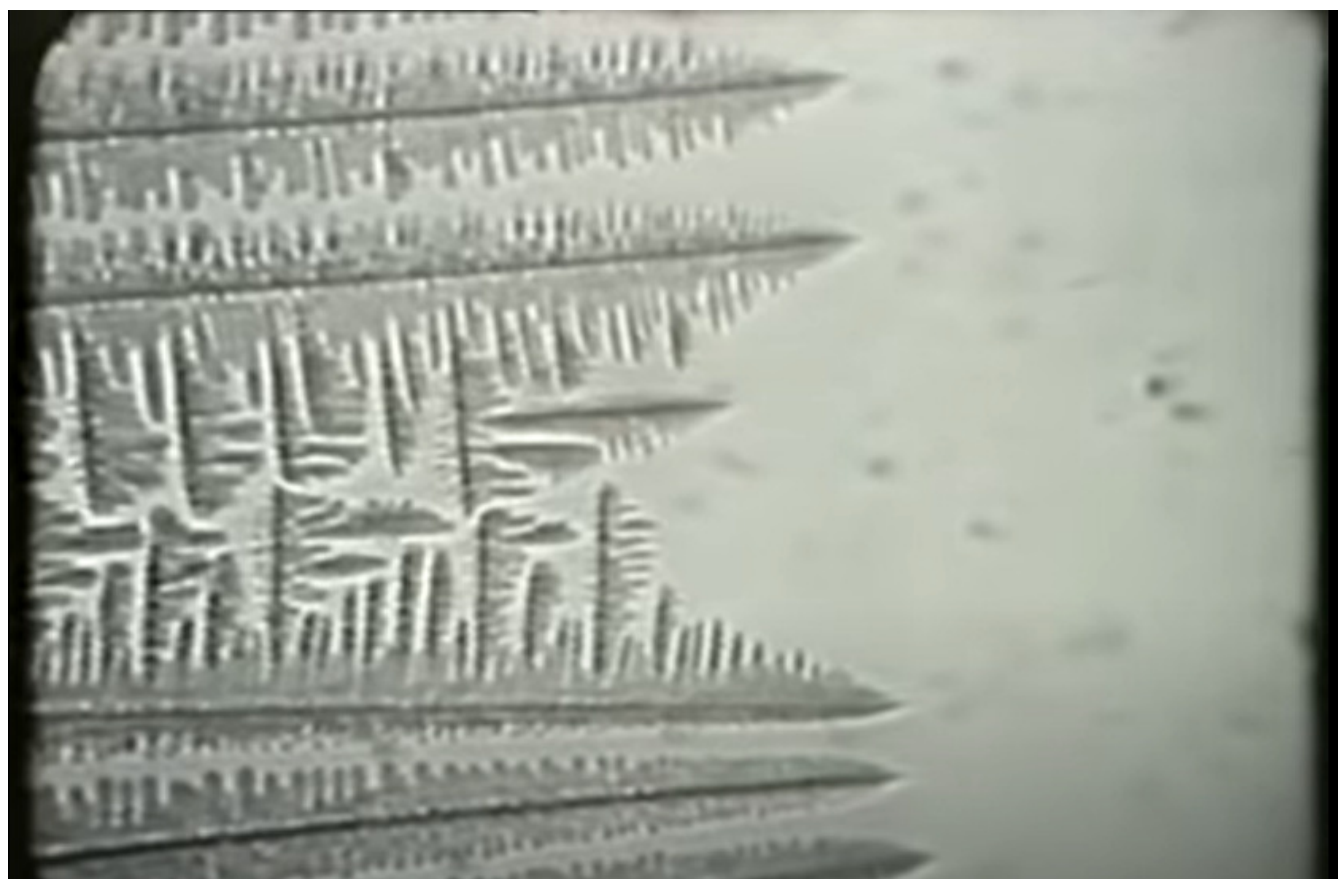
$T=f(x)$ függvények közül az „1” jelű görbék mutatják a hőmérséklet egyensúlyi helyfüggését, a „2” egyenesek pedig az aktuális helyzetre vonatkozót

2.14. ábra – A varrat szubszemcseszerkezetének kialakulása sík (a), cellás (b), oszlopos dendrites (c) és ekvixiális dendrites (d) kristályosodás esetén

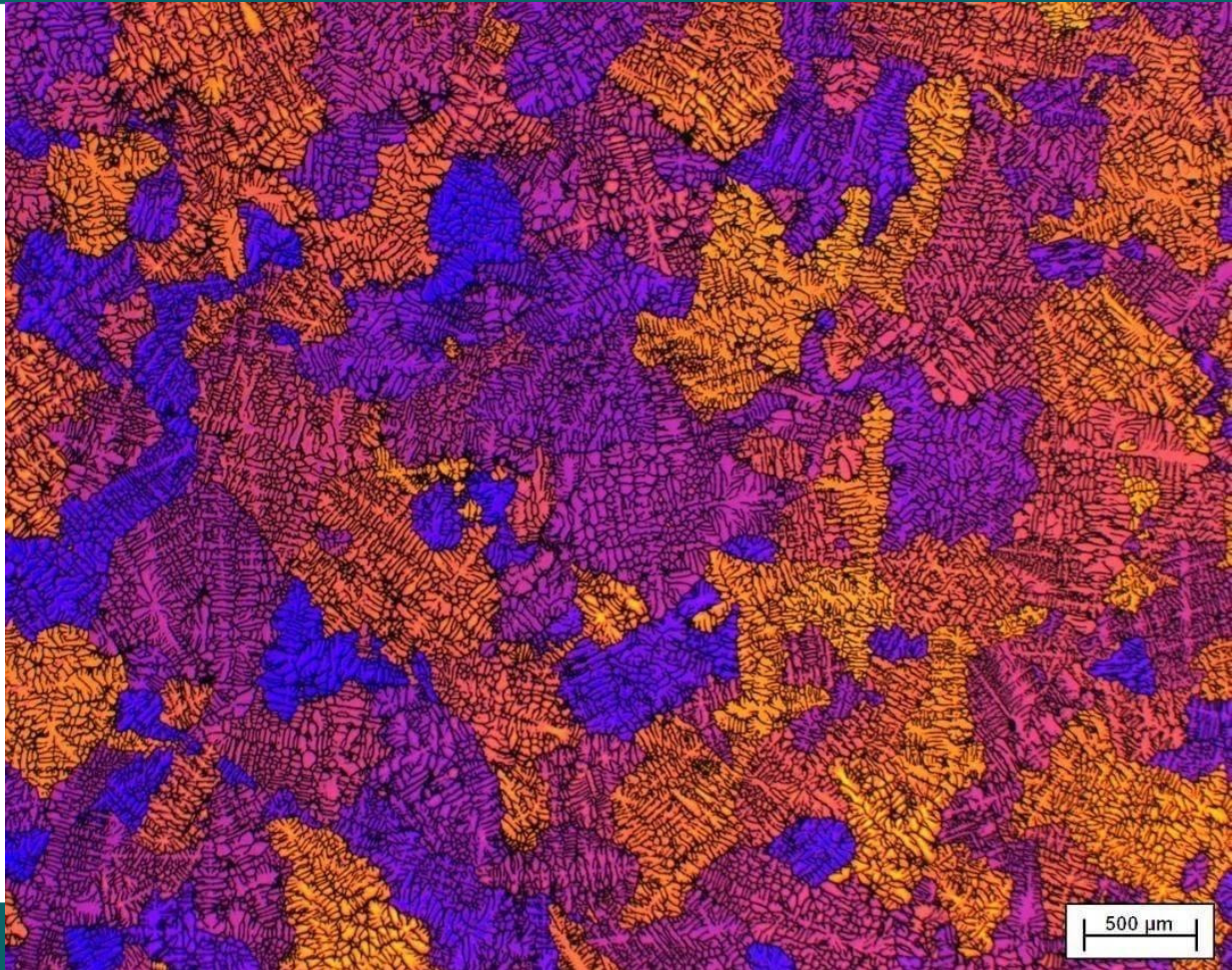




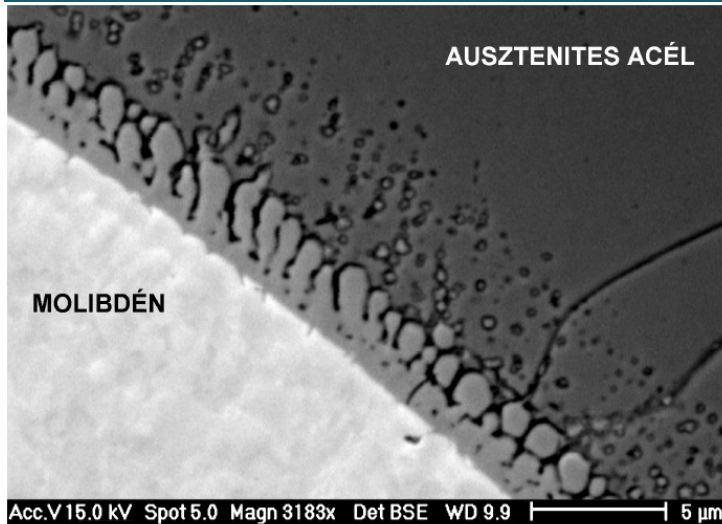
15



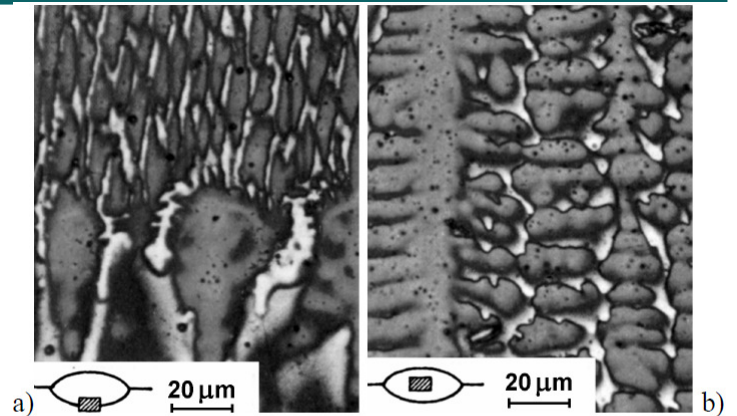
16



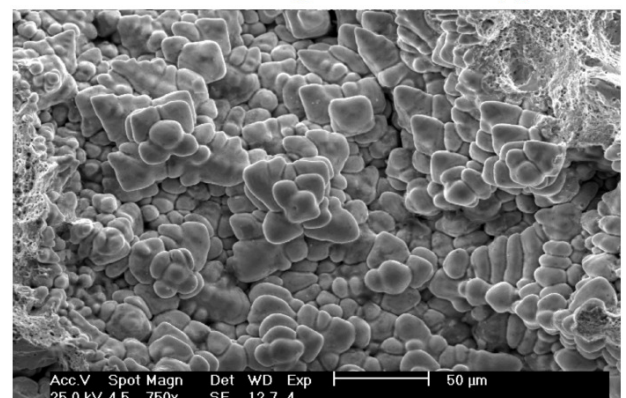
17



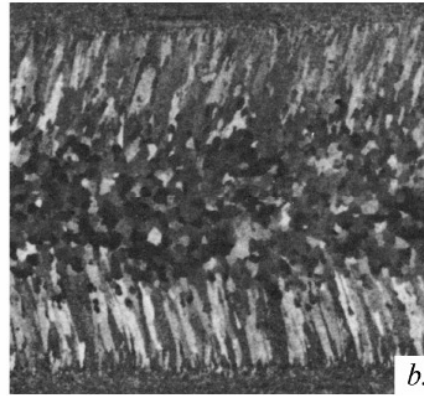
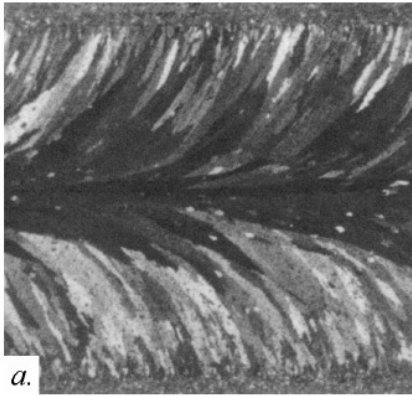
2.15. ábra – Síkfrontos és cellás kristályosodási zóna lézersugaras hegesztéssel készült vegyes kötésben (fotó: Portkó M.)



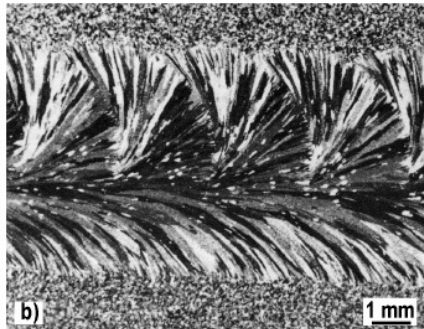
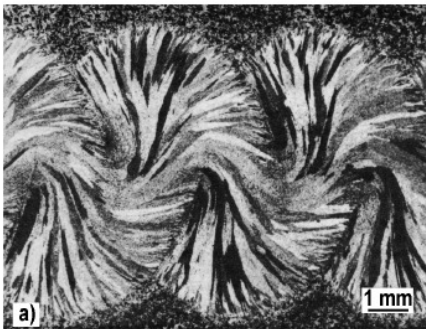
2.16 ábra – Cellás (a) és oszlopos dendrites (b) kristályosodási zóna ausztenites acél hegesztési varratában [5]



2.17. ábra – Ekviaxiális dendrites kristályosodási zóna C75 acél fogyóelektrodás hegesztési varratában (fotó: Portkó M.)

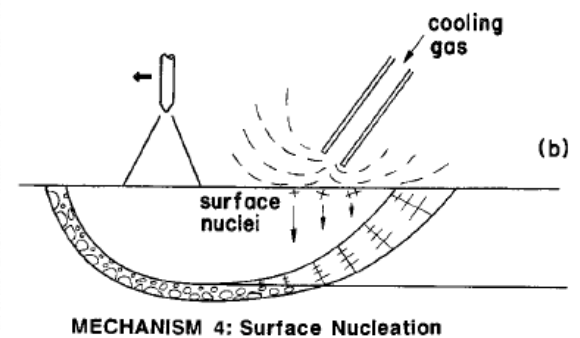


2.19. ábra – 1,6 mm vastag lemez W-elektrodás hegesztéssel készült varrata: (a) 70 A; 11 V; 5,1 mm/s. (b) 120 A; 11 V; 12,7 mm/s [6]

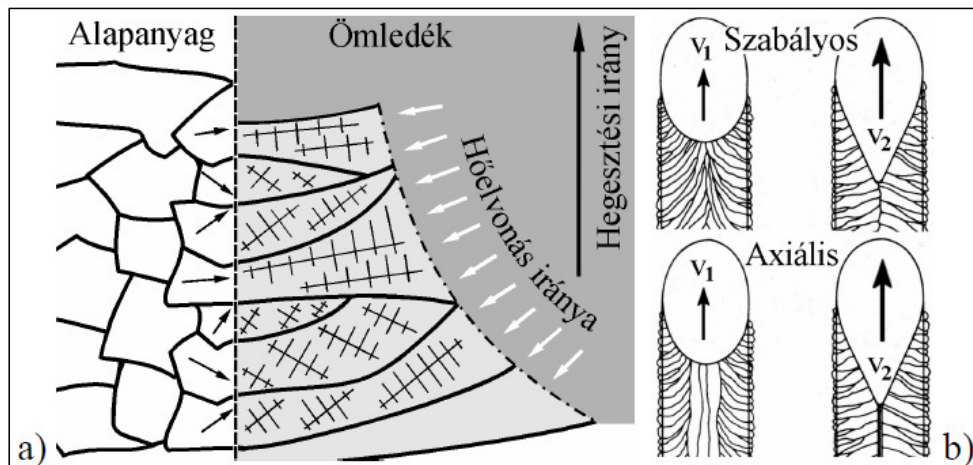


2.20. ábra – Mágneses ívlengetéssel létrehozott, változó varratfém-szemcseorientáció [6]

- Csírképző magokkal a fedettív hegesztésnél pl. Ti-, Fe-Ti, TiC-por.
- Az ömledék keverése, ívlengetés, impulzusív
- Indukált felületi magképzés: a hideg védőgázárammal

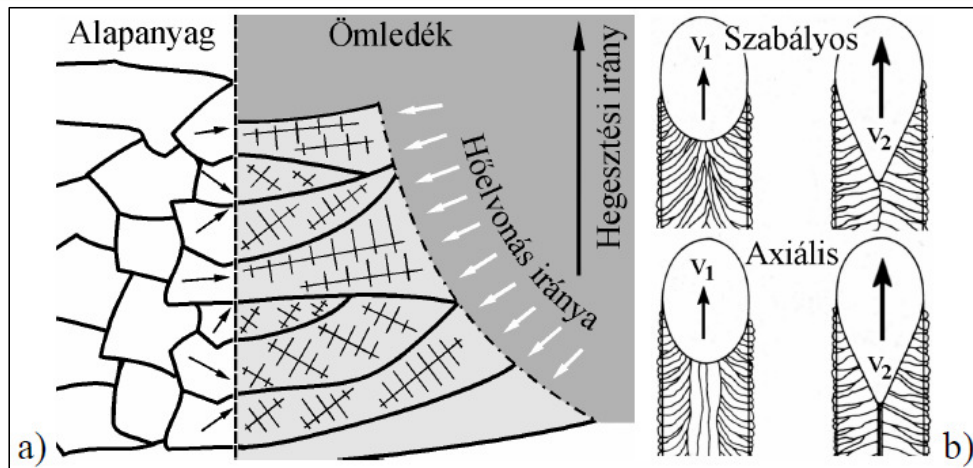


19



- Azok a szemcsék fognak gyorsabban növekedni, amelyekre nézve a maximális hőmérséklet-gradiens egybe esik a könnyű növekedési irányok valamelyikével (kompetitív)
- Az ömledék közepén axiálisan növekedő szemcsék is létrejöhetnek, amelyek szélessége annál nagyobb, minél elliptikusabb az ömledék alakja.

20



Arc energy

0.98 kJ/mm

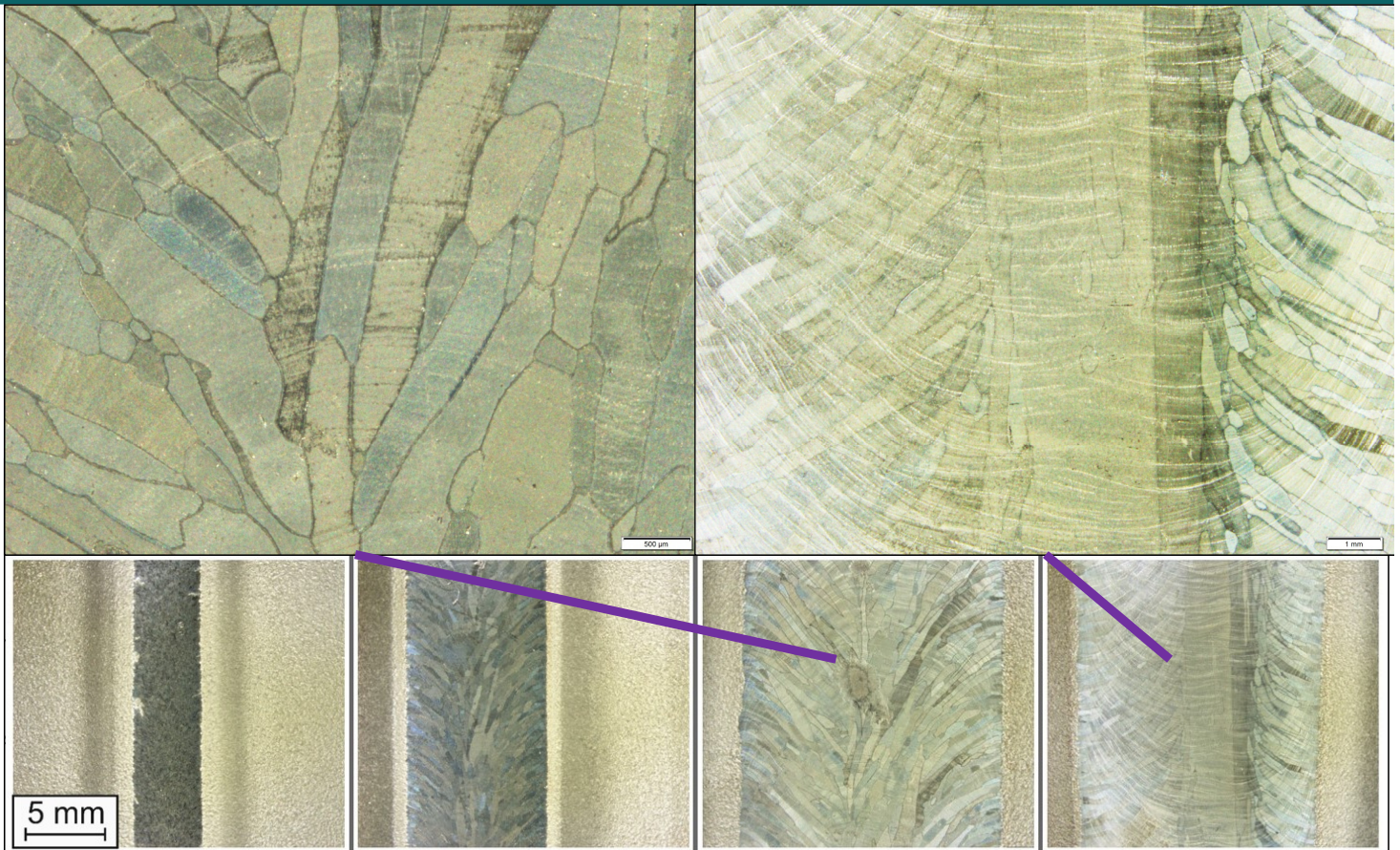
1.57 kJ/mm

2.36 kJ/mm

2.95 kJ/mm

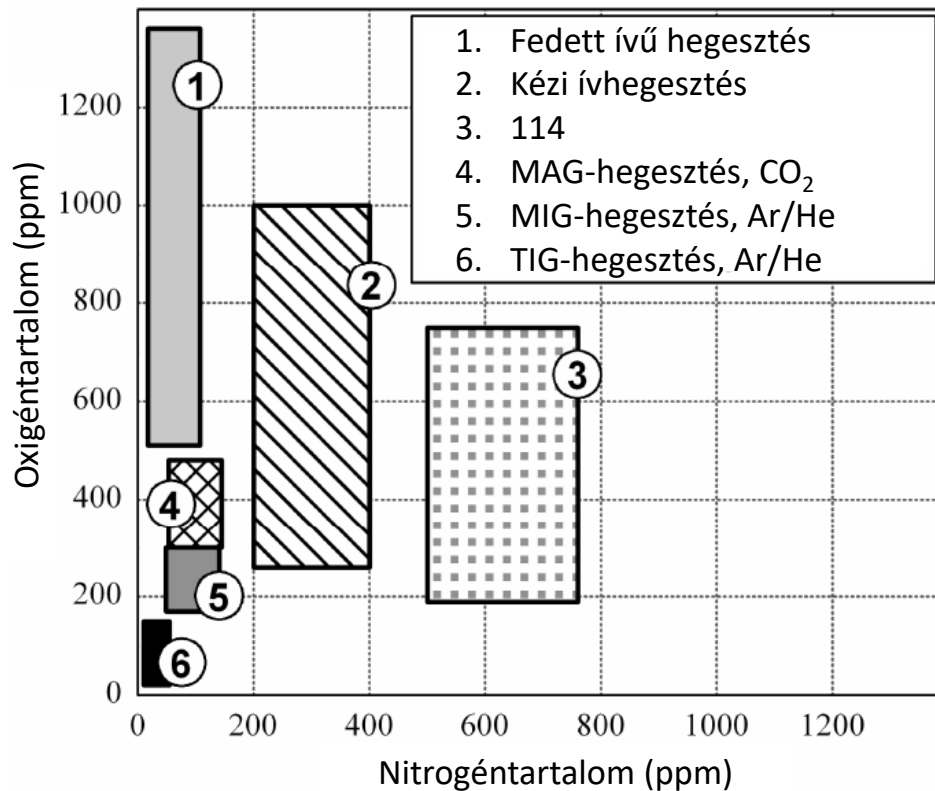
5 mm

21



22

1. Gáz–fém reakció



23

1. Gáz–fém reakció

N_2

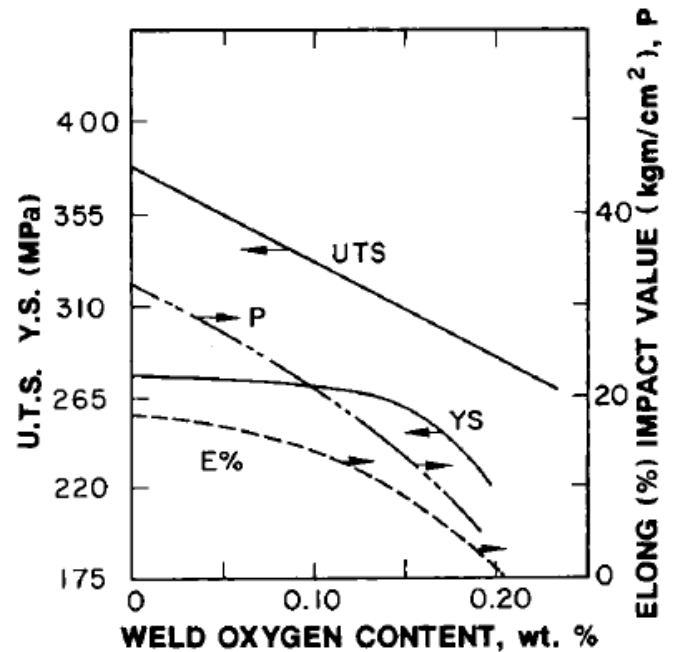
- Védőgázból vagy gyökvédőgázból
- Levegőből
- Ha oldódik → nitridképző, porozitás
- Aktív gáznak tekinthető
- Ausztenitképző: duplex acélok, ausztenies típusok
- Lyukkorrózióval szembeni ellenállást javítja, PREN

24

1. Gáz–fém reakció

O_2

- Védőgázból, gyökvédőgázból
- Lánghegesztés
- Rozsdából, passzív rétegből
- Ütőmunka ↓
- Ötvözőkiégés



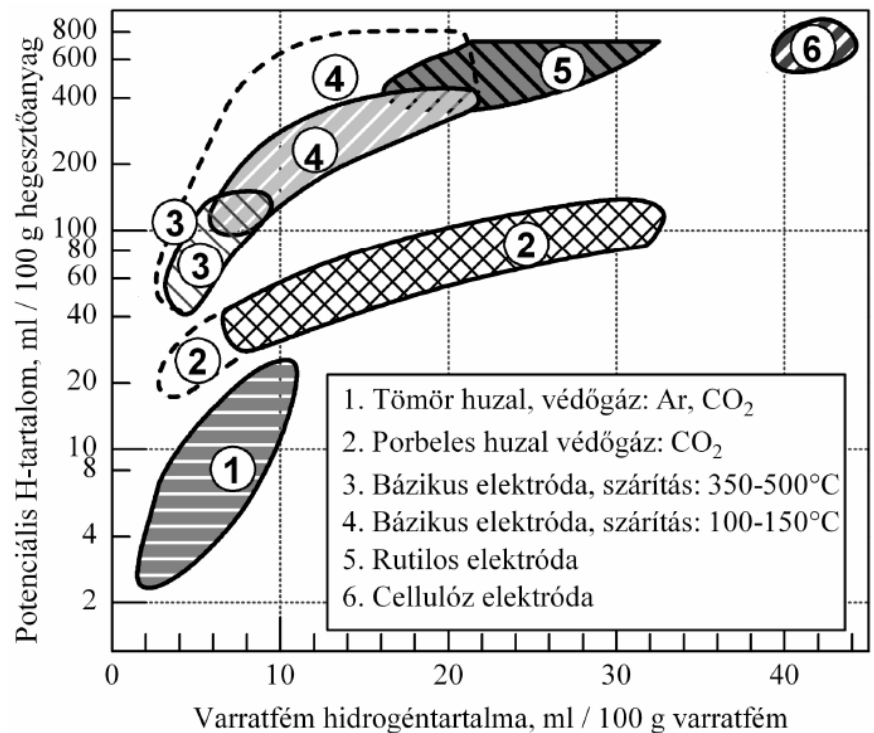
Ötvözetlen szénacél esetén

25

1. Gáz–fém reakció

H_2

- Védőgázból, gyökvédőgázból
- Lánghegesztés
- Cellulóz elektróda
- Nedvesség, felületi szennyeződés
- Rozsda
- Hidegrepedés okozója

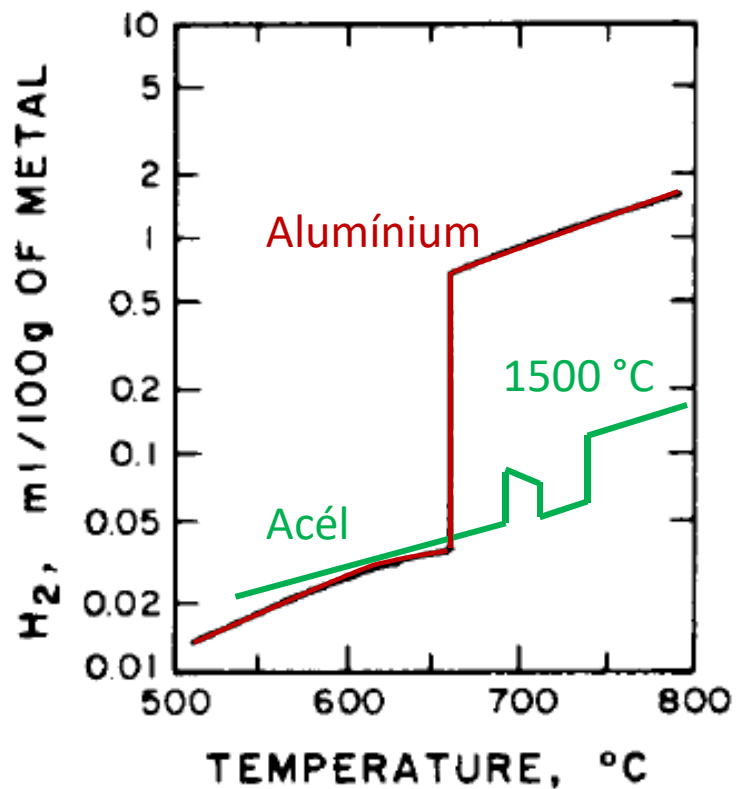


26

1. Gáz–fém reakció

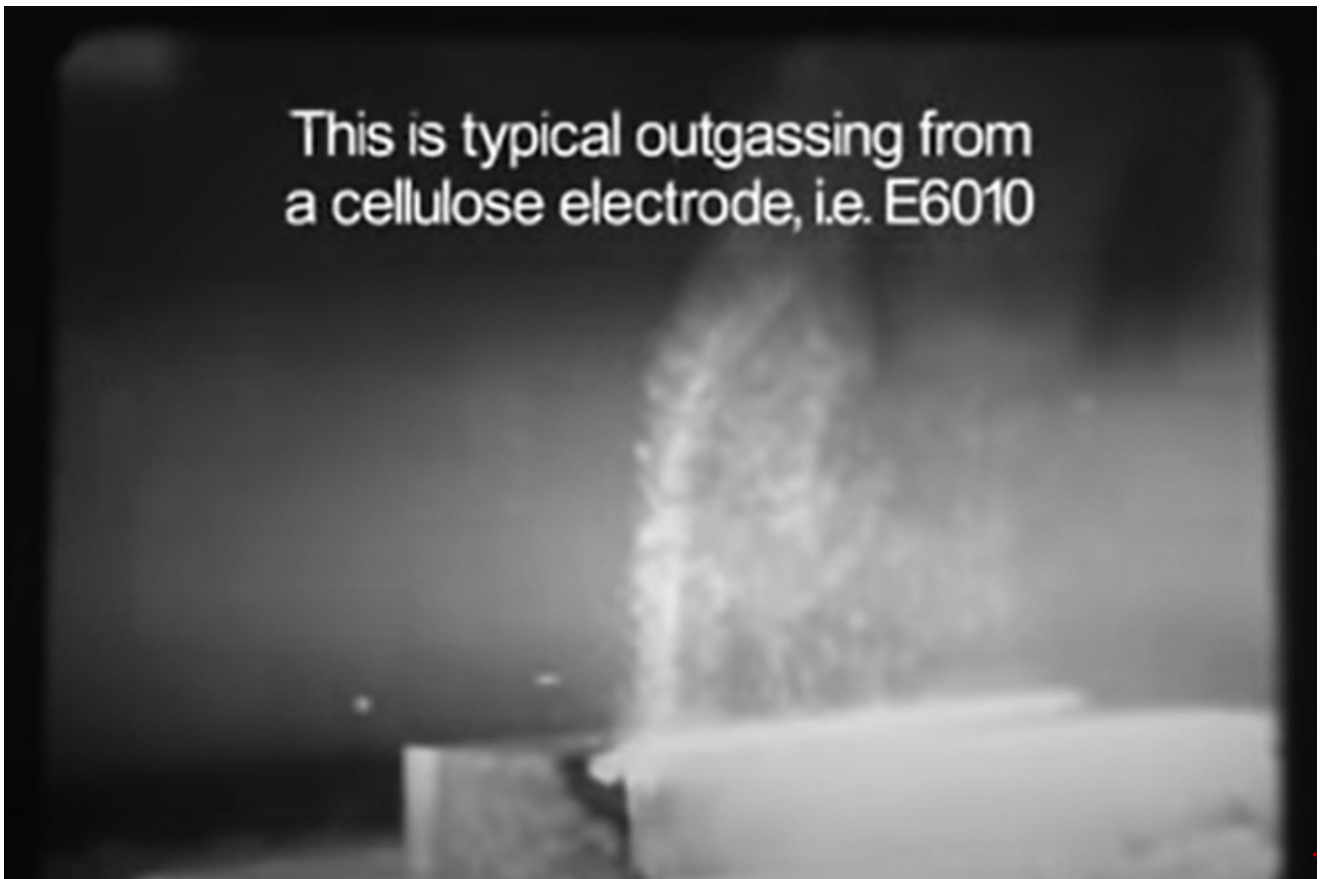
H_2

- Védőgázból, gyökvédőgázból
- Lánghegesztés
- Cellulóz elektróda
- Nedvesség, felületi szennyeződés
- Rozsda
- Hidegrepedés okozója



27

This is typical outgassing from a cellulose electrode, i.e. E6010



28

2. Salak–fém reakció

- Elektródabevonat, fedőpor, portöltet

Bázicitási index (BI)

$$BI = \frac{\sum(\text{bázikus oxidok})}{\sum(\text{nem bázikus oxidok})}$$

Boniszewski-féle BI

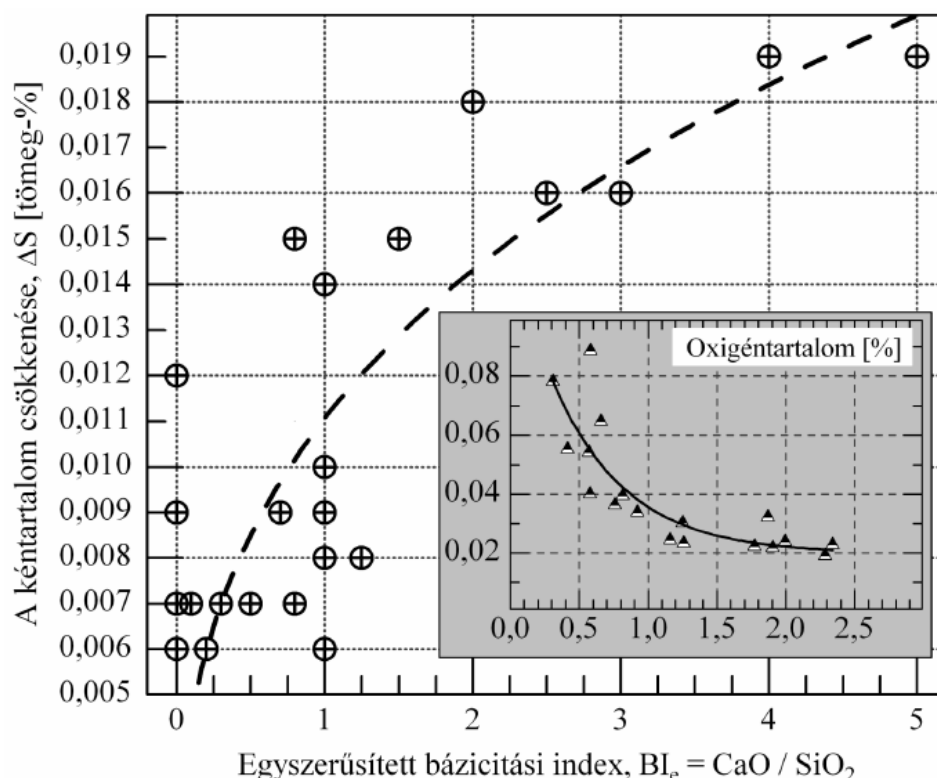
$$BI = \frac{0,5(FeO + MnO) + \mathbf{CaO} + MgO + Na_2O + K_2O + CaF_2}{SiO_2 + 0,5(TiO_2 + ZrO_2 + Al_2O_3)}$$

Egyszerűsített BI

$$BI = \frac{CaO}{SiO_2}$$

29

2. Salak–fém reakció

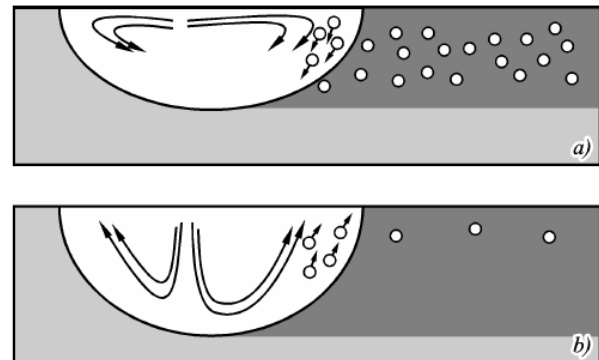
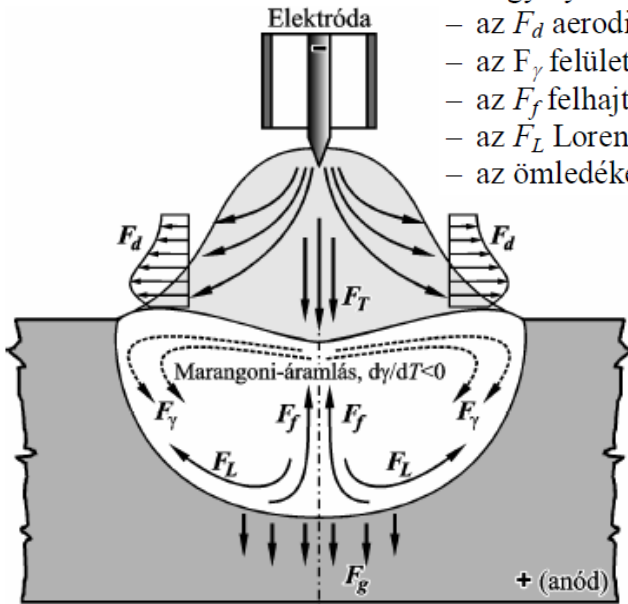


30

3. Az ömledék keveredése

4. (Az ömledék párolgása)

- az F_g gravitációs erő,
- az F_T ívnyomás (ha a hőforrás lézersugár, a hőforrás szintén nagy nyomást fejt ki az ömledékre),
- az F_d aerodinamikai nyírás (a védőgáz áramlásából),
- az F_γ felületi feszültség,
- az F_f felhajtóerő,
- az F_L Lorentz-erő (elektromágneses erő), és
- az ömledéken belüli belső erők.



31

Marangoni-áramlás

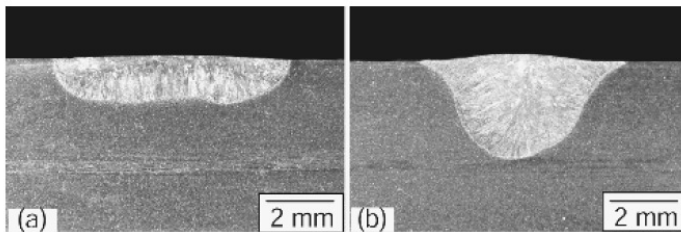
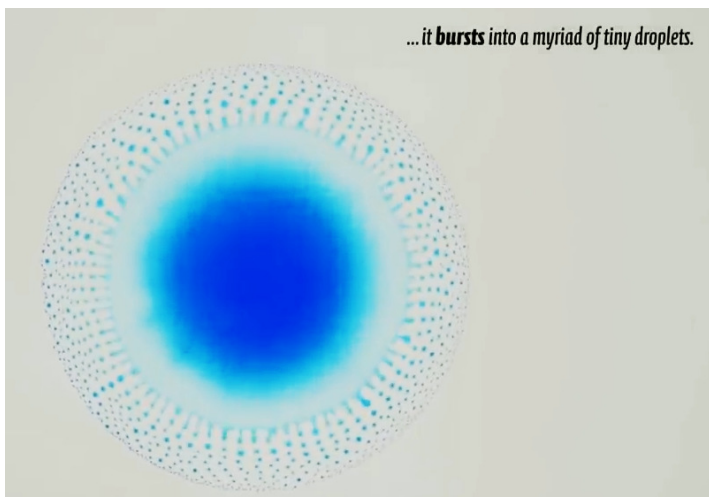
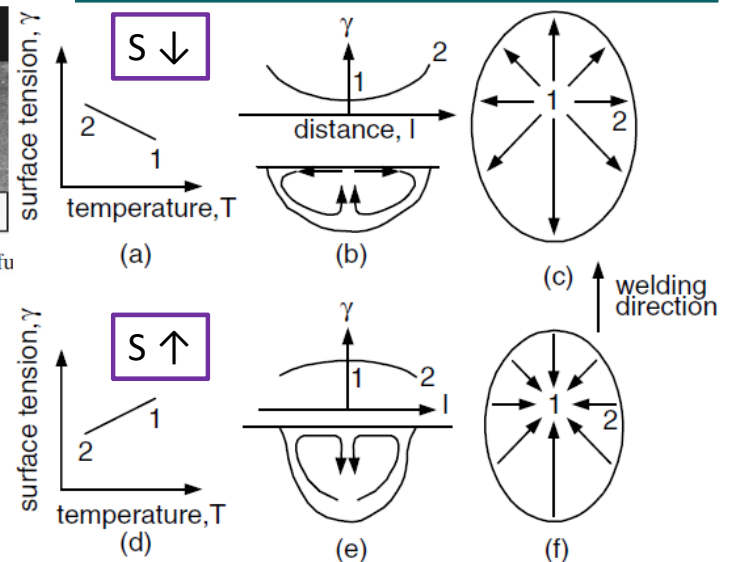


Figure 4.15 YAG laser welds in two 304 stainless steels with (a) 40ppm sulfur (b) 140ppm sulfur. From Limmaneevichitr and Kou (27).



Köszönöm a megtisztelő figyelmet!