

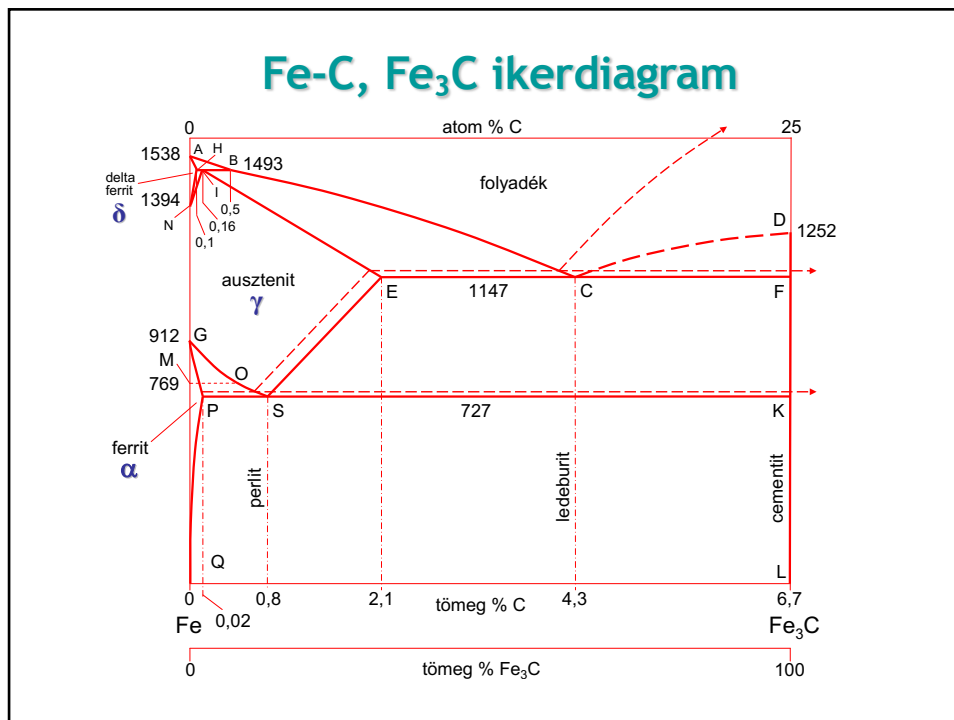
Anyagismeret

Acélok nemegyensúlyi (fázis)átalakulásai

Acélok hőkezelésének alapjai

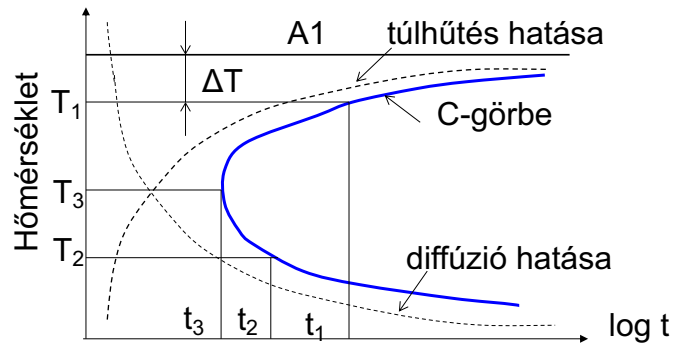
Dr. Mészáros István Attila

1



2

A diffúziós fázisátalakulás időszükséglete (TTT vagy C görbe)

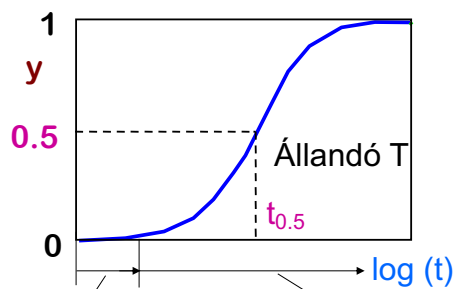


3

3

A fázisátalakulás időbeli lefolyása

Az Avrami egyenlet a fázisátalakulást írja le:



$$y = 1 - \exp(-kt^n)$$

$$r = \frac{1}{t_{0.5}} - \text{az átalakulás sebessége}$$

$$r = A \exp\left(-\frac{Q}{RT}\right)$$

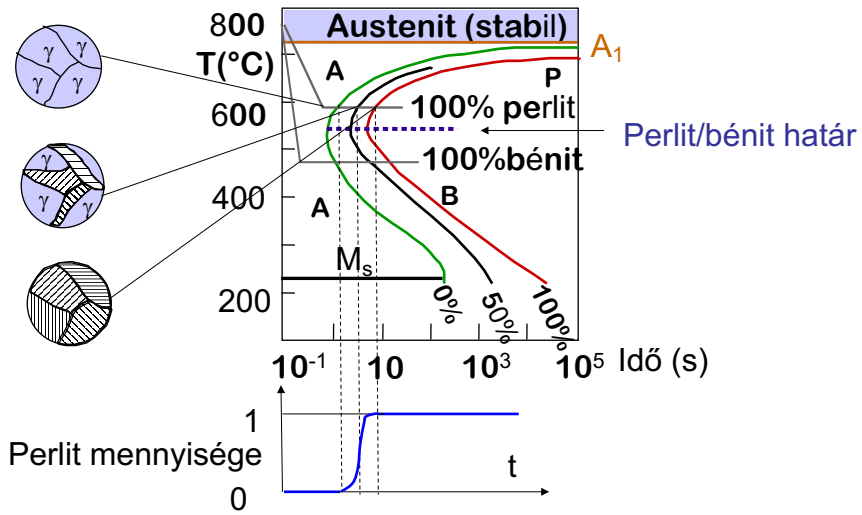
Inkubációs idő

Az átalakulás időbeli előrehaladása

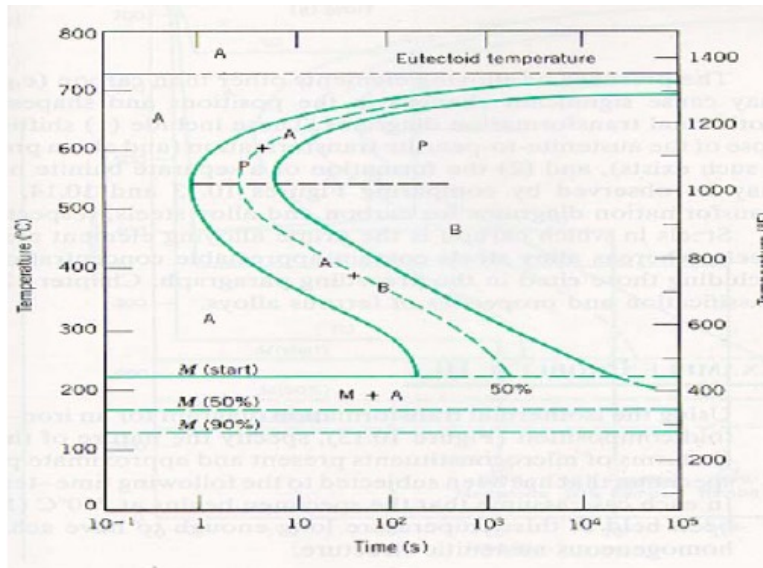
4

4

Eutektoidos acél (0,8%C) izotermikus átalakulási diagram (TTT)

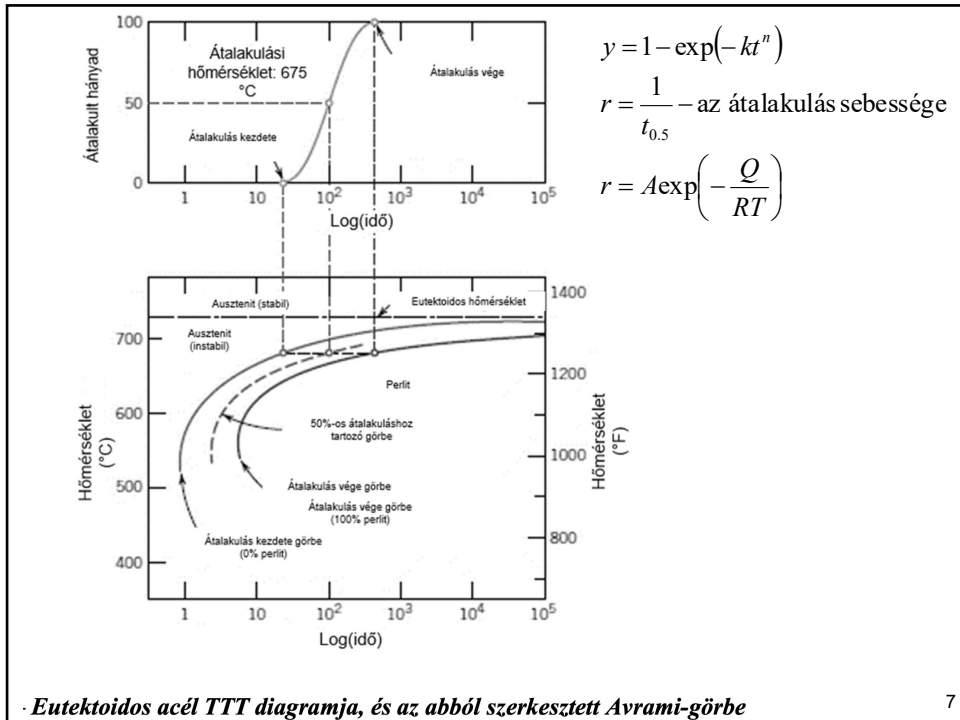


5



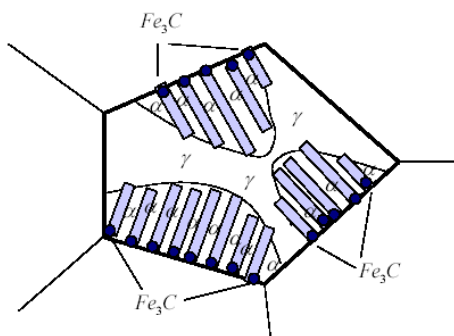
Eutektoidos acél TTT diagramja.

6



7

Perlites (eutektoidos) átalakulás



$\gamma \rightarrow \alpha + \text{Fe}_3\text{C}$ (nagy T, lassú hűtés)
 bomlás (0,8% C, 727 °C)
 csíráképződés, **diffúzió**
 γ (0,8% C) \rightarrow α + Fe_3C (6,7% C)
 6,7/0,8 = 8,37 !!!
ausztenit határon indul Fe_3C képződéssel
 lemezes szerkezet
 hűtési sebesség \Rightarrow finomság
 korlátozottan, de alakítható szövet

8

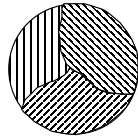
Perlit szerkezete

T_{transf} közvetlenül az A_1 hőmérséklet alatt: nagyobb T , gyorsabb diffúzió.

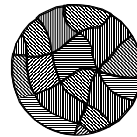
T_{transf} jóval az A_1 hőmérséklet alatt: kisebb T , lassúbb diffúzió.



10 μm



Kisebb ΔT , durvább lemezek

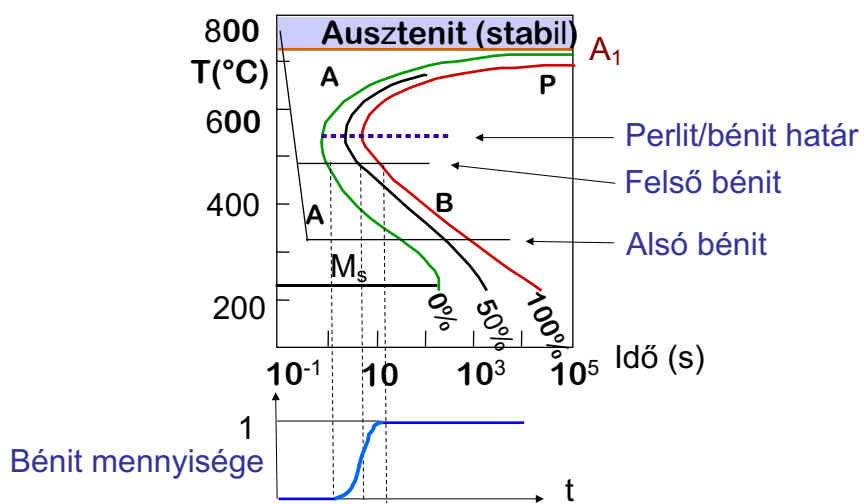


Nagyobb ΔT , finomabb lemezek

9

9

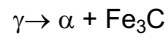
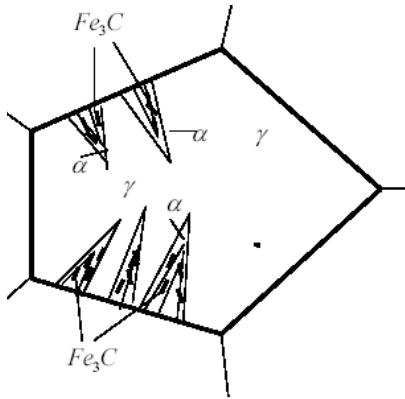
Bénites átalakulás



10

10

Bénites (Bainites) átalakulás



γ (kis T, gyors hűtés, $T = 550\text{-}230\text{ }^\circ\text{C}$)

bomlás

csíráképződés, **diffúzió (korlátozott)**

ausztenit határon indul (α képződéssel)

α ($< 0,3\% \text{ C}$) !!! ($0,02\% \text{ C}$ egyensúlyi)

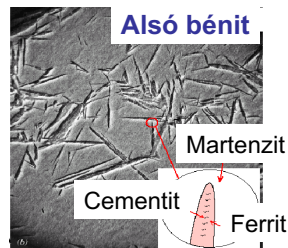
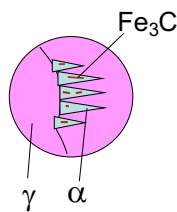
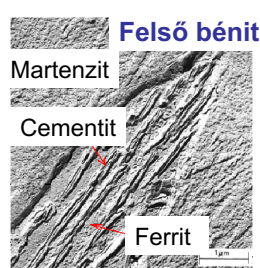
Fe_3C korongok, tűs szerkezet

felső - alsó bénit

rosszul alakítható szövet

11

Bénit szerkezete



$350\text{-}550\text{ }^\circ\text{C}$

Ferritűk és hosszú
cementit szemcsék elegye

$200\text{-}350\text{ }^\circ\text{C}$

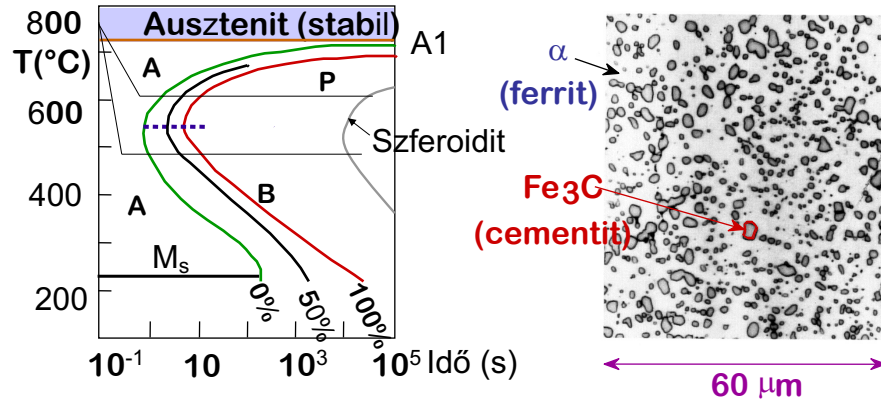
Vékony ferrit lemezek és nyújtott
cementit szemcsék elegye

Az átalakulás sebességét alapvetően a diffúzió (kevésbé a csíráképződés) befolyásolja. A viszonylag kis hőmérséklet miatt nagyon finom struktúra jön létre.

12

12

Szferoidit keletkezése



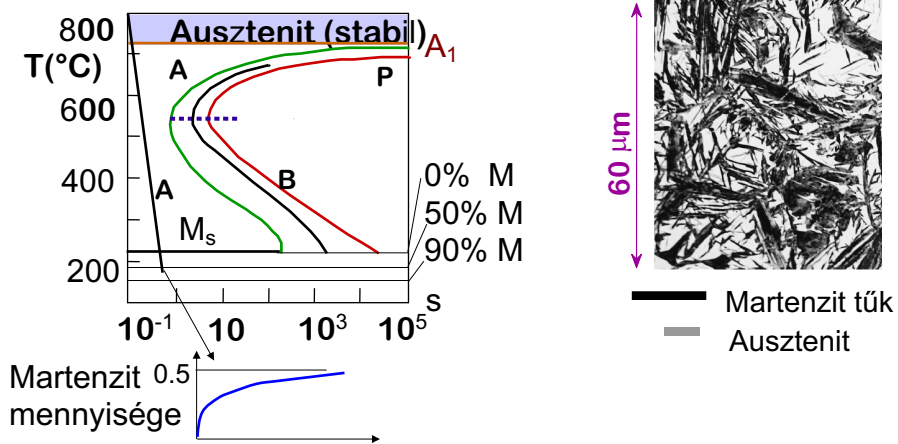
Hosszú idő alatt a perlit/bénit szerkezete átalakul (diffúzió) és apró Fe₃C gömbök jönnek létre a ferrit mátrixban.

13

13

Martenzites átalakulás

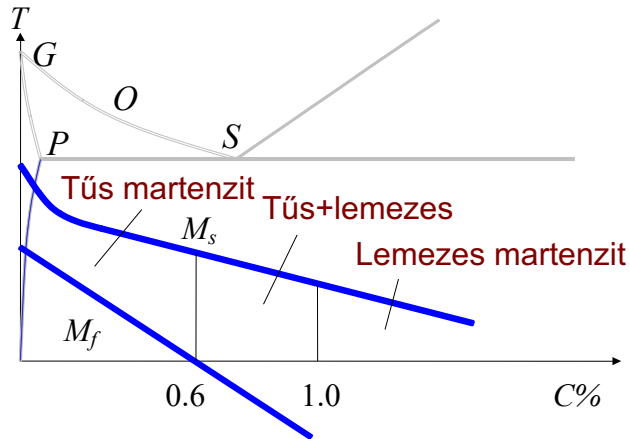
A kezdeti homogén fázisból (γ) az átalakulás során homogén fázis (m) keletkezik, csíráképződés nélkül. Nagy lehülési sebesség esetén jön létre. Diffúzió nélküli átalakulás, a másodperc törtrésze alatt megy végbe.



14

14

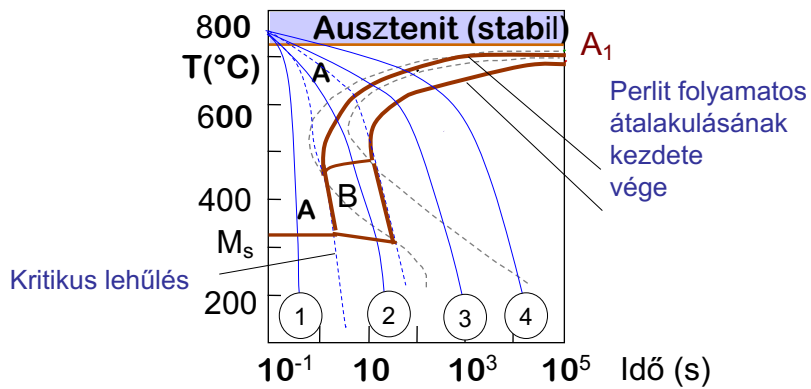
M_s és M_f hőmérséklet széntartalom függése



15

15

Eutektoidos (C=0,8%) acél folyamatos átalakulása

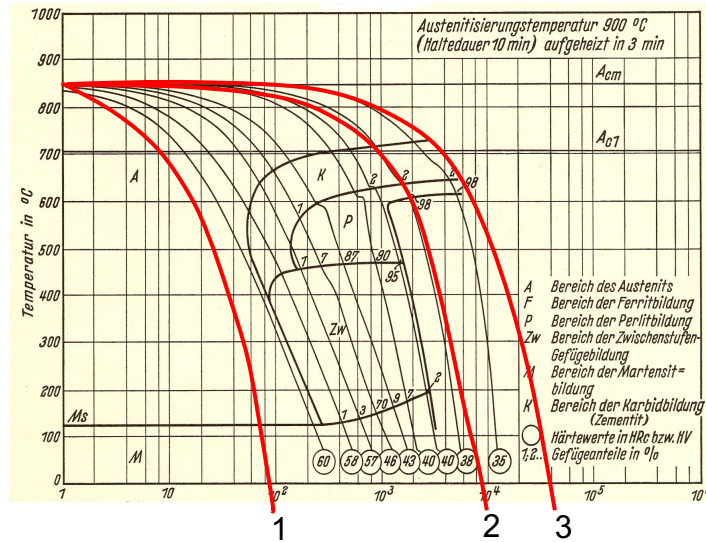


- | | |
|------------------|----------------------------------|
| 1. Edzés (víz): | martenzit |
| 2. Edzés (olaj): | perlit és/vagy bénit + martenzit |
| 3. Normalizálás: | finom perlit |
| 4. Lágyítás: | durva lemezes perlit |

16

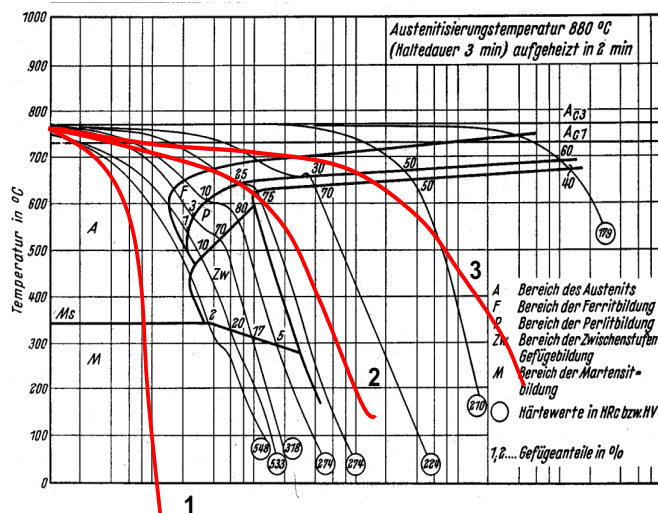
16

Hipereutektoidos acél folyamatos átalakulása

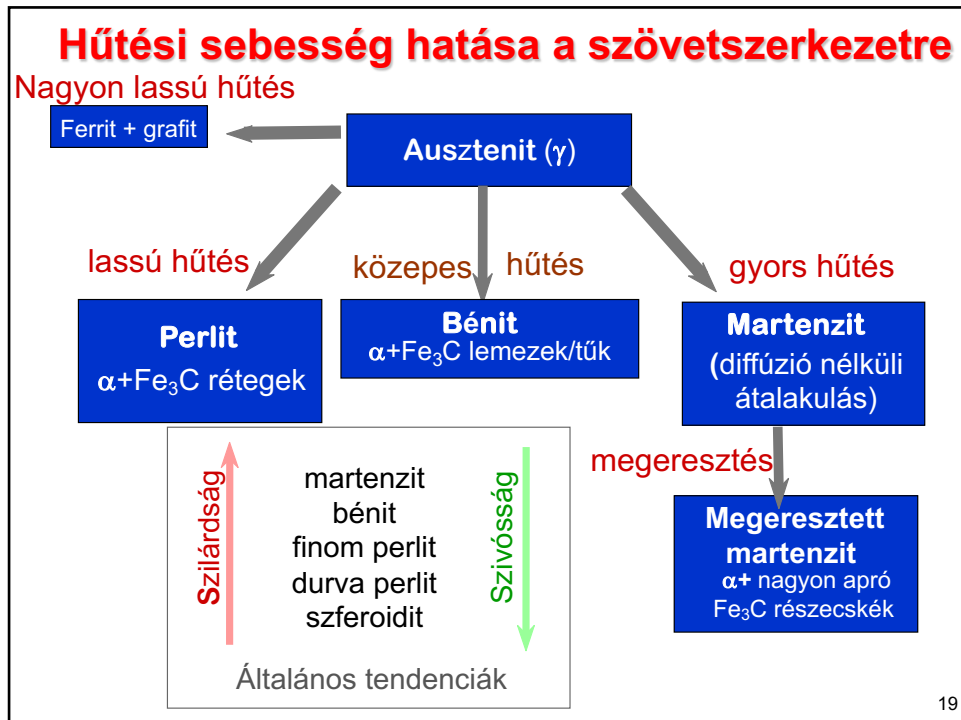


17

Hipoeutektoidos acél folyamatos átalakulása



18



19



20

- **1. Edzés**

Auszténitesítés + hőntartás + gyors hűtés (víz vagy olaj)
Martenzites szövetszerkezet előállítása.

- **2. Megeresztés**

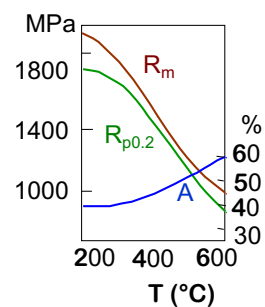
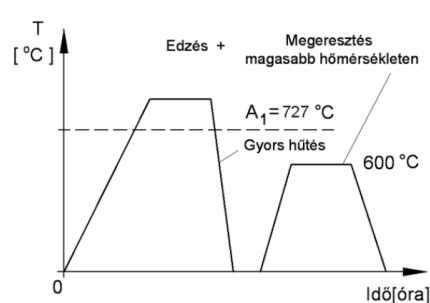
Martenzites szövetszerkezet hőntartása A_1 -nél kisebb hőmérsékleten, majd lehűtése. Finom szövetszerkezetű perlit előállítása.

21

21

- **3. Nemesítés**

Edzés, megeresztés nagy hőmérsékleten.
Szívós szövet előállítása.



22

22

- **5. Lágyítás**

- Egyszerű lágyítás**

- Auszténitesítés + hőntartás + lassú hűtés (kemencével).

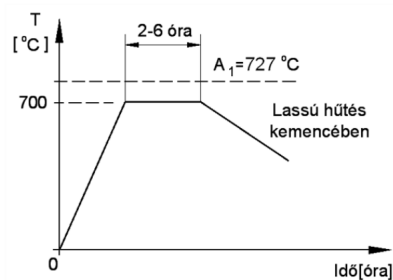
- Durva, lemezes perlit.

- Lágy, szívós anyag előállítása.

- **Szferoidizálás**

- Hőntartás + nagyon lassú hűtés.

- Lágy, szívós anyag előállítása.

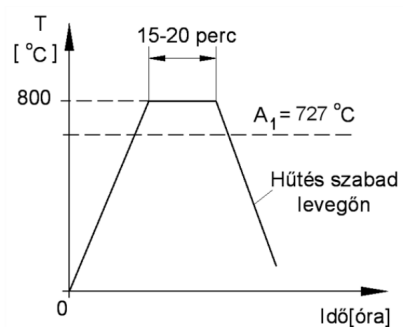


23

- **4. Normalizálás**

- Auszténitesítés + hőntartás + levegőn való lehűtés.

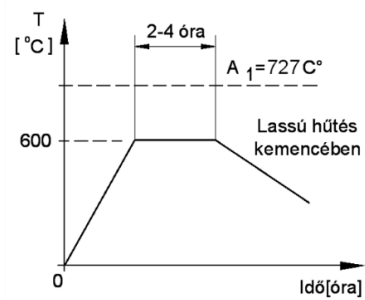
- Finom perlites szövetszerkezet előállítása.



24

- **6. Feszültségcsökkentő hőkezelés**

500-600 °C hőntartás + lassú hűtés (kemencével)
Maradó feszültségek csökkentése.



25

25

- **7. Betétedzés**

1. Cementálás, izzítás karbon tartalmú közegben 900 °C-on 8-24 óráig
2. Edzés
3. Megeresztés.

Kéregben martenzites, belül ferrit/perlit/bainit-es szövet.

Fogaskerekek, tengelyek, csapágyak, fárasztó terhelésnek kitett alkatrészek esetén.

26

26

Acélok hőkezelésének alapvető típusainak áttekintése

Feszültségcsökkentő hőkezelések

Lágyító hőkezelések

Egyszerű lágyítás

Szferoidizálás

Keménységet növelő hőkezelések

Edzés

Betétedzés

Szívósságot fokozó hőkezelések

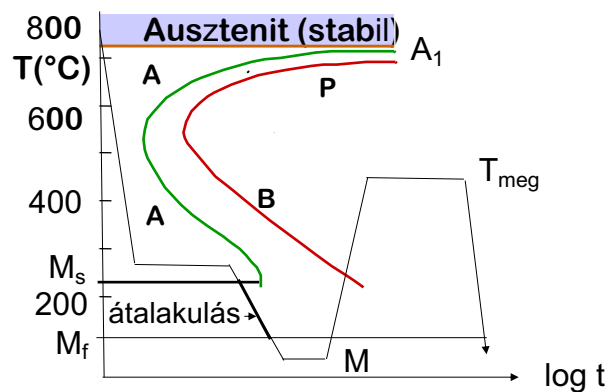
Nemesítés

Normalizálás

27

27

Eutektoidos acél martemperálása

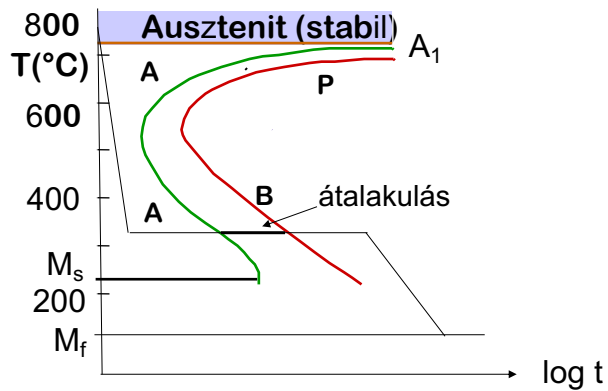


Módosított edzési eljárás, amellyel csökkenteni lehet a hagyományos edzéshez képest a belső feszültségeket és a repedésveszélyt.

28

28

Eutektoidos acél ausztemperálása



Bénit előállítás, amelynek során a szilárdság viszonylag nagy szívósággal párosul, a repedésveszély csökken.

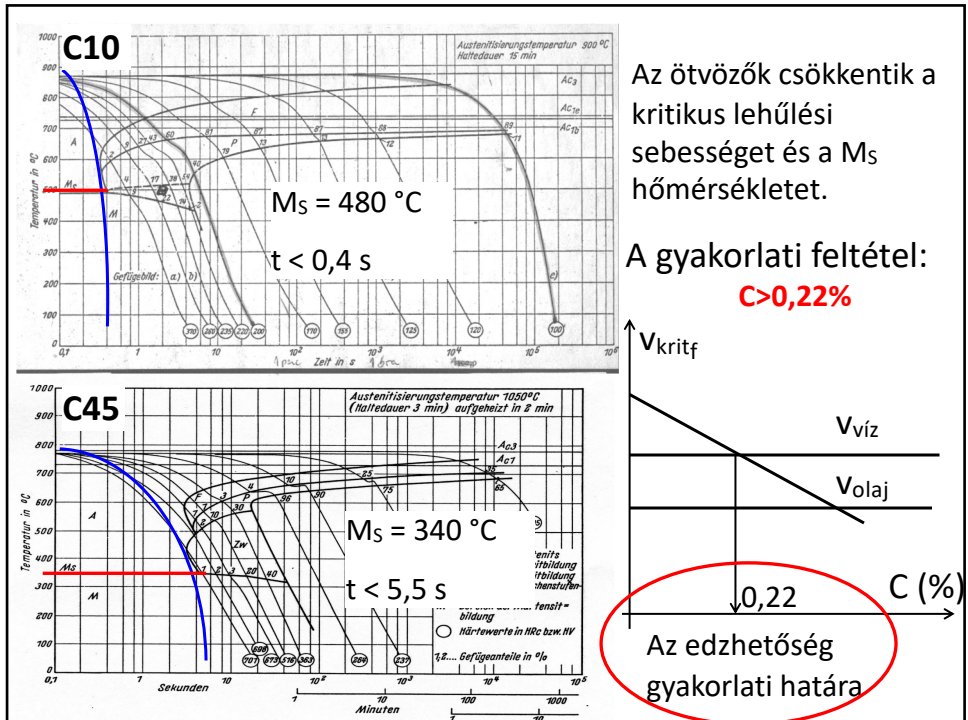
29

29

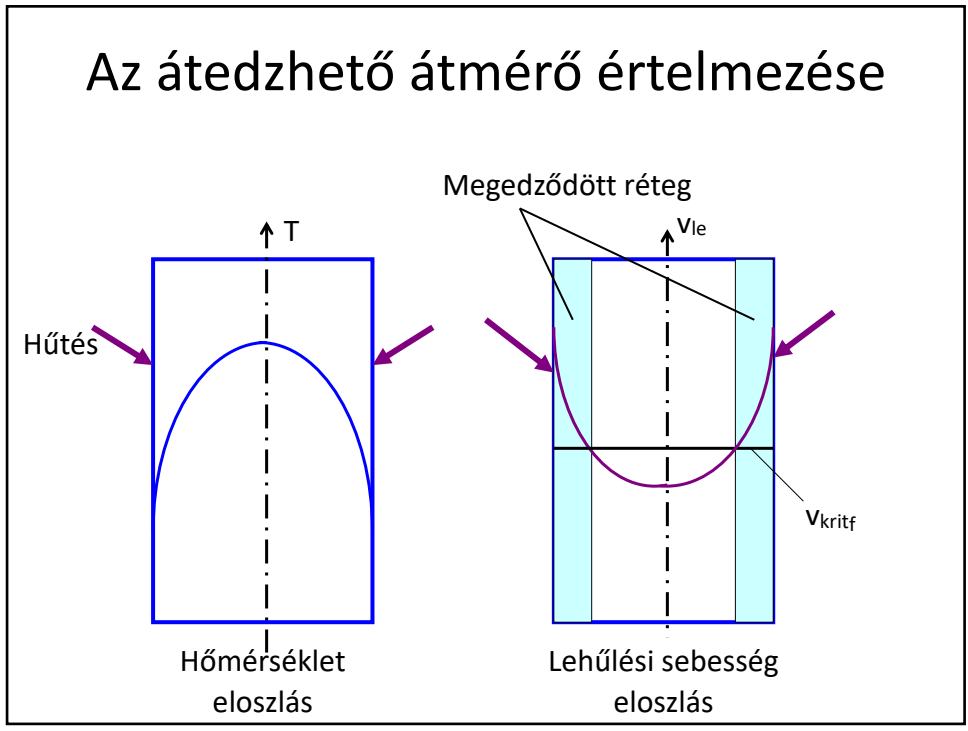
Az edzés feltételei

- Az edzés nagyon fontos, mert nemesítéssel (edzés+megeresztés), allotróp átalakulással a tulajdonságok tág határok között befolyásolhatók
- Edzés lépései
 - Hevítés $A_3 + \sim 50^\circ\text{C}$ hőmérsékletre
 - Hőntartás teljes ausztenitesítésig
 - Lehűtés a kritikus lehűtési sebességnél gyorsabban

30

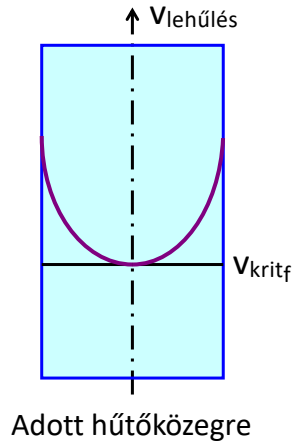


31



32

Az átedzhető szelvényátmérő definíciója



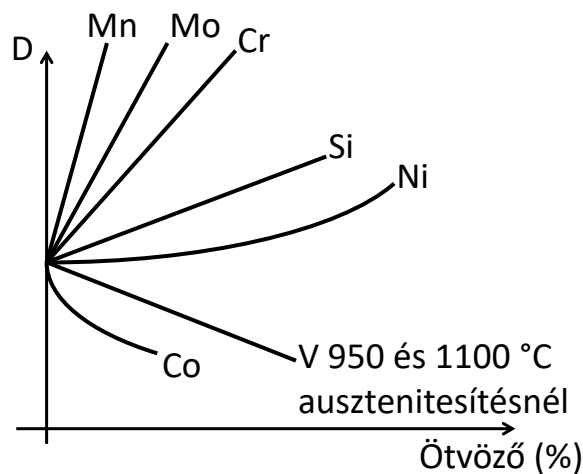
Az átedzhető szelvény-átmérő az az átmérő, amelynél az adott hűtőközeg esetében, **a darab legbelső pontja is legalább a kritikus (felső) lehülési sebességgel hűl le.**

D(kémiai összetétel, hűtőközeg, szemcseméret, kívánt martenzit mennyiség)

Martenzit + bénit, a gyakorlatban **50% martenzit**

33

Az ötvözők hatása az átedzhető szelvényátmérőre



34

Számítás

- Grossmann szerint az ideális átedzhető szelvényátmérő 50% martenzit tartalomnál

$$D_{id} = 8 \sqrt{C} 1,08^{8-n} \prod_{i=1}^m (1 + Me_i f_{Me_i})$$

- Ahol:
 - C a korbontartalom (t%)
 - n: szemcsefinomsági mérőszám
 - Me_i: az i-dik fém mennyisége (t%)
 - f_{Me_i}: az i-dik fém állandója

Elem vegyjele	f _{Me_i}
Mn	4,10
Cr	2,33
Si	0,64
Cu	0,27
Mo	3,14
Ti	5,70
Ni	0,52
P	2,83
V	1,73
S	-0,62

35

A reális átedzhető szelvényátmérő

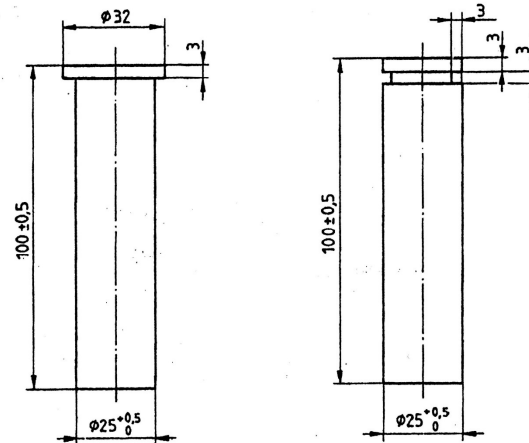
$$D_{re} = D_{id} \eta_{közeg}$$

- $\eta_{v\acute{i}z}=0,75$
- $\eta_{olaj}=0,5$
- $\eta_{leveg\acute{o}}=0,25$

36

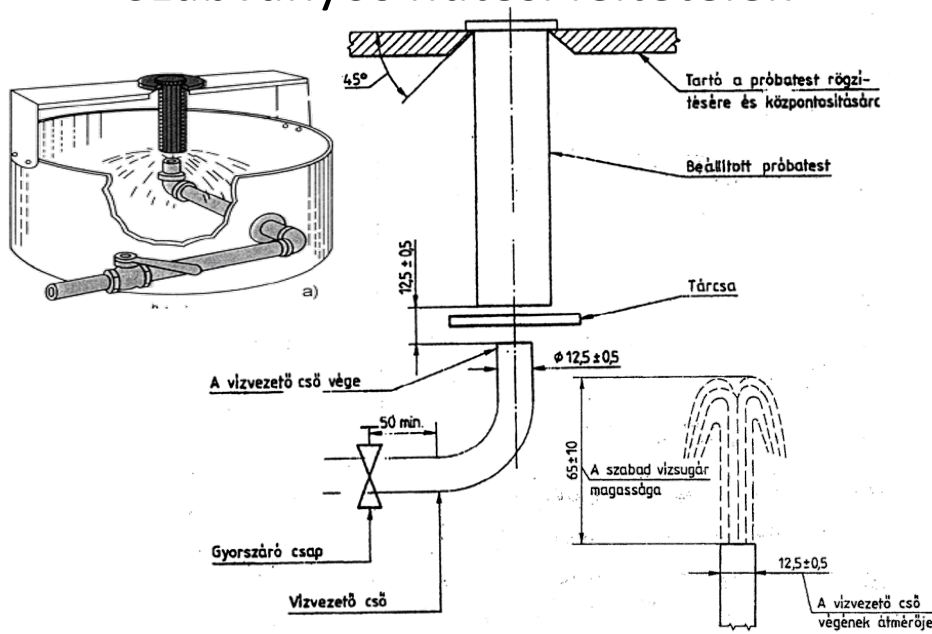
Mérés

- Véglapedzési próba, vagy Jominy-próba
- Szabványosított
 - Próbatest
 - Hűtési feltételek
- Menete
 - Ausztenítés (30')
 - Hűtés véglapról
 - Keménységmérés
 - Kiértékelés



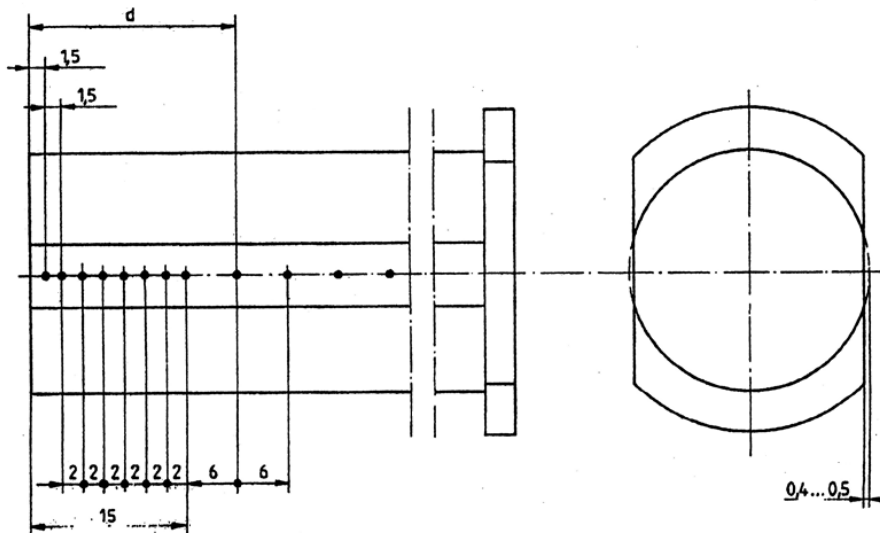
37

Szabványos hűtési feltételek



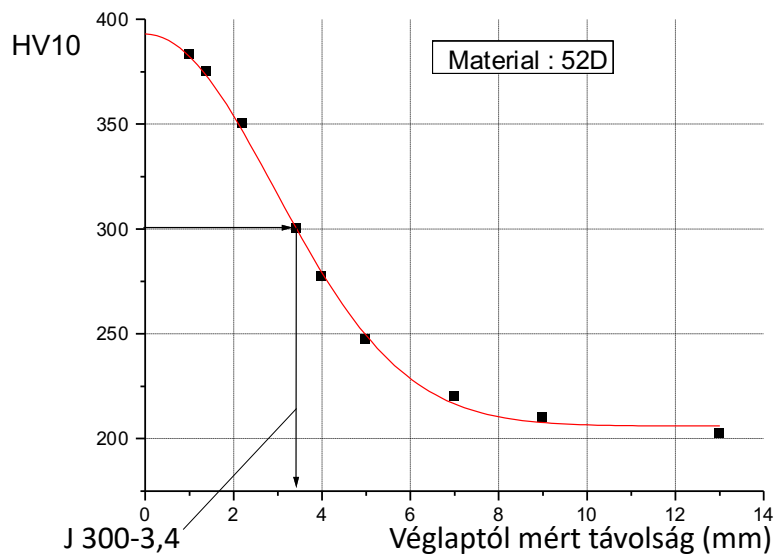
38

Keménységmérés



39

Példa: mérési eredmény



40