

# Fázisátalakulások, hőkezelések I.

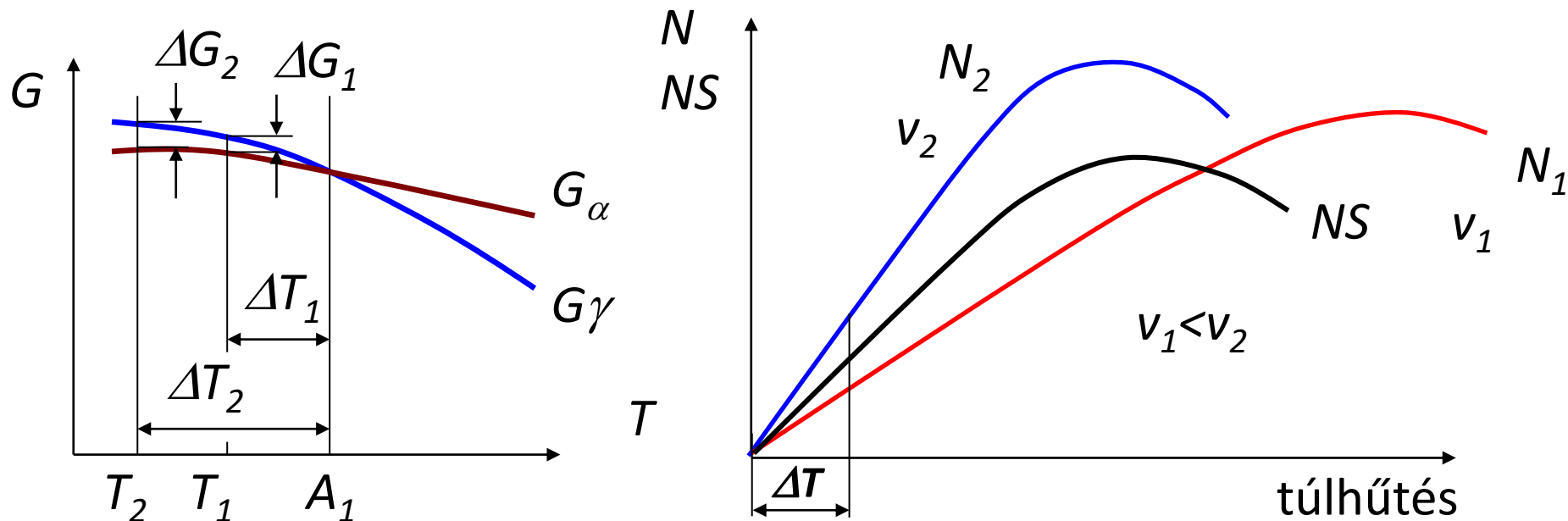
(Acélok nemegyensúlyi átalakulása)

Dr. Szabó Péter János  
[szpj@eik.bme.hu](mailto:szpj@eik.bme.hu)

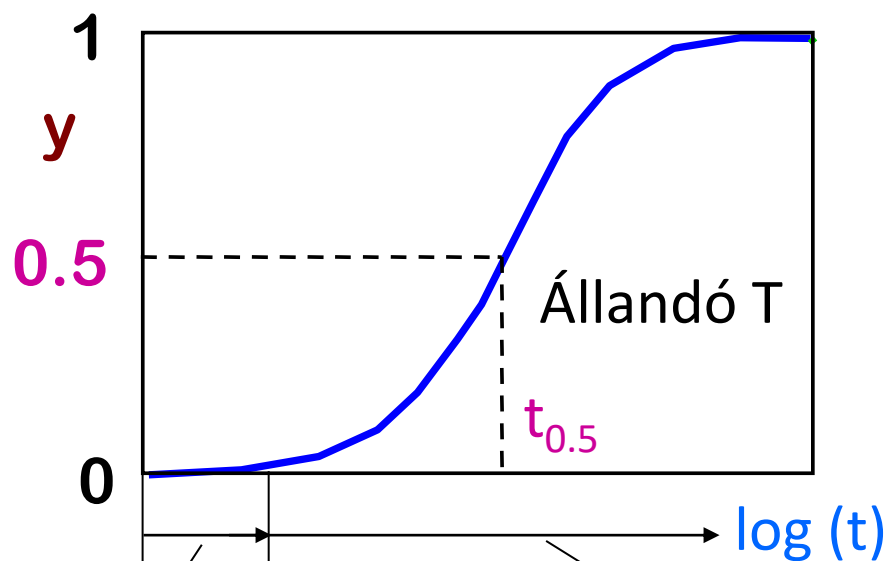
Anyagszerkezetten és anyagvizsgálat  
BMEGEMTBGA1

- az egyensúlyi és a nemegyensúlyi átalakulások fogalmát;
- a  $\gamma \rightarrow \alpha$  nemegyensúlyi átalakulások fajtáit (perlites, bénites, martenzites) és jellemzőit;
- az acélok alapvető hőkezeléseit;
- az acélok mikroszerkezete és mechanikai tulajdonságai közti kapcsolatot.

- A vas allotróp módosulatai:  $\alpha$ -Fe,  $\gamma$ -Fe és  $\delta$ -Fe.
- A vasötvözetek hőkezelésénél alapvető az  $\alpha \rightarrow \gamma$  és a  $\gamma \rightarrow \alpha$  átalakulás. Az elsőnél fajtérfogat csökkenés, a másodiknál növekedés történik.
- **$\gamma \rightarrow \alpha$  fázisátalakulás:** A folyamat három fontos paramétere a szabadentalpia változás, a szilárd állapotbeli kristályosodási képesség és a diffúziós tényező.



Az Avrami egyenlet a fázisátalakulást írja le:



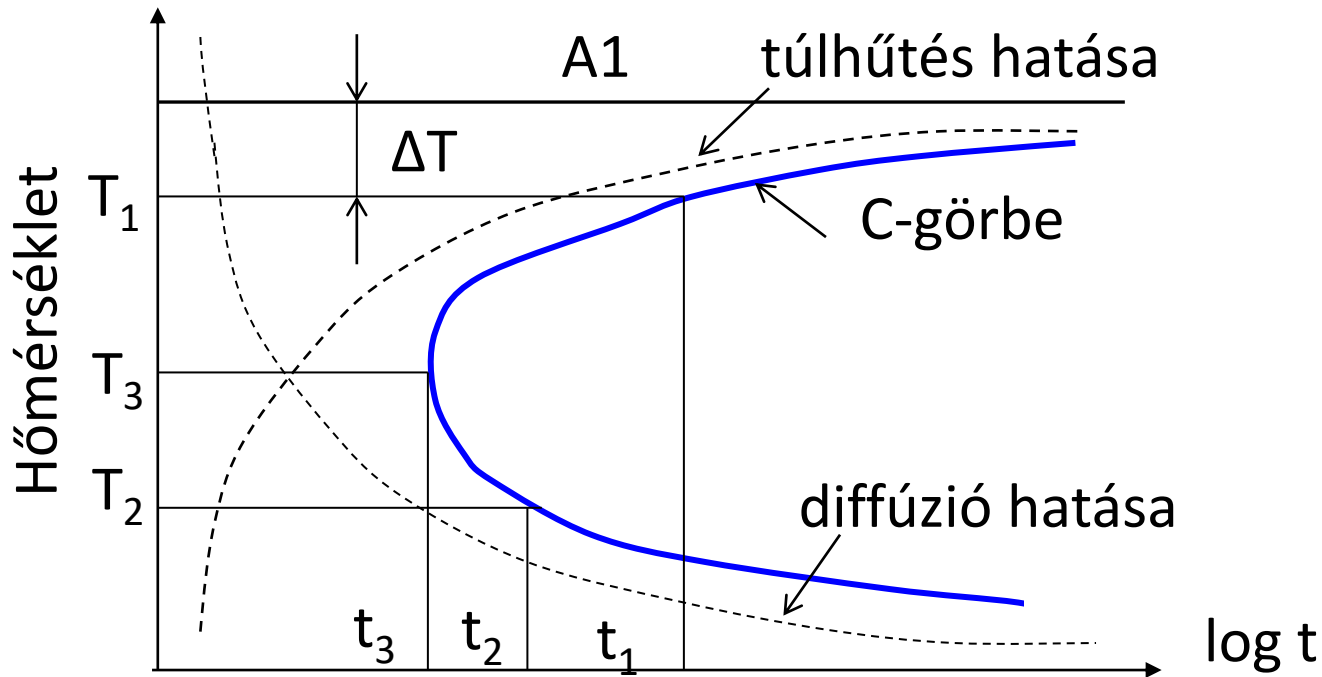
$$y = 1 - \exp(-kt^n)$$

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

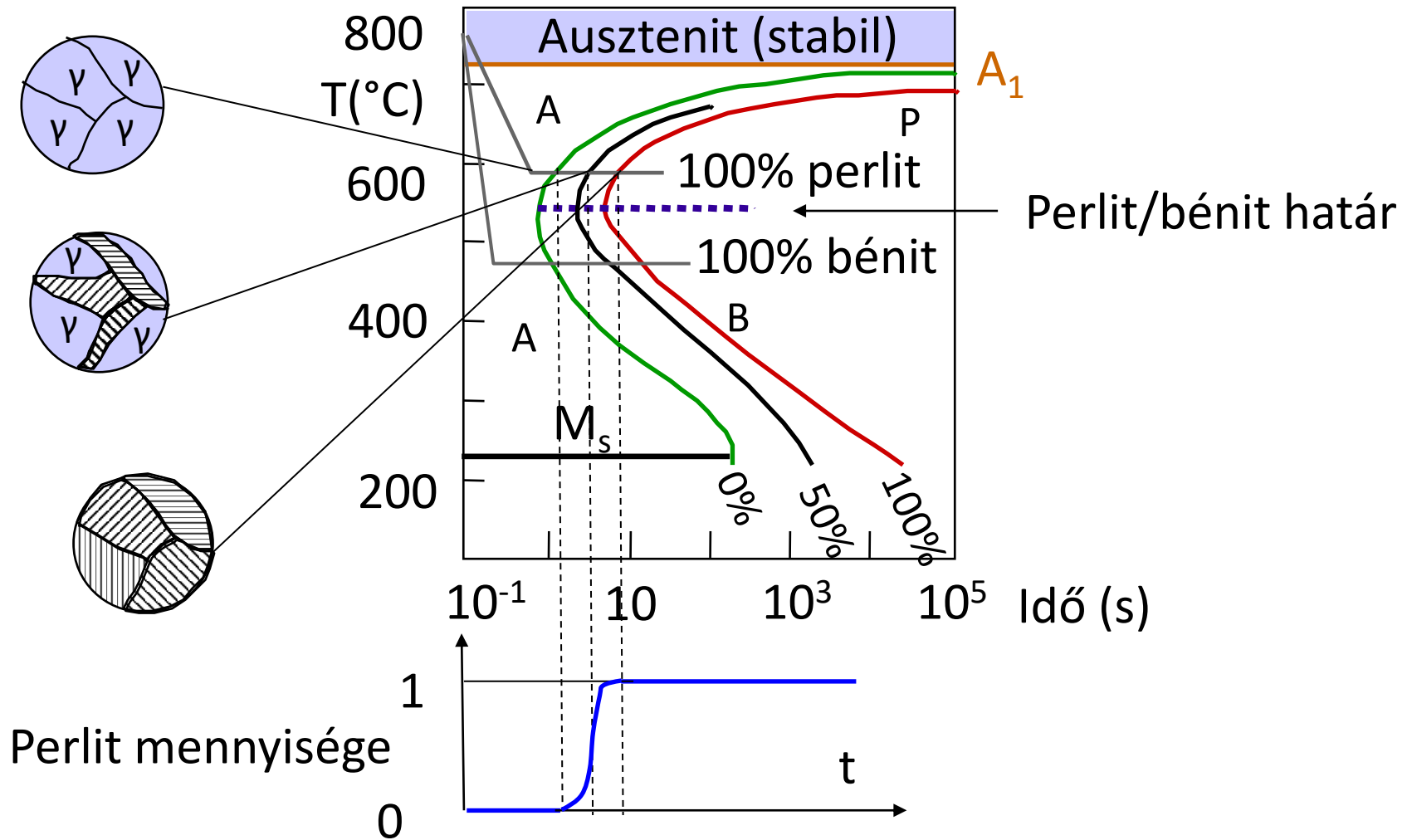
$$r = A \exp\left(-\frac{Q}{RT}\right)$$

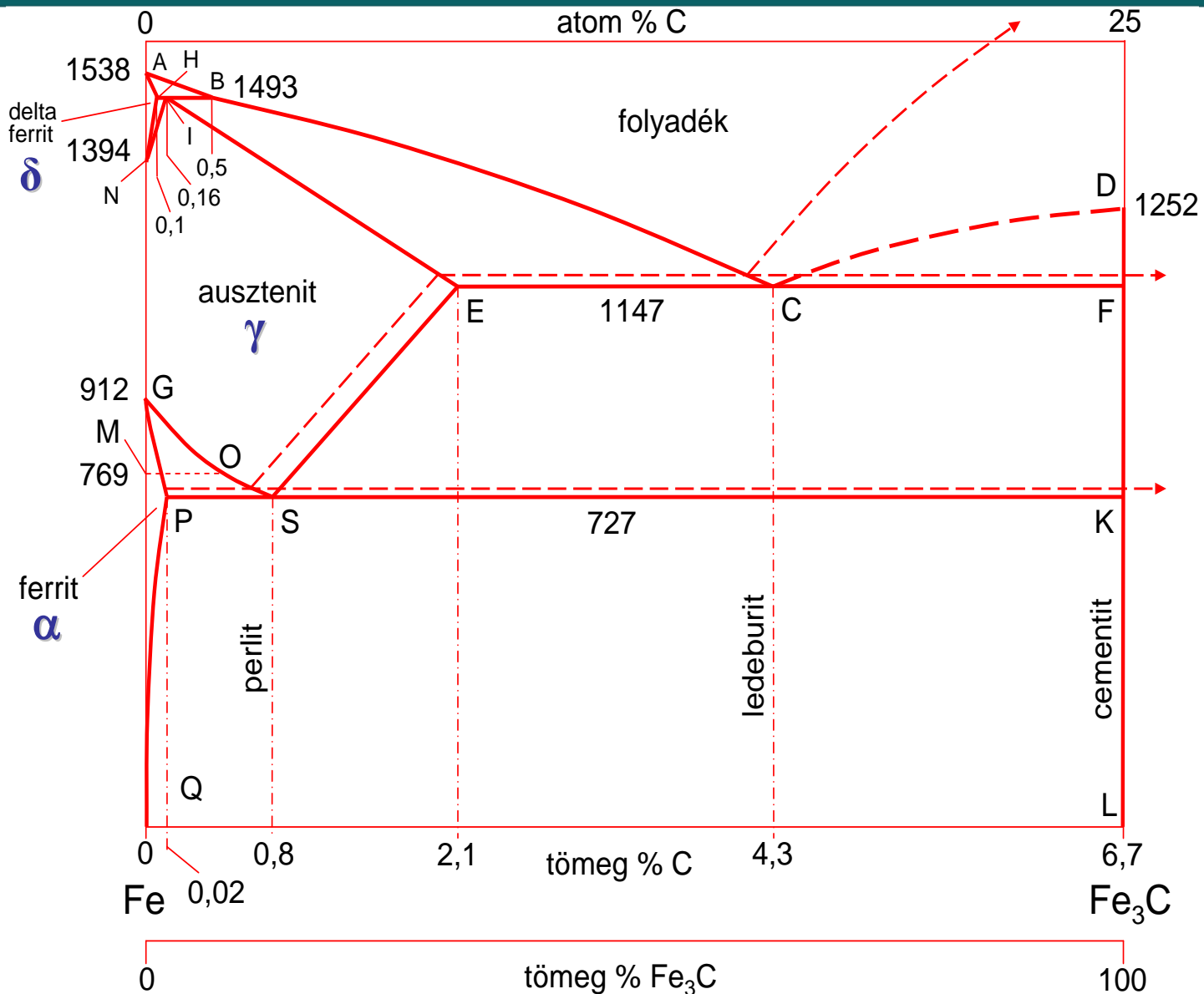
Inkubációs idő

Az átalakulás időbeli előrehaladása

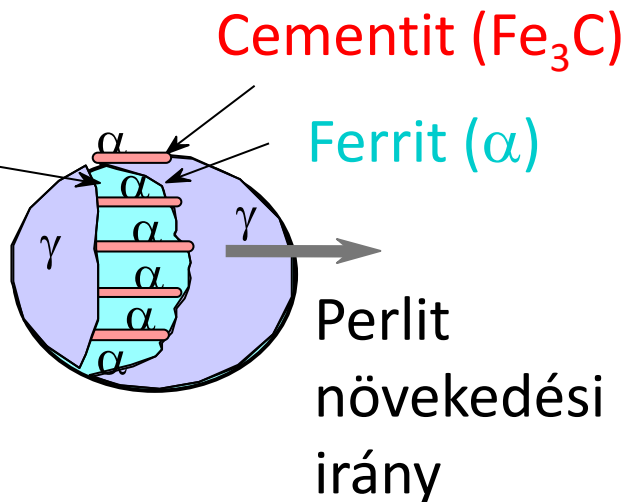


A túlhűtés azonos módon befolyásolja a kristályosodási képességet és a szabadentalpia változását, csökkenti az átalakulás kezdetének időpontját. A diffúziós tényezőre a hőmérséklet ellentétes módon hat. Minél kisebb a hőmérséklet, annál hosszabb az átalakulás ideje.

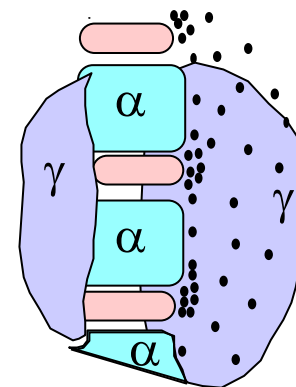




Auszenit ( $\gamma$ )  
szemcse-  
határ

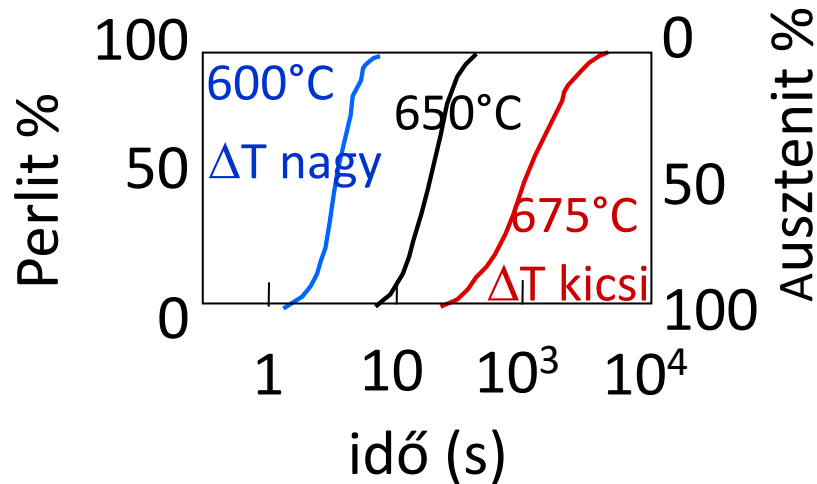


Szénatomok  
diffúziója



Csíráképződéssel  
lejátszódó  
diffúziós folyamat.

A reakciósebesség  
a túlhűtéssel nő ( $\Delta T$ ).



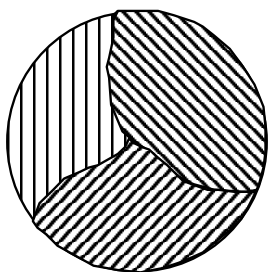


$T_{\text{transf}}$  közvetlenül az  $A_1$  hőmérséklet alatt:  
 nagyobb  $T$ ,  
 gyorsabb diffúzió.

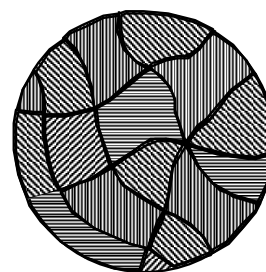
$T_{\text{transf}}$  jóval az  $A_1$  hőmérséklet alatt:  
 kisebb  $T$ ,  
 lassúbb diffúzió.



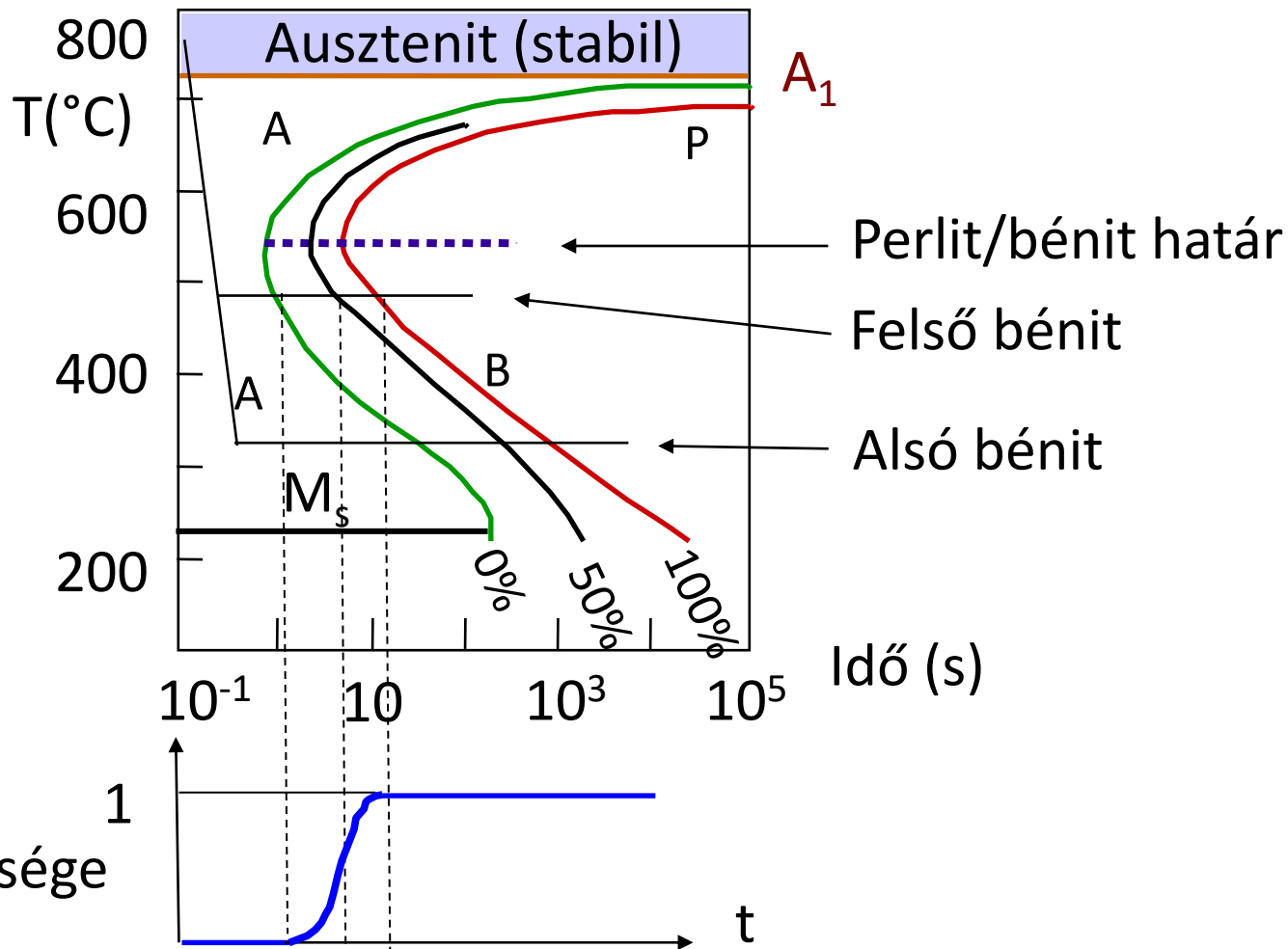
10µm

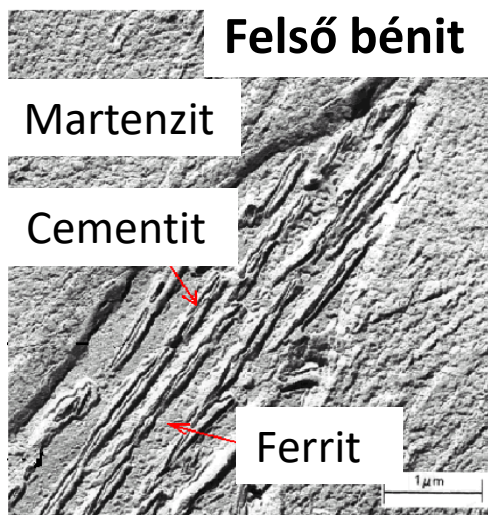


Kisebb  $\Delta T$ ,  
 durvább lemezek



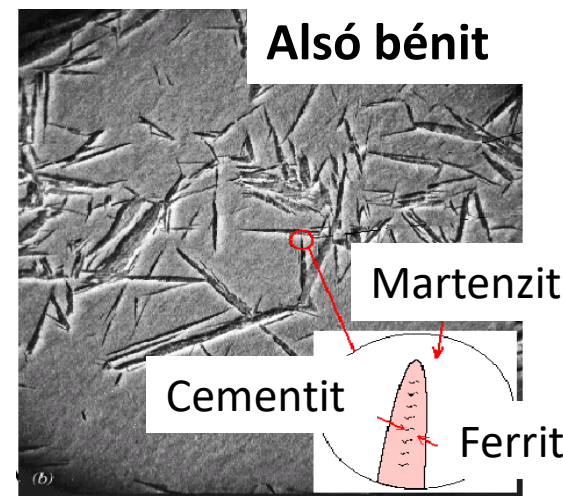
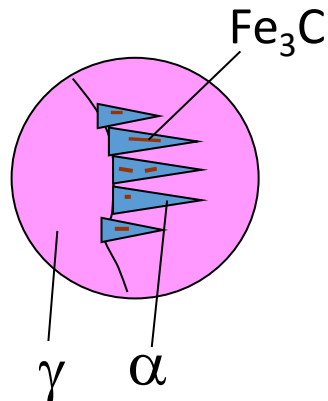
Nagyobb  $\Delta T$ ,  
 finomabb lemezek





350-550 °C

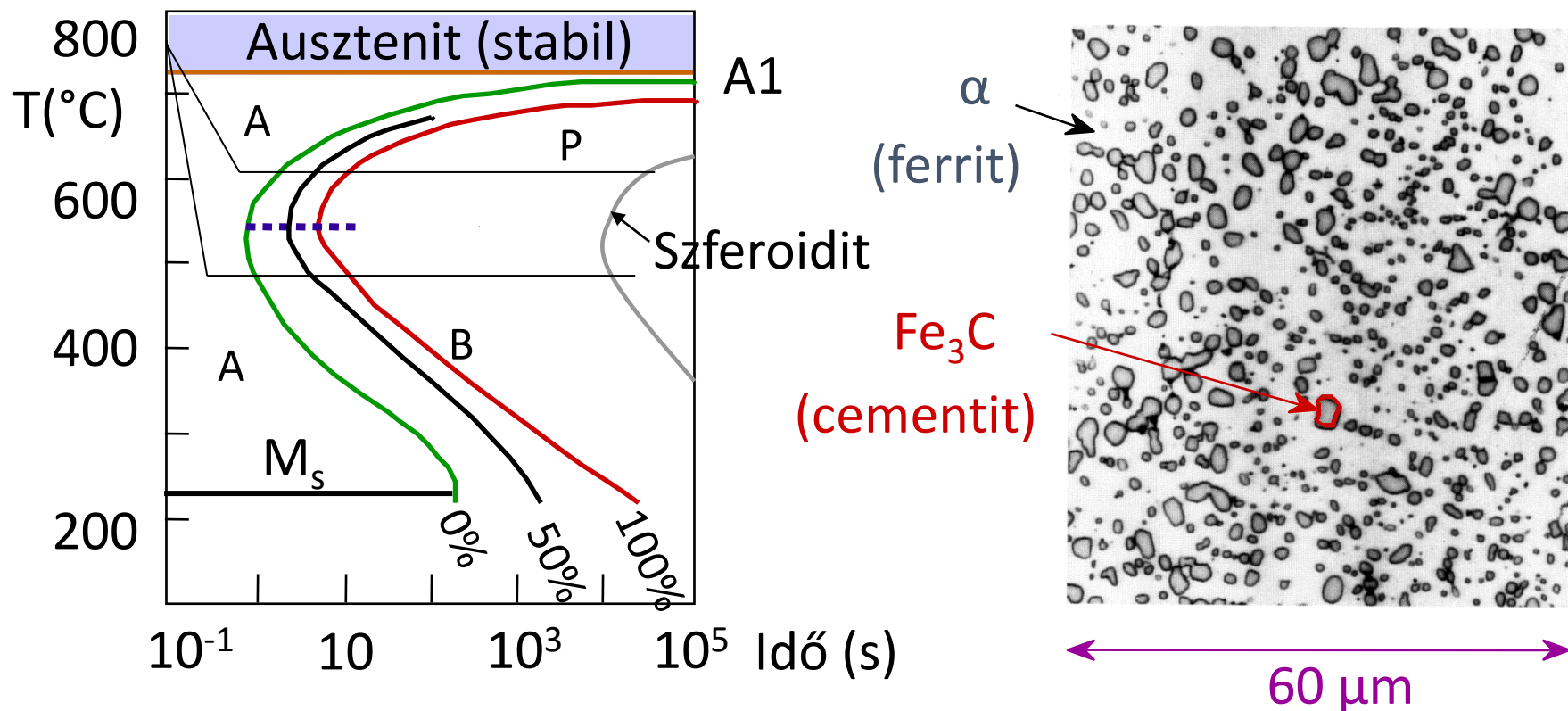
Ferrittűk és hosszú cementit részecskék elegye



200-350 °C

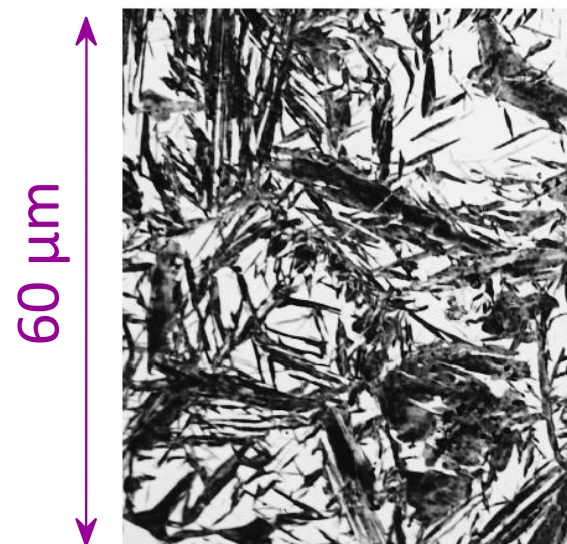
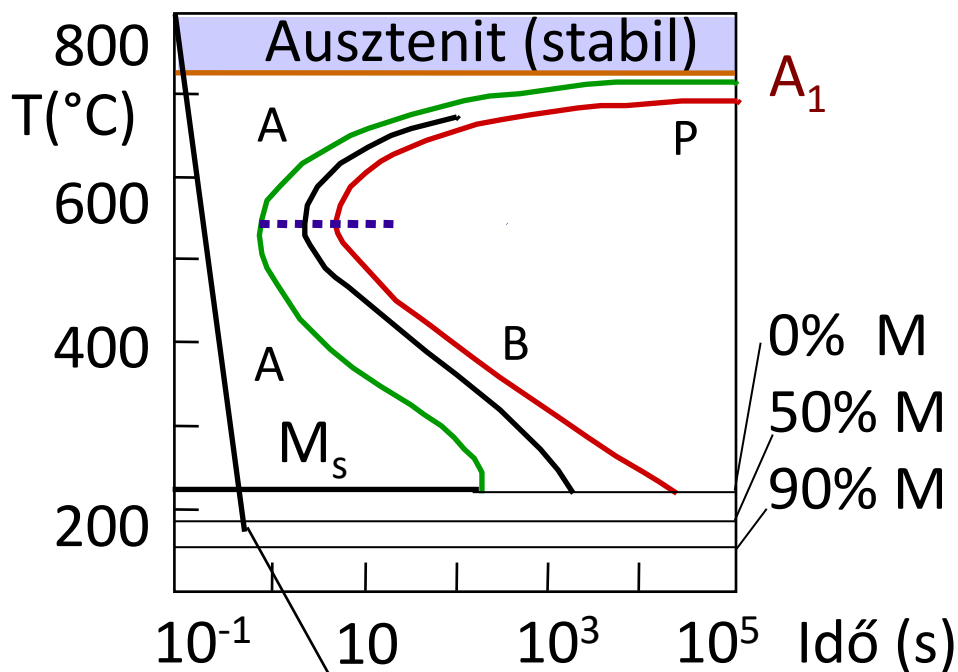
Vékony ferrit lemezek és nyújtott cementit részecskék elegye

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

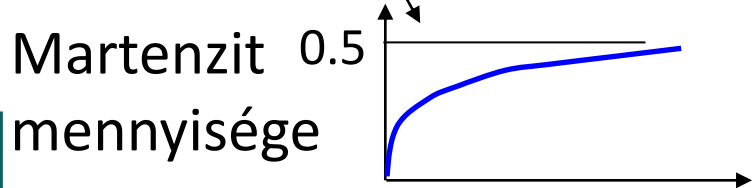


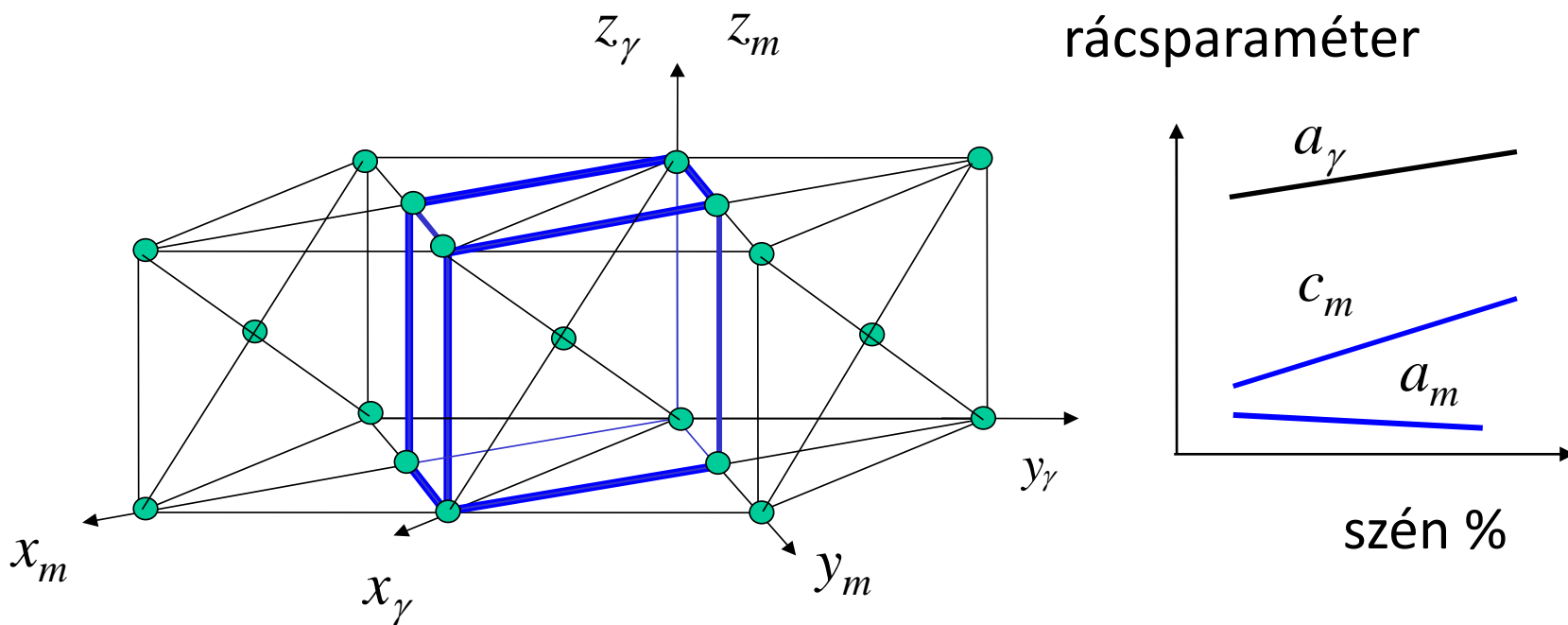
Hosszú idő alatt a perlit/bénit szerkezete átalakul (diffúzió) és apró  $\text{Fe}_3\text{C}$  gömbök jönnek létre a ferrit mátrixban.

Kezdeti homogén fázisból ( $\gamma$ ) az átalakulás során homogén fázis (M) keletkezik, csíráképződés nélkül. Nagy lehűlési sebesség esetén jön létre. Diffúzió nélküli átalakulás, a másodperc törtrésze alatt megy végbe.



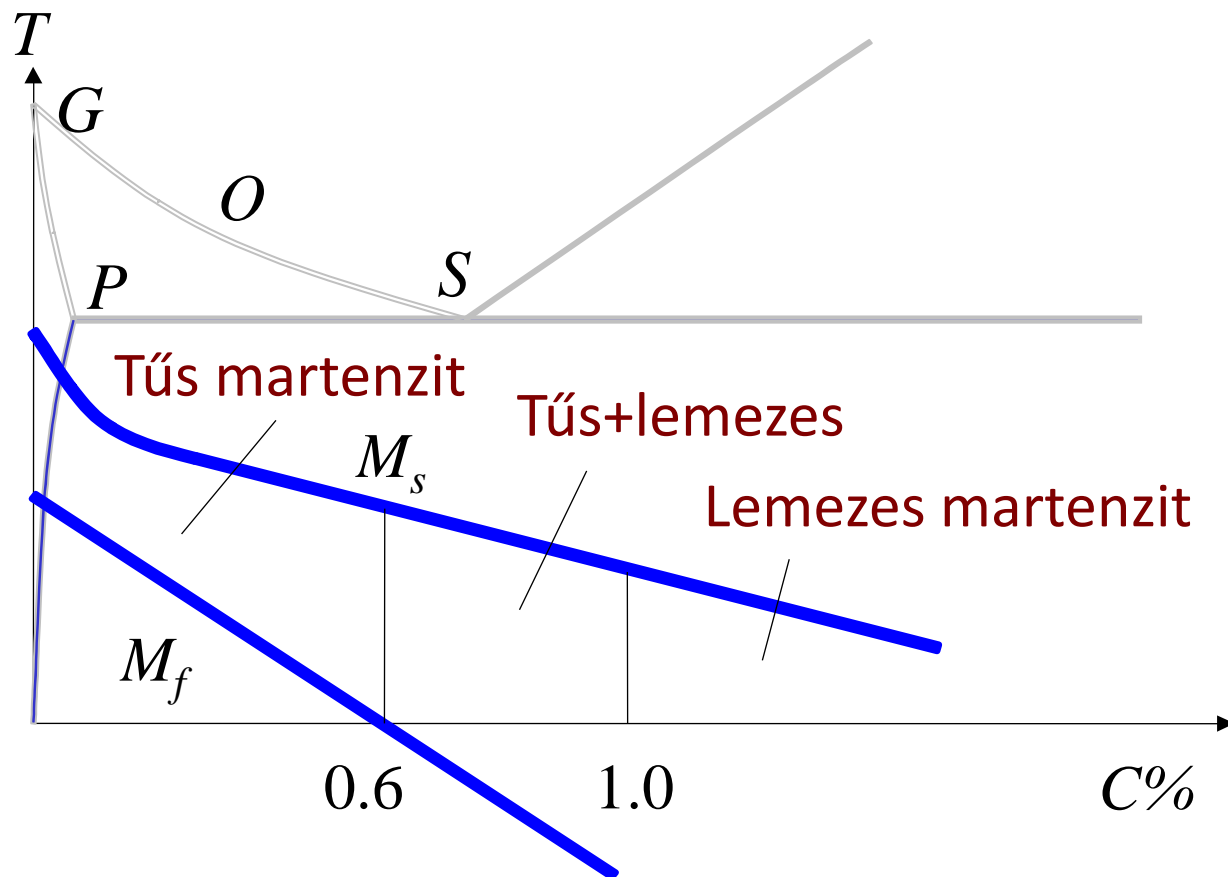
 Martenzit tűk  
 Ausztenit

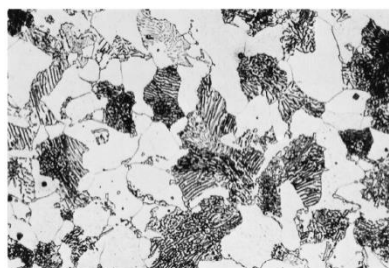
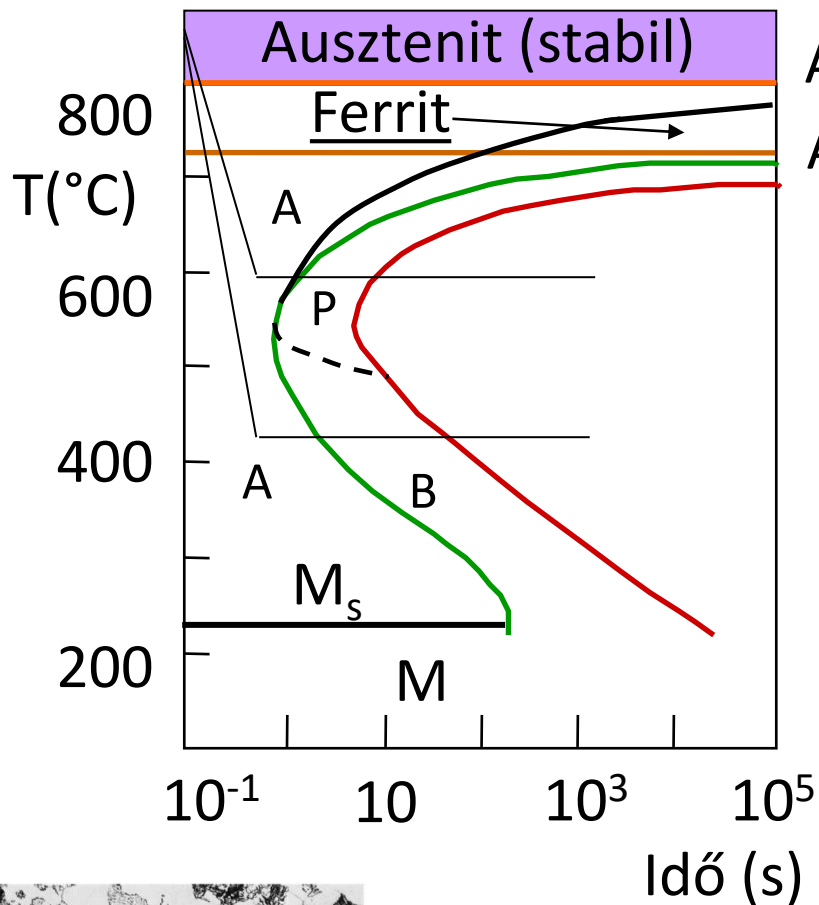




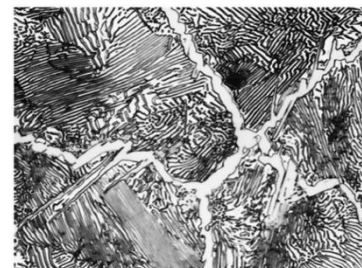
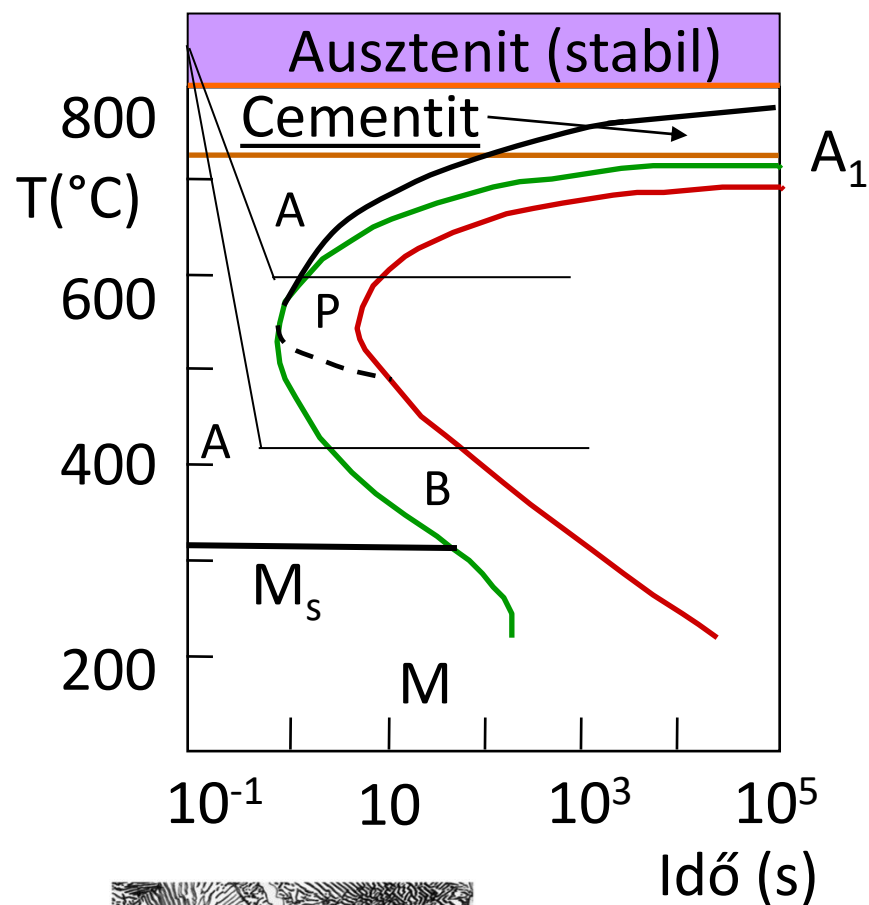
Az ausztenit f.k.k rácsa tartalmazza a martenzit tetragonális rácsát (kék cella), és meghatározott kristálytani kapcsolat áll fenn a két rács között.

$$[100]_m \uparrow\uparrow [1\bar{1}0]_\gamma, [010]_m \uparrow\uparrow [110]_\gamma, [001]_m \uparrow\uparrow [001]_\gamma$$



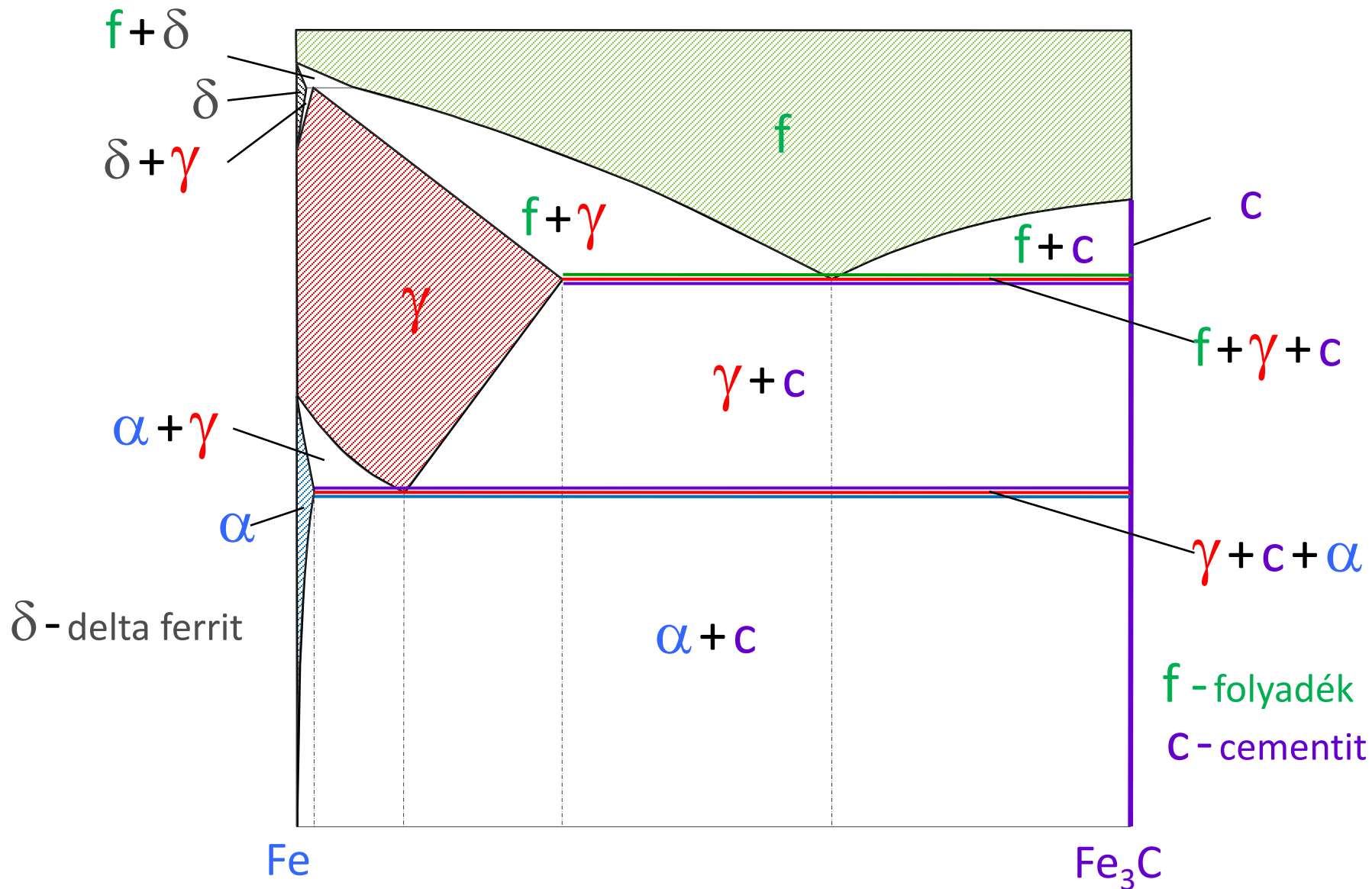


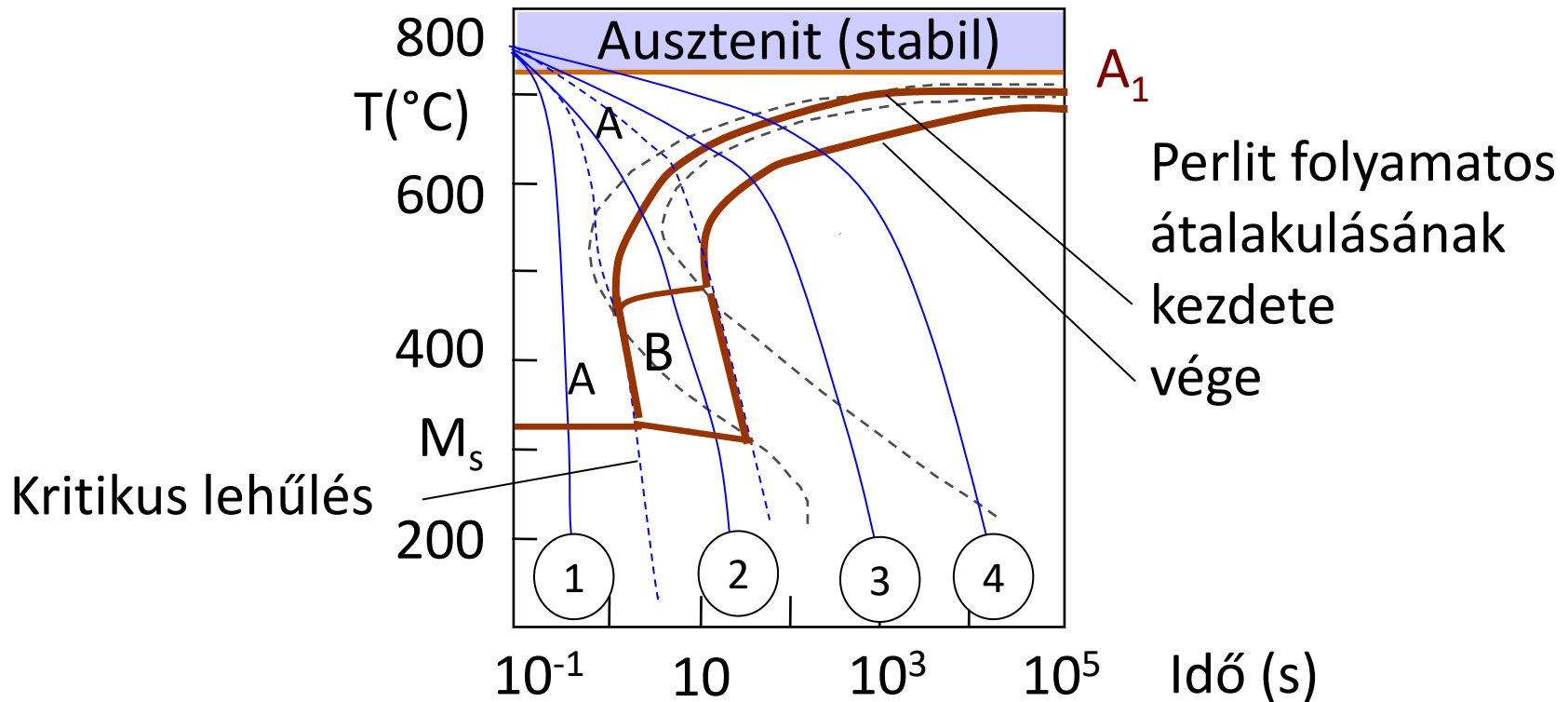
Proeutektoidos ferrit



Proeutektoidos cementit



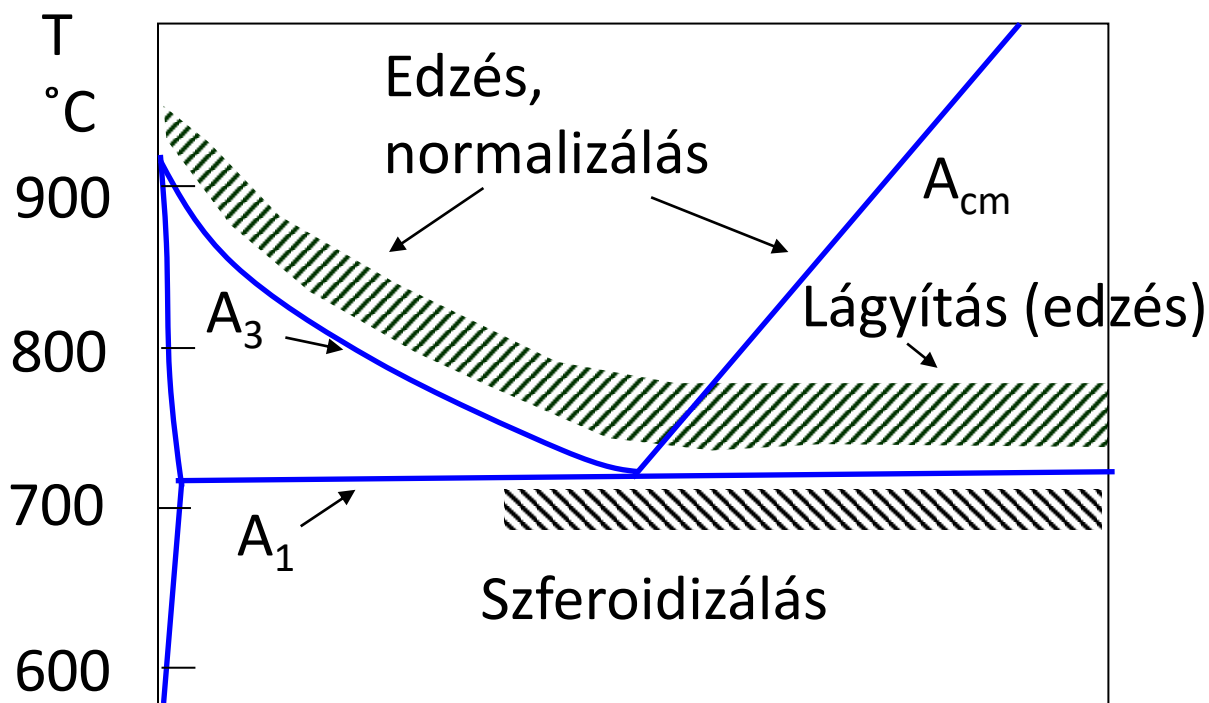


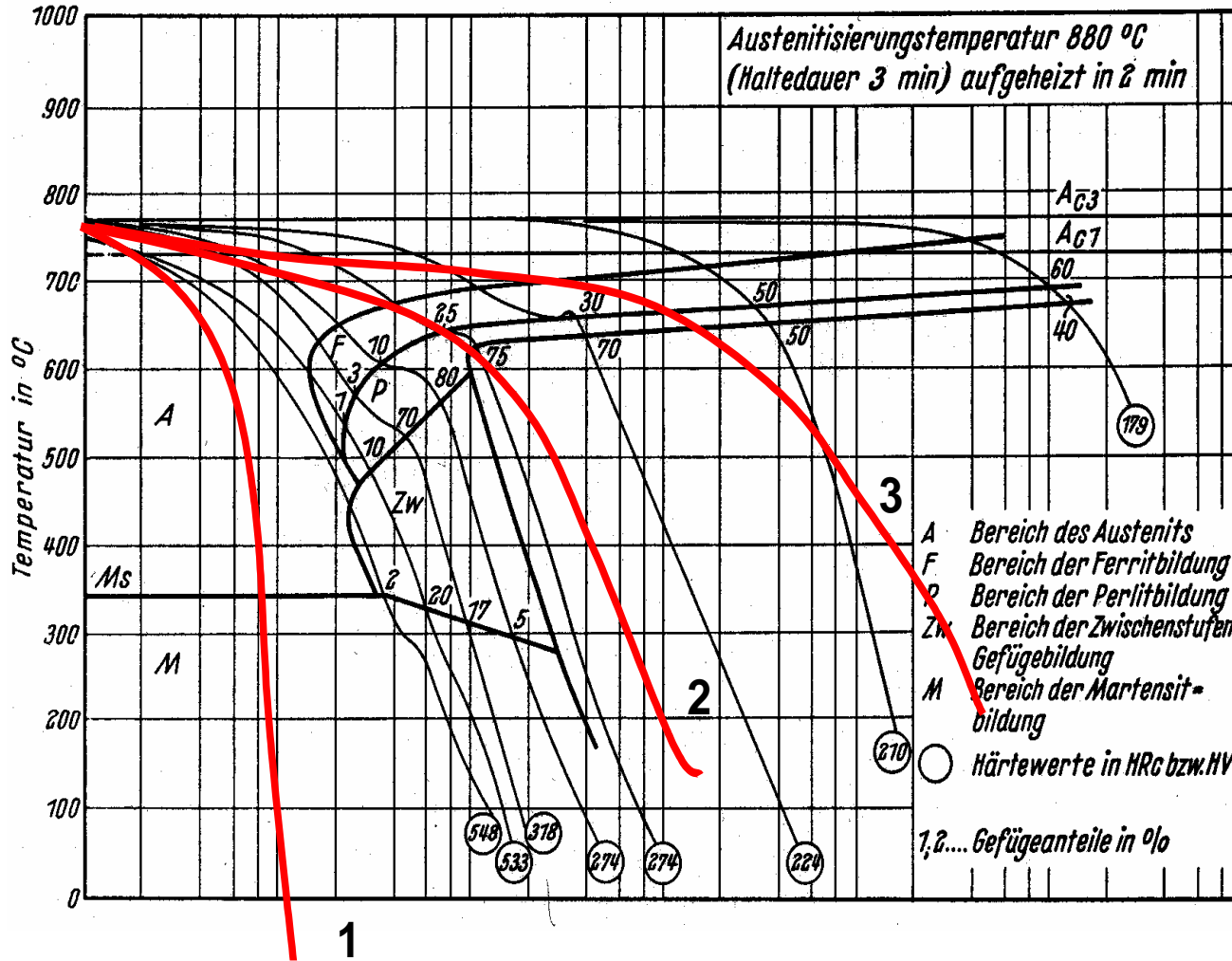


1. Edzés (víz): Martenzit
2. Edzés (olaj): Perlit+bénit+martenzit
3. Normalizálás: finom perlit
4. Lágytítás: durva lemezes perlit

- Edzés
- Megeresztés
- Nemesítés (edzés+ megeresztés)
- Normalizálás
- Lágycsiszolás

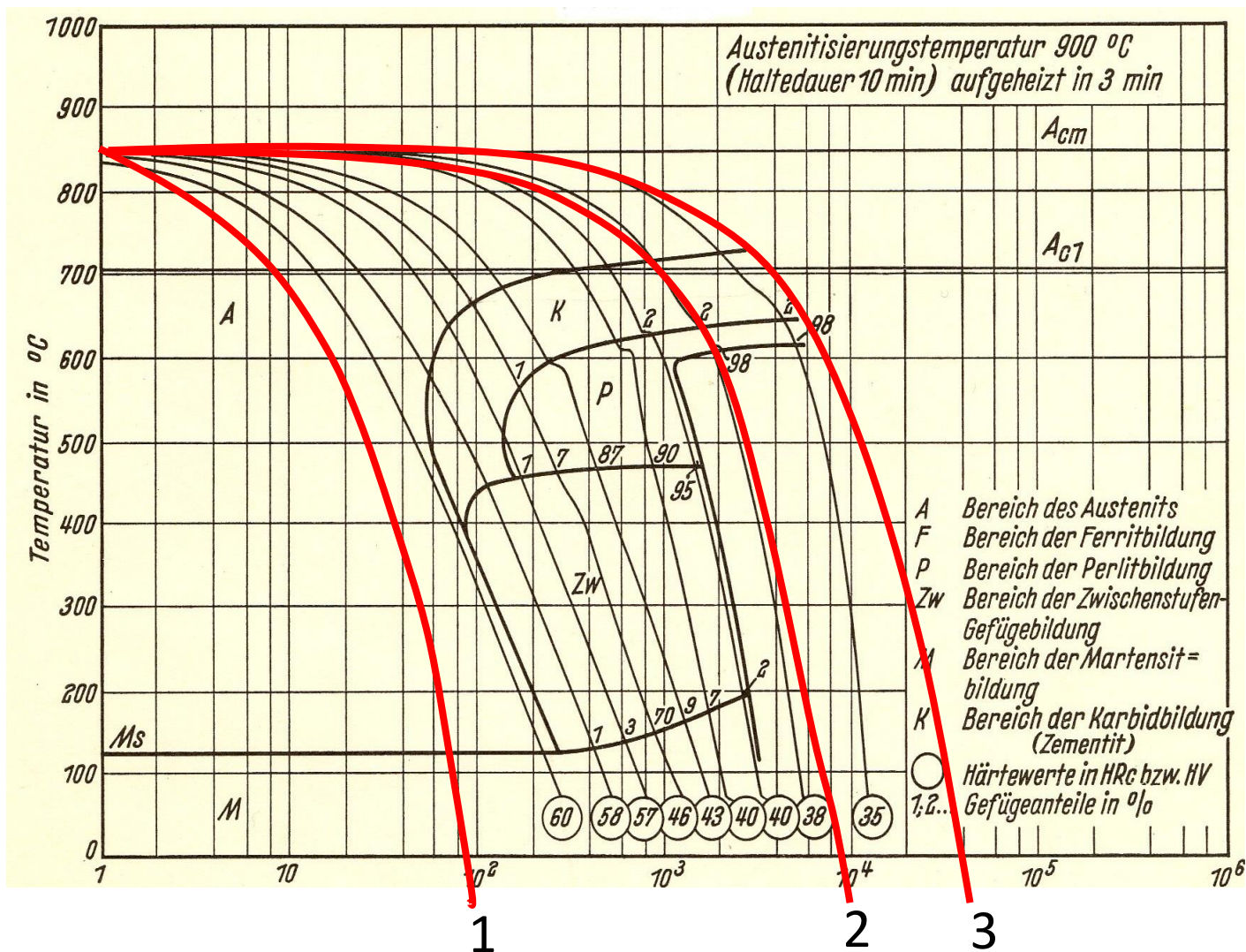
- Edzés
  - Ausztenitesítés + hőntartás + gyors hűtés.  
Martenzites szövetszerkezet előállítása.
- Megeresztés
  - Martenzites szövetszerkezet hőntartása A1-nél kisebb hőmérsékleten, majd lehűtése.
- Lágyítás
  - Ausztenitesítés + hőntartás + nagyon lassú hűtés (kemencével). Lágy, szívós anyag előállítása.
- Normalizálás
  - Ausztenitesítés + hőntartás + levegőn való lehűtés.  
Finom, egyenletes mikroszerkezet előállítása.





C = 0,45 %

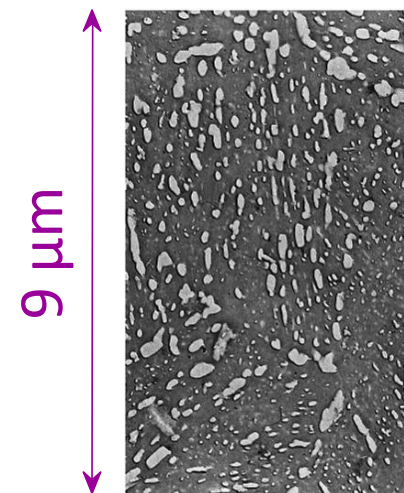
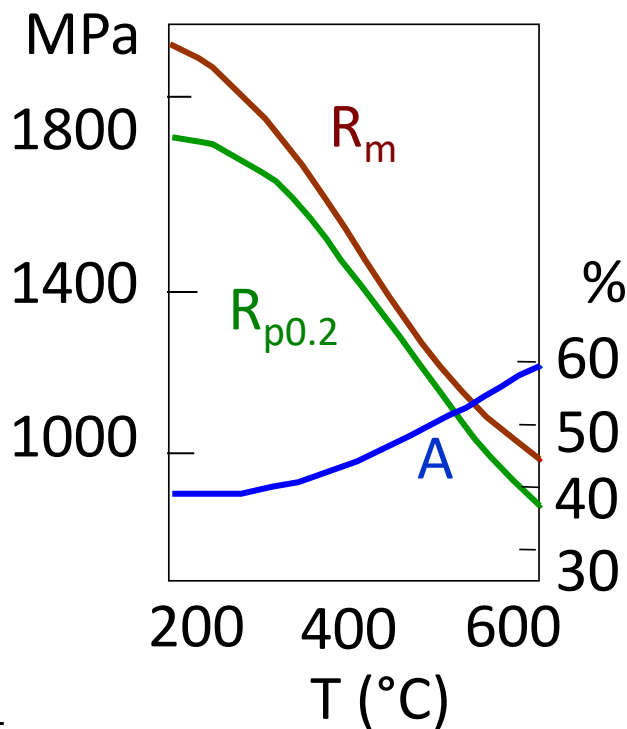
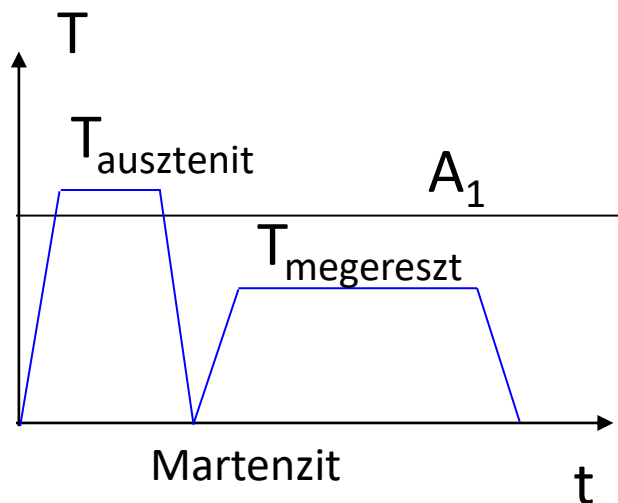
- 1-edzés
- 2-normalizálás
- 3-lágyítás



C = 1 %

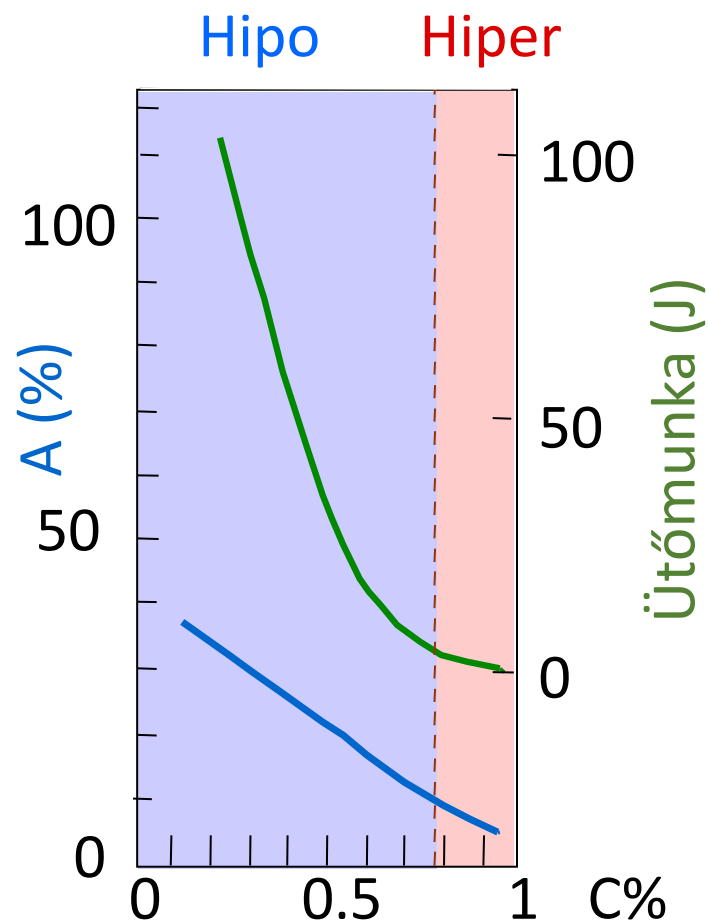
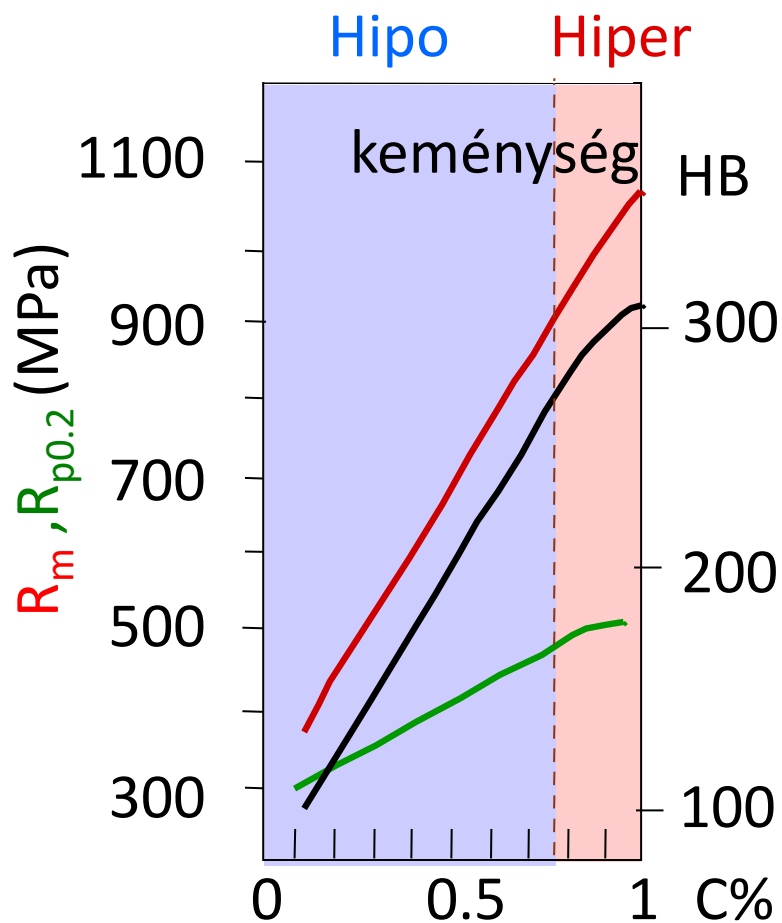
- 1-edzés
- 2-normalizálás
- 3-lágyítás

A martenzit ridegségének és a belső feszültségeknek a csökkentése.

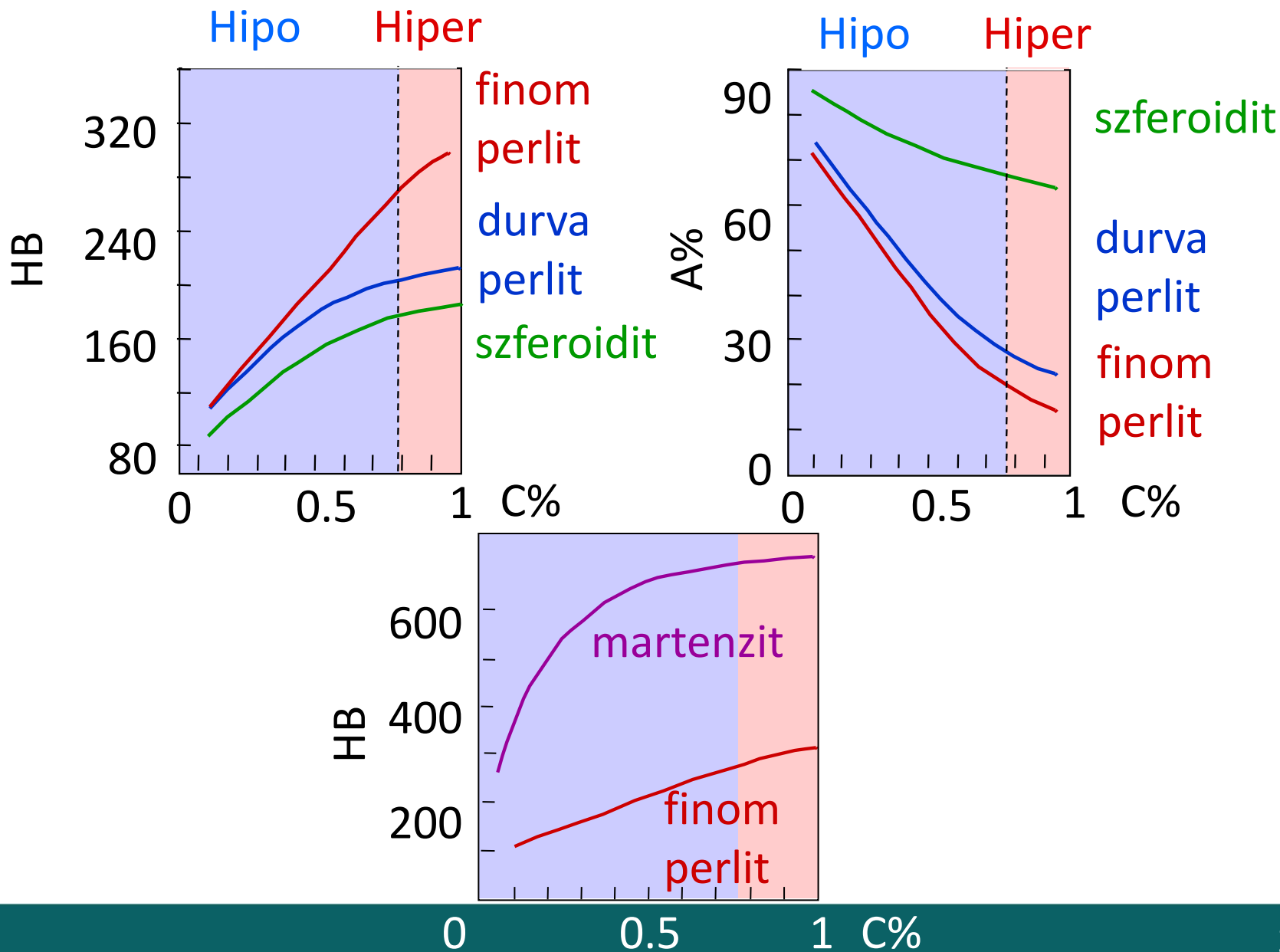


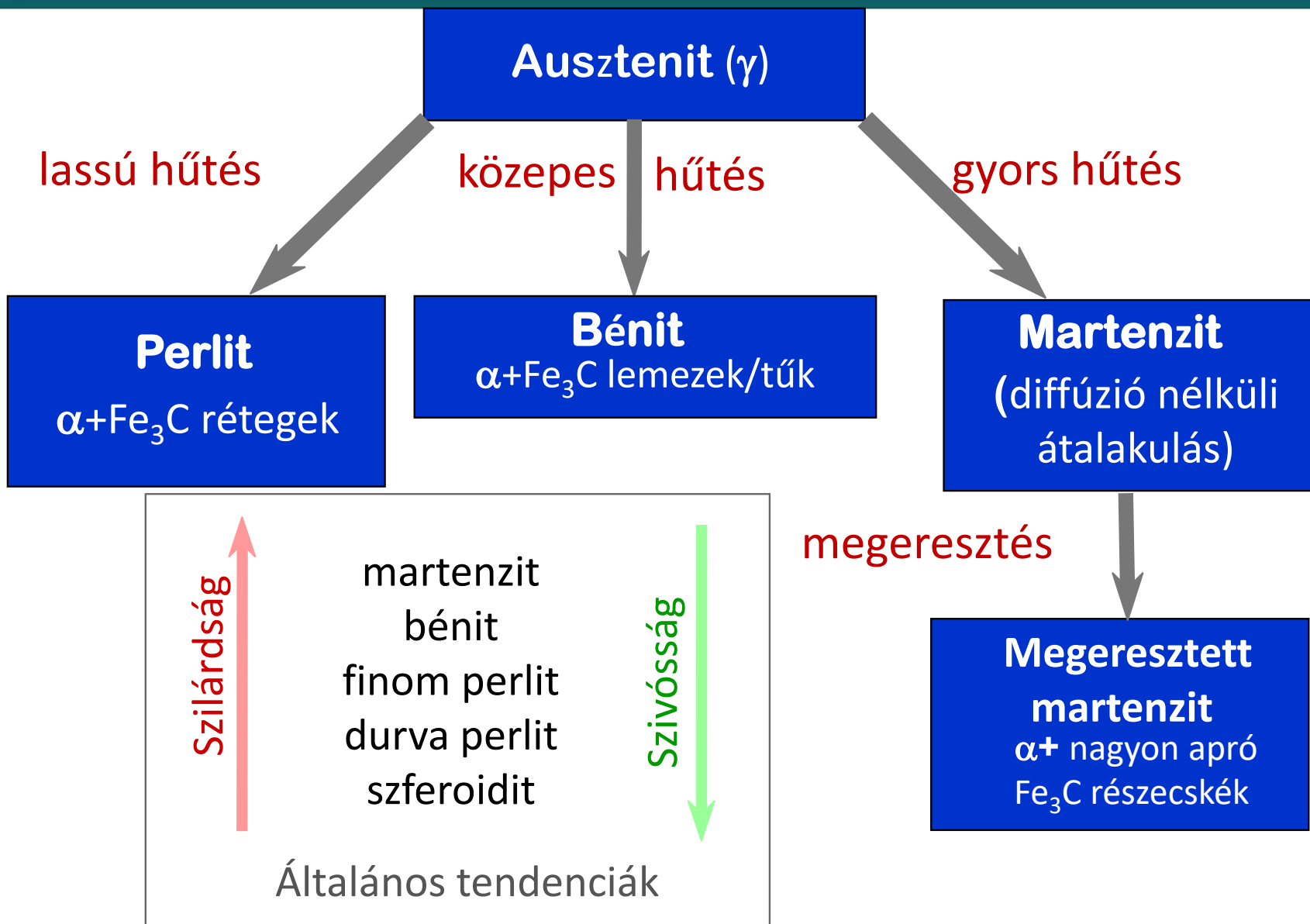
Nagyon kisméretű  $Fe_3C$  részecskék ferrit mátrixba beágyazva.





Finomlemezes perlit





- Egyensúlyi és nemegyensúlyi átalakulás
- A nemegyensúlyi átalakulás befolyásoló tényezői
- A fázisátalakulás Avrami-egyenlete
- Izotermikus átalakulási diagram (TTT)
- Folyamatos átalakulási diagram (CCT)
- Inkubációs idő
- Perlites átalakulás
- Finom- és durvalemezes perlit
- Bénites átalakulás
- Alsó és felső bénit
- Martenzites átalakulás
- Bain modell
- Tűs és lemezes martenzit
- Edzés
- Megeresztés
- Nemesítés
- Lágycsiszítás
- Normalizálás
- Martemperálás
- Ausztemperálás

William D. Callister, Jr.

## **Materials Science and Engineering**

An Introduction, 7th edition, 2006

Chapter 10

Phase Transformations in Metals

312-356 pp.