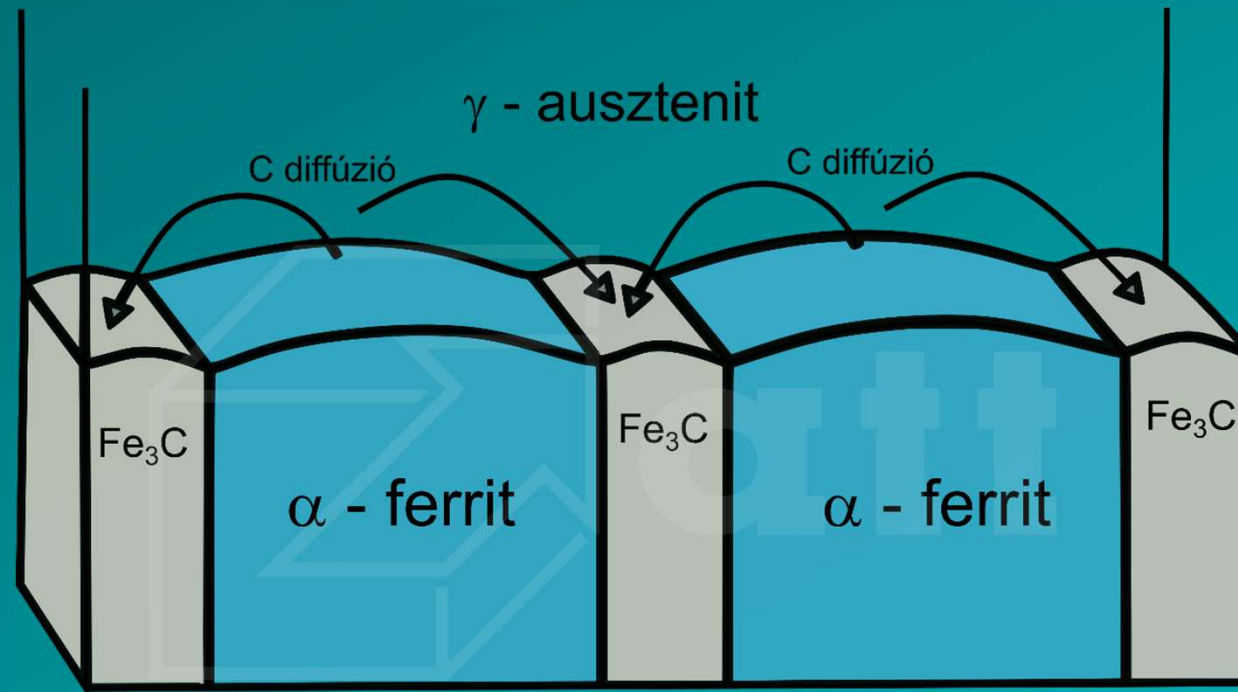
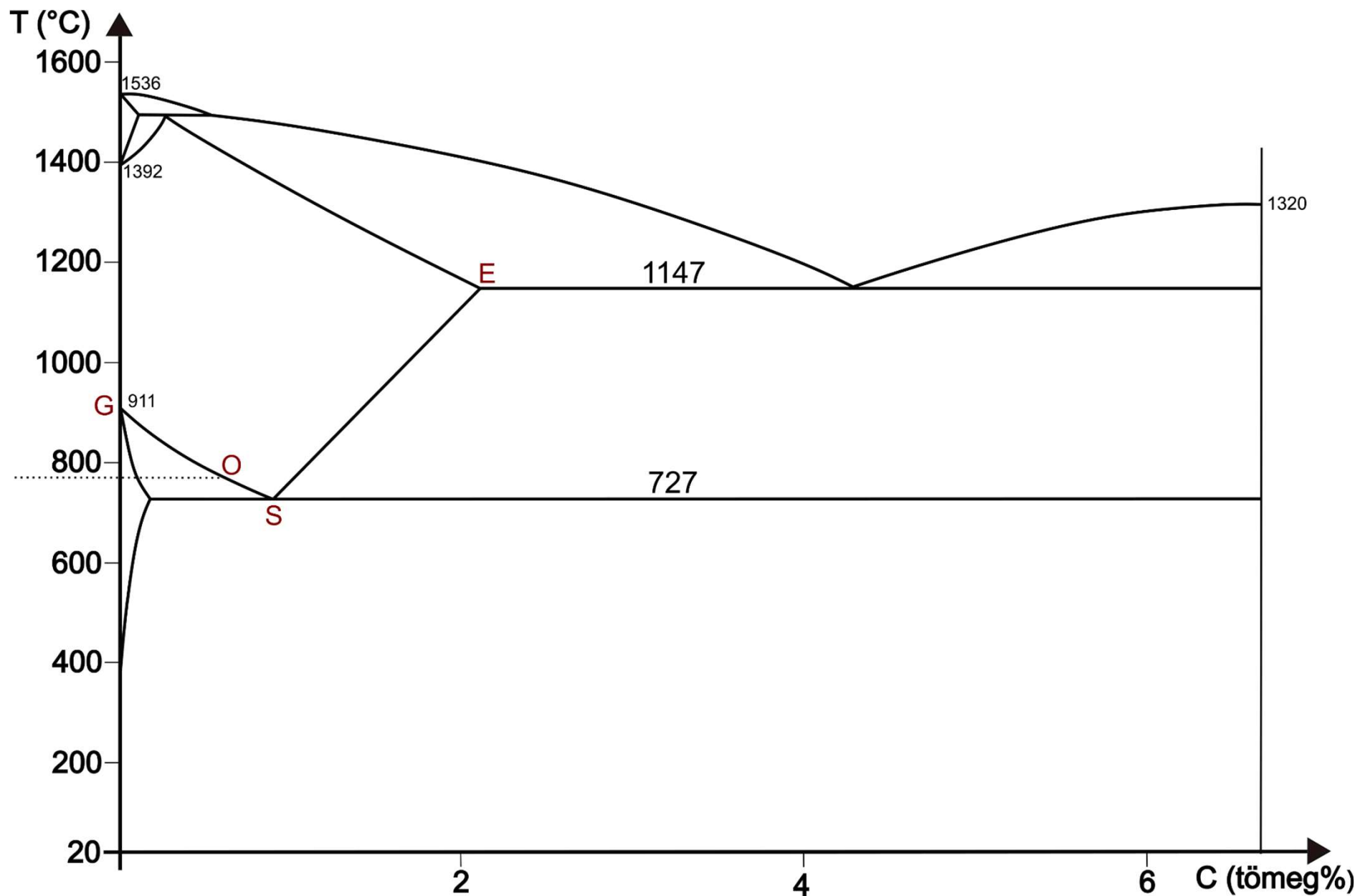


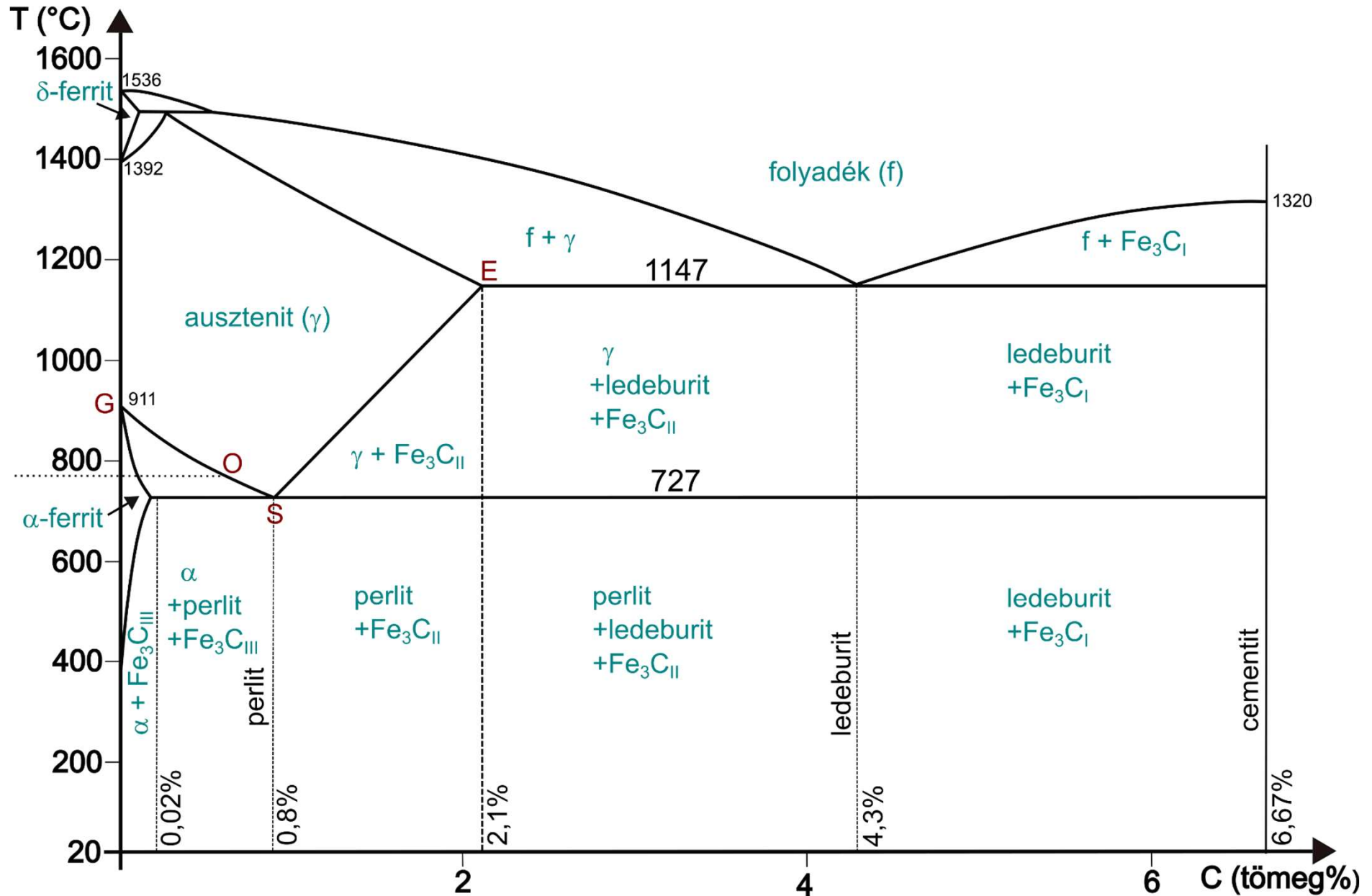
# Egyensúlyi és nem egyensúlyi átalakulások



Hőkezelés  
(BMEGEMTBGK1)  
2024. Szeptember 10.

Dr. Kovács Dorina  
dorina@eik.bme.hu  
MT épület 061.



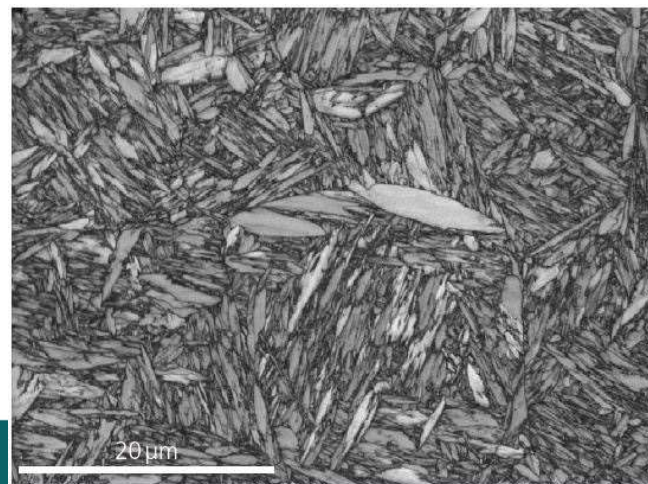
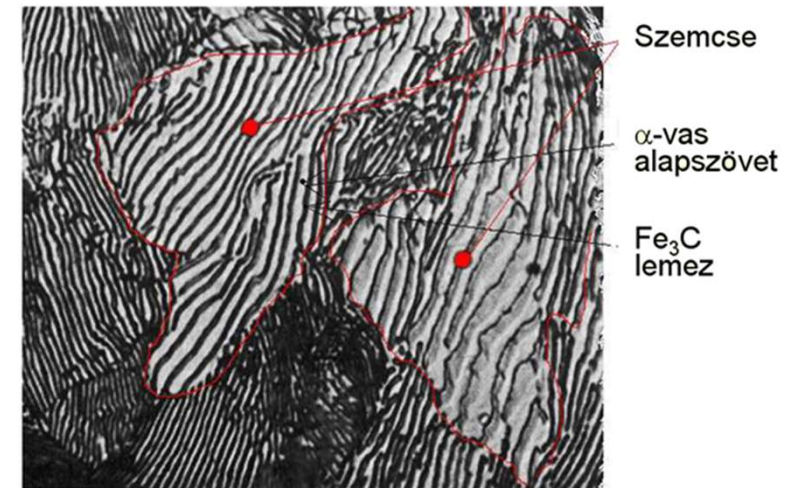


**Eutektoid:** olyan többfázisú szövetelem, amely szilárd állapotban történő átalakuláskor jön létre a szilárd oldatból. szilárdból → szilárd: perlit

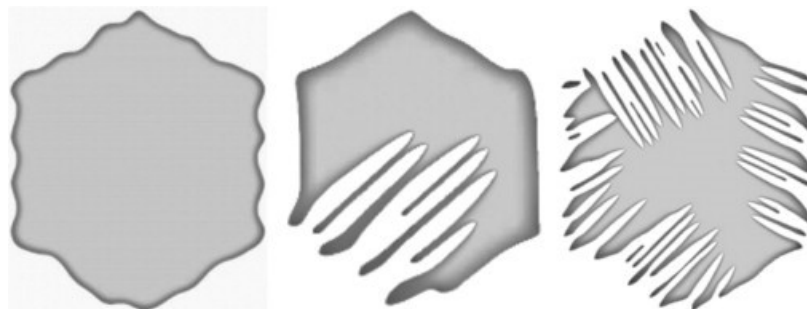
**Eutektikum:** olyan többfázisú szövetelem, amely az olvadt állapotban lévő ötvözetből kristályosodik ki. folyadékból → szilárd: ledeburit

## Szövetelemek:

- Ausztenit
- Ferrit
- Perlit
- Ledeburit
- Cementit (primer, szekunder, terciér)
- Bénit
- Martenzit
- Szferoidit

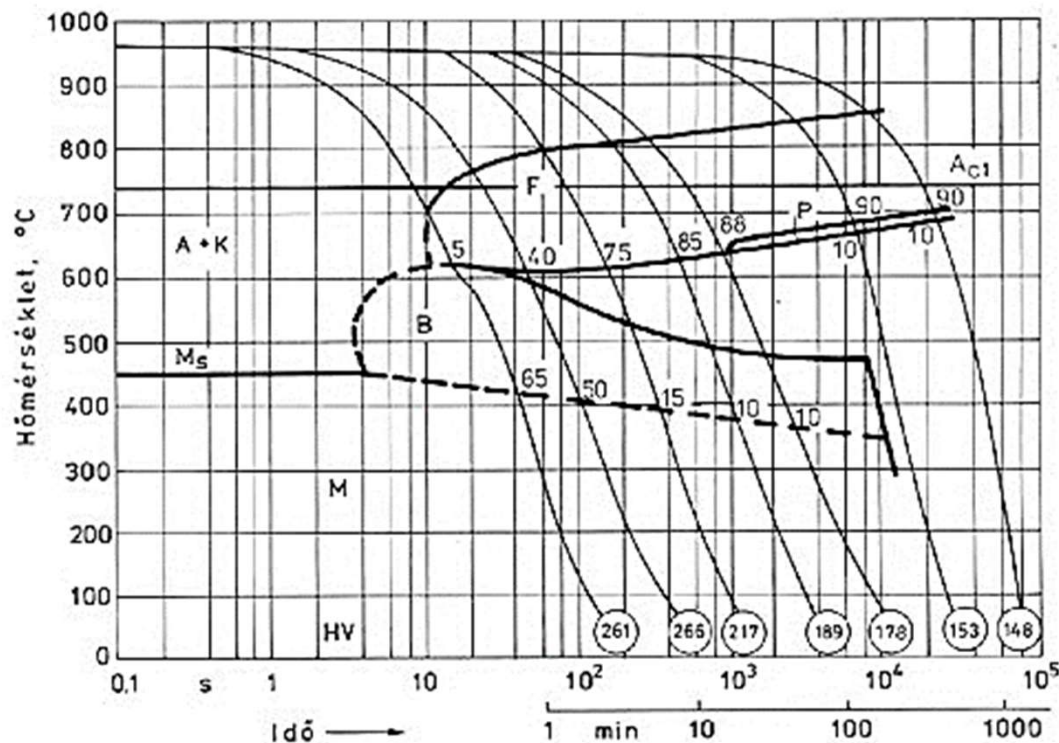
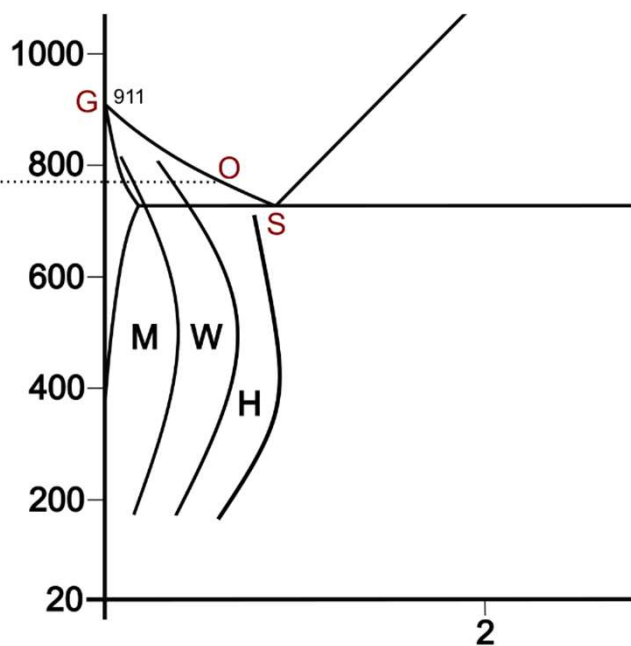


## Auszténit → Ferrit



### Ferrit típusok:

- (ferrit szigetek)
- hálós ferrit (H)
- Widmannstatteni ferrit (W)
- masszív ferrit (M)



Auszténit → Ferrit

## Austenite-Ferrite Transformation



**FERROUS METALLURGY**  
**MONTANUNIVERSITÄT**

## Kis széntartalmú acélok felhasználása

$C < „0,4” \%$

S235, P355  
Kazáncsövek



Betétben edzhető acélok



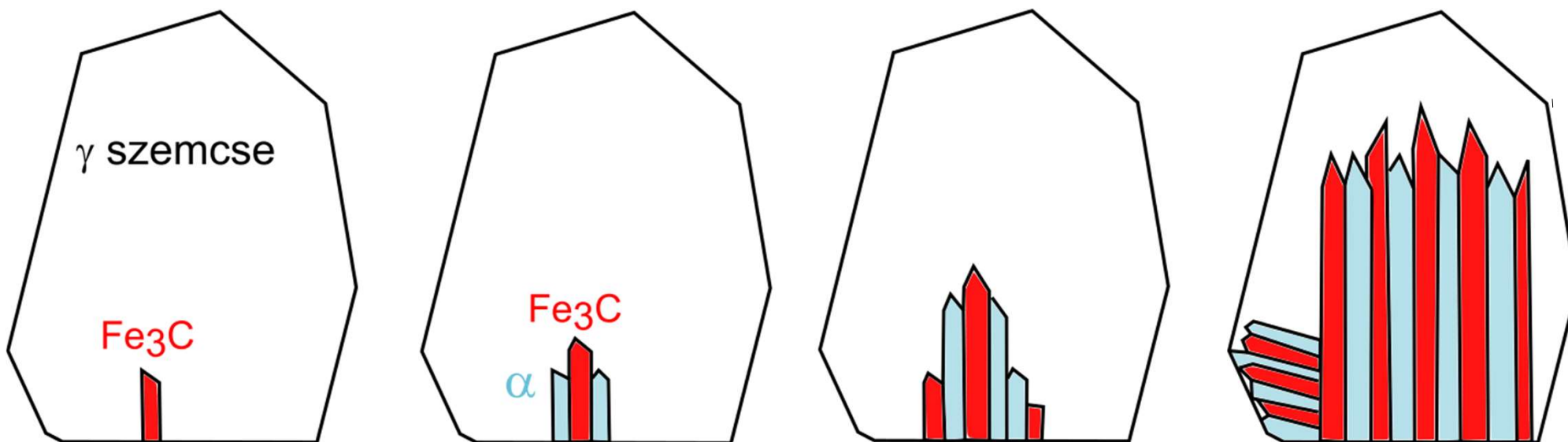
## Ausztenit → Perlit

Főszerep: C diffúziója

- cementit csírák megjelenése
- cementit melletti rész szénben elszegényedik →  $\alpha$ -ferrit

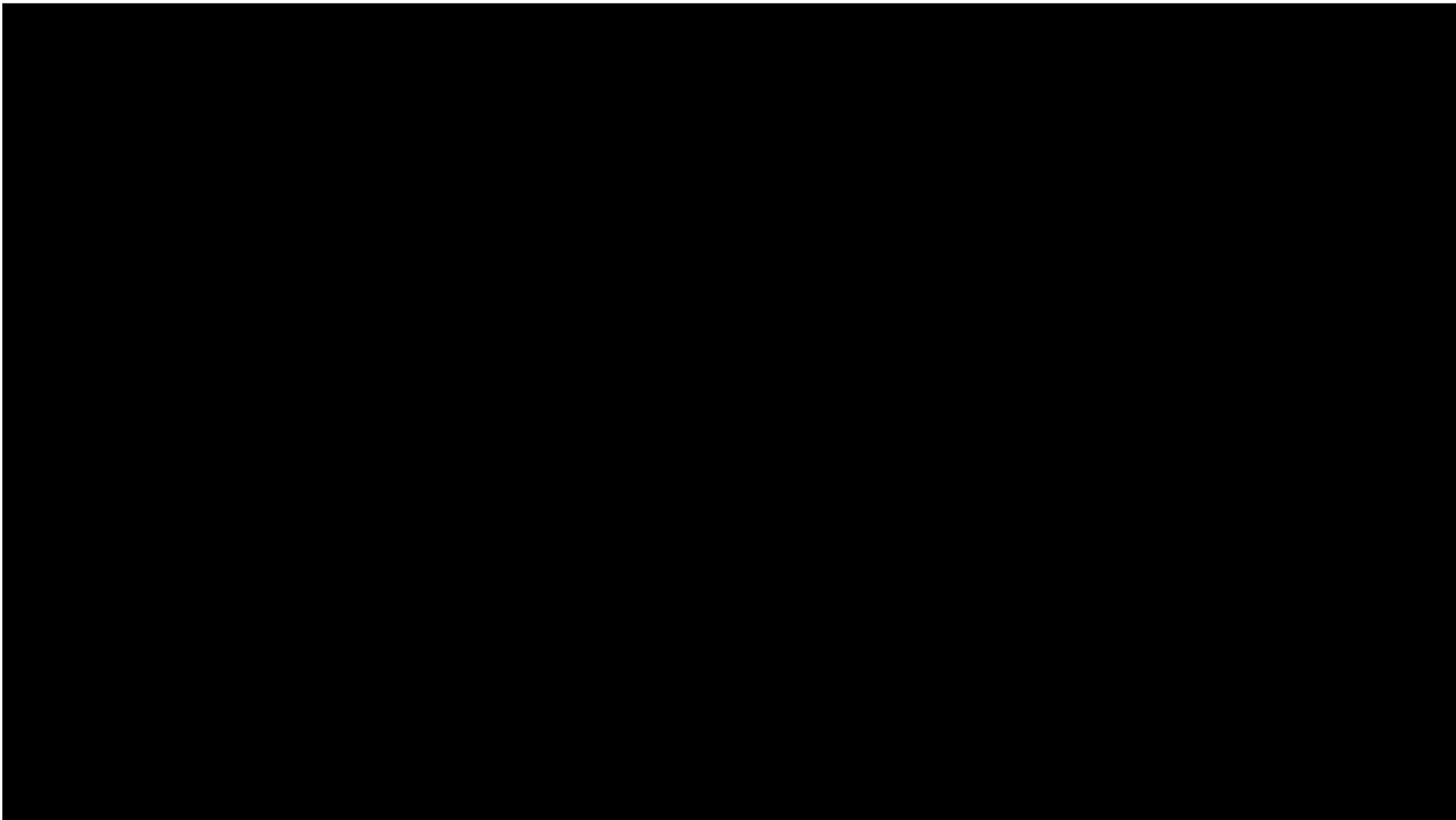
nagy  $\Delta T$  → durva lemezes

kis  $\Delta T$  → finom lemezes





Auszenit → Perlit



## Perlites szövetszerkezetű acélok felhasználása

$$„0,4” < C < 1 \%$$

Vasúti kerék

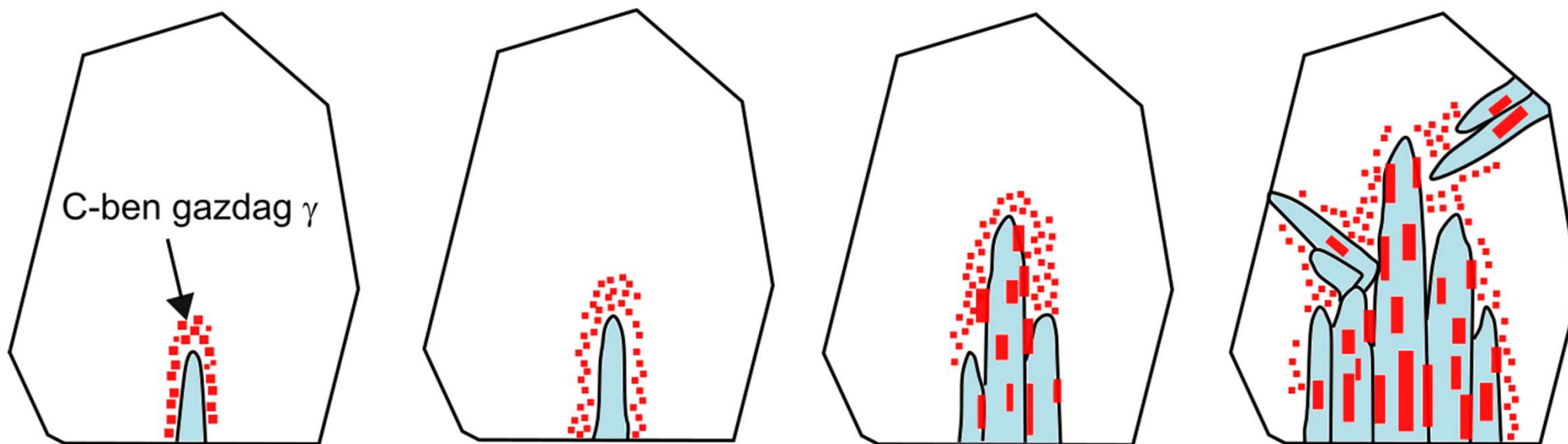


Fékkulcs



## Auszténit → Bénit

- elnyúlt, hosszú ferrit tűk
- cementit tűk a ferrit szemcsehatárán
  - A cementit mikroszkóp alatt csak nagy nagyításban jelenik meg
  - A diszlokációk mozgását a finom cementit akadályozza → nagy keménység



Ausztenit → Bénit

## Austenite-Bainite Transformation



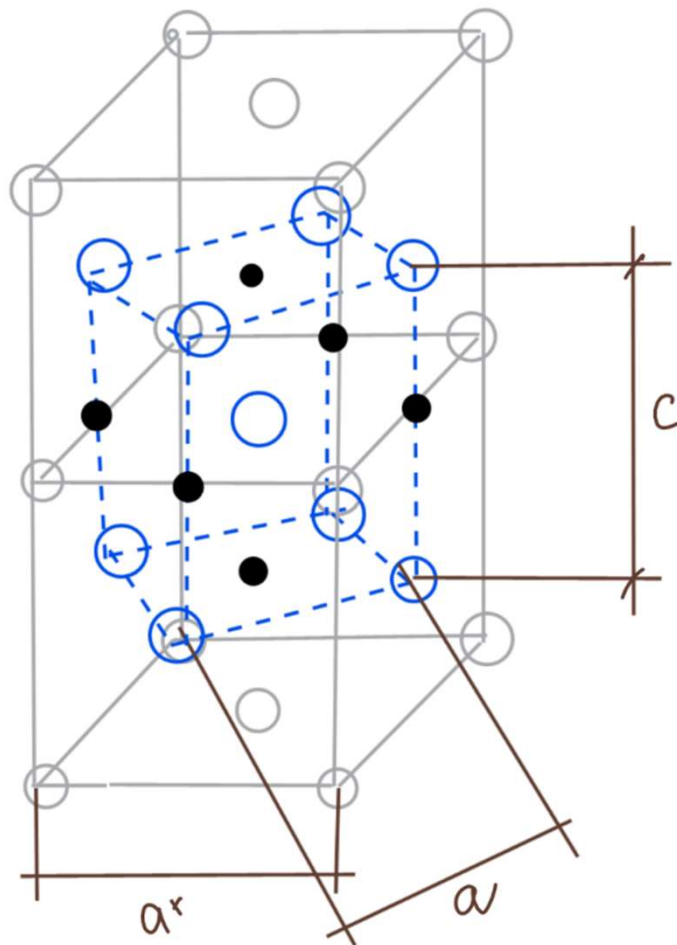
**FERROUS METALLURGY**  
**MONTANUNIVERSITAET**

## Bénites szövetszerkezetű acélok felhasználása

fogaskerek



## Ausztenit → Martenzit



Torzult tetragonális rács (térben középpontos):  
- C interosztíciós helyzetben van

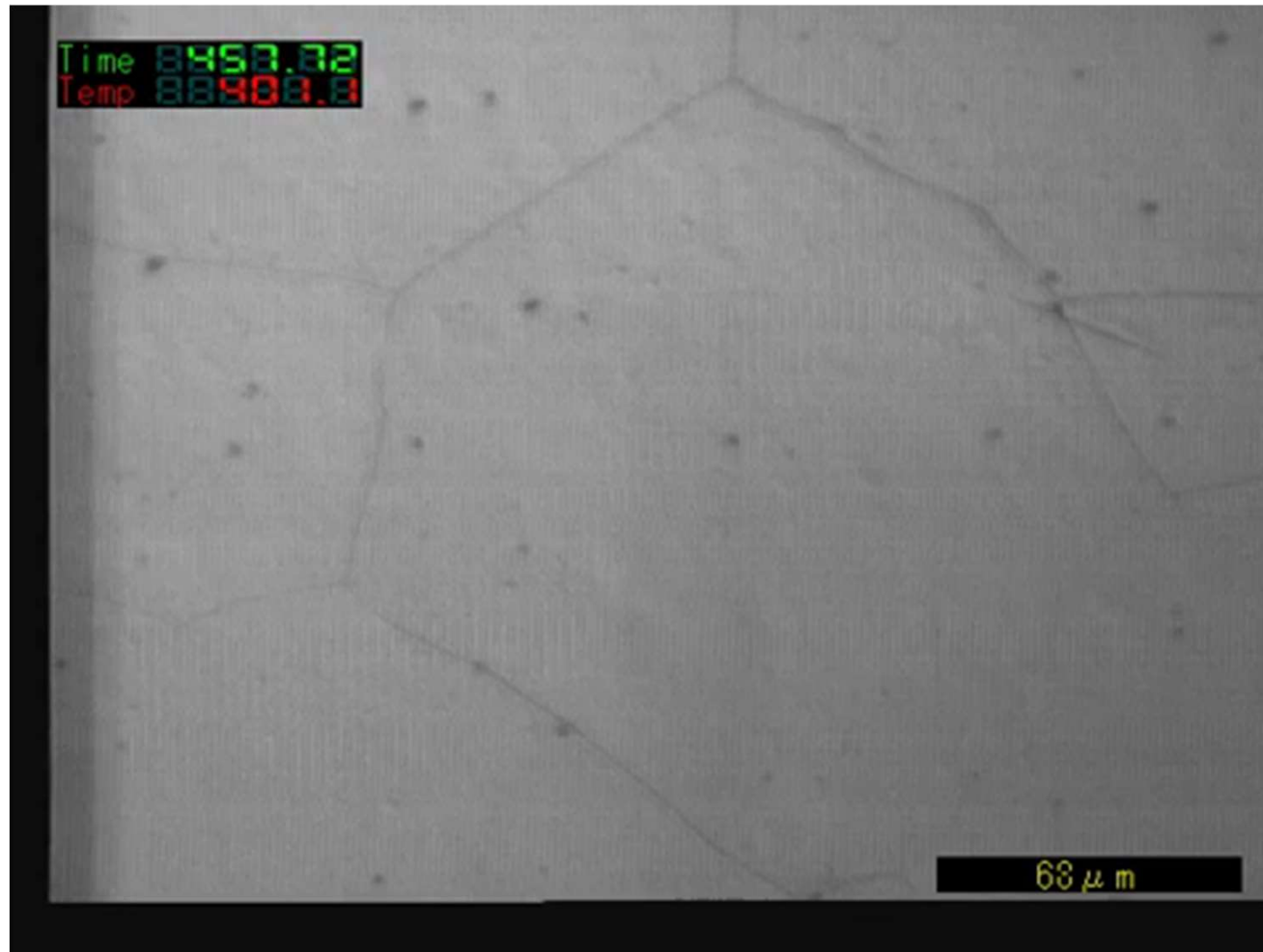
$$\text{Fe atom / rács} = 8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$$

$$\text{C atom / rács} = 4 \times \frac{1}{4} + 2 \times \frac{1}{2} = 2$$

Ebben az esetben a szén 50 at%-át teszi ki a rácsnak (~ 12 mt%)

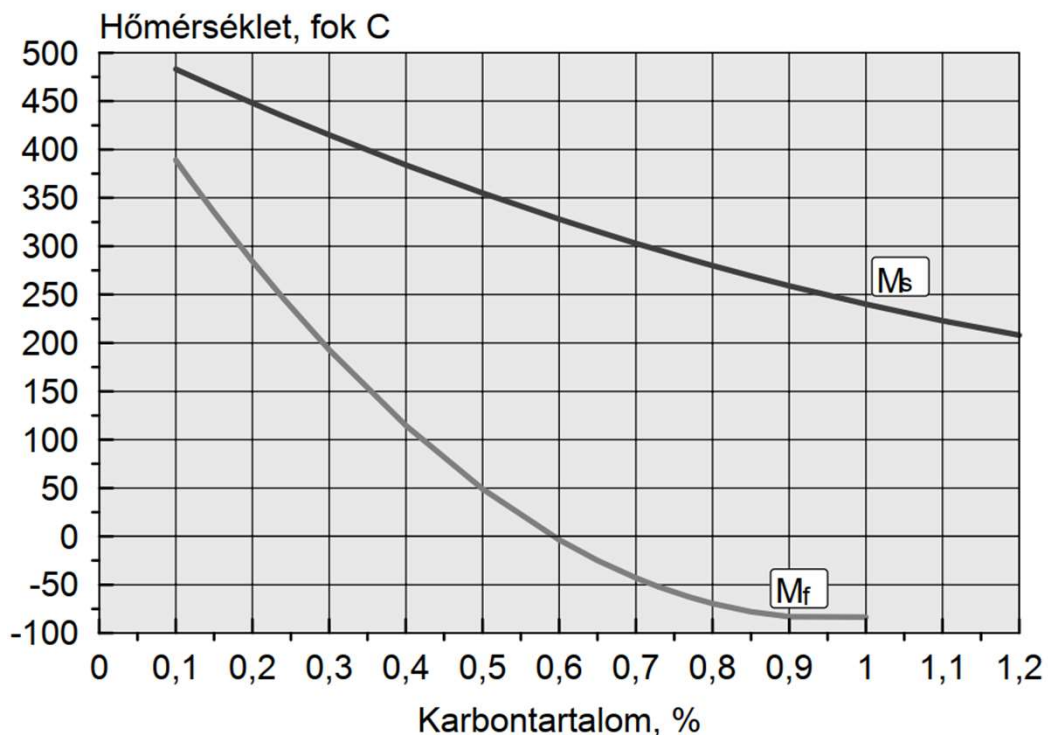
Valóságban: max. 1 % lehet, tehát 3-4 rácstra jut 1 szén atom

Ausztenit → Martenzit

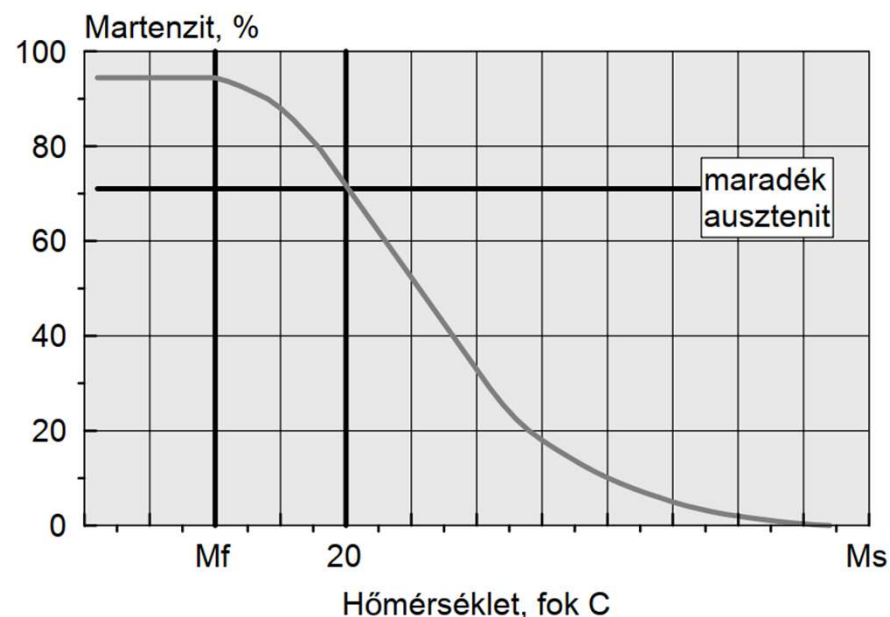


## Ausztenit → Martenzit

Az ausztenit szemcse átalakulása martenzitté térfogatnövekedéssel jár, nyomófeszültséget hozva benne létre. Az átalakuláshoz további energia-eltávolításra van szükség, melyet túlhűtéssel hozunk létre.



függ: véghőmérséklet  
független: hőntartási idő





## Auszenit → Martenzit

Az acéloknál az  $M_s$  hőmérséklet független a lehűlés sebességétől. Az acél összetételétől függően viszont jelentősen változik:

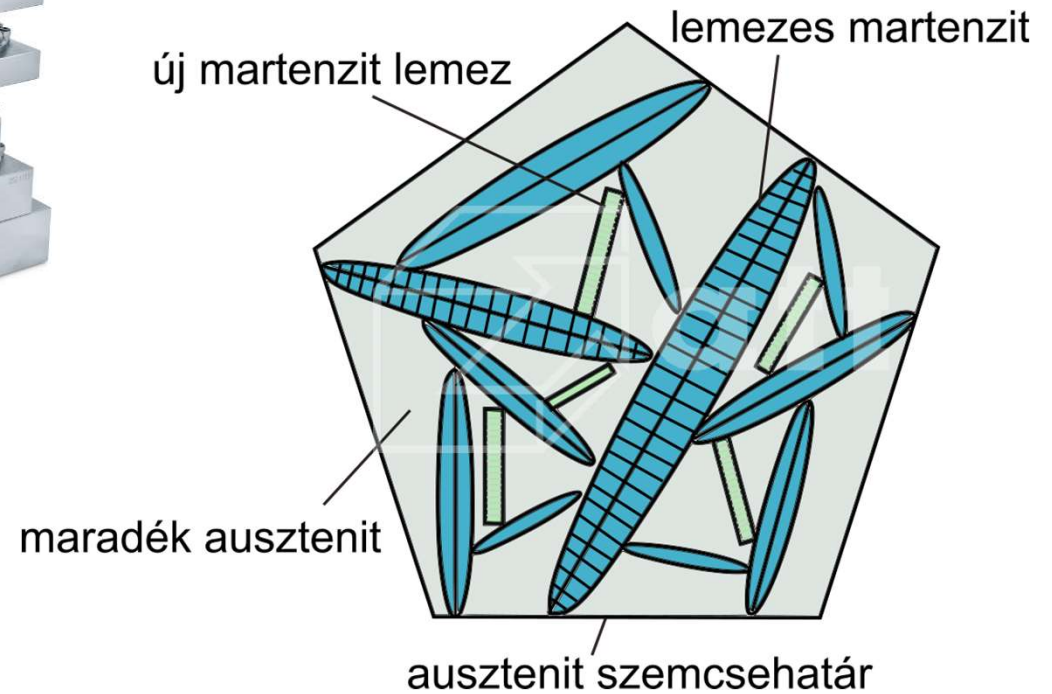
$$M_s = 520 - 360C\% - 33Mn\% - 22Cr\% - 17Ni\% - 11(Mo\% + W\% + Si\%) + 6Co\% + 17Al\%$$

Gyengén ötvözött acélokra:

$$M_s = 550 - 350C\% - 40Mn\% - 35V\% - 20Cr\% - 17Ni\% - 10Cu\% - 10Mo\% - 8W\% + 15Co\% + 30Al\%$$

A fenti összefüggésekből kiderül, hogy a legerősebb ausztenit-stabilizáló elem a Mn. A martenzites átalakulás kezdeti hőmérsékletét csak az Al és a Co növeli, a többi ötvöző csökkenti.

## Martenzites szövetszerkezetű acélok felhasználása



Fe-C egyensúlyi diagram

Iron-carbon equilibrium diagram

nem egyensúlyi átalakulás

Non equilibrium transformation

Ferrites átalakulás

Ferritic transformation

Perlites átalakulás

Perlitic transformation

Bénites átalakulás

Bainitic transformation

Martenzites átalakulás

Martensitic transformation

Térben középpontos tetragonális rács

Body-centered tetragonal lattice