

# A hőkezelés alapfogalmai

Hőkezelés  
(BMEGEMTBGK1)  
2026. Szeptember 8.

Dr. Kovács Dorina  
kovacs.dorina@gpk.bme.hu  
MT épület 061.

<https://www.att.bme.hu/oktatas/bmegemtbgk1/>

<https://www.att.bme.hu/temaajanlatok/>

<https://logmaster.ac/>



## Laborok

1. Mikroszkópia
2. Acélok hőkezelése
3. Indukciós edzés
4. Hőkezelt acélok mechanikai tulajdonságai
5. Gyárlátogatás

## ZH

1. Zh – 8. hét – október 27
2. Zh – 14. hét – december 8

## Beugró rész:

1. Zh – Lehűlési diagramok
2. Zh – nincs beugró

**Szerda 10:15-től páratlan héten  
Laborok a 5. héttől kezdődnek.**

| Oktatási hét      | Labor             |
|-------------------|-------------------|
| 5. hét            | Acélok hőkezelése |
| 7. hét            | Mikroszkópia      |
| 9. hét            | Szimuláció        |
| 13. hét           | Indukciós         |
| 12. hét – nov. 27 | Gyárlátogatás     |

|                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------|
| 1. Hőkezelés alapfogalmai                                           |
| 2. Tanítási szünet                                                  |
| 3. Egyensúlyi és nem egyensúlyi átalakulások                        |
| 4. Metallográfiai alapismeretek                                     |
| 5. Acélok izotermikus és folyamatos lehűlési és hevítési diagramjai |
| 6. Hőkezelő berendezések és a hőkezelés minőségbiztosítása          |
| 7. Hőkezelési eljárások, edzhetőség                                 |
| 8. ZH                                                               |
| 9. Felületi edzések                                                 |
| 10. Termokémiai felületkezelések                                    |
| 11. Bevonatolás                                                     |
| 12. Öntöttvasak hőkezelése                                          |
| 13. Alumínium és titán hőkezelése                                   |
| 14. ZH                                                              |
| 15. PÓTZH                                                           |

## Hőkezelés definíciószerűen:

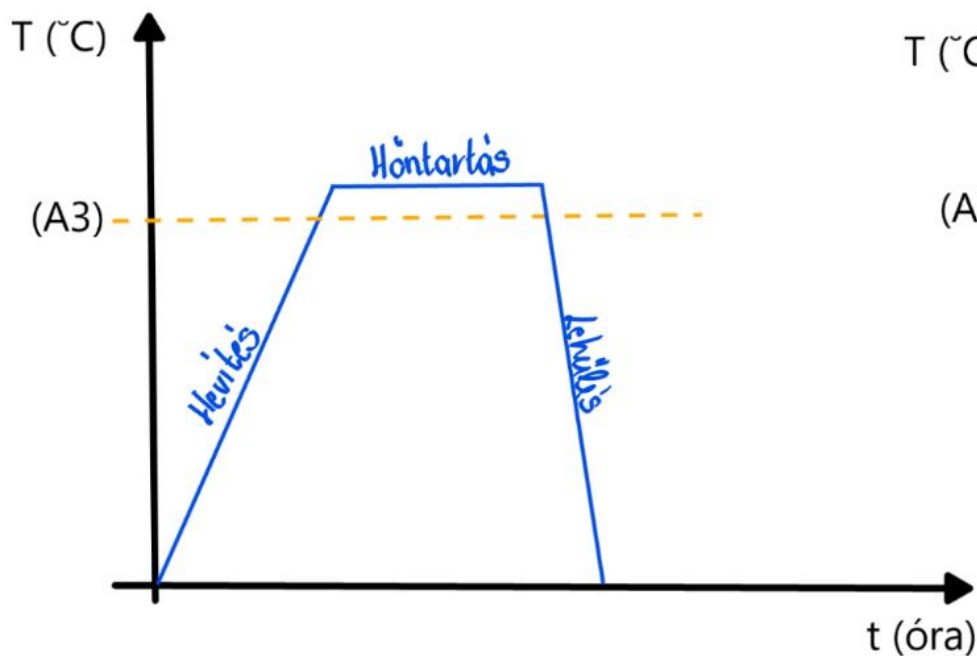
Olyan műveletek sorozata, amelyek során a szilárd vasötvözet teljes egészében vagy részlegesen olyan termikus folyamat hatásának van kitéve, amelynek hatására létrejön a tulajdonságaiban és/vagy a szerkezetében szükséges változás. (MSZ EN 10052:1995)

## Hőkezelés

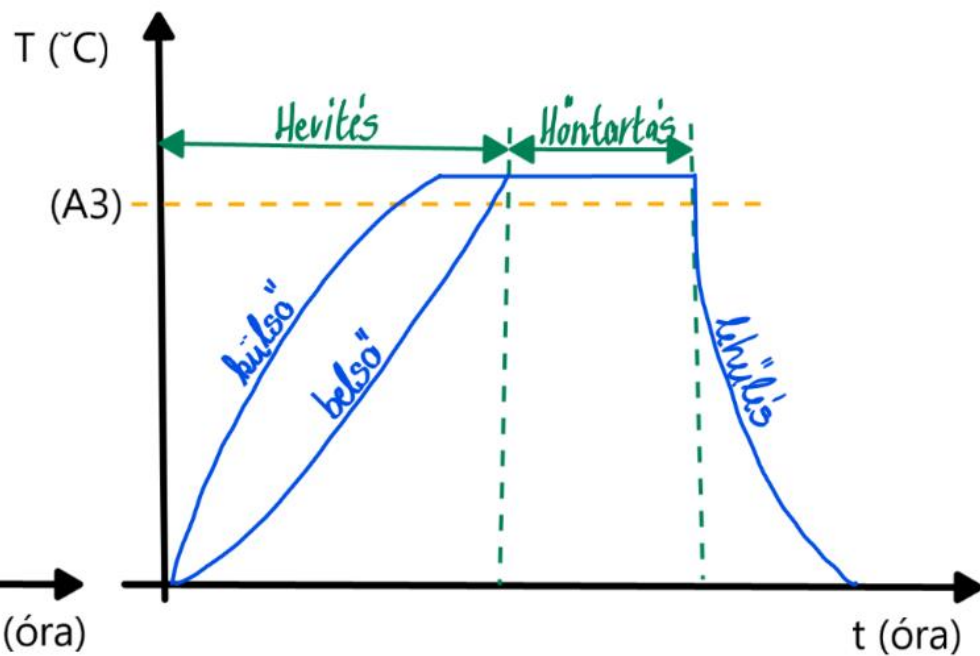
Fémes anyagok, alkatrészek, szerszámok hőmérsékletének program szerinti növelése, fenntartása majd program szerinti lehűtése.

szövetszerkezetek (acéloknál): ausztenit, ferrit, perlit, bénit, martenzit

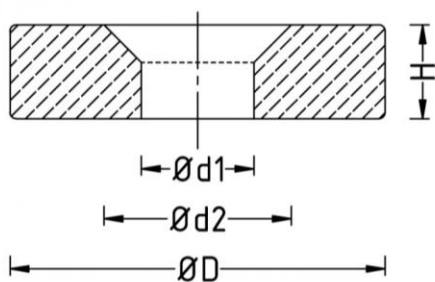
Elméleti



Valós



## 0. Tervezés, geometria



## 3. Forgácsolás



## 1. Előgyártmány



## 4. Hőkezelés



## 2. Alakítás



## 5. Köszörülés

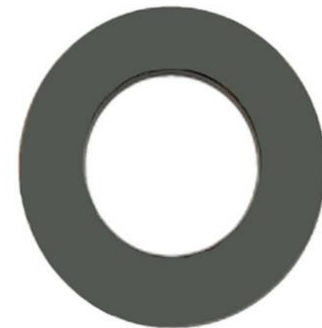


Hol helyezkedett el a hőkezelés a folyamatban?

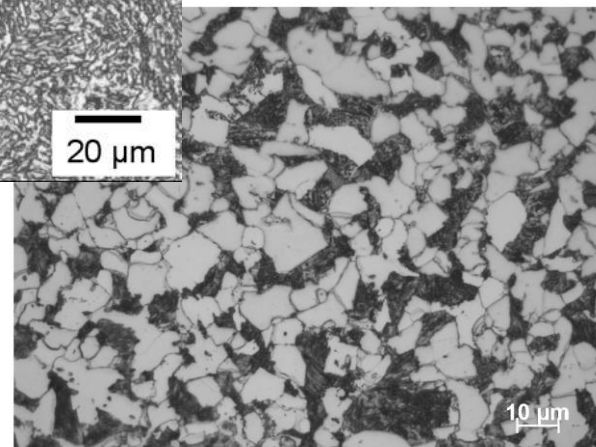
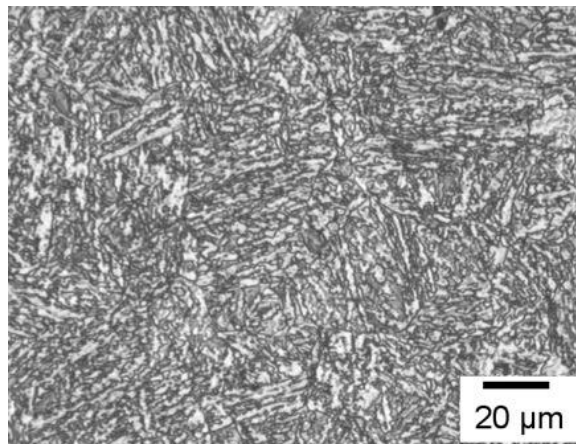
Befejező lépés

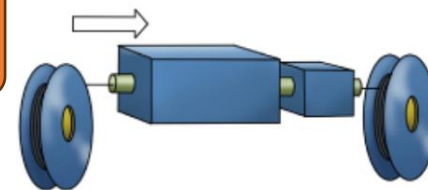
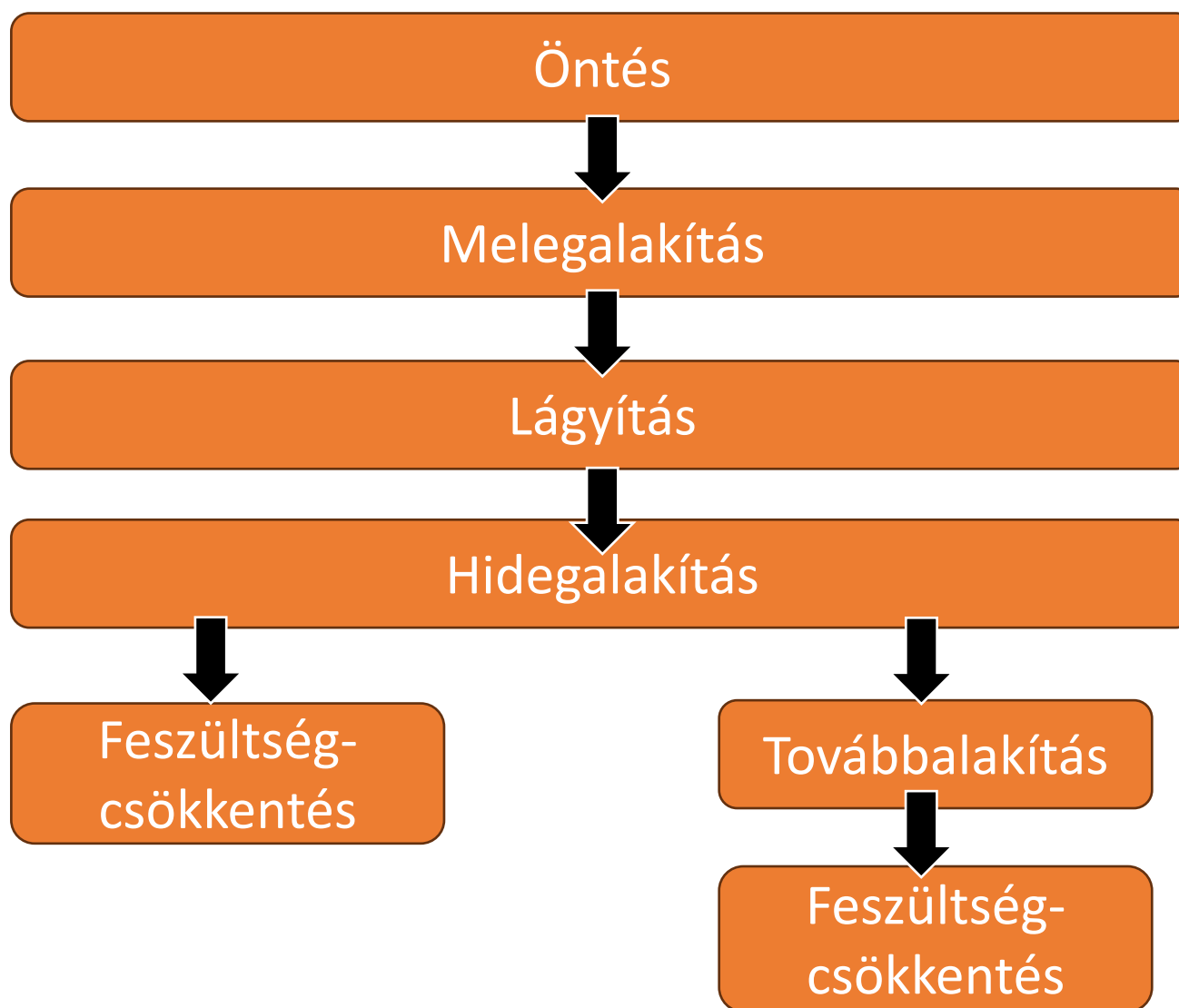
Köztes lépés

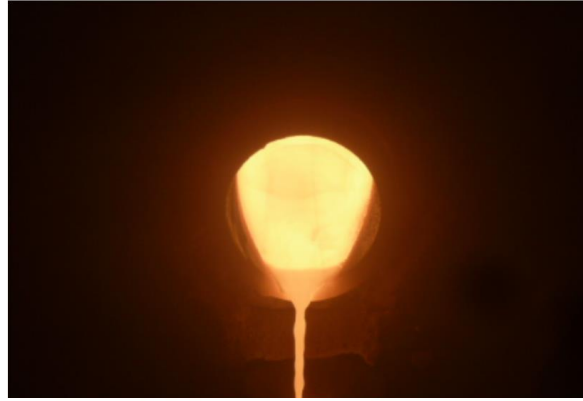
Első lépés

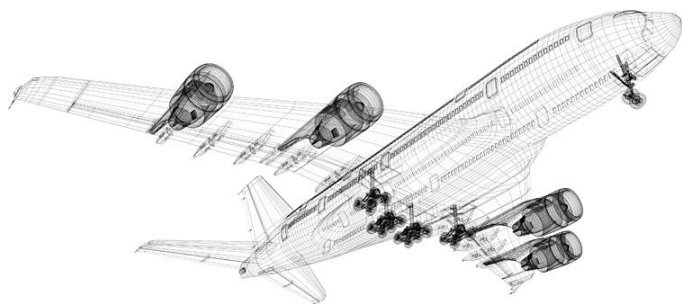


Nézzünk bele









## Repülőgép ipar

Öregítés

Lágyítás

Homogenizálás

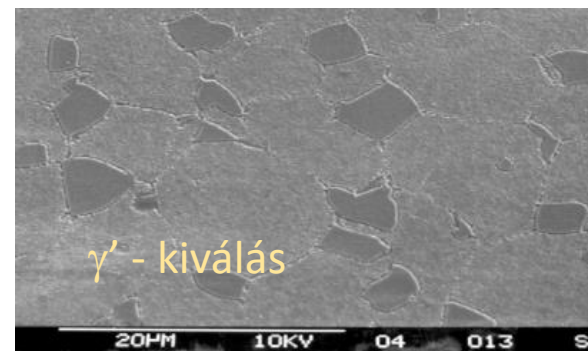
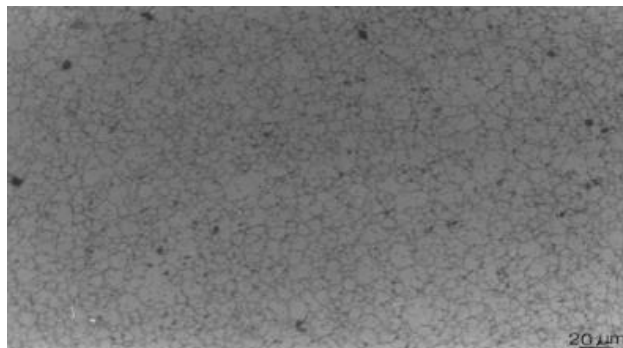
Plazmanitridálás

Egykristály vákuum hőkezelése

Oldó hőkezelések

Nikkel-szuperötvözet:

- normalizálás
  - 1170-1270 °C
  - 20 perc → 22 óra
- $\gamma'$  – kiválások átalakulnak









Additív gyártás

feszültségcsökkentés

**Maradó feszültség:** a mechanikai feszültségeket, amelyek valamely munkadarabban, szilárd testben léteznek és úgy vannak egyensúlyban, hogy a darabra semmilyen külső erő vagy nyomaték nem hat. A kristályos testekben a kristályrácsot felépítő atomok nem az "eredeti", legkisebb energiájú helyükön vannak, hanem onnan kimozdulva, az egyes atomok nagyobb potenciális energiával rendelkeznek.

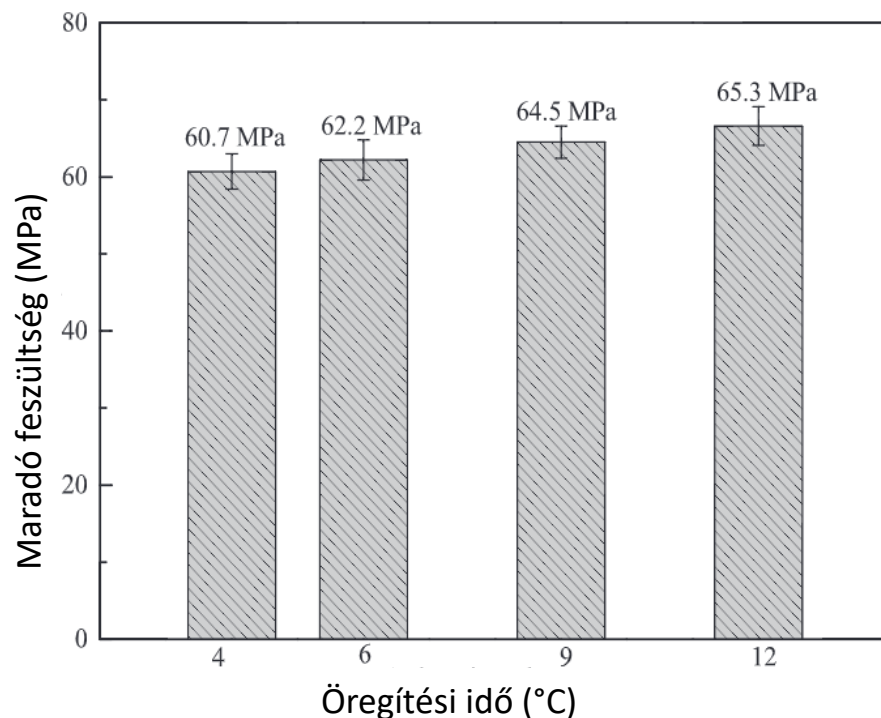
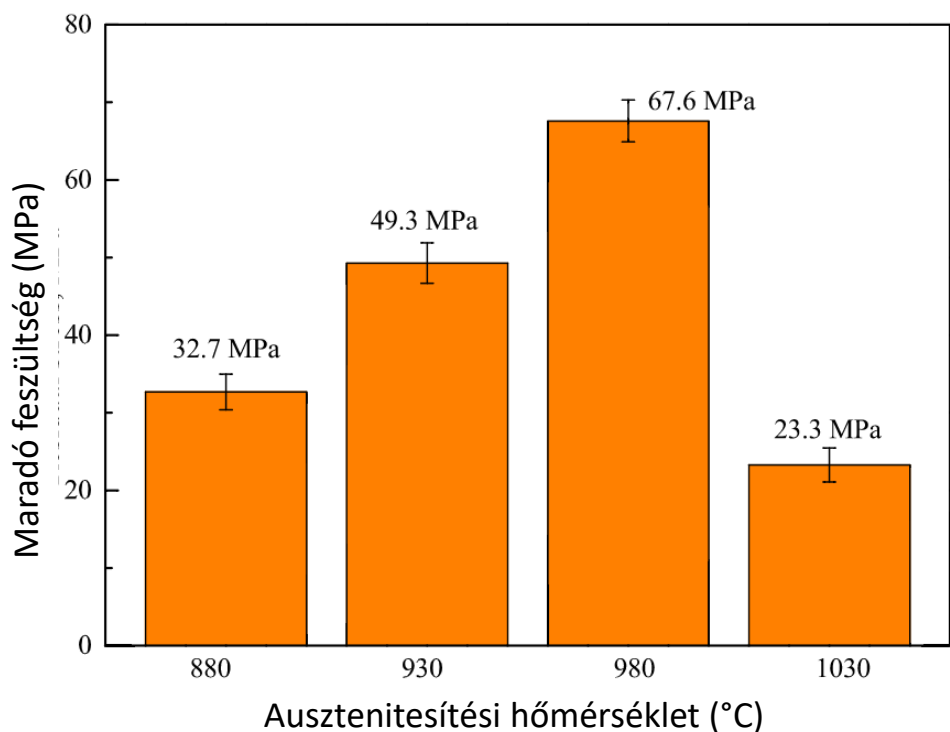
## Kutatás:

Ti-6Al-4V

Auszténitesítés: 880-1030 °C, 1 óra

Öregítés: 510, 560, 590 °C, 5-6-12 óra

Additív gyártás



## Kutatás:

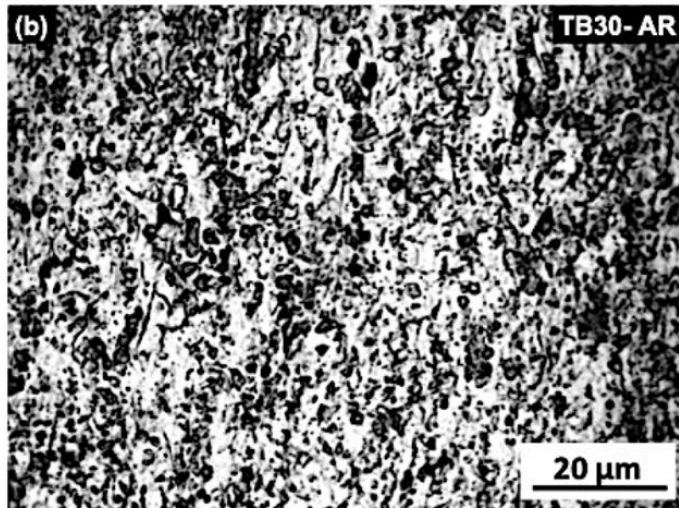
X6CrNiTi18-10

Kovácsolás előtt: Homogenizálás 1200 °C, 12 óra

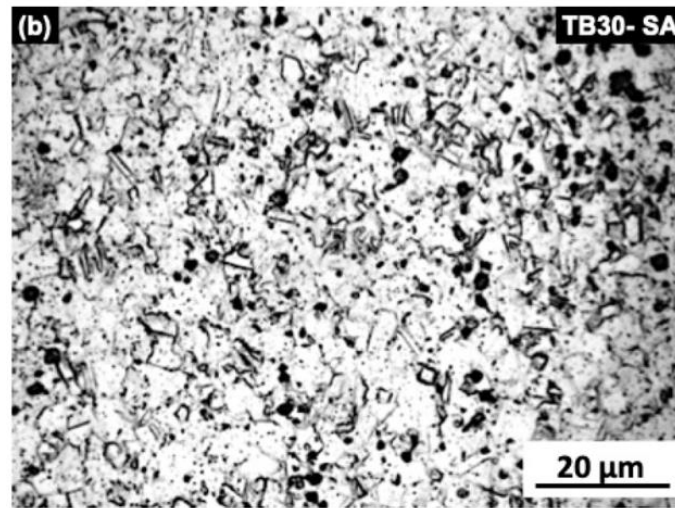
Kovácsolás: 1180 °C

Oldó hőkezelés 1050 °C – 30 perc, vízhűtés

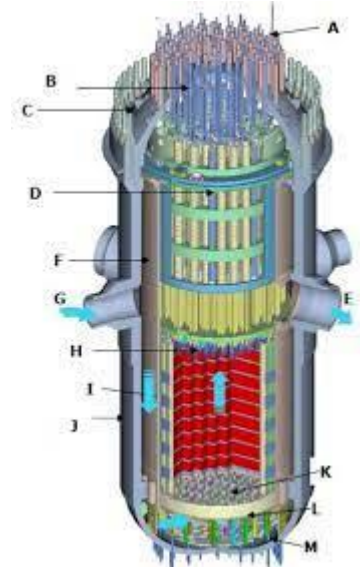
## Atomerőművek



Hőkezelés előtt



Hőkezelés után



## Hőátadás:

A szilárd testek és a folyadékok (gázok) érintkező felületein keresztül történő hőterjedése. Ez a mechanizmus nem a hőterjedés külön formája, hanem hővezetés, hőszállítás és olykor hősugárzás együttes megvalósulása melletti összetett folyamat.

## Hőszugárzás:

Mindegyik test bocsát ki elektromágneses sugárzást. Kis hőmérsékleteken (kb. a szobahőmérsékletig) az így kibocsátott energia gyakorlatilag elhanyagolható, míg a nagy hőmérsékletek tartományában jelentőssé válik.

## Hővezetés:

Hővezetés az energia térbeli terjedésének az a formája, amikor a hő egy közeg egyik - nagyobb hőmérsékletű - részéből annak másik része felé történő "áramlása" során a közeget alkotó részecskék elmozdulása nem számottevő illetve rendezetlen. (Például az egyik végén melegített rúd másik vége is felmelegszik, az energia a rúd melegebb végétől hővezetéssel jut a másik végéhez.)

## Hővezetési tényező:

Az anyag fizikai jellemzője, ami azt fejezi ki, hogy mekkora a hőáramsűrűség 1 K/m hosszegységenkénti hőmérséklet-változás esetén.

| Fém       | Hővezetési tényező (W/mK) |
|-----------|---------------------------|
| Réz       | 401                       |
| Alumínium | 237                       |
| Acél      | 50                        |
| Titán     | 22                        |

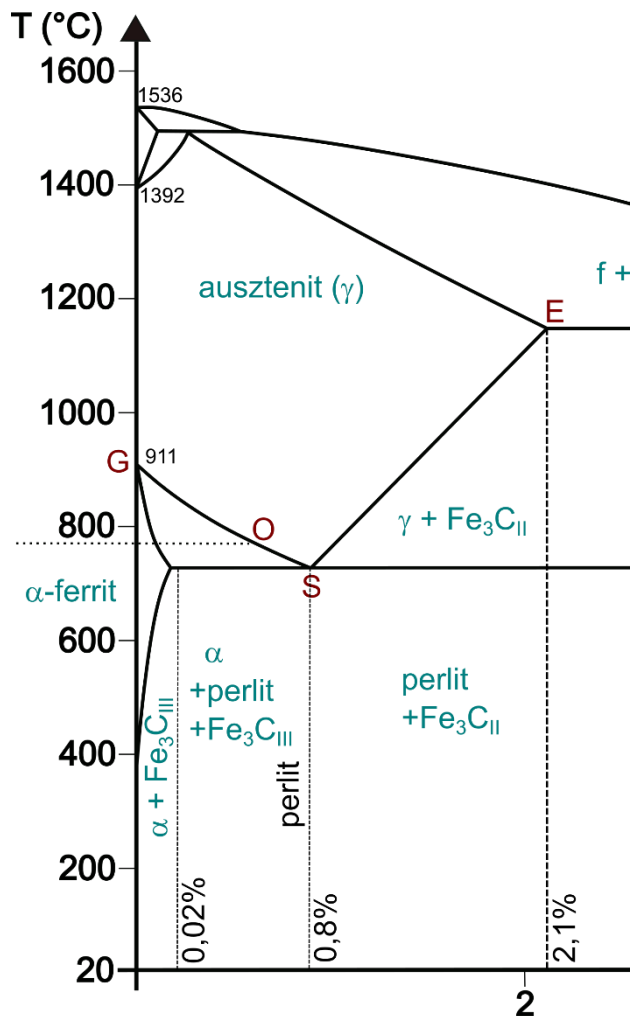
www.designmate.com

## 1. Conduction

www.designmate.com

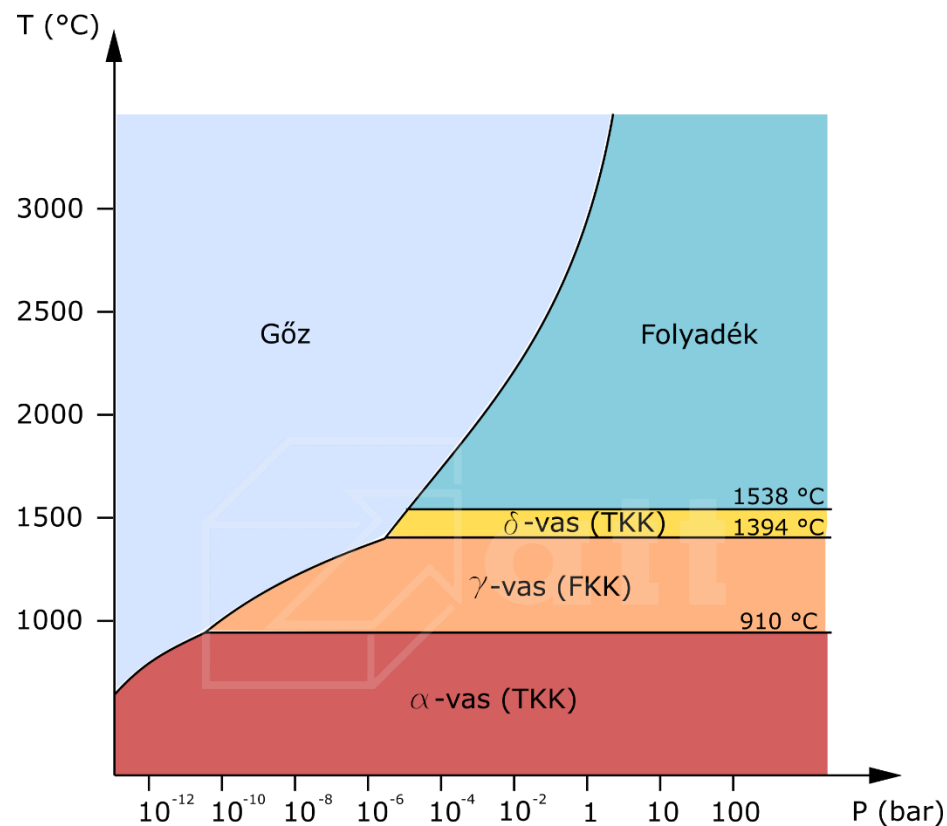


## Ausztenitesítés: A3 hőmérsékelt fölé hevítés



## Átalakulás beindítója:

- Koncentráció különbség
- Allotróp átalakulás



**Fick I:**

$$J = -D \frac{dc}{dx}$$

$J$  – egységnyi keresztmetszeten  
áramló tömeg

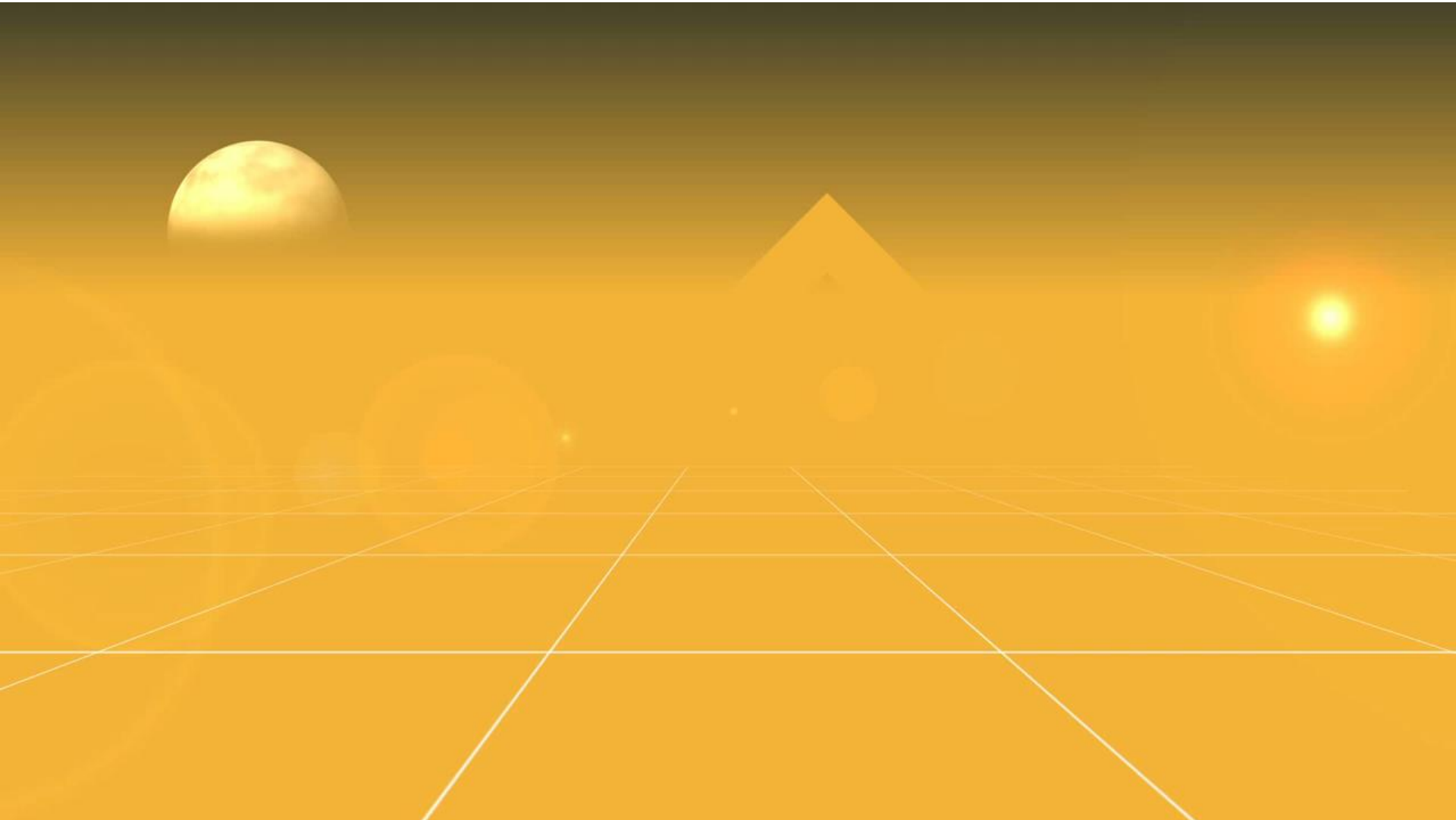
$D$  – diffúziós tényező

$\frac{\partial c}{\partial x}$  – koncentráció gradiens

$\partial t$  – idő

**Fick II:**

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2}$$



## Fick I.

R 8,3 J/mol·K

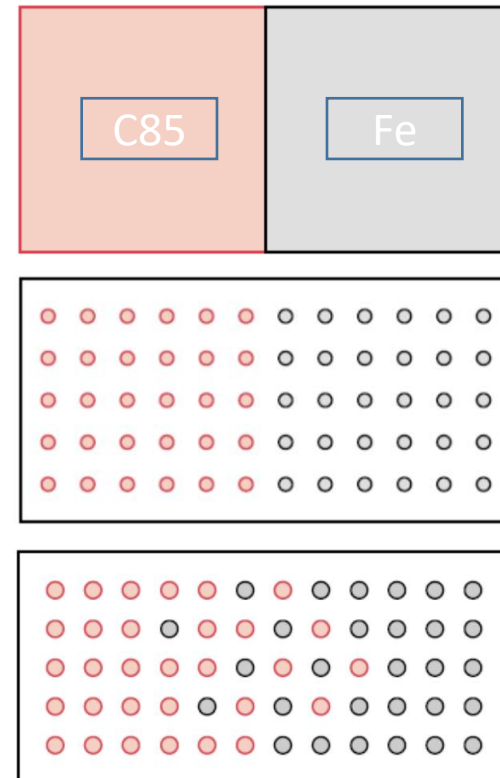
C1 0,85 kg/m<sup>3</sup>

C2 0,4 kg/m<sup>3</sup>

$\Delta x$  10 mm

J  $63 \times 10^{-10}$  kg/m<sup>2</sup>s

| Diffundáló elem | Közeg         | $D_0$ (m <sup>2</sup> /s) | Q (kJ/mol) |
|-----------------|---------------|---------------------------|------------|
| C               | $\alpha$ -TKK | $6,2 \times 10^{-7}$      | 80         |
|                 | $\gamma$ -FKK | $2,3 \times 10^{-5}$      | 148        |

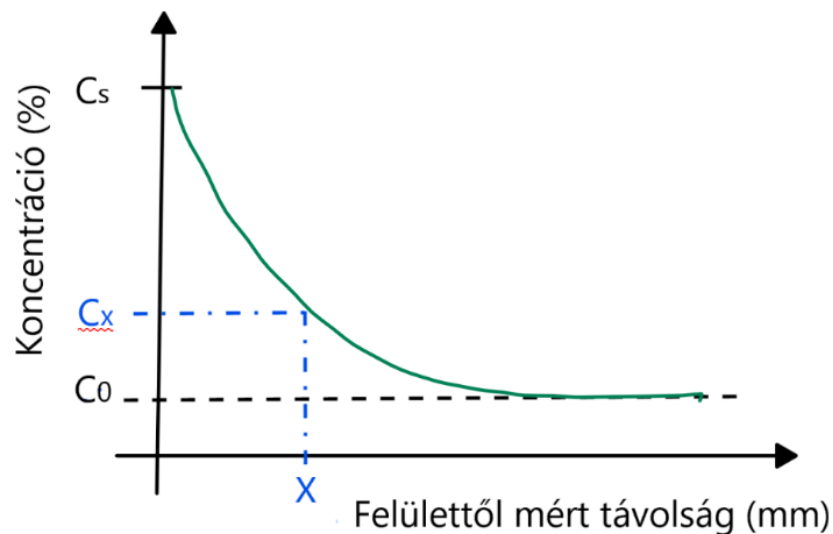


## Fick II.

Az 20MnCr5 acélból (0,20 wt % C) készült fogaskereket 927°C-on gázcementálnak. Számoljuk ki a széntartalmat 0,90 mm-rel az alkatrész felszíne alatt 4,0 órás cementálási idő után. Tegyük fel, hogy a fogaskerék felületén lévő széntartalom 1,00 wt %.

$D$  (C  $\gamma$  vasban) 927°C-on =  $1,28 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ .

|       |                                             |
|-------|---------------------------------------------|
| $t$   | 4 óra                                       |
| $T$   | 928 °C                                      |
| $C_s$ | 1 %                                         |
| $C_0$ | 0,2 %                                       |
| $x$   | 0,9 mm                                      |
| $D$   | $1,28 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ |



## The Error Function

| $z$   | $\text{erf}(z)$ | $z$  | $\text{erf}(z)$ |
|-------|-----------------|------|-----------------|
| 0     | 0               | 0.85 | 0.7707          |
| 0.025 | 0.0282          | 0.90 | 0.7970          |
| 0.05  | 0.0564          | 0.95 | 0.8209          |
| 0.10  | 0.1125          | 1.0  | 0.8427          |
| 0.15  | 0.1680          | 1.1  | 0.8802          |
| 0.20  | 0.2227          | 1.2  | 0.9103          |
| 0.25  | 0.2763          | 1.3  | 0.9340          |
| 0.30  | 0.3286          | 1.4  | 0.9523          |
| 0.35  | 0.3794          | 1.5  | 0.9661          |
| 0.40  | 0.4234          | 1.6  | 0.9763          |
| 0.45  | 0.4755          | 1.7  | 0.9838          |
| 0.50  | 0.5205          | 1.8  | 0.9891          |
| 0.55  | 0.5633          | 1.9  | 0.9928          |
| 0.60  | 0.6039          | 2.0  | 0.9953          |
| 0.65  | 0.6420          | 2.2  | 0.9981          |
| 0.70  | 0.6778          | 2.4  | 0.9993          |
| 0.75  | 0.7112          | 2.6  | 0.9998          |
| 0.80  | 0.7421          | 2.8  | 0.9999          |

|             |                 |
|-------------|-----------------|
| Hőmérséklet | Temperature     |
| Hőátadás    | Heat transfer   |
| Hővezetés   | Heat conduction |
| Hősugárzás  | Heat radiation  |
| Diffúzió    | Diffusion       |