

# A hőkezelés alapfogalmai

Hőkezelés  
(BMEGEMTBGK1)  
2024. Szeptember 3.

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://www.alliesproject.eu/>

<https://logmaster.ac/>



## Laborok

1. Mikroszkópia
2. Acélok hőkezelése
3. Hőkezelt acélok mechanikai tulajdonságai
4. Bemutató labor
5. Gyárlátogatás

## ZH

1. Zh – 7. hét – október 15
2. Zh – 14. hét – december 3

## Beugró rész:

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

**Szerda 10:15-től páros és páratlan héten  
A pontos beosztás felkerül az ATT honlapra 1. héten**

Oktatási hét	Labor
3-4. hét	Mikroszkópia
5-6. hét	Acélok hőkezelése
7-8. hét	Hőkezelés tulajdonságai
9-10. hét	Indukciós edzés
13. hét – nov. 29	Gyárlátogatás

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

## **Hőkezelés definíciószerűen:**

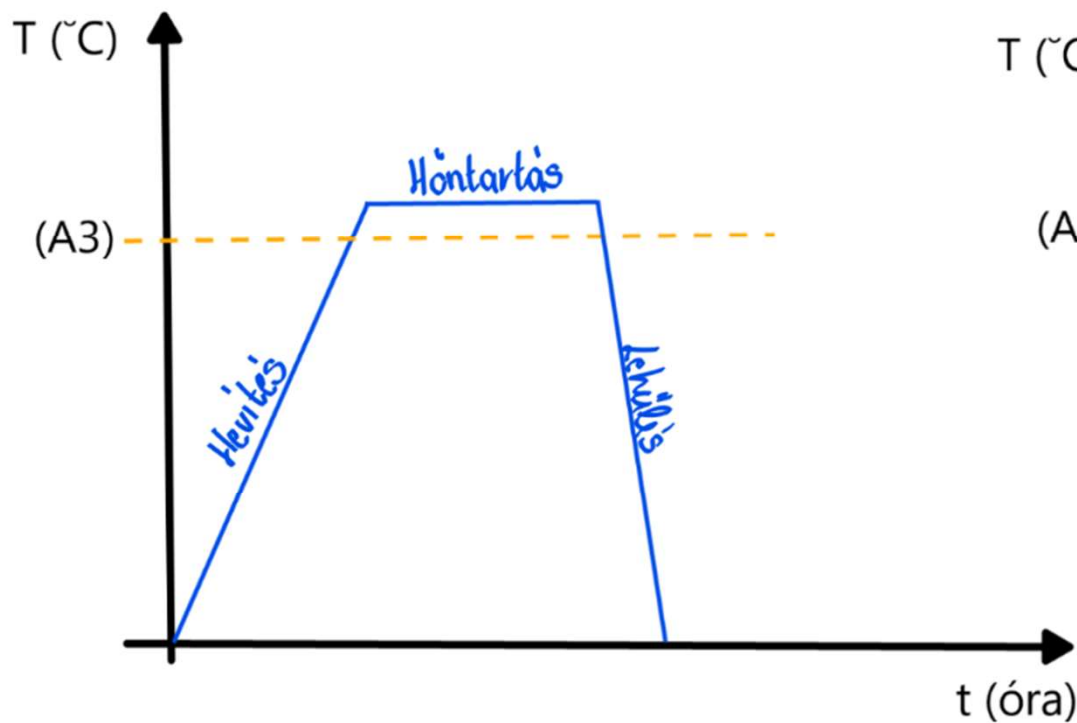
Olyan műveletek sorozata, amelyek során a szilárd vasötvözet teljes egészében vagy részlegesen olyan termikus folyamat hatásának van kitéve, amelynek hatására létrejön a tulajdonságaiban és/vagy a szerkezetében szükséges változás. (MSZ EN 10052:1995)

## **Hőkezelés**

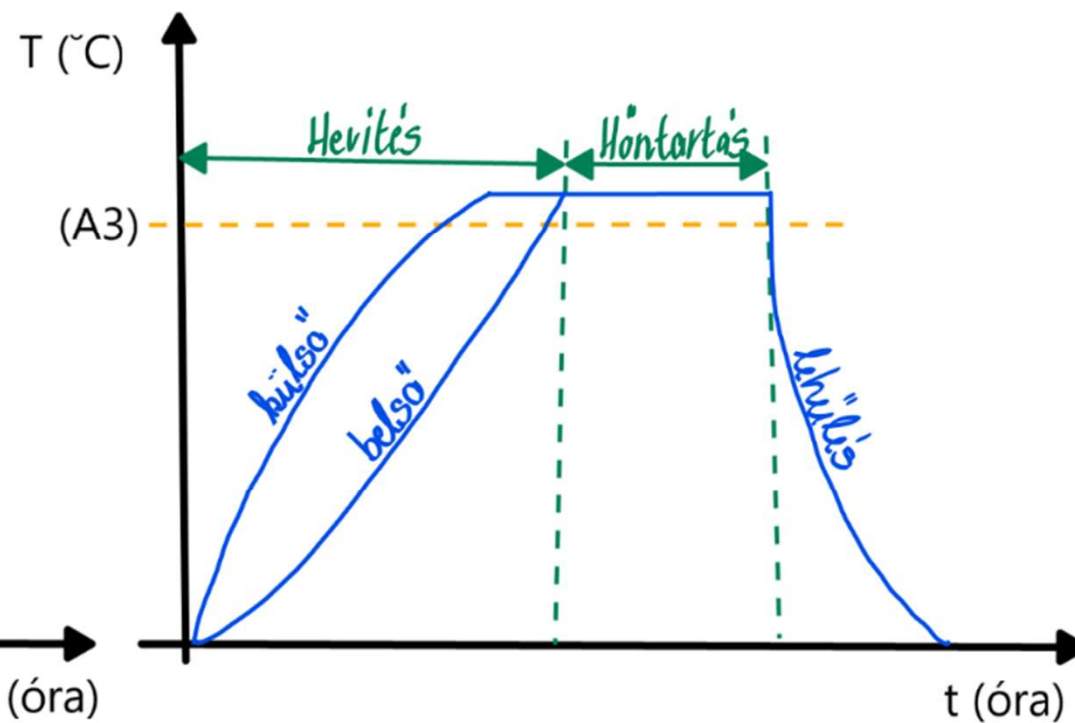
Fémes anyagok, alkatrészek, szerszámok hőmérsékletének program szerinti növelése, fenntartása majd program szerinti lehűtése.

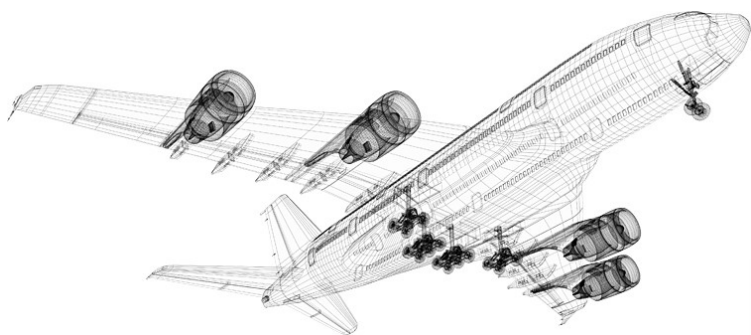
szövetszerkezetek (acéloknál): ausztenit, ferrit, perlit, bénit, martenzit

## Elméleti



## Valós





Öregítés

Lágyítás

Homogenizálás

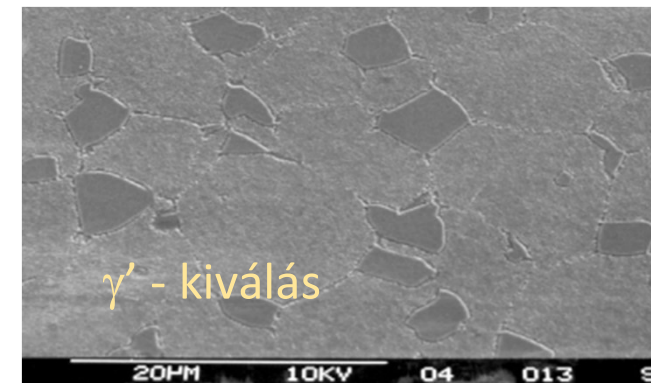
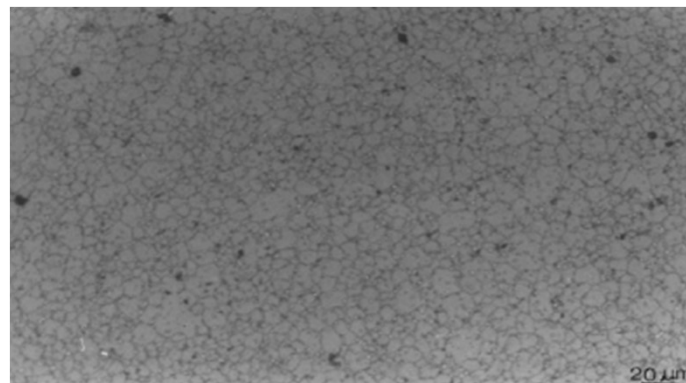
Plazmanitridálás

Egykristály vákuum hőkezelése

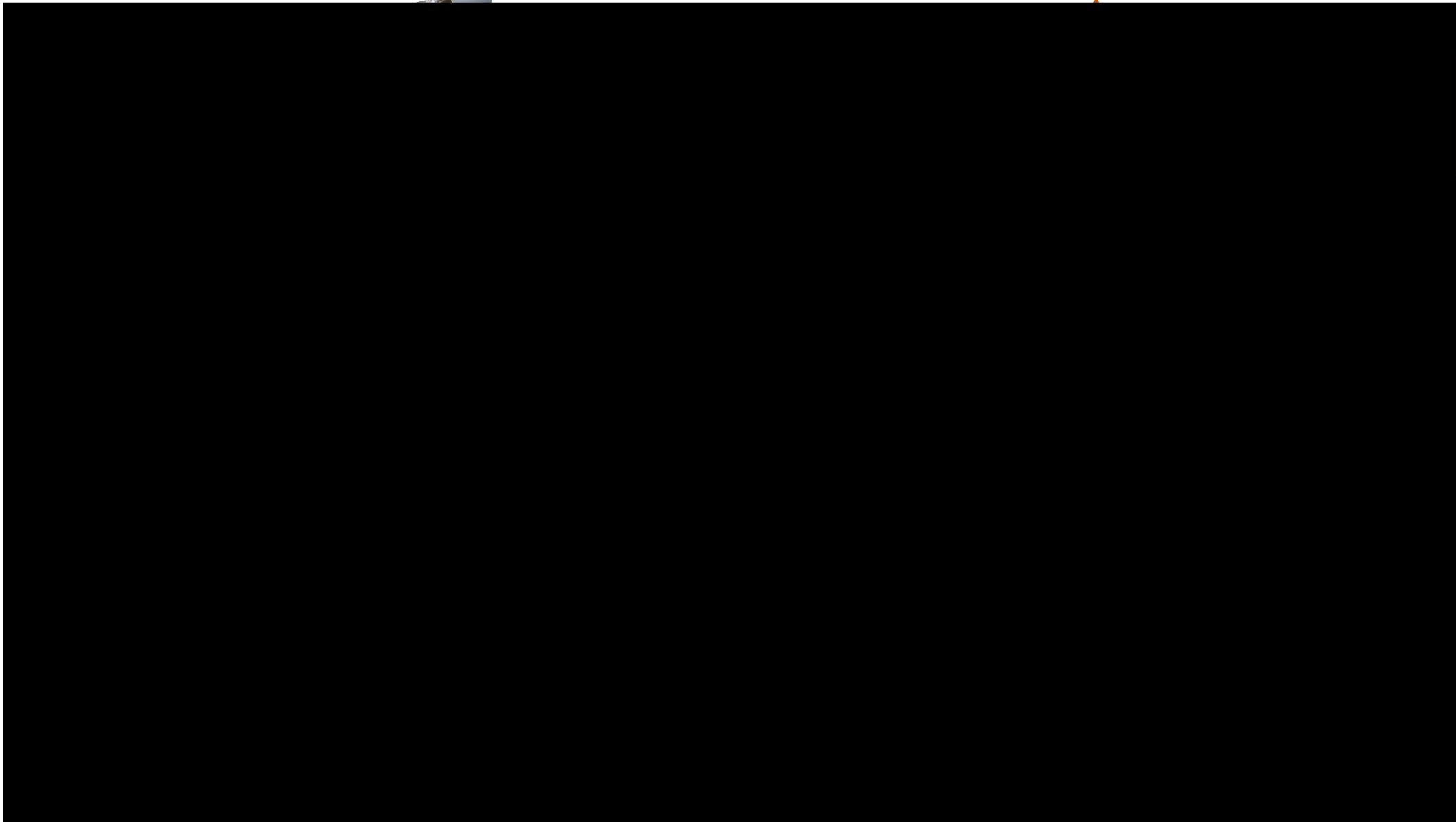
Oldó hőkezelések

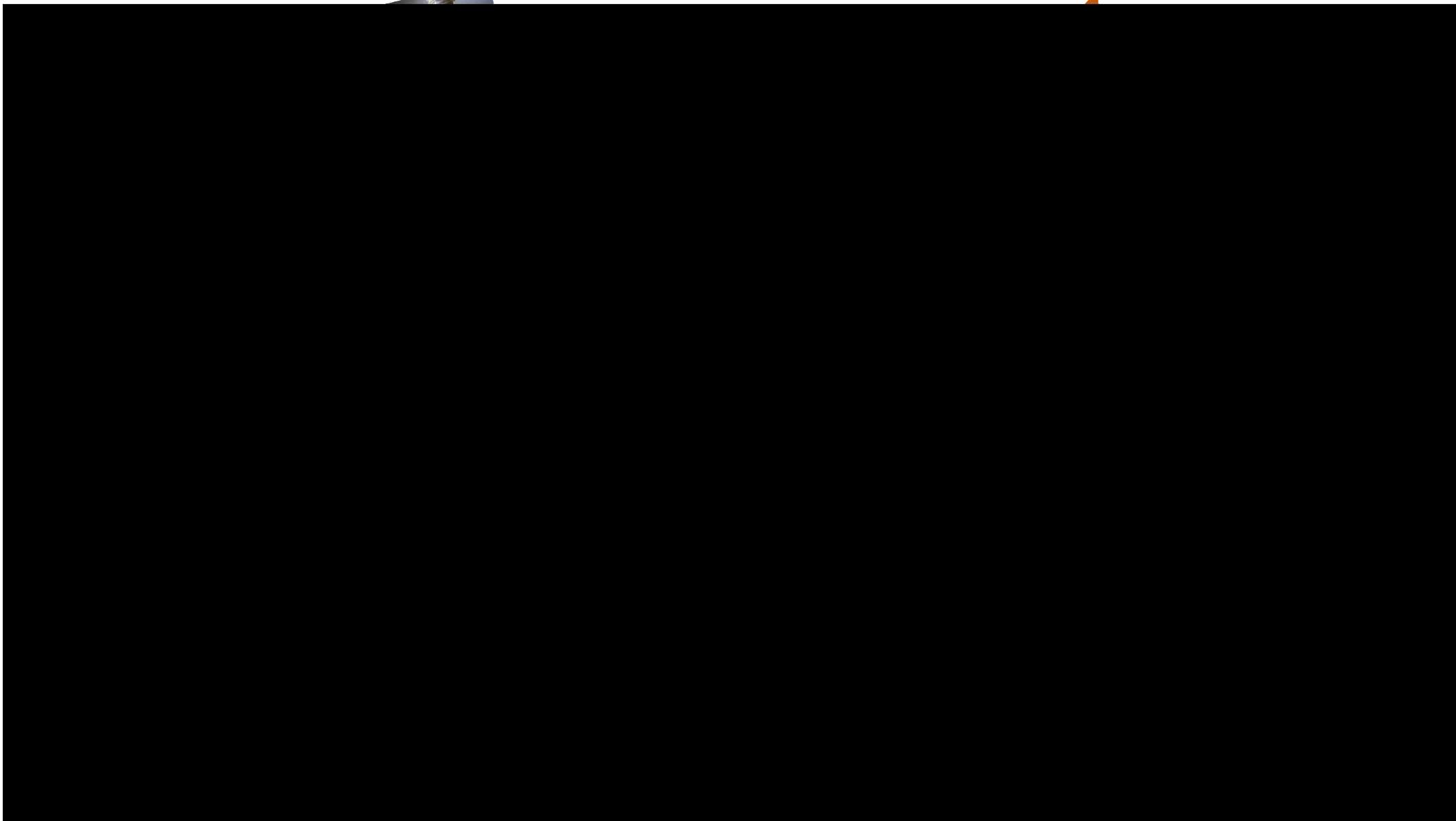
Nikkel-szuperötvözet:

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











Additív gyártás

feszültségcsökkentés

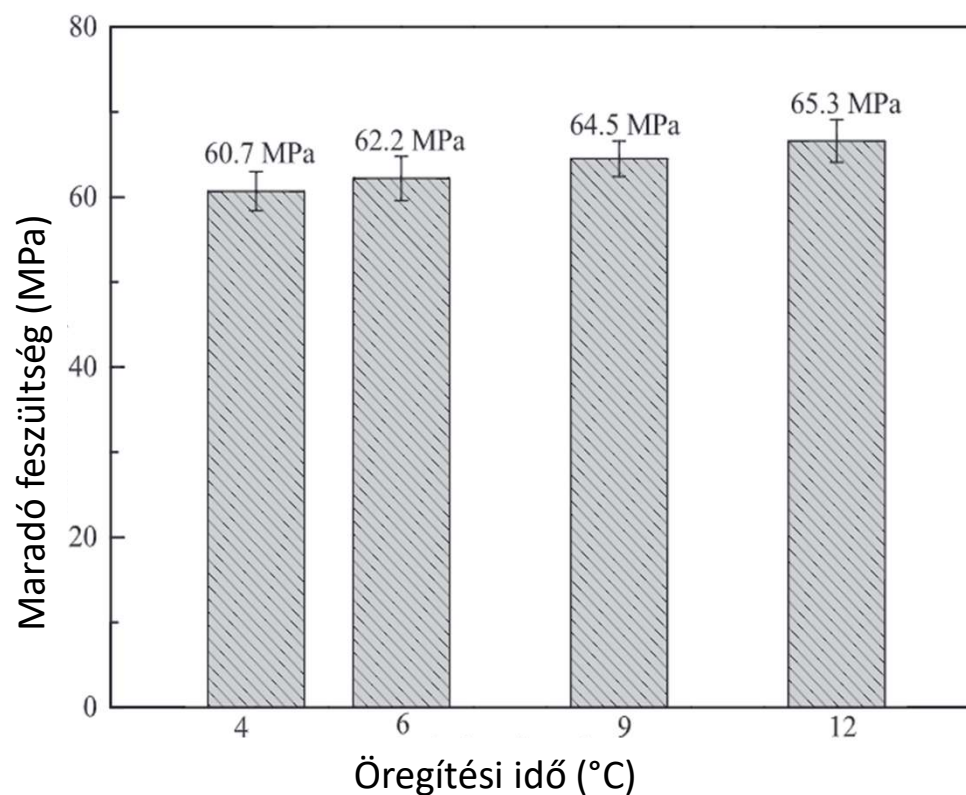
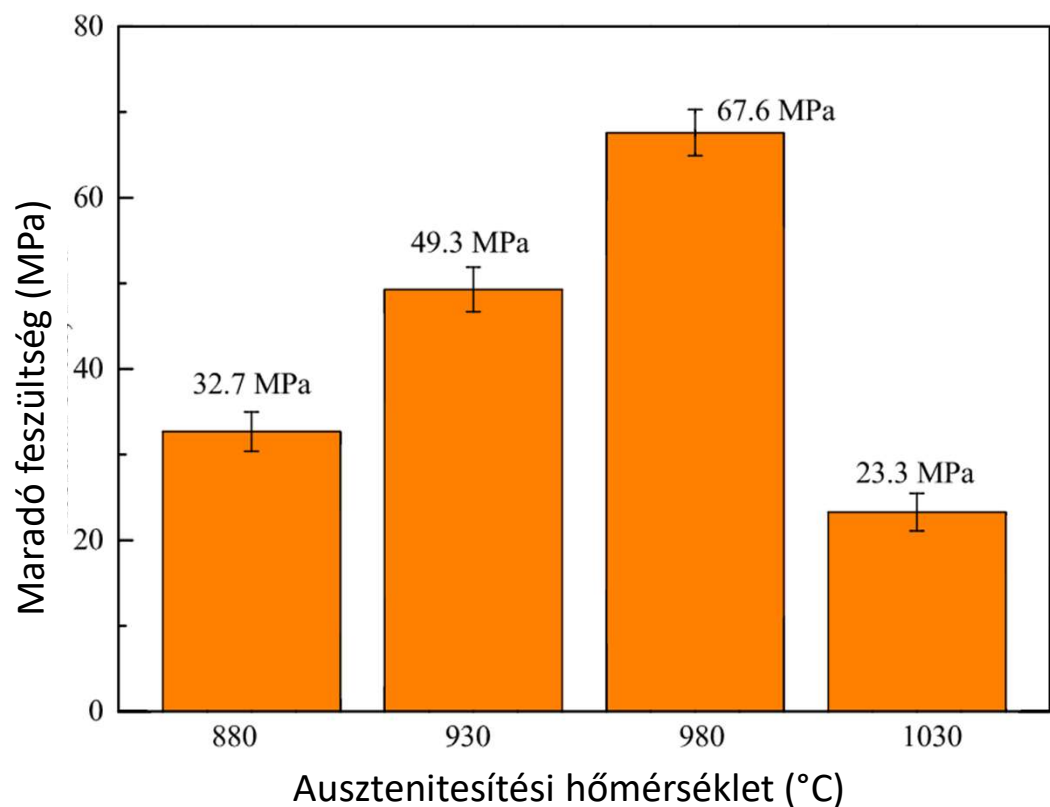
**Maradó feszültség:** a mechanikai feszültségeket, amelyek valamely munkadarabban, szilárd testben léteznek és úgy vannak egyensúlyban, hogy a darabra semmilyen külső erő vagy nyomaték nem hat. A kristályos testekben a kristályrácsot felépítő atomok nem az "eredeti", legkisebb energiájú helyükön vannak,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

## Kutatás:

Ti-6Al-4V

Ausztentés: 880-1030 °C, 1 óra

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



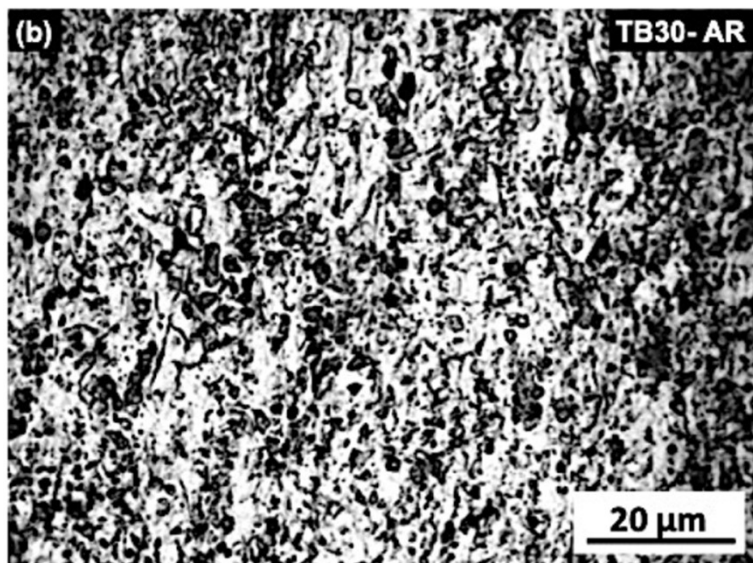
## Kutatás:

X6CrNiTi18-10

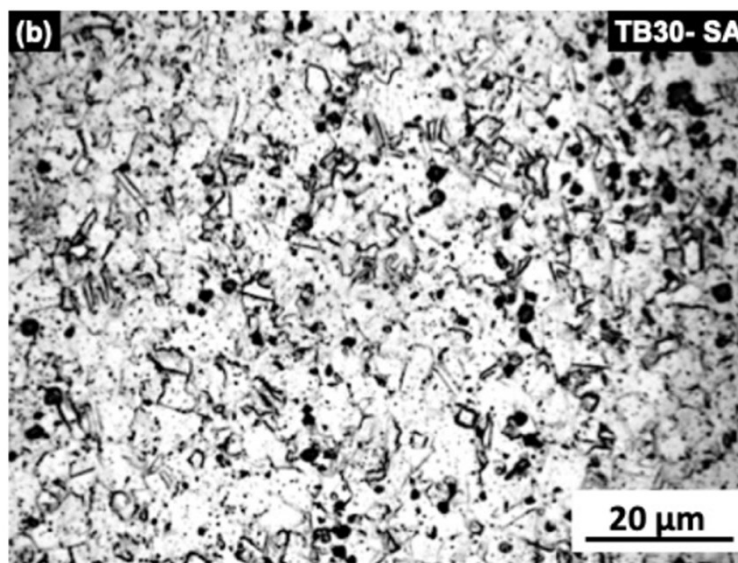
Kovácsolás előtt: Homogenizálás 1200 °C, 12 óra

Kovácsolás: 1180 °C

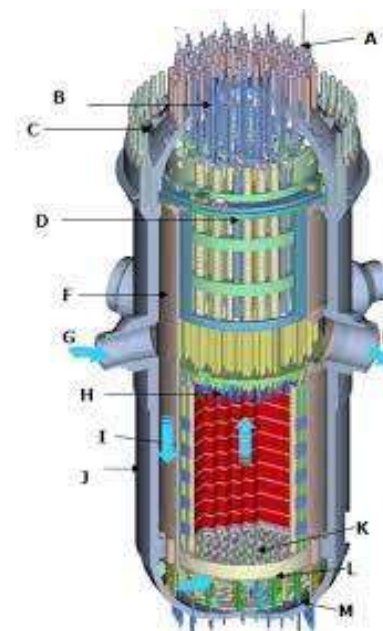
Oldó hőkezelés 1050 °C – 30 perc, vízhűtés



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 hőszugárzás 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.

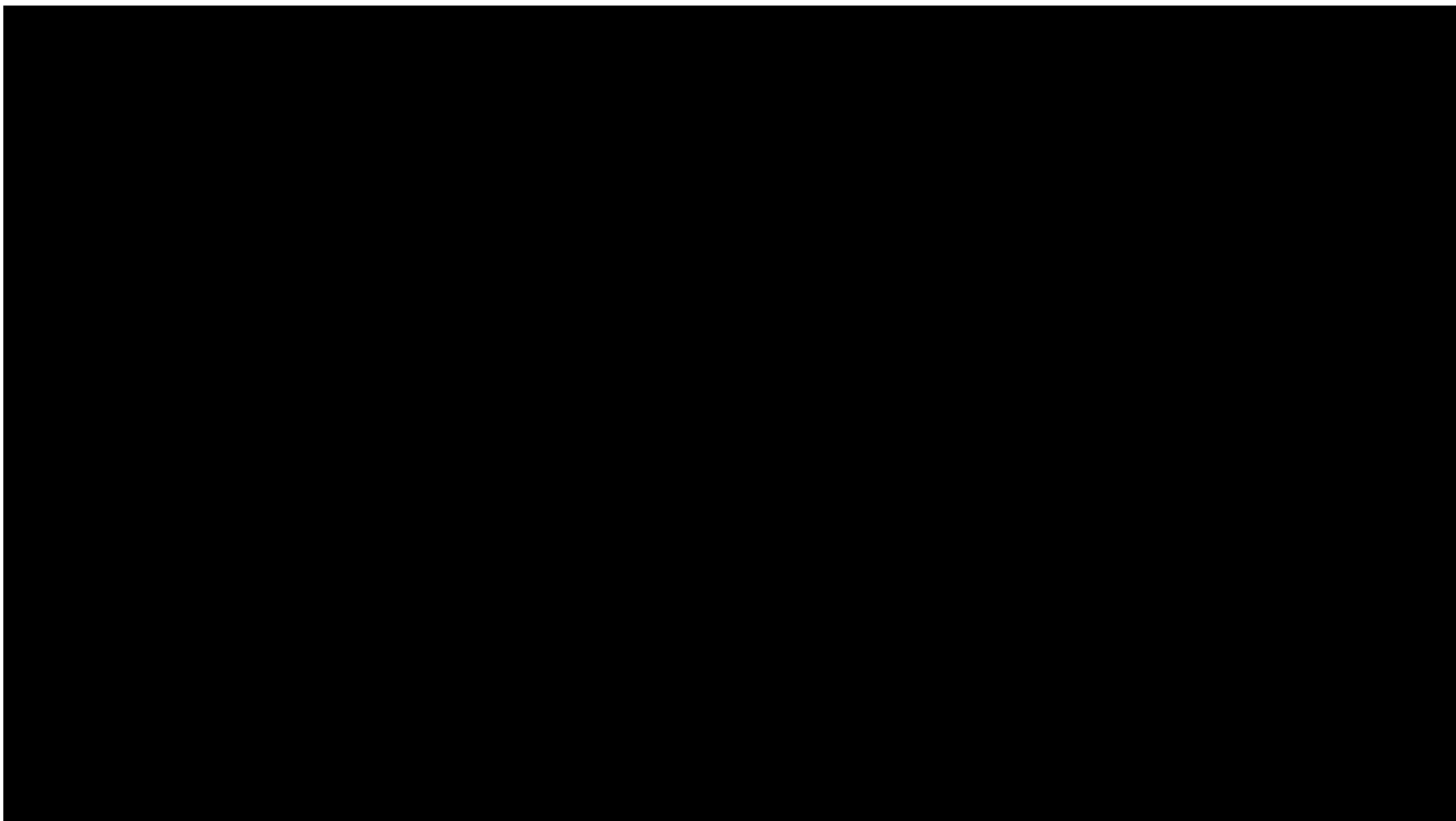
Fém	Hővezetési tényező (W/mK)
Réz	401
Alumínium	237
Acél	50
Titán	22

www.designmate.com

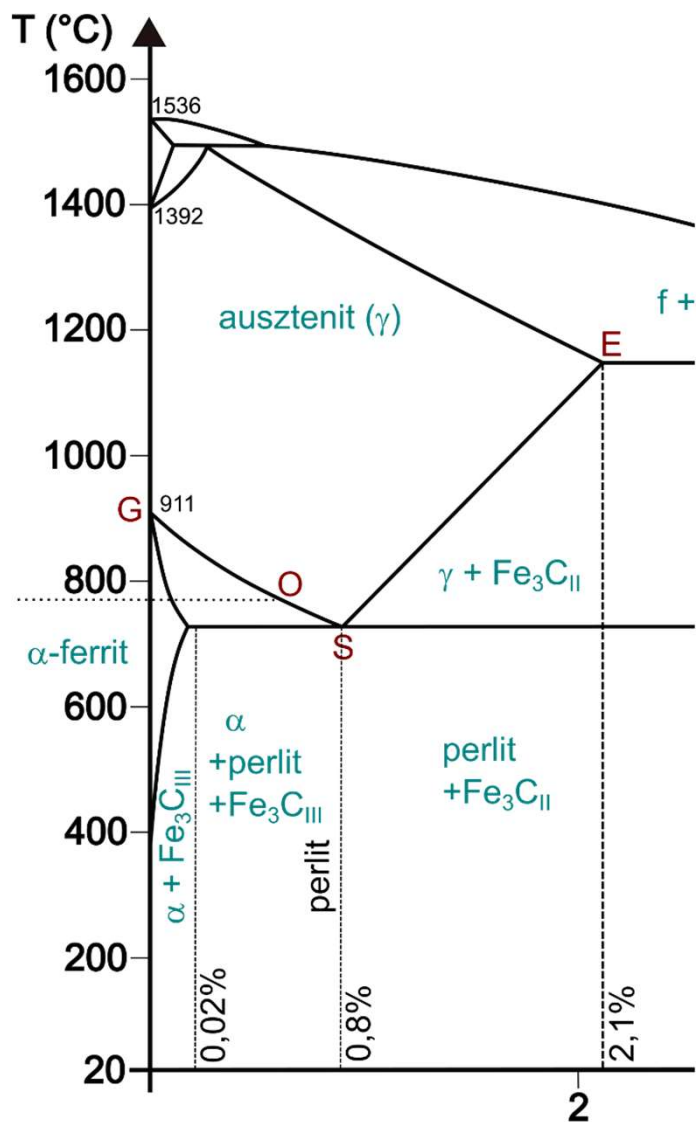
## 1. Conduction

www.designmate.com



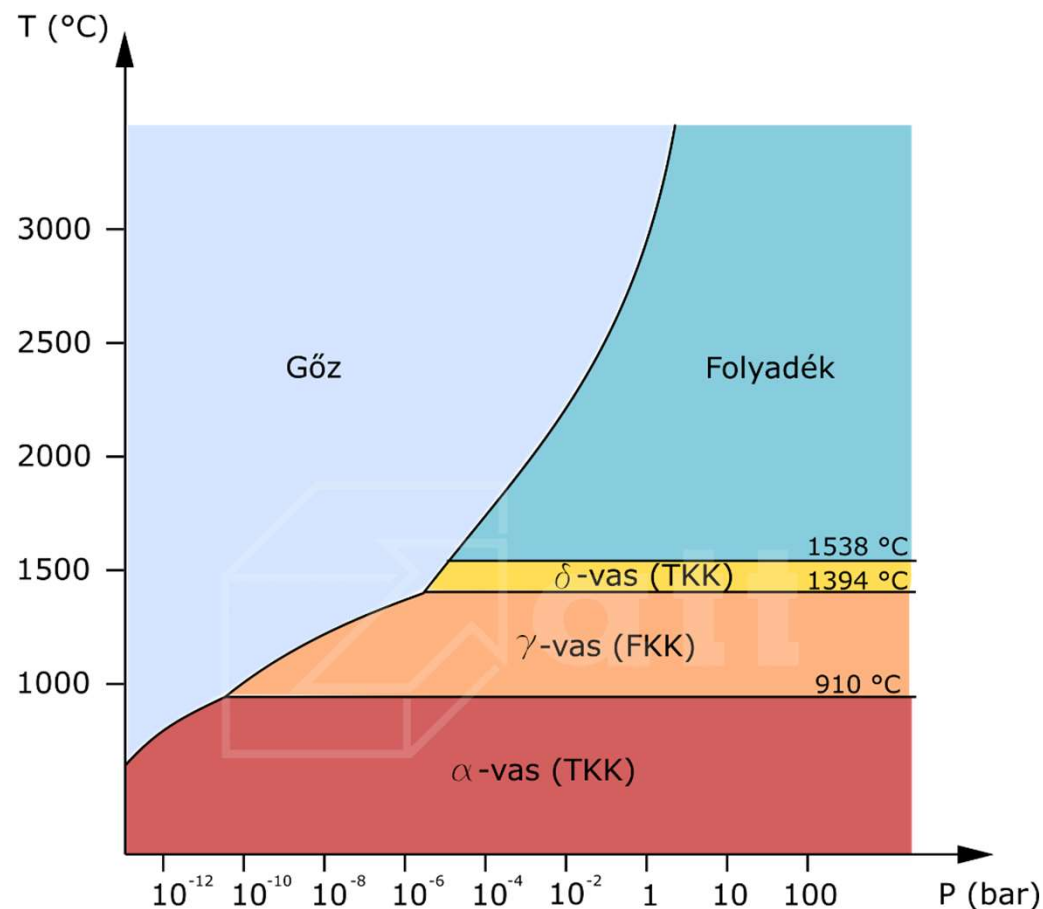


**Ausztenitesítés:** A3 hőmérsékelt fölé hevítés



**Átalakulás beindítója:**

- Koncentráció különbség
- Allotróp átalakulás



## Fick I:

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

## Fick II:

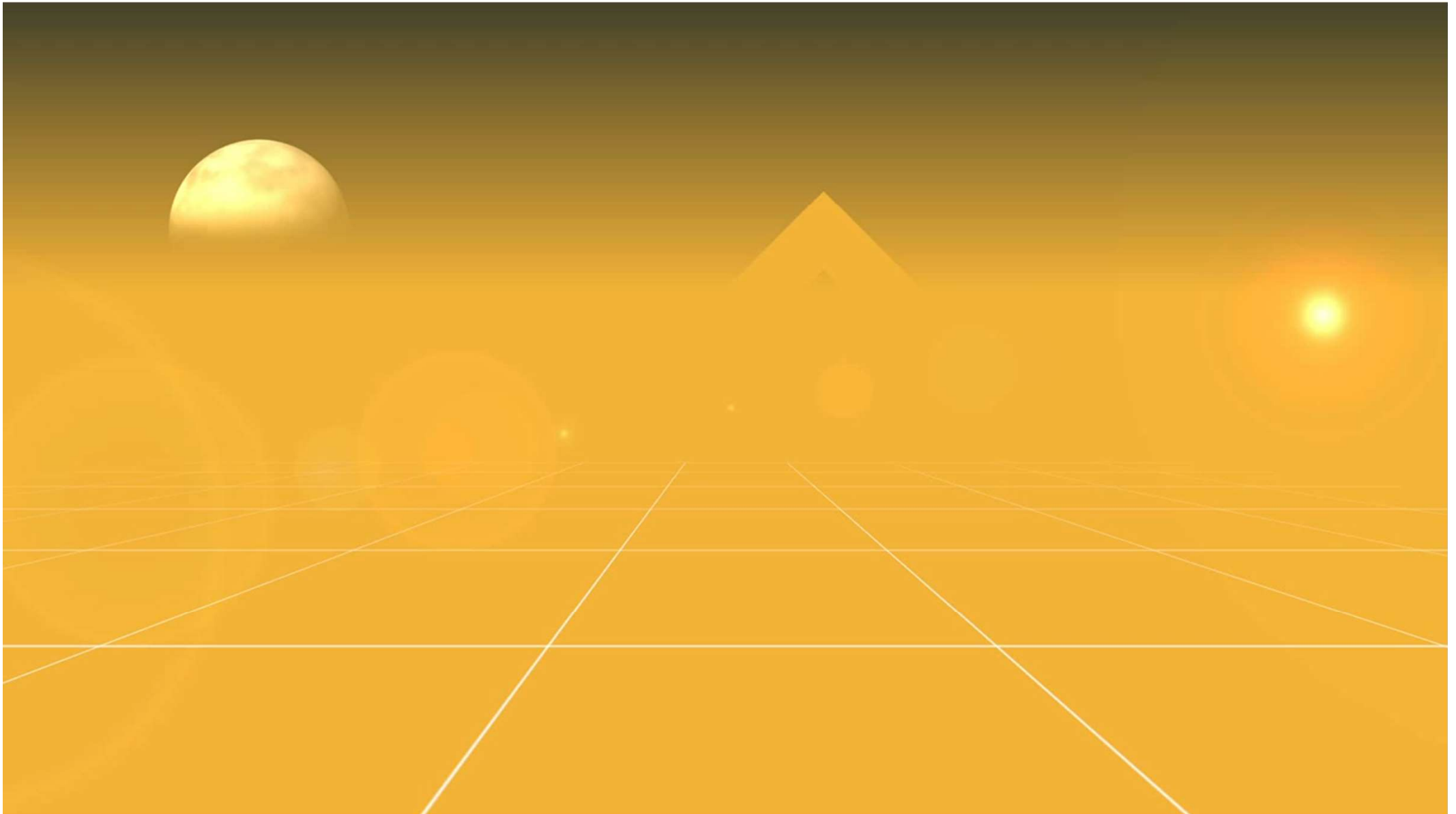
$$\frac{\partial c}{\partial t} = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2}$$

$J$  – egységnyi keresztmetszeten áramló tömeg

$D$  – diffúziós tényező

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

$\partial t$  – idő



## Fick I.

R 8,3 J/mol·K

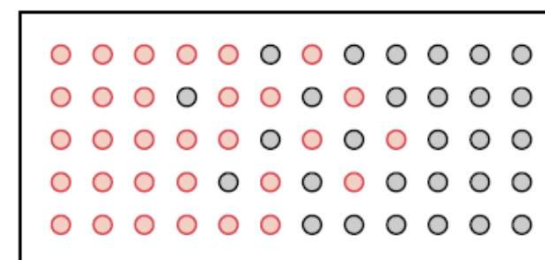
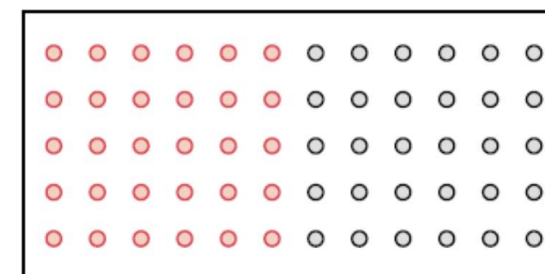
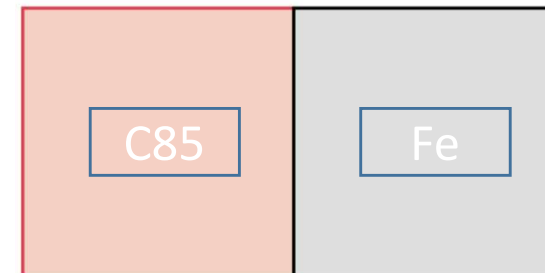
C1 0,85 kg/m<sup>3</sup>

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

Δx 10 mm

J 63×10<sup>-10</sup> kg/m<sup>2</sup>s

Diffundáló elem	Közeg	D <sub>0</sub> (m <sup>2</sup> /s)	Q (kJ/mol)
C	α-TKK	6,2×10 <sup>-7</sup>	80
	γ-FKK	2,3×10 <sup>-5</sup>	148

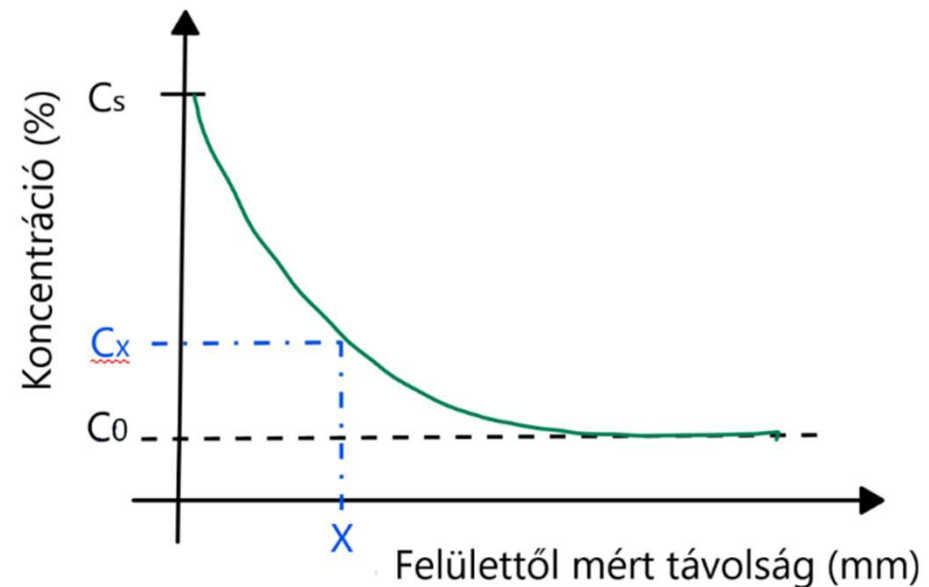


## Fick II.

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 =  $1,28 \times 10^{-11}$  m<sup>2</sup>/s.

t	4 óra
T	928 °C
C <sub>s</sub>	1 %
C <sub>0</sub>	0,2 %
x	0,9 mm
D	$1,28 \times 10^{-11}$ m <sup>2</sup> /s



## The Error Function

$z$	$erf(z)$	$z$	$erf(z)$
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

Handwritten annotations: A red arrow points from the value 1.0482 to the  $z=1.0$  row. Another red arrow points from an 'X' to the  $erf(1.0)$  value.

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