

A hőkezelés alapfogalmai

Hőkezelés
(BMEGEMTBGK1)
2025. 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 – 7. hét – október 21
2. Zh – 14. hét – december 9

Beugró rész:

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

**Szerda 10:15-től páros és páratlan héten
Laborok a 3. héttől kezdődnek.**

Oktatási hét	Labor
3-4. hét	Mikroszkópia
5-6. hét	Acélok hőkezelése
7-8. hét	Indukciós edzés
9-10. hét	Hőkezelés tulajdonságai
12. hét – nov. 28	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. ZH |
| 8. Hőkezelési eljárások, edzhetőség |
| 9. Felületi edzések |
| 10. Termokémiai felületkezelések |
| 11. Bevonatolás |
| 12. Öntöttvasak hőkezelése |
| 13. Alumínium és titán hőkezelése |
| 14. ZH |
| 15. PÓTZH |

Hőkezelés definíciószerűen:

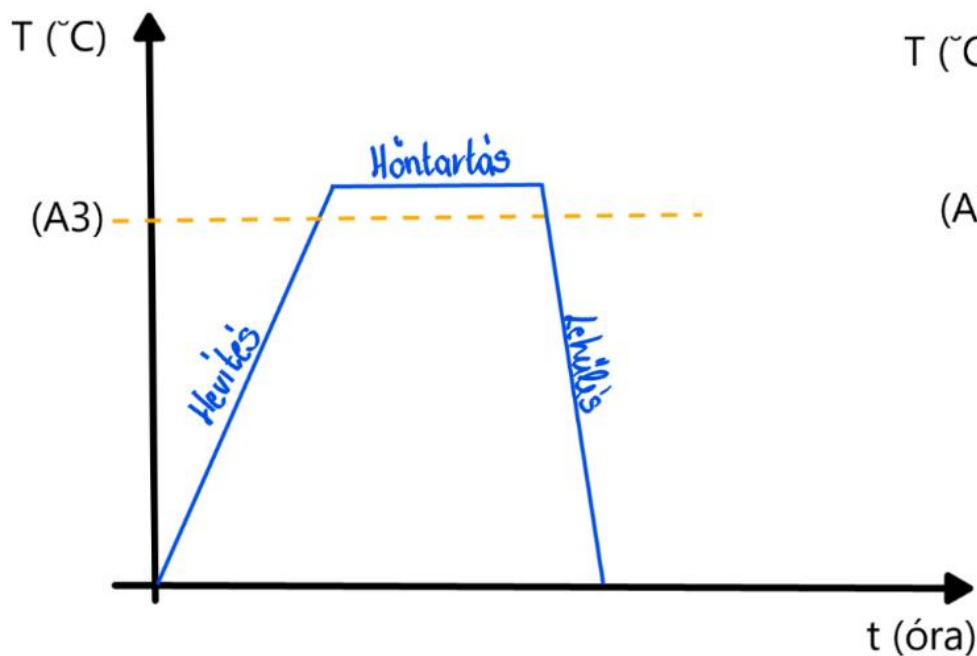
Olyan műveletek sorozata, amelyek során a szilárd vasötvözet teljes egészében vagy részlegesen olyan termikus folyamat hatásának van kitéve, amelynek hatására létrejön a tulajdonságaiban és/vagy a szerkezetében szükséges változás. (MSZ EN 10052:1995)

Hőkezelés

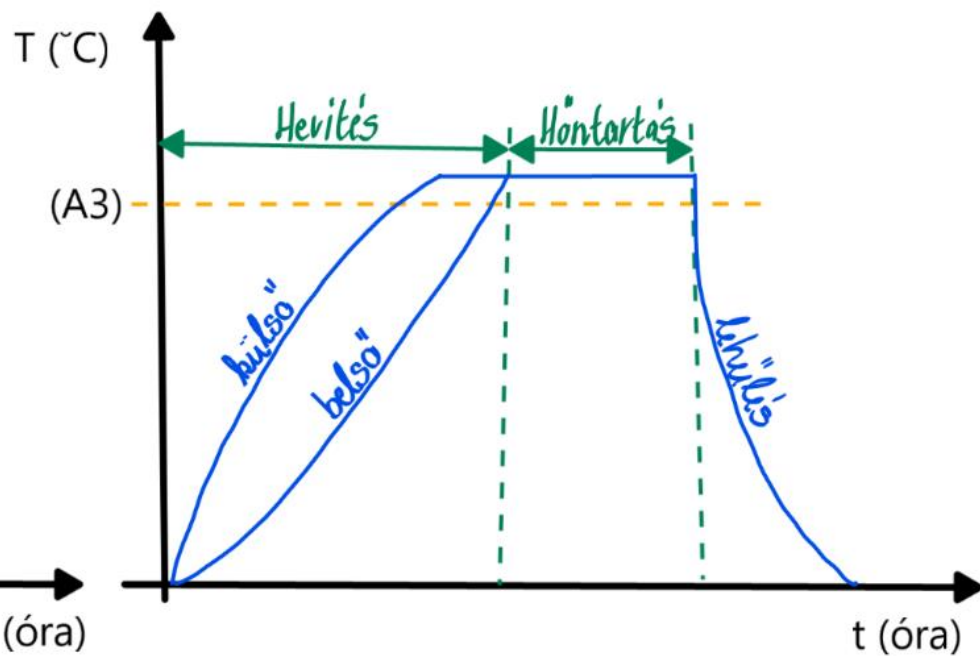
Fémes anyagok, alkatrészec, szerszámok hőmérsékletének program szerinti növelése, fenntartása majd program szerinti lehűtése.

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

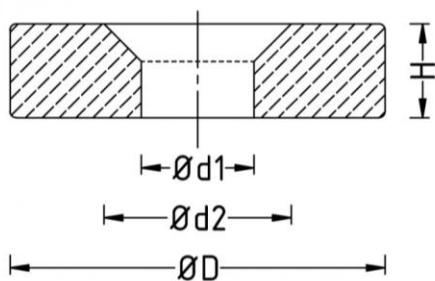
Elméleti



Valós



0. Tervezés, geometria



3. Forgácsolás



1. Előgyártmány



4. Hőkezelés



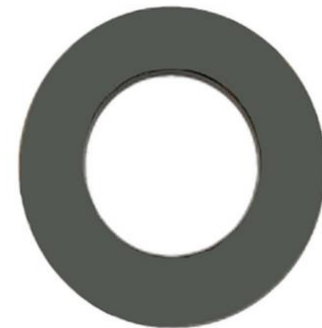
2. Alakítás



5. Köszörülés



Hol helyezkedett el a hőkezelés a folyamatban?

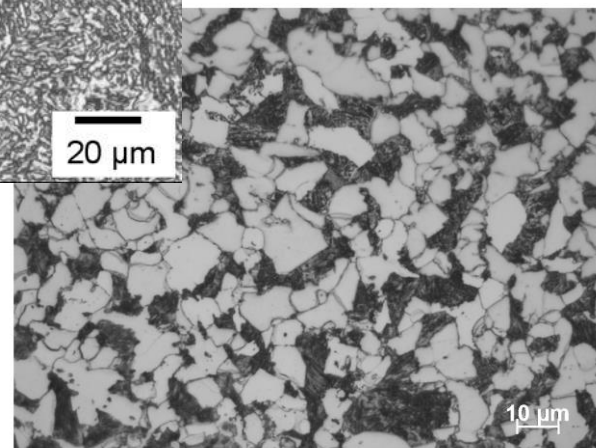
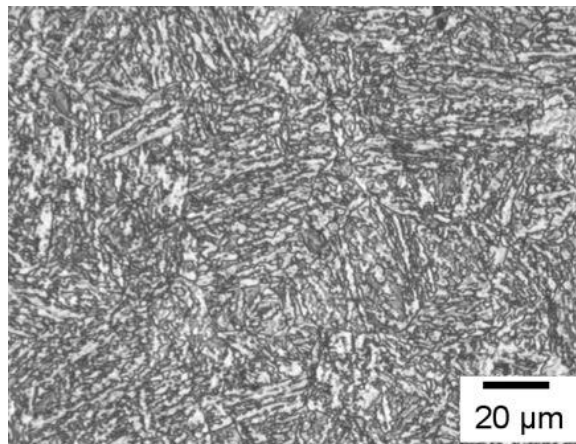


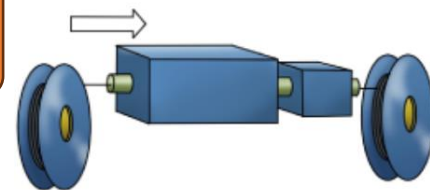
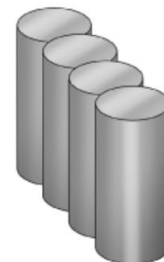
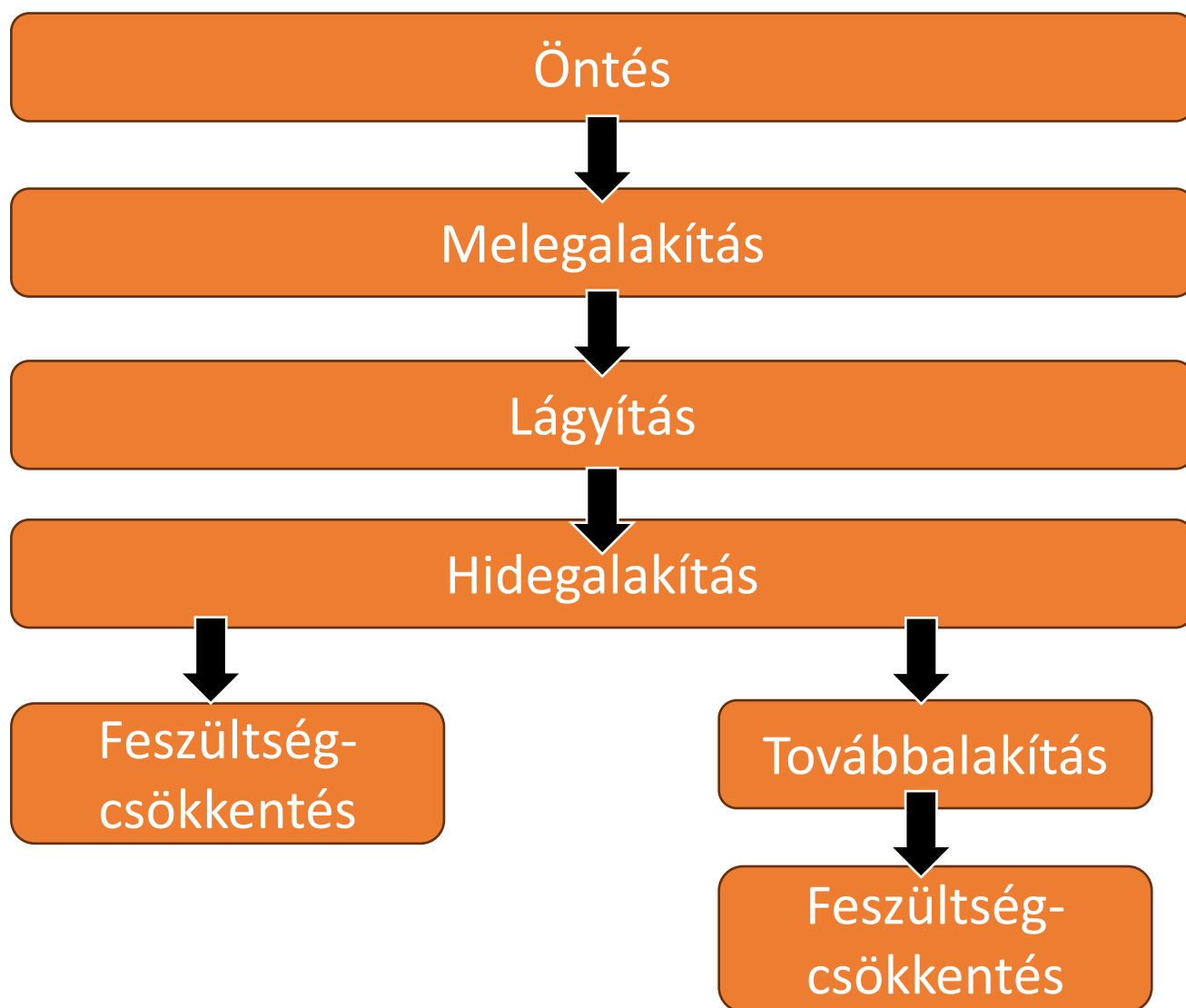
Befejező lépés

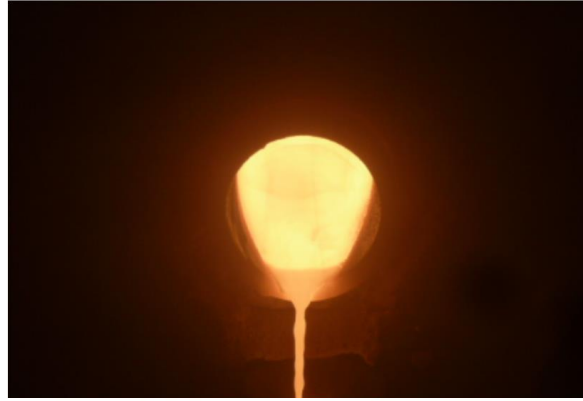
Köztes lépés

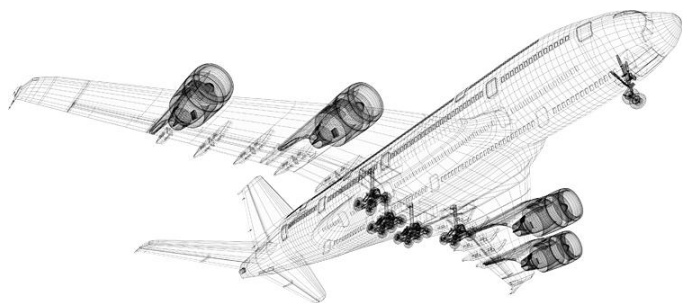
Első lépés

Nézzünk bele









Repülőgép ipar

Öregítés

Lágyítás

Homogenizálás

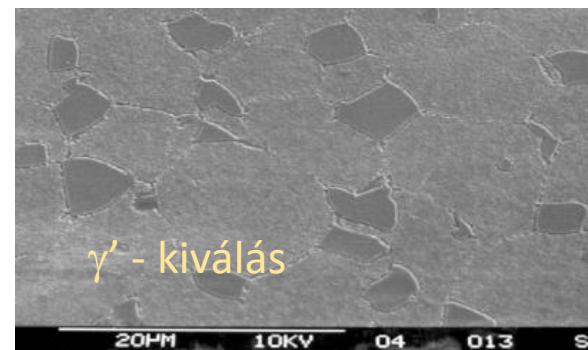
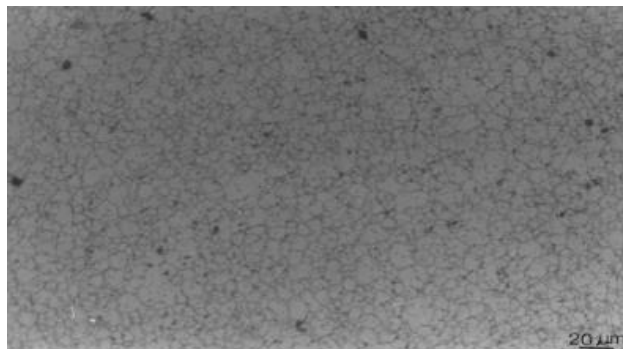
Plazmanitridálás

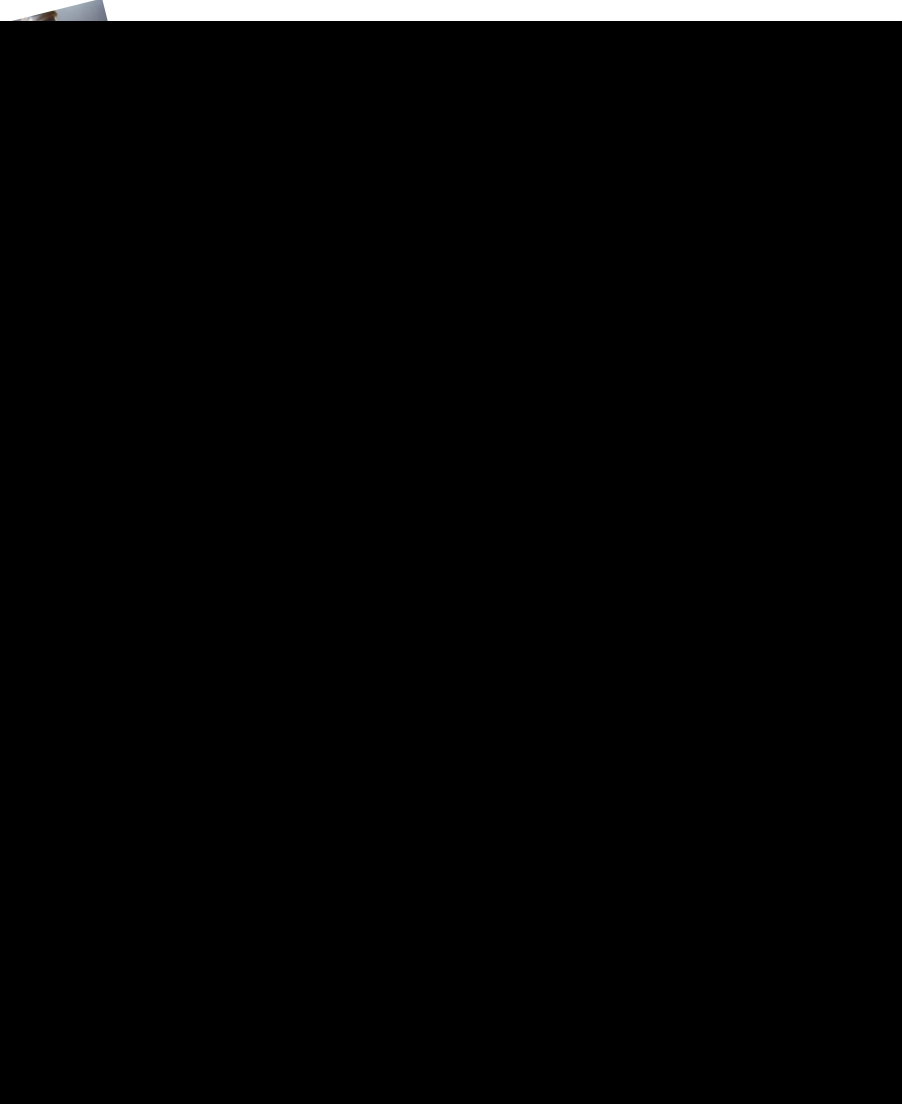
Egykristály vákuum hőkezelése

Oldó hőkezelések

Nikkel-szuperötvözet:

- normalizálás
 - 1170-1270 °C
 - 20 perc → 22 óra
- γ' – 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.

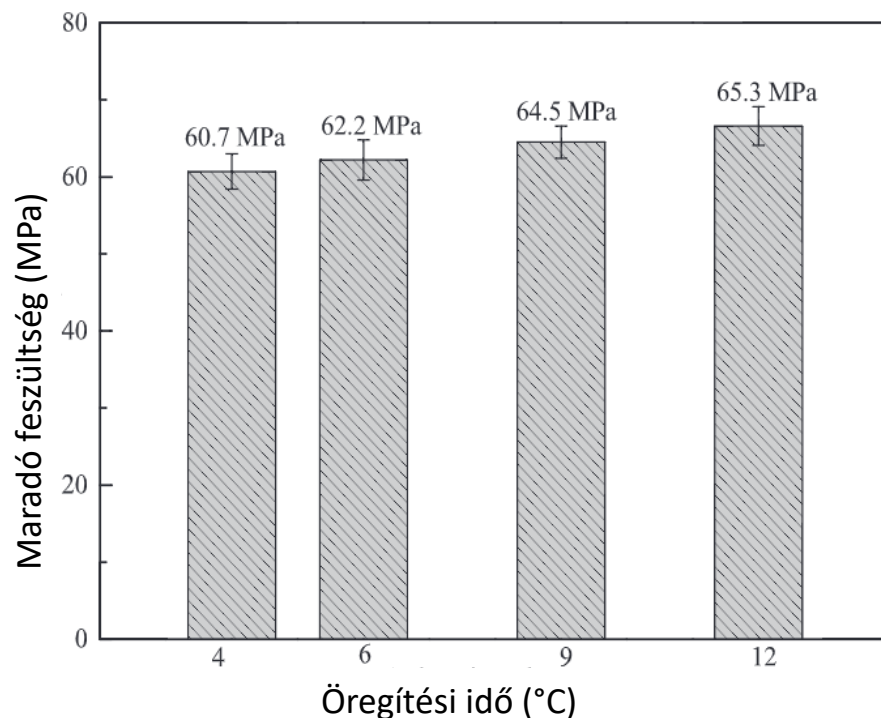
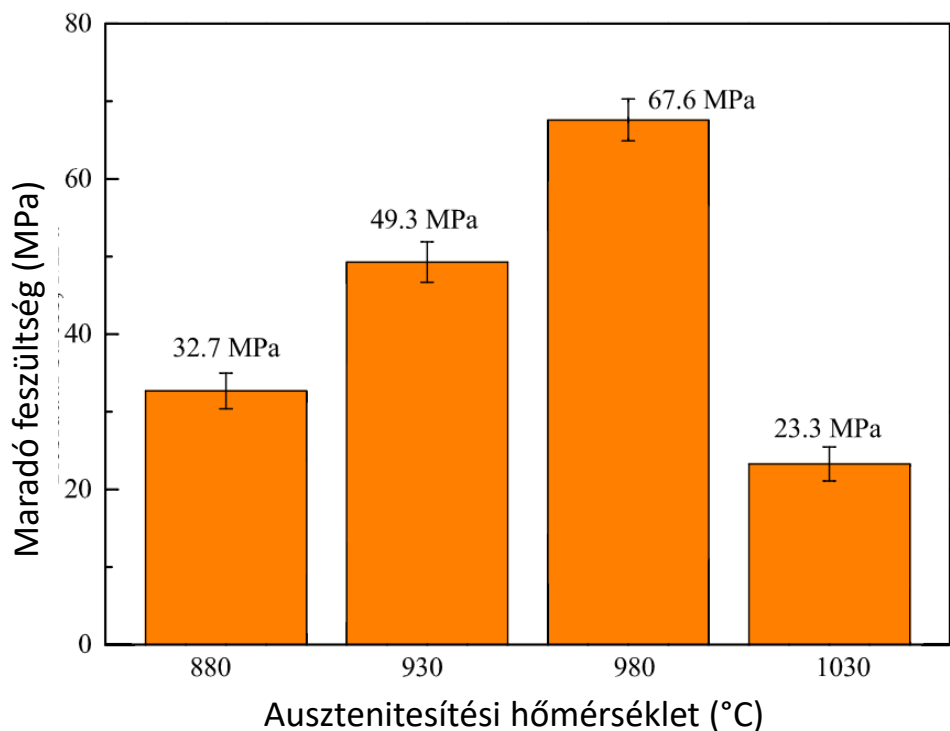
Kutatás:

Ti-6Al-4V

Ausztenitesítés: 880-1030 °C, 1 óra

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

Additív gyártás



Kutatás:

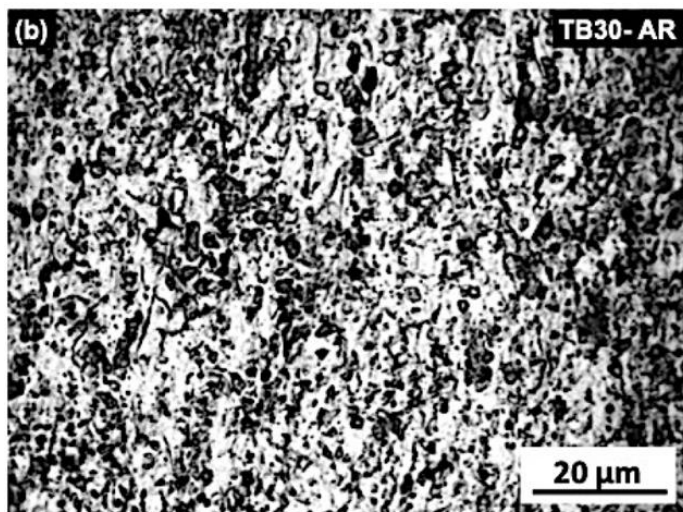
X6CrNiTi18-10

Kovácsolás előtt: Homogenizálás 1200 °C, 12 óra

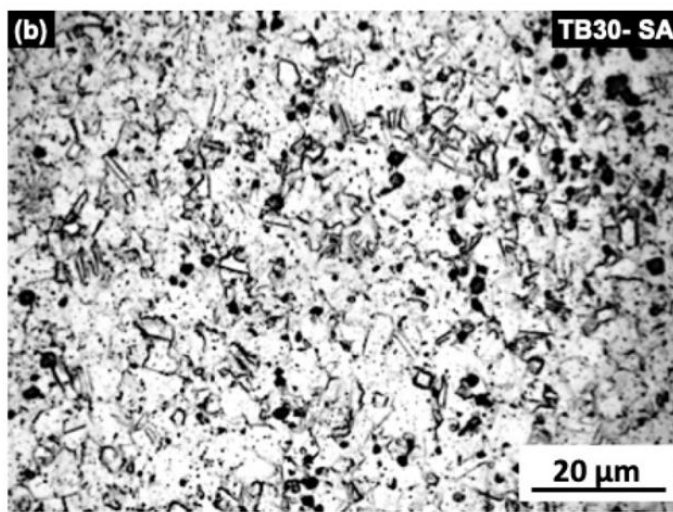
Kovácsolás: 1180 °C

Oldó hőkezelés 1050 °C – 30 perc, vízhűtés

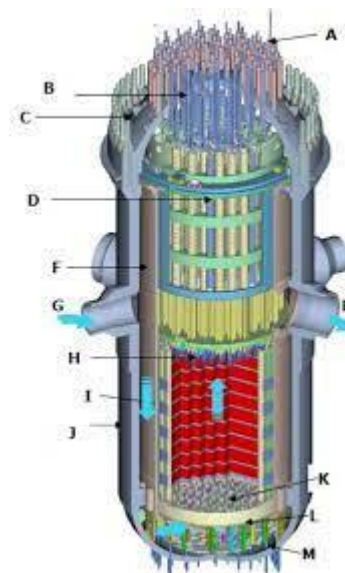
Atomerőművek



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.

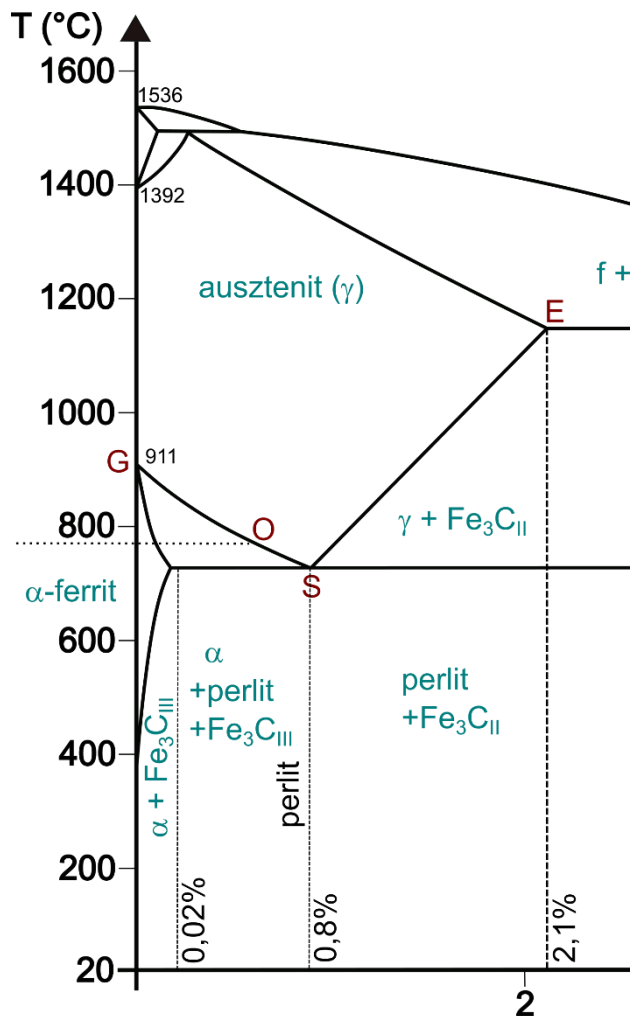
Fém	Hővezetési tényező (W/mK)
Réz	401
Alumínium	237
Acél	50
Titán	22

www.designmate.com

1. Conduction

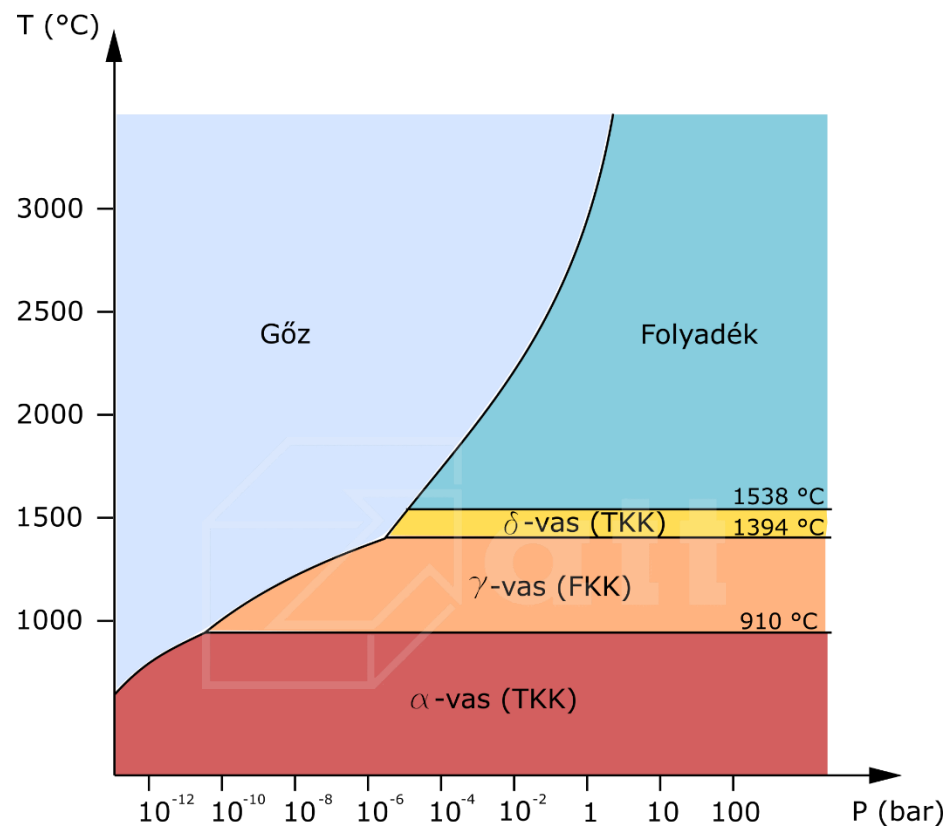
www.designmate.com

Ausztenitesítés: A3 hőmérsékelt fölé hevítés



Átalakulás beindítója:

- Koncentráció különbség
- Allotróp átalakulás



Fick I:

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

J – egységnyi keresztmetszeten
áramló tömeg

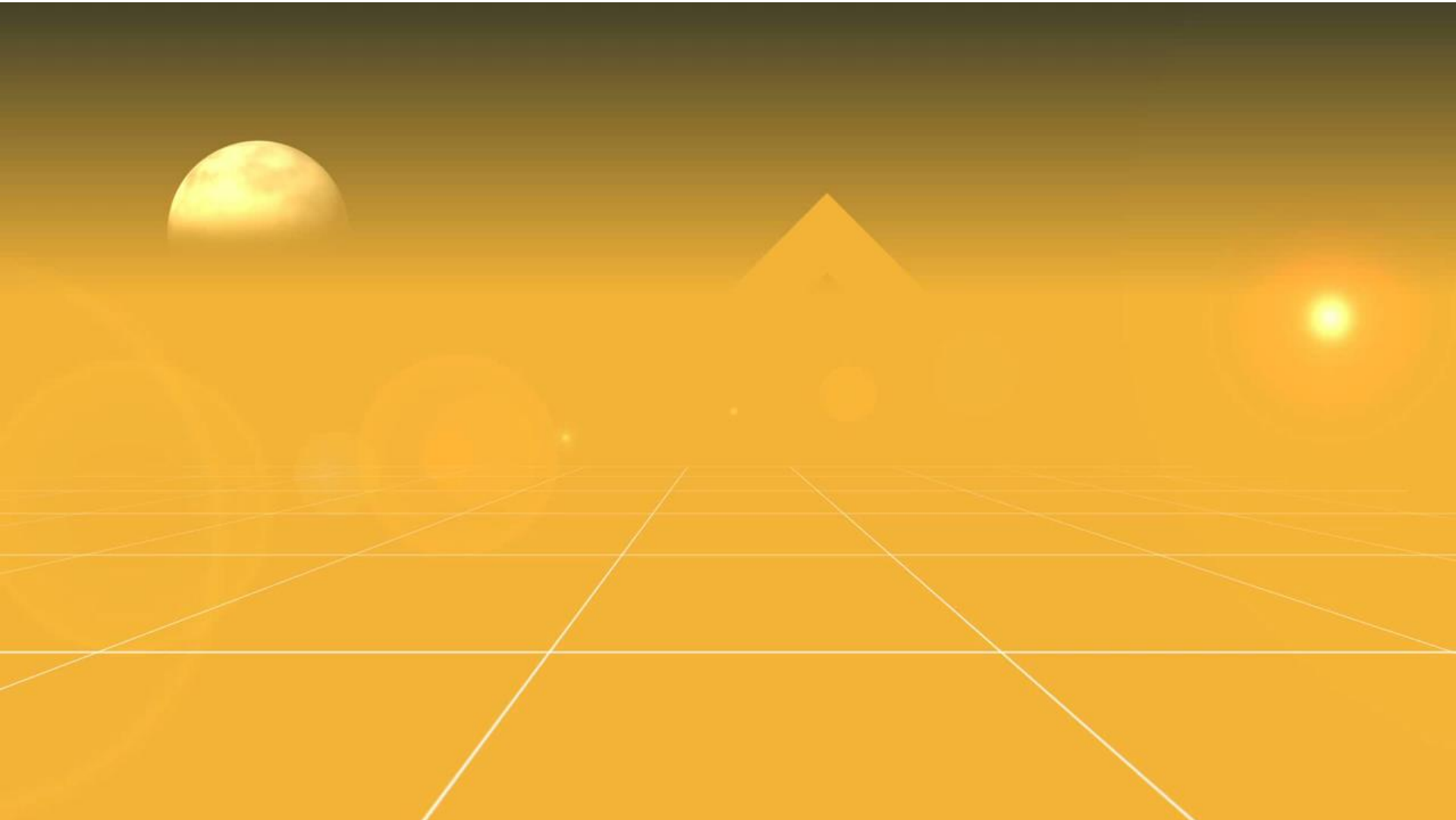
D – diffúziós tényező

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

∂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

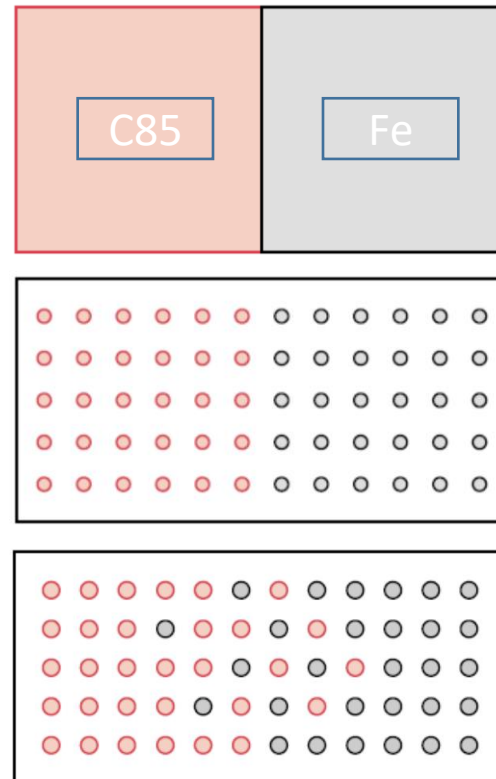
C1 0,85 kg/m³

C2 0,4 kg/m³

Δx 10 mm

J 63×10^{-10} kg/m²s

Diffundáló elem	Közeg	D_0 (m ² /s)	Q (kJ/mol)
C	α -TKK	$6,2 \times 10^{-7}$	80
	γ -FKK	$2,3 \times 10^{-5}$	148

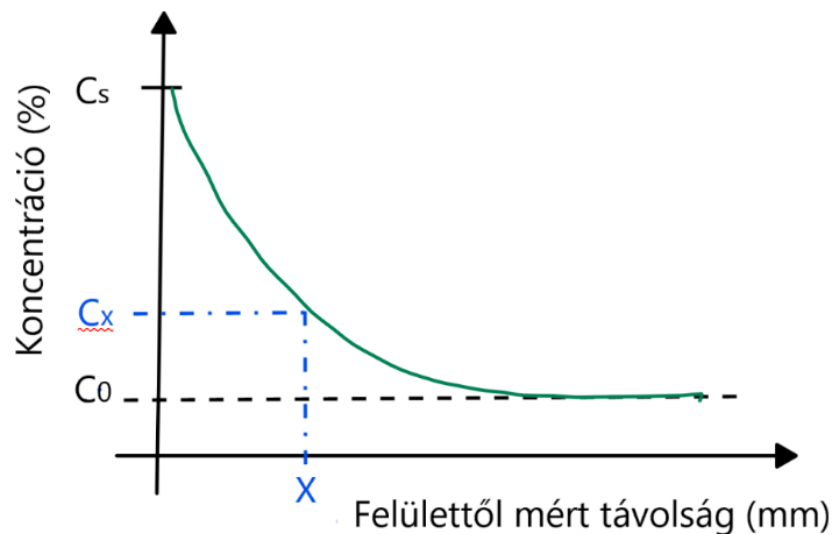


Fick II.

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 γ 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