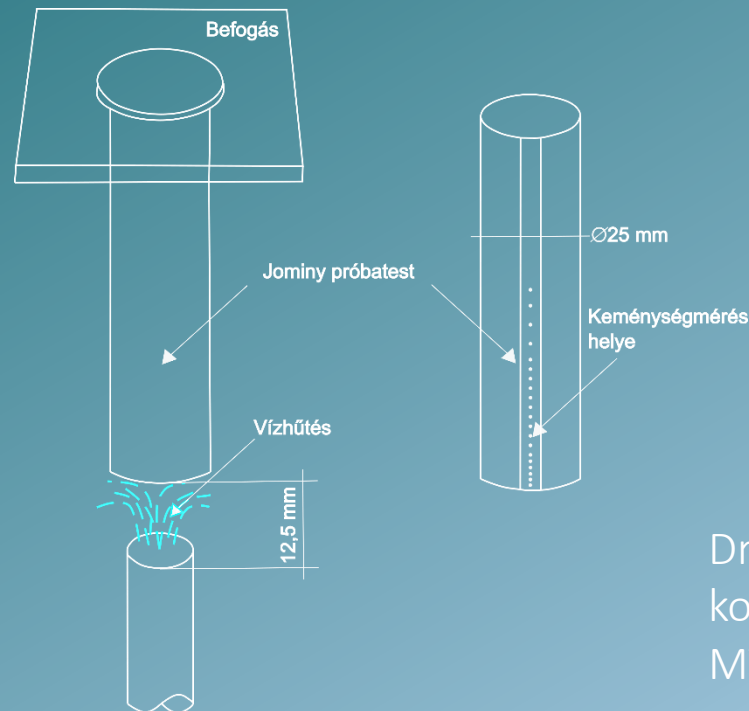


Hőkezelési eljárások, edzhetőség



Hőkezelés
(BMEGEMTBGK1)
2024. október 22.

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

I. A_1 hőmérséklet alatt: (subcritical)

- nincs teljes ausztenit képződés

Fő célja: - megújulás, újrakristályosodás, szemcseméret növekedés

Alkalmazás: hengerelt, kovácsolt hipoeutektoidos acélok → keménység beállítása

II. A_1 – A_3 hőmérséklet között: (intercritical)

- részben alakul ki az ausztenit

Fő célja: martenzites szövetszerkezetű acélok szilárdságának változtatása
→ finom szemcseszerkezet érhető el

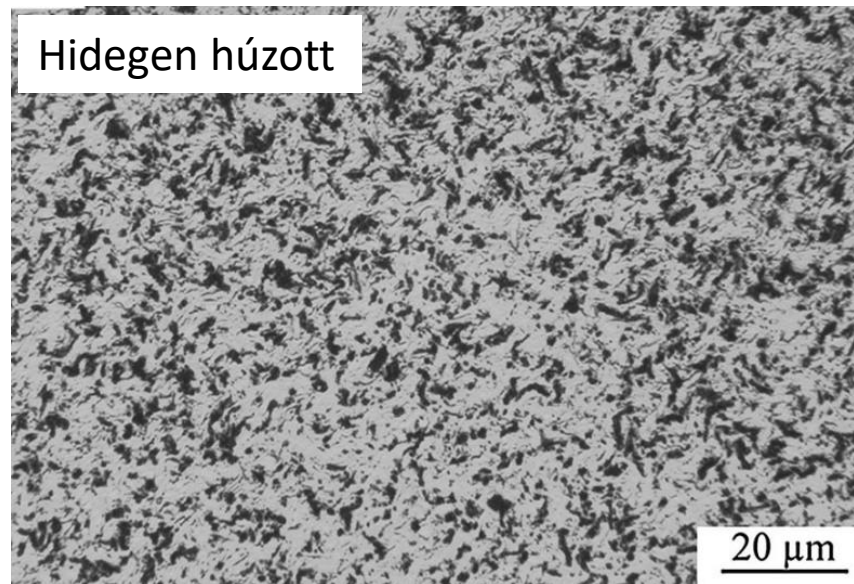
III. A_3 hőmérséklet fölött: (teljes lágyítás - supercritical)

- ausztenitesedés

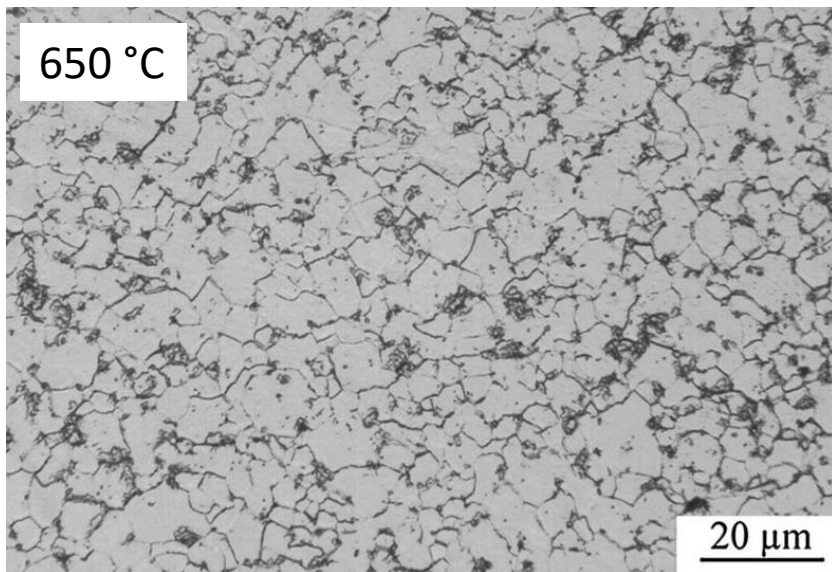
Fő célja: karbidok bontása és oldatba vitele
→ kiindulási szövetszerkezet visszanyerése

- Leglágyabb állapot
- Előzetes technológiai művelet hatásának megszüntetése
- Megmunkálhatóság javítása
- Következő műveletre készítés
- Homogenizálás

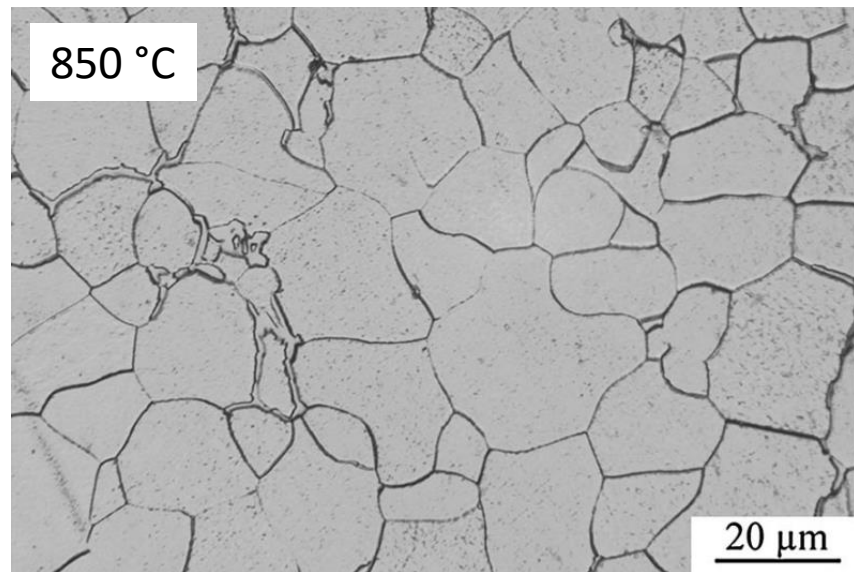
Hidegen húzott



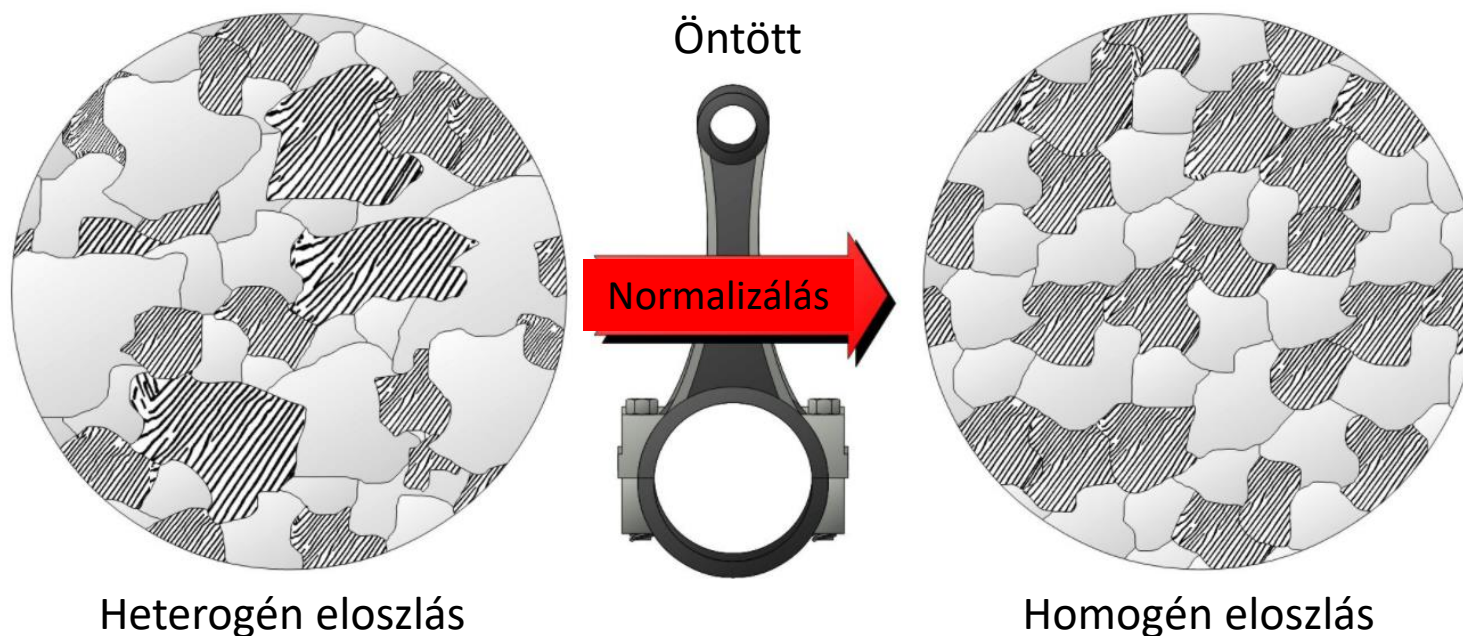
650 °C



850 °C



- levegőn történő hűtés
- növelheti és csökkentheti is a keménységet, szilárdságot, szívósságot
- melegen alakított, hegesztett, öntött acélok túlhevített, durvaszemcsés, egyenlőtlen szemcseszerkezetének finomítása, a mechanikai tulajdonságok javítása.
- kis C tartalmú acélokat forgácsolhatóságának javítása



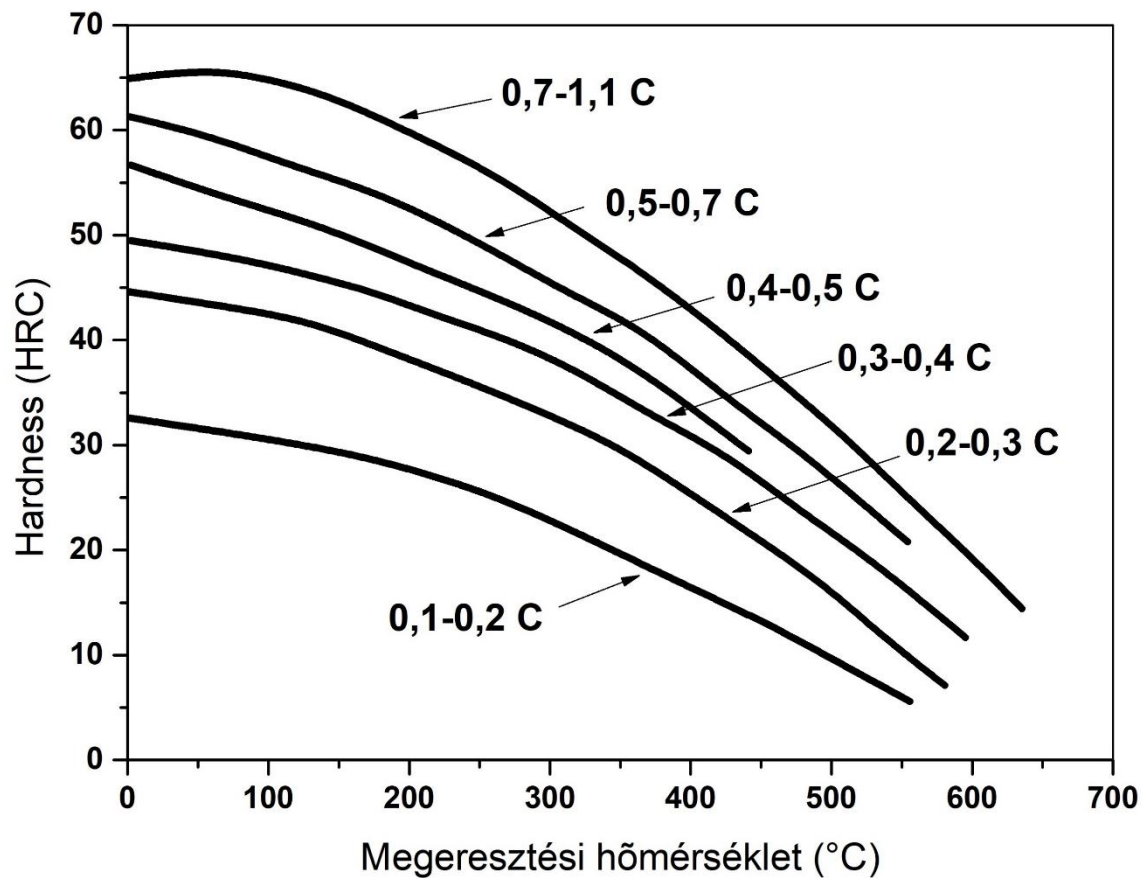
- gyártás közbeni feszültségek csökkentésére, "megszüntetésére"
(kovácsolás, hengerlés, öntés, forgácsolás stb.)
- lehető legnagyobb mértékű feszültségcsökkentés anélkül, hogy a szövetszerkezet változna
- hőmérséklet megválasztásánál figyelembe kell venni az előzetes lépés hőmérsékletét (legalább 30 °C különbség)
 - Kis hőmérsékleten 1-4 óra
 - Nagyobb (<450 °C) hőmérsékleten >4 óra

Kis hőmérsékletű (120 – 350 °C)

- Legnagyobb keménység megtartása
- Ridegség csökkentése
- Keménység egyenletessé tétele

Nagy hőmérsékletű (>350 °C)

- Szívósság növelése



Berendezés	T (°C)	Körülmények
Kemence	50-750	Nagy darabszámú, hasonló geometriájú alkatrészhez
Sófürdő	160-750	Gyors, egyenletes melegítés; bonyolult geometriák nehezen tisztíthatók
Olaj fürdő	< 250	Hosszan tartó megeresztéshez, tűzveszélyes,
Olvasztott fém fürdő (ólom)	>390	Nagyon gyors melegítés (tipikus alkatrész: gömbcsukló)

Sók: NaNO_2 , NaNO_3 , KNO_3 , NaCl , KCl

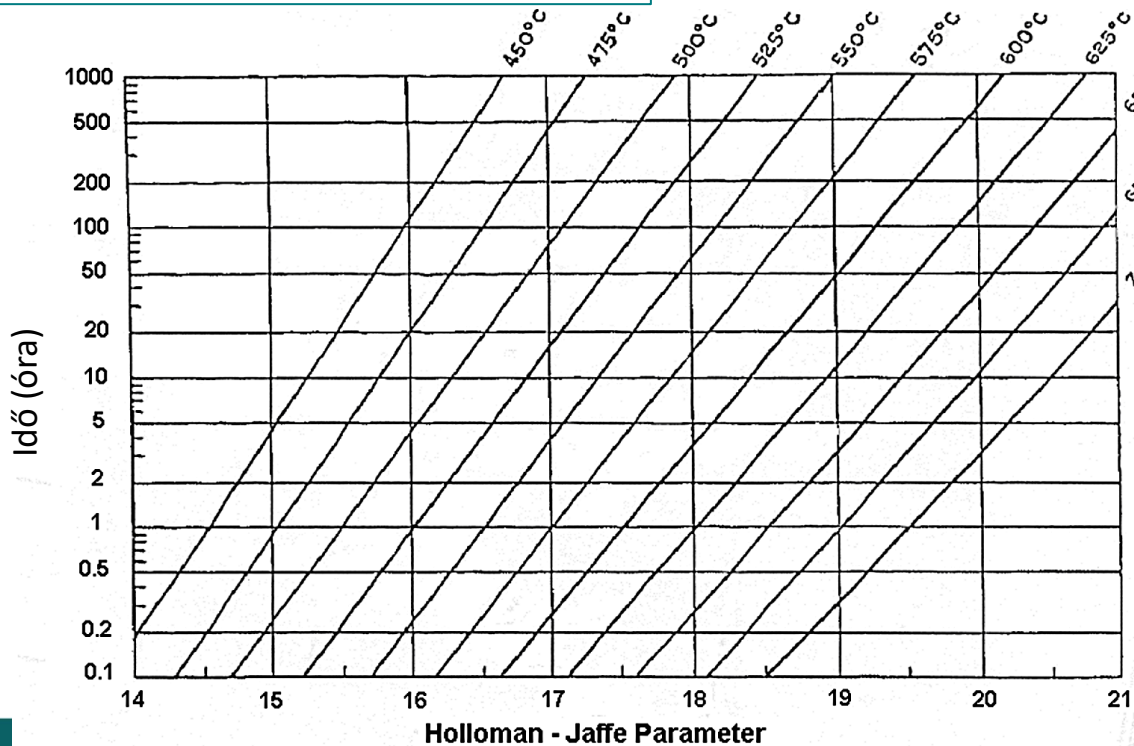
Holoman-Jaffe egyenlet

kapcsolat a megeresztési hőmérséklet és idő között

$T_1(C + \log t_1) = T_2(C + \log t_2) \rightarrow C$ paraméter meghatározásához

általános képlet: $HP = T(C + \log t)$

	C
szénacél	18
gyengén ötvözött	20
erősen ötvözött	30



$$HP = T (20 + \log t) \times 10^{-3}$$

Megeresztési ridegség

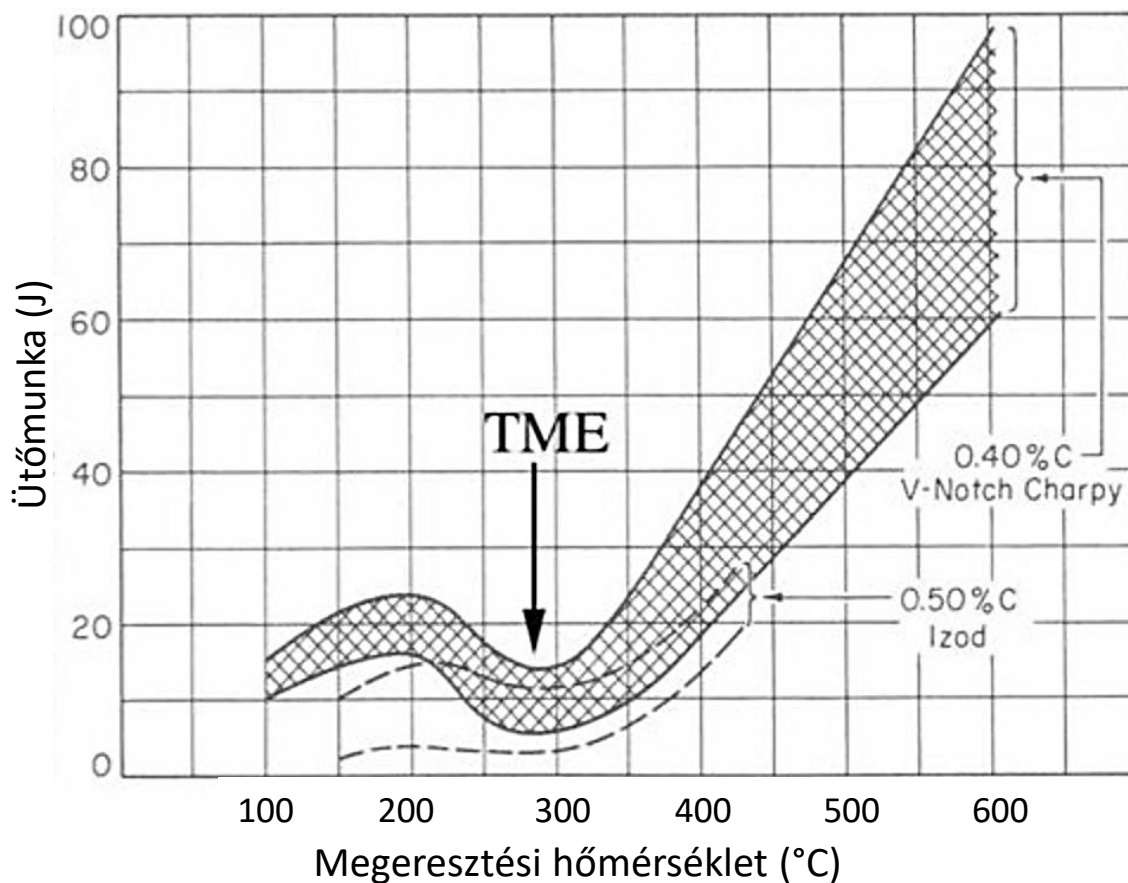
A szívósság nem nő jelentősen, annak ellenére, hogy keménységcsökkenés van

Okai:

Kiválások jelennek meg

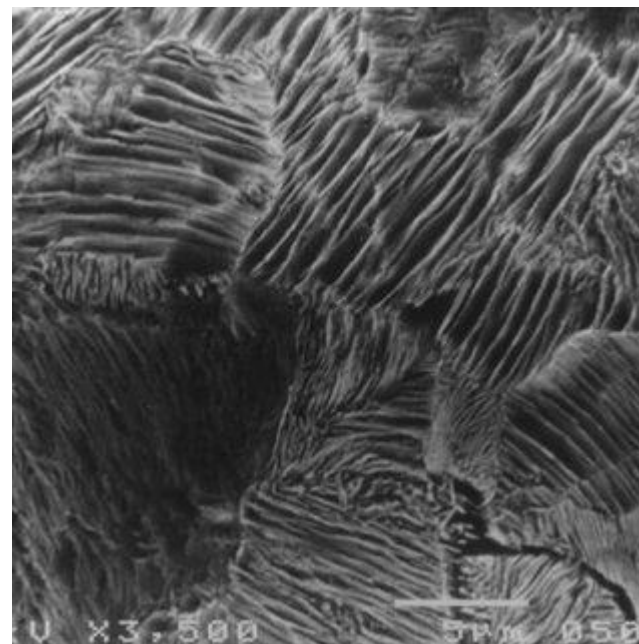
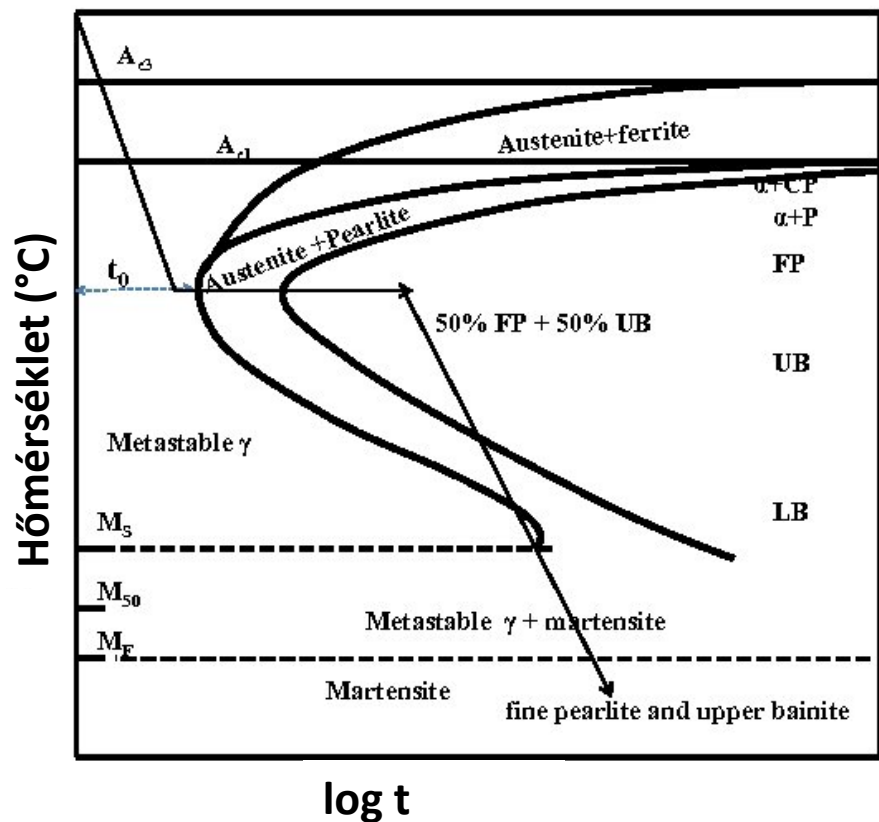
→ nitrogén oldódás

→ Mo + W ötvözéssel csökkenthető



Ferrit elkerülése, finom, lemezes perlit előállítása

Izotermikus hőkezelés



Miért is edzenénk?

➤ $R_m \uparrow$, $R_{p0,2} \uparrow$, keménység \uparrow

➤ $A \downarrow$, $Z \downarrow$, $KV \downarrow$, $TTKV \uparrow$, $K_{Ic} \downarrow$, kifaradási határ \downarrow

→ edzés után megeresztés → edzés + megeresztés = nemesítés

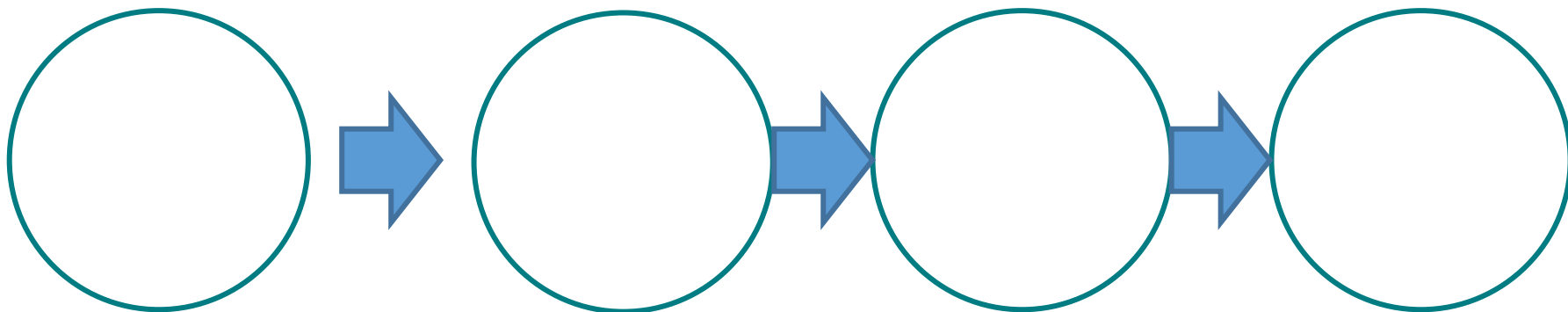
Mi a különbség egy F+P acél és egy ugyanolyan keménységűre nemesített között?? pl.: C40

Normalizált (F+P)
kiind. áll.

Ausztenitesítés

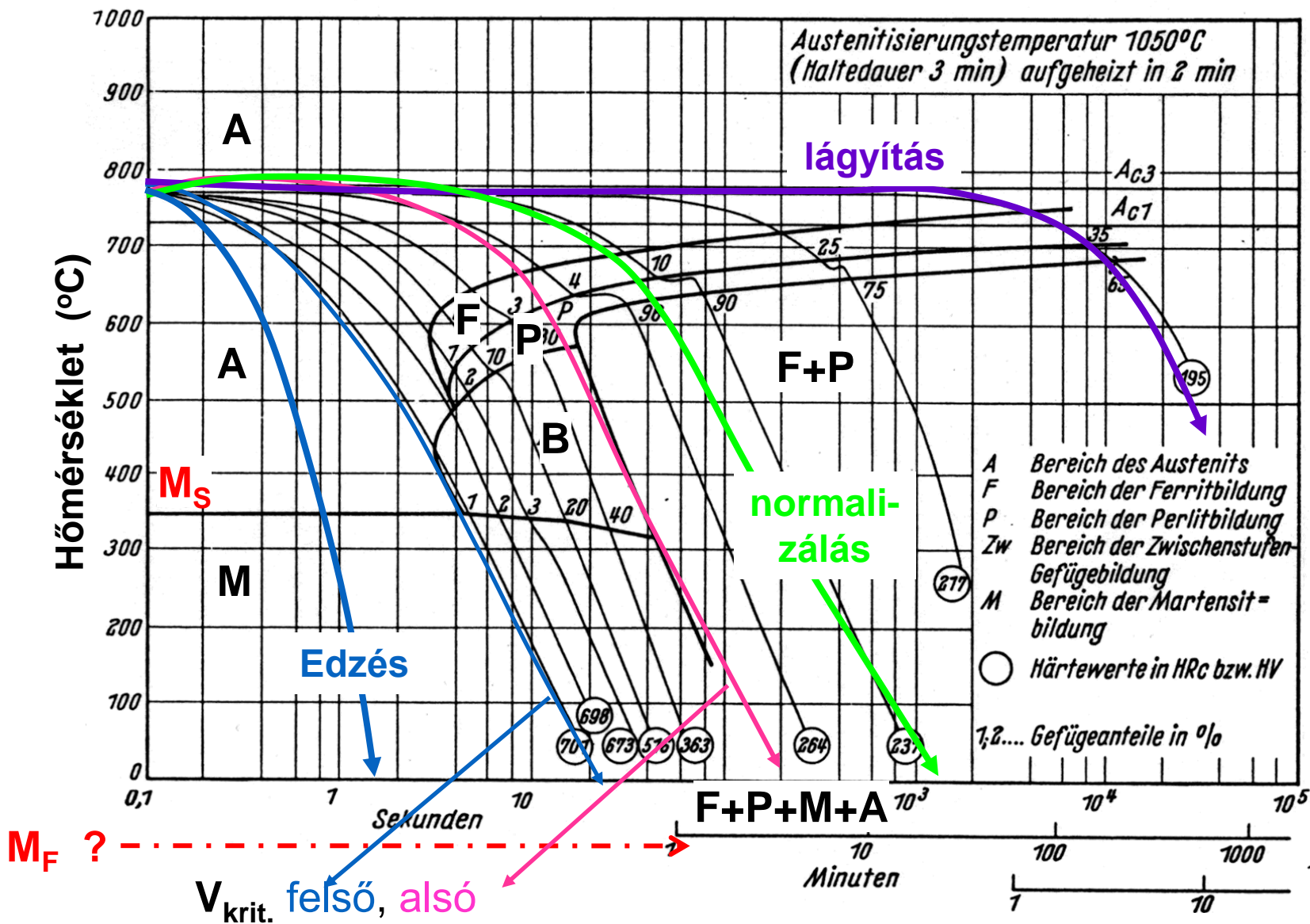
Edzett

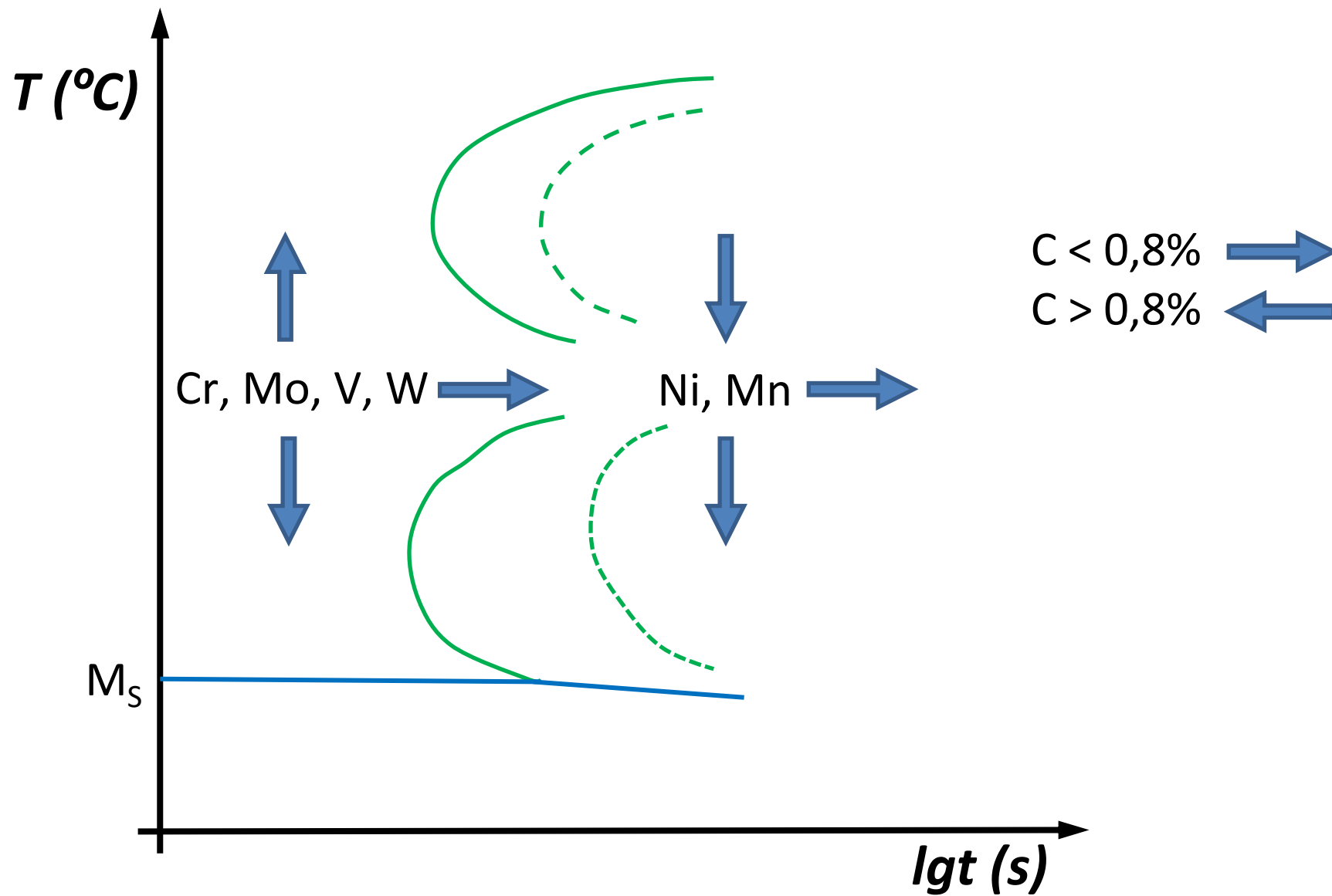
Megeresztett



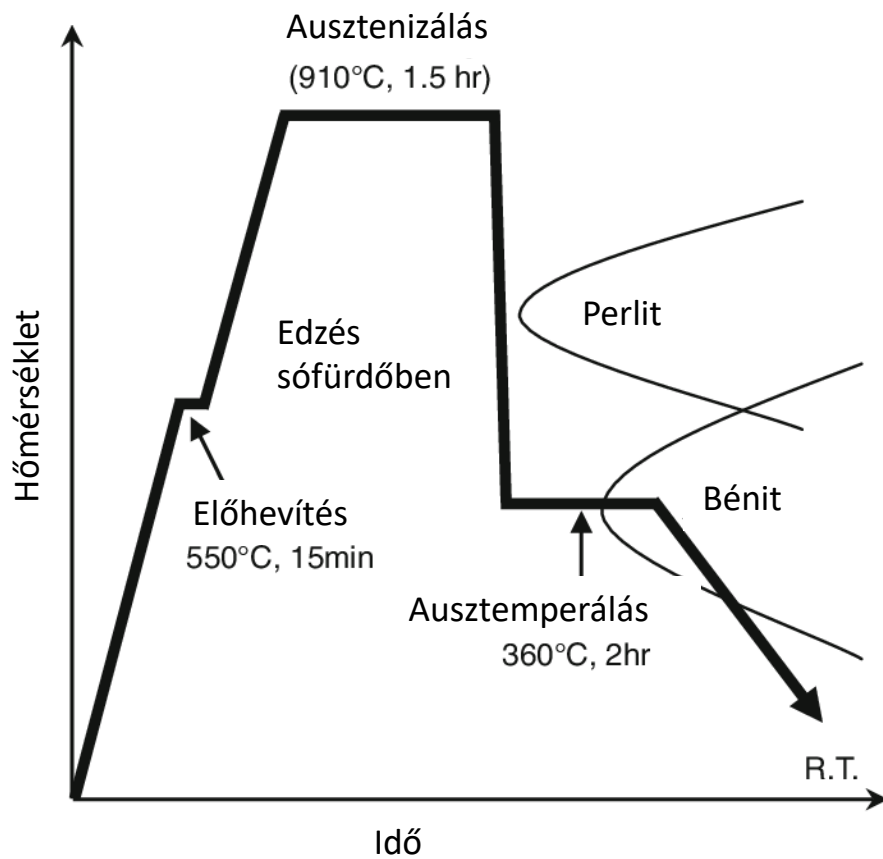
Edzési típusok:

- Direkt:**
- Legelterjedtebb
 - Hűtés ausztenites hőmérsékletről gyors hűtéssel
- Időkorlátos:**
- Lehűtés sebességét hirtelen meg kell változtatni
 - Vízhűtés a martenzites vonal eléréséig, majd olaj hűtés
 - Repedések, méretváltozások elkerülésére használják
- Részleges:**
- Alkatrész bizonyos részei ne hűljenek olyan gyorsan
- Permetes:**
- Nagy nyomású folyadékkal
 - Azokon a részeken, ahol gyorsabb hűtés szükséges



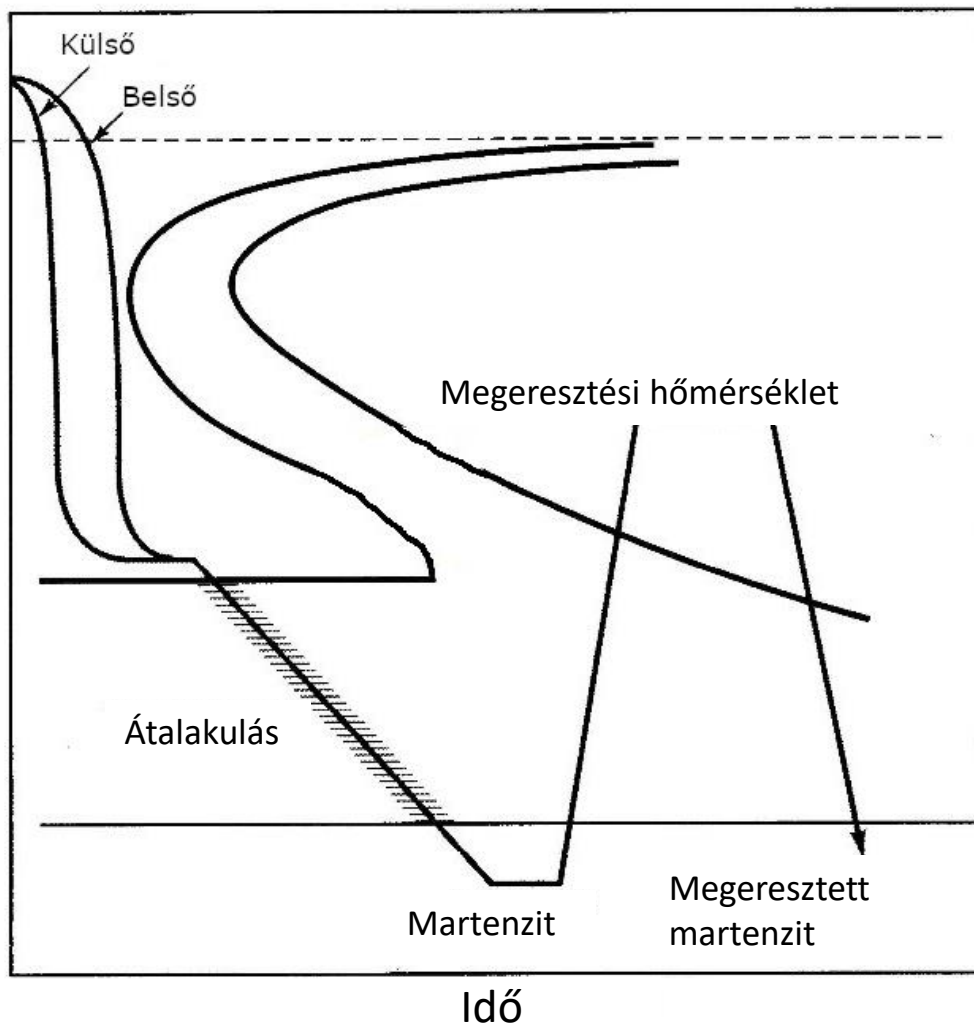


Ausztemperálás



- Izotermikus hőkezelés
 - Gyors hűtés 200-400 °C közé, majd hőntartás
 - Közvetlenül az Ms vonal felett
 - Közepes és nagy széntartalmú acélok (C45 → C100, 25CrMo4, 42CrMo4, 50CrV4)
 - Bénites szövetszerkezet elérése
- Vékony alkatrészek esetén kis deformáció
 - Nagyobb rugalmasság és szívósság

Martemperálás

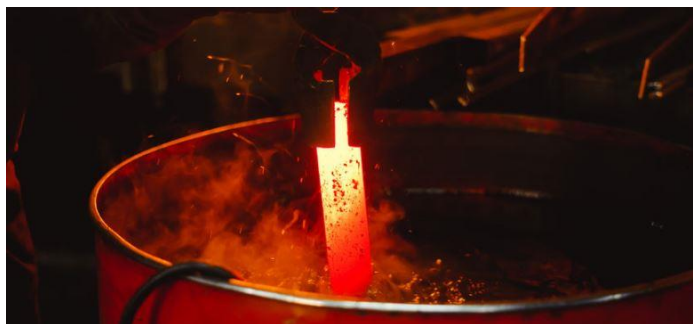


- Gyors hűtés közvetlenül az M_s hőmérséklet fölé, majd az átalakulás megkezdése előtt gyors továbbhűtés
- Gyorshűtés sófürdőben, majd hűtés levegőn
- Hőhatás miatti repedéseket csökkenti
- Maradófeszültséget csökkenti

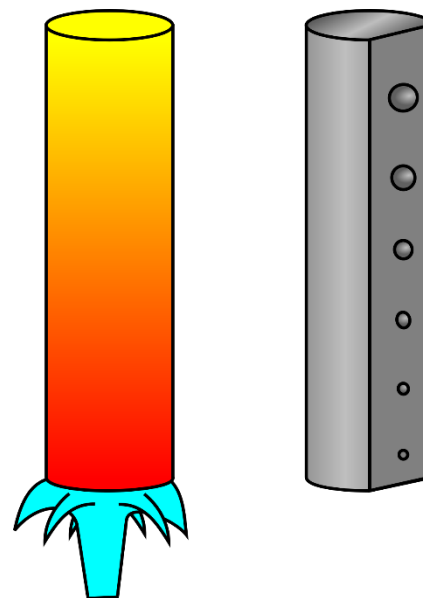
90Mn4, 100Cr6, 50CrMo4, 43CrNiMo6

Edzhetőség feltételei:

- $C > 0,2 \%$
- A3 hőmérséklet feletti ausztenitesítés
- kritikusanál nagyobb lehűlési sebesség



Jominy véglapedzési próba



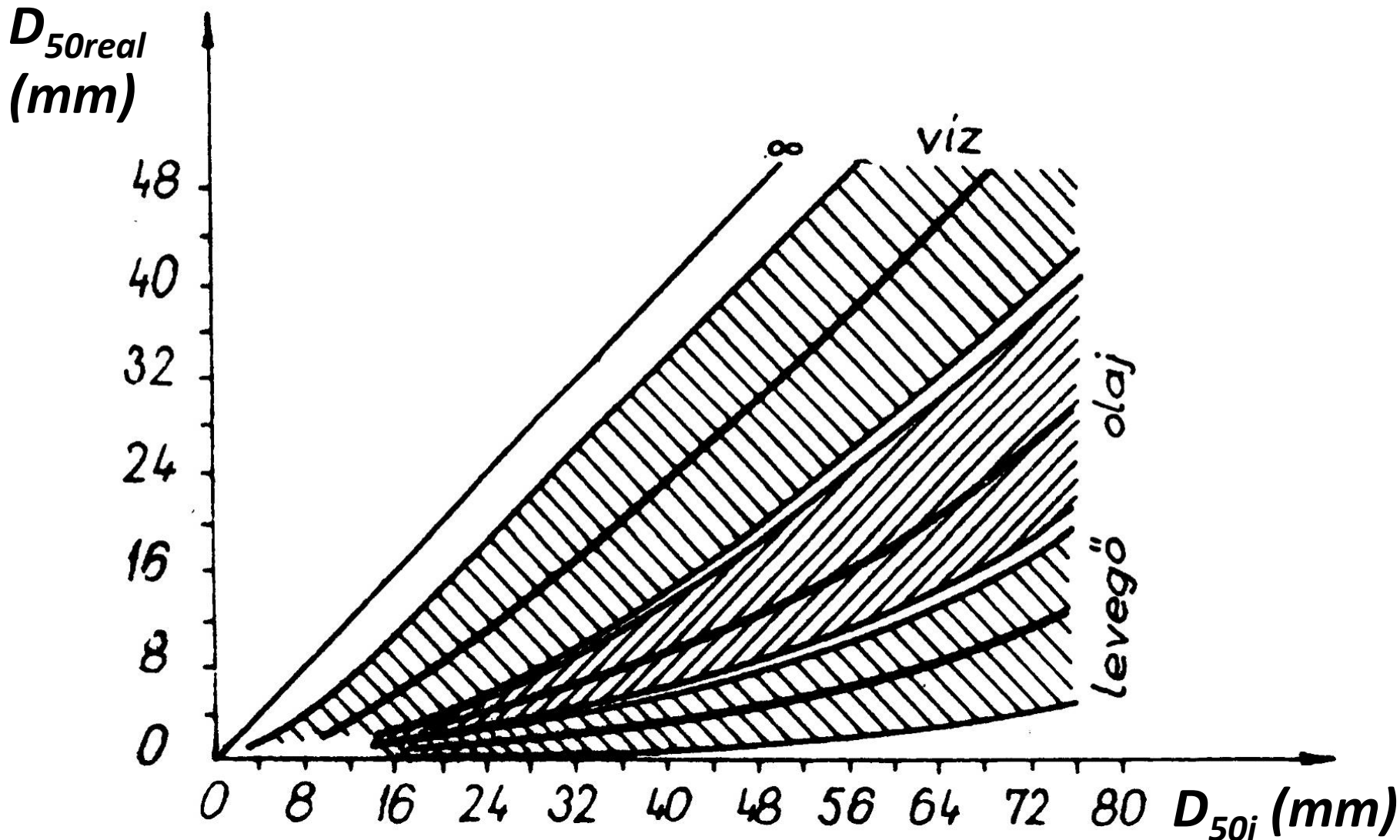
Grossmann formula:

$$D_{id} = 8\sqrt{C} \cdot 1,08^{8-n} \prod_{i=1}^m (1 + f_{Me_i} Me_i)$$

$$D_{re,víz} = \eta D_{id} = 0,75 D_{id}$$

$$D_{re,olaj} = \eta D_{id} = 0,5 D_{id}$$





Relatív hőátadási szám $H = \alpha / 2 \lambda$ (m^{-1}), ahol α a hőátadási tényező,
 λ pedig a fém hővezetési tényezője

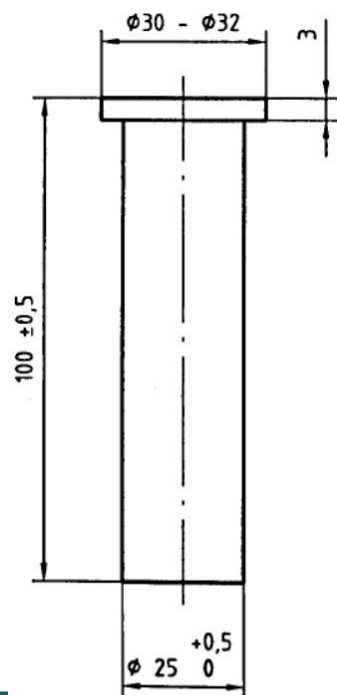
	Olaj	Víz
Nincs áramlás	0,25-0,3	0,9-1,0
Közepes	0,4-0,5	1,4-1,5
Heves	0,8-1,0	4,0

2000. december

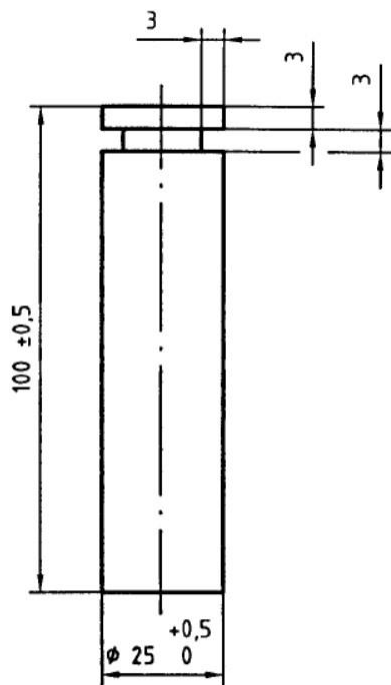
MAGYAR SZABVÁNY

MSZ EN ISO 642

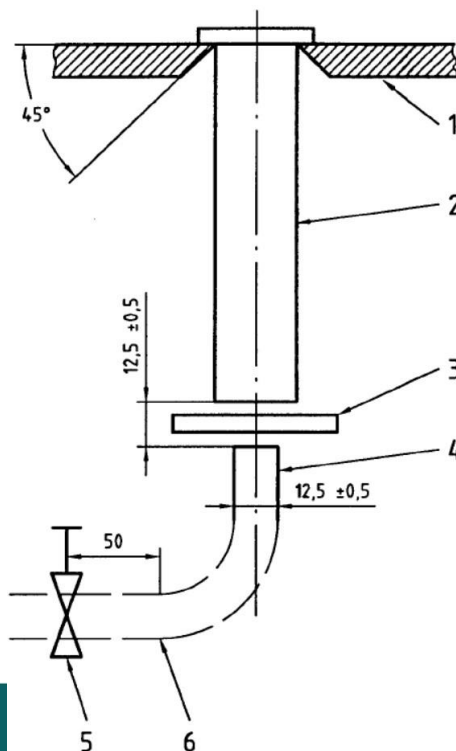
Acél. Acélok átedzhetőségének vizsgálata véglapedzéssel (Jominy-vizsgálat) (ISO 642:1999)



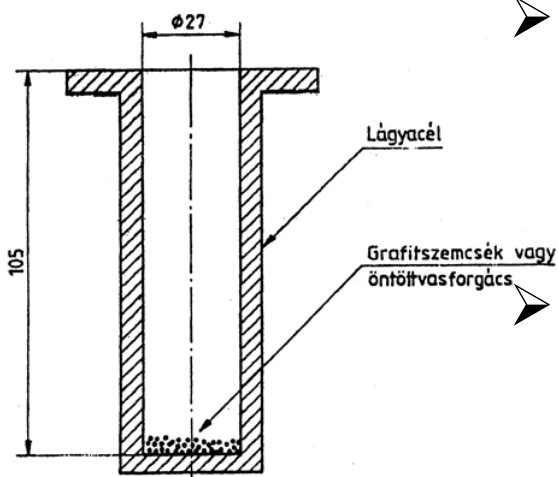
a) Peremes próbatest



b) Beszúrásos próbatest

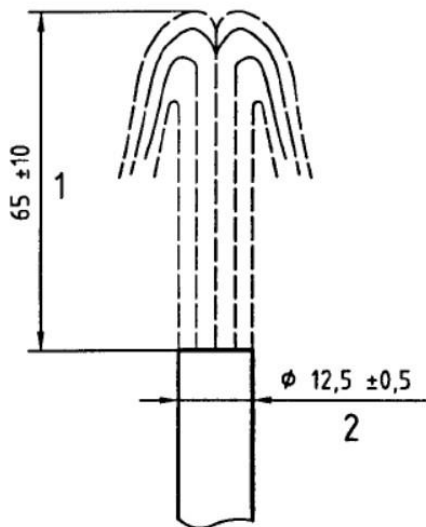


- 1 Szerkezet a próbatest rögzítésére és központosítására
- 2 A központosított próbatest
- 3 Tárca
- 4 A vízvezető cső nyílása
- 5 Gyorszáró csap
- 6 Vízvezető cső

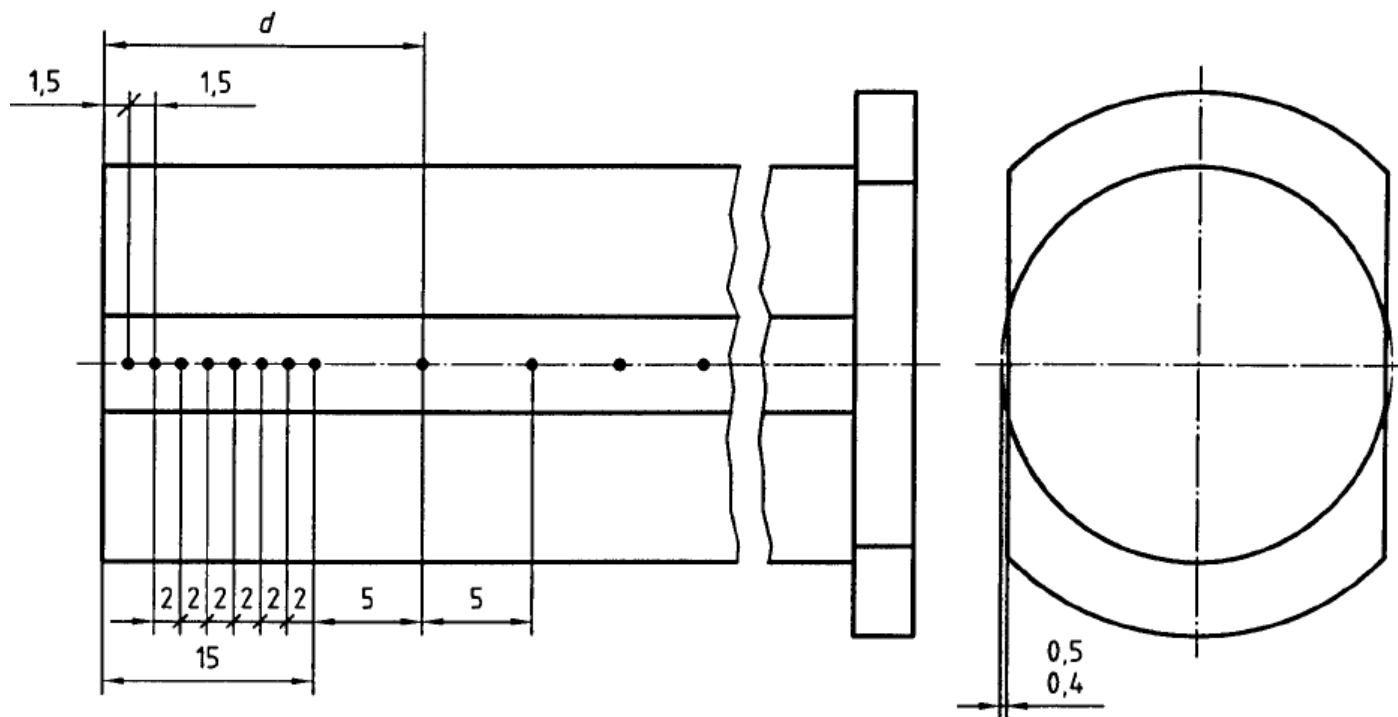


- A próbatestet legalább 20 perc alatt, egyenletesen kell felhevíteni az ausztenitesítési hőmérsékletre, ezután 30⁺⁵ perc hőntartás. (hőm. mérés pl. termoelemmel)

- El kell kerülni a próbatest bármely észlelhető reveképződéssel járó oxidációját, egyidejűleg megelőző intézkedést kell tenni, hogy a dekarbonizáció, illetve a cementálódás a lehető legkisebb mértékű legyen. → öntöttvas forgácsba ágyazás, inertgáz atmoszféra, esetleg vákuum



- A próbatest kemencéből való kivétele és a véglap vízugaras hűtésének megkezdése között eltelt idő legfeljebb 5 másodperc legyen. A vízugaras hűtés időtartama legalább 10 perc legyen. Ezután a próbatest hideg vízbe merítve hűthető tovább.



Keménységmérési pontok helyzete a két felületen

- mérési eredmények ábrázolása diagramban,
- vízszintes tengelyen a véglaptól mért távolság (mm)
- függőleges tengelyen keménység (HRC vagy HV10)

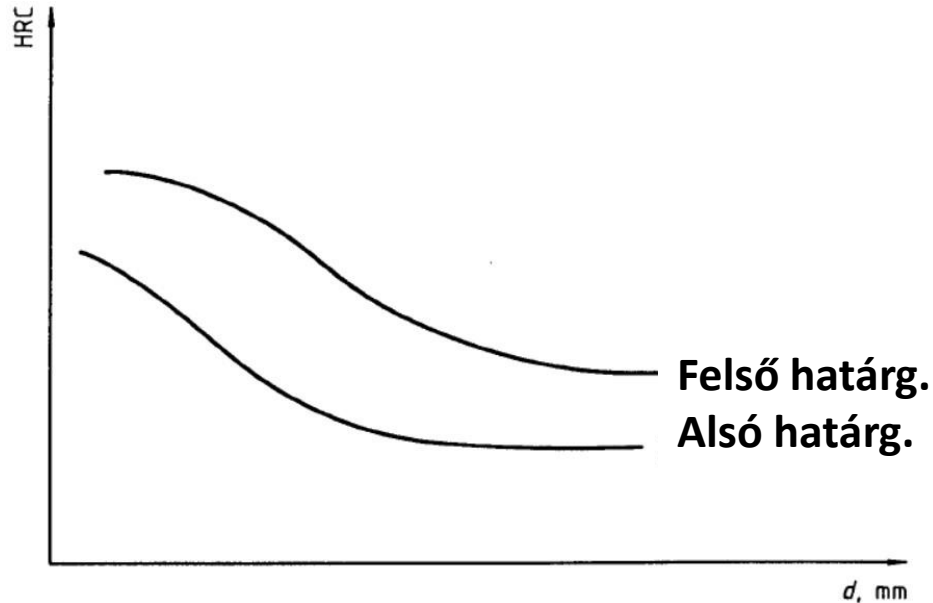
Egy termék átedzhetőségének előírása

a) Az átedzhetőségi (Jominy-vizsgálati) mélység-keménység görbé(k) megadása:

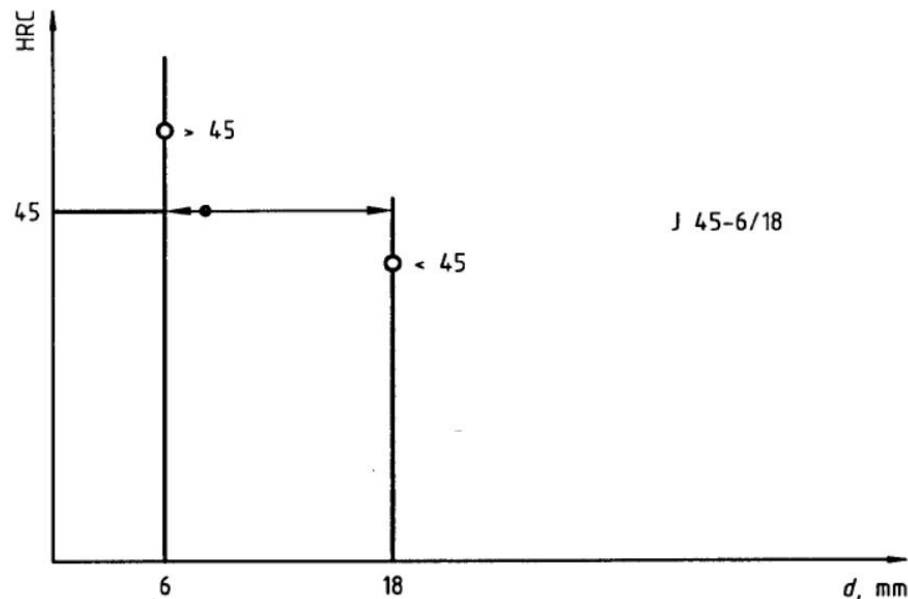
- 1) alsó határgörbével, amely felett az acél átedzhetőségi görbéjének lennie kell;
- 2) felső határgörbével, amely alatt az acél átedzhetőségi görbéjének lennie kell;
- 3) felső és alsó határgörbékkel, amelyek között az acél átedzhetőségi görbéjének lennie kell;

b) A átedzhetőségi (Jominy-vizsgálati) görbe bizonyos pontjainak előírása (ami lehet):

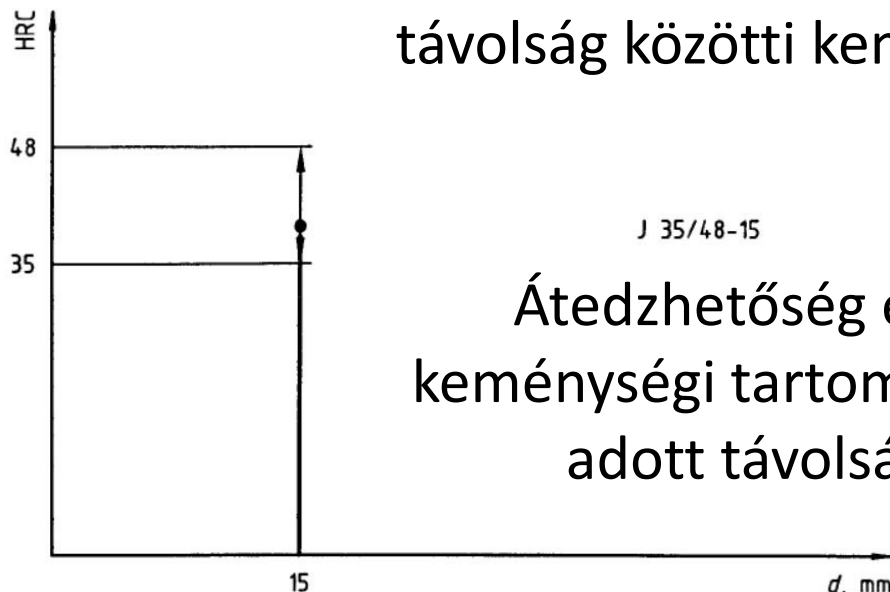
- egy felső határ; vagy
- egy alsó határ; vagy
- egy tartomány:



Átedzhetőség előírása két határgörbével



Átedzhetőség előírása két távolság közötti keménységgel



Átedzhetőség előírása keménységi tartománnyal egy adott távolságban

Egy termék átedzhetőségének előírása

– egy tartomány:

- 1) az edzett véglaptól mért két távolságérték között a keménység előírásával; vagy
- 2) két keménységérték között az edzett véglaptól mért távolság előírásával.

Pl.:

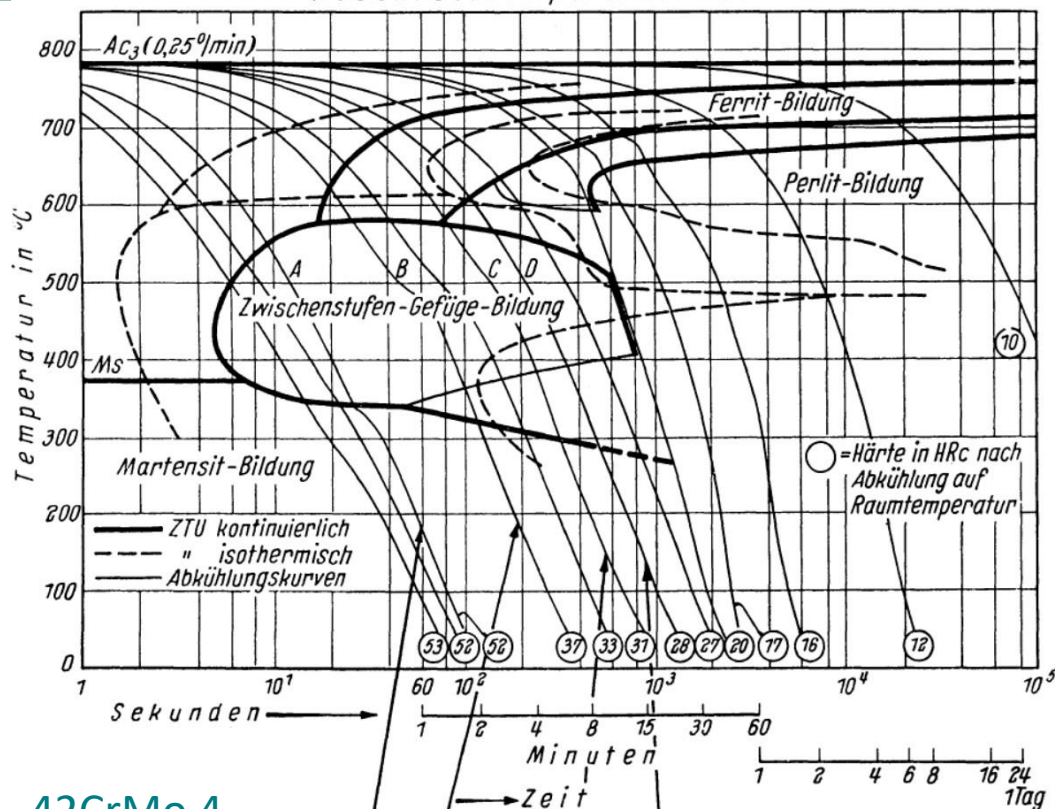
J 45-6/18 a keménység az edzett véglaptól 6 mm és 18 mm közé eső távolságban érje el a 45 HRC értéket

J 35/48-15 az edzett véglaptól 15 mm távolságban a keménység 35 és 48 HRC között legyen

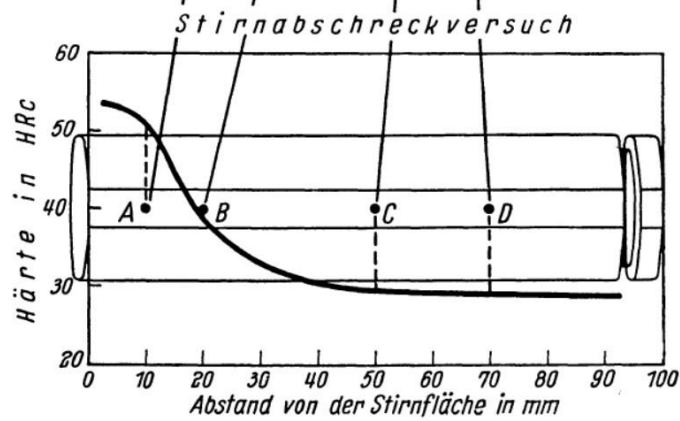
JHV 340/490-15 az edzett véglaptól 15 mm távolságban a keménység 340 és 490HV között legyen.

Néhány országban:

J 15 = 35/45 az edzett véglaptól 15 mm távolságban a keménység 35 és 45 HRC között legyen.

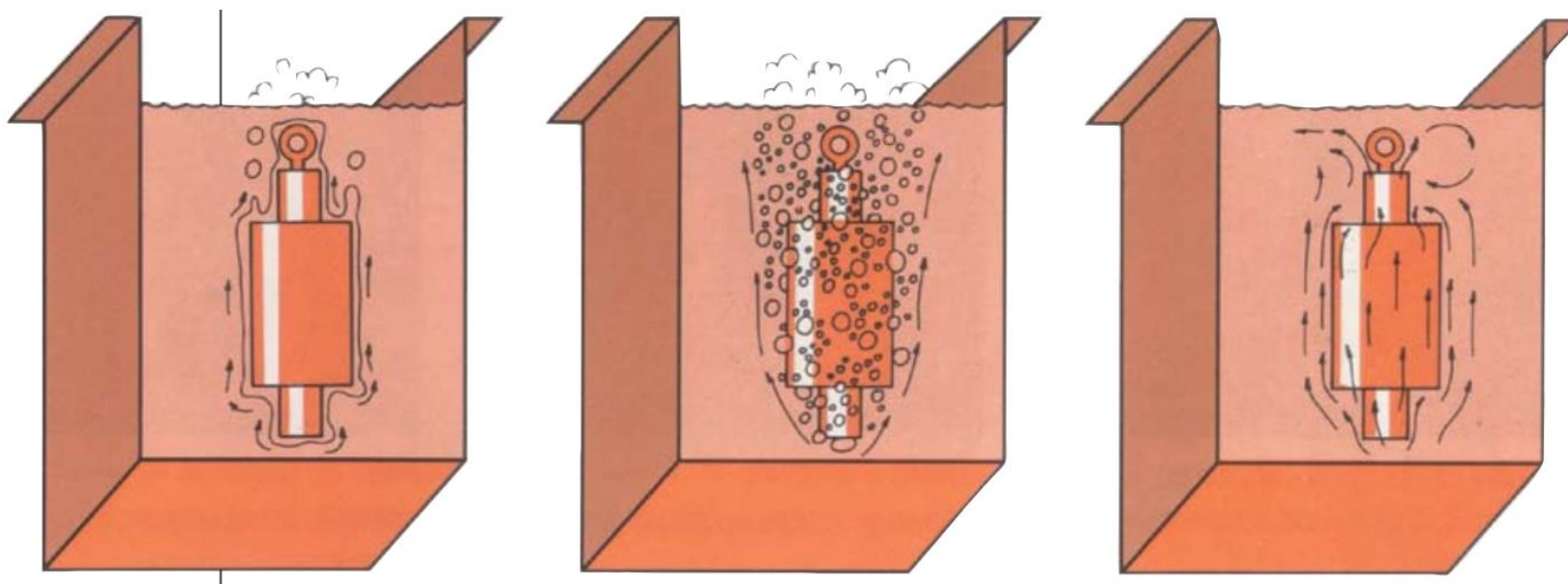


42CrMo 4



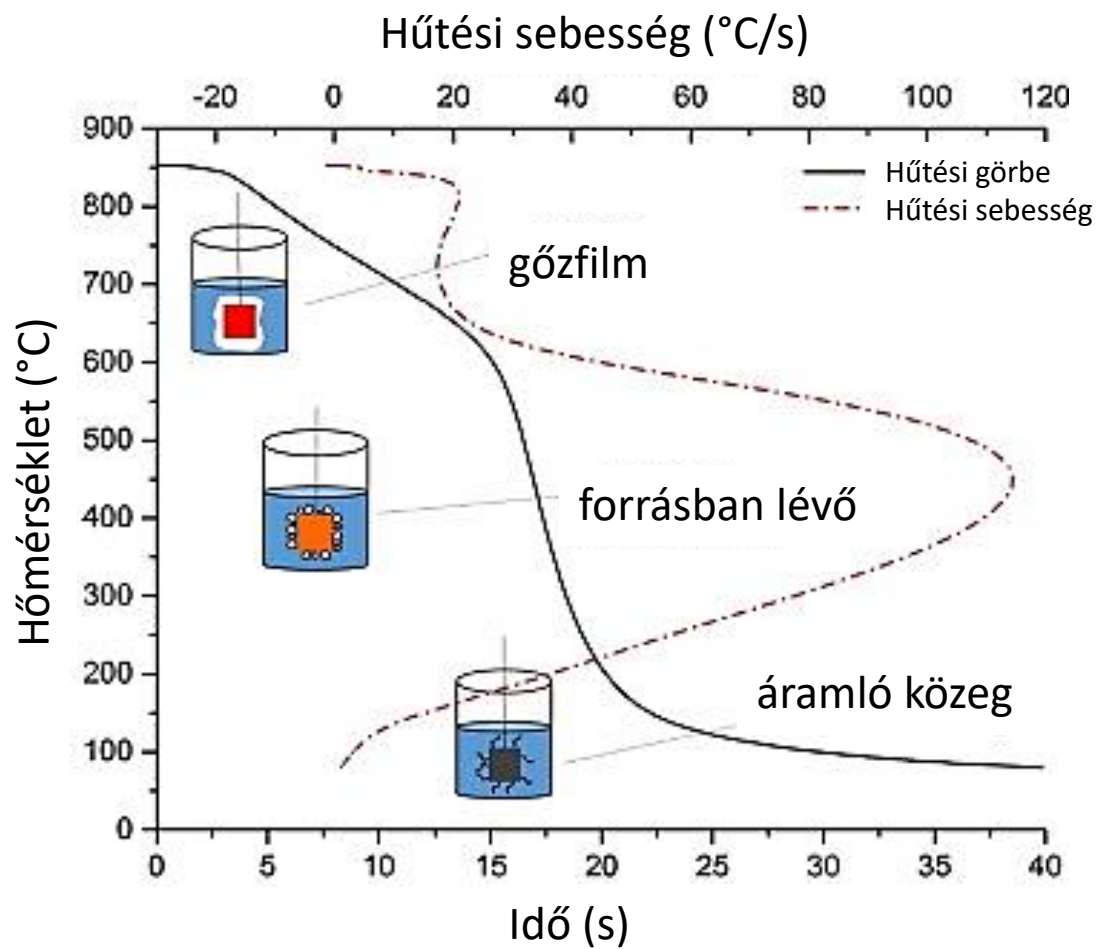


HOUGHTON™



Influence of the cooling phases





Víz és sós oldatok

Előny:

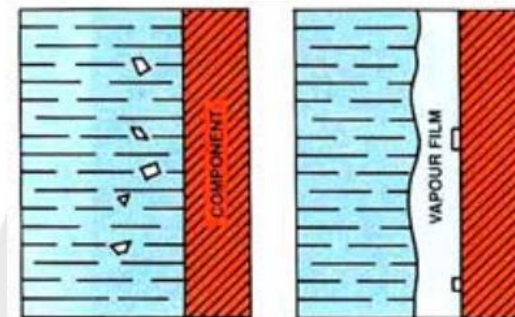
- Olcsó
- Nem mérgező
- Könnyű kezelhetőség
- Nem gyúlékony

Hátrány:

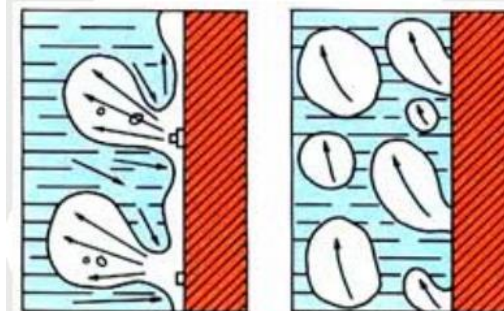
- Korrodálja a tartályt
- Baktériumok telepednek meg benne
- Repedésveszély



HOUGHTON™



Salt crystals form and deposit on the component surface.

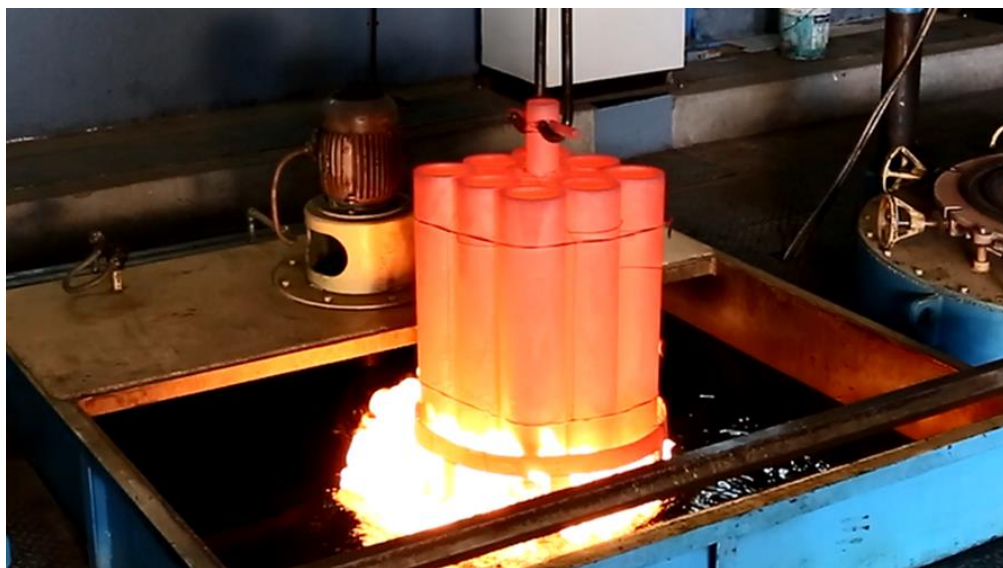


Crystals fragment causing disruption of the vapor film.

Olajok

Követelmények:

- Maximális hűtési sebességet adjon, amivel a kívánt keménységet el lehet érni
- Minimálisan rakódjon le a felületre
- Paraffin és naftén származékok
- Edzés után vízzel mosható legyen



Gyúlékony!

Polimer

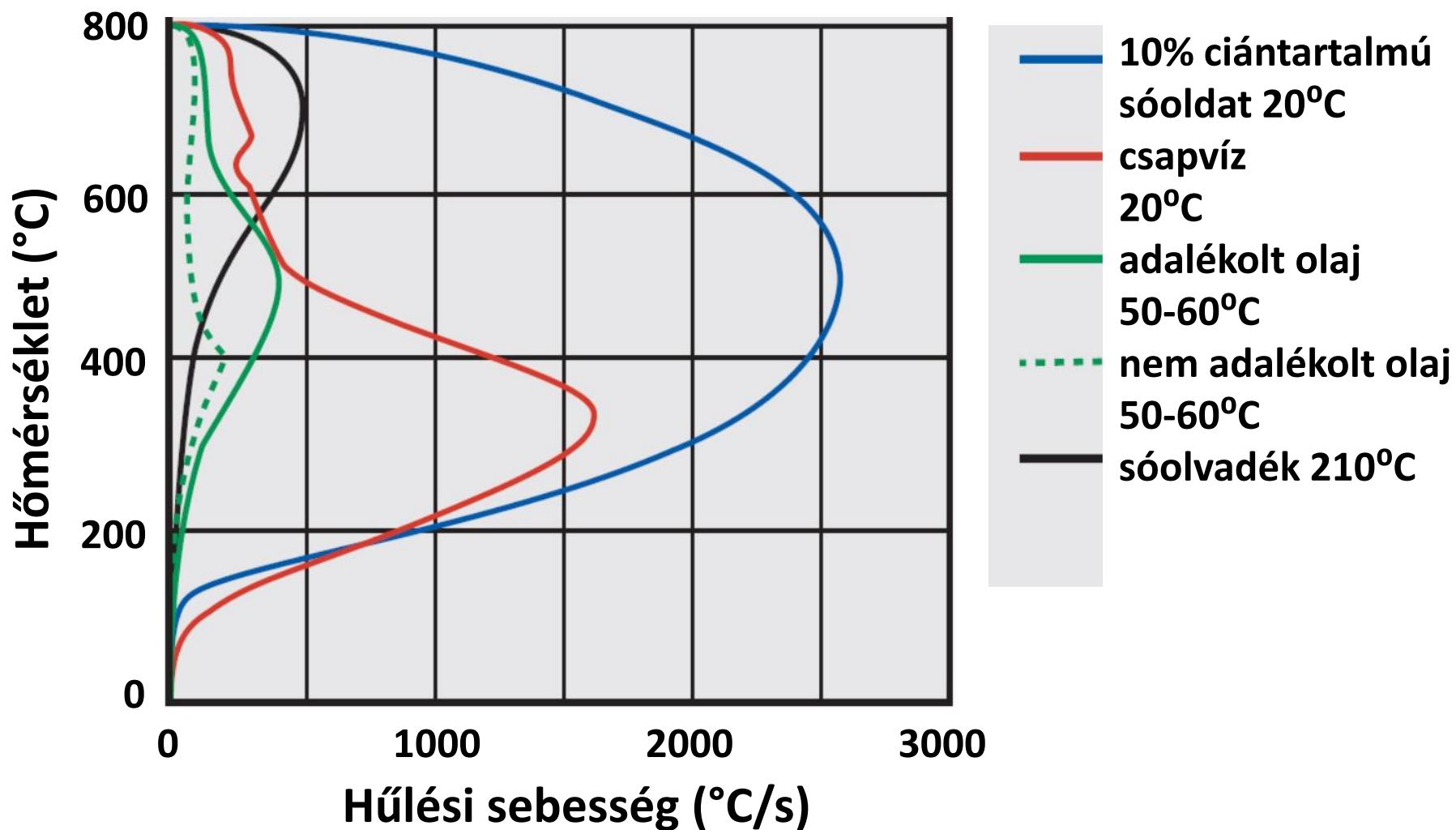
Előny:

- Nem tűzveszélyes
- Tisztán tartható
- Nem füstöl hűtés során
- Egyenletes hűtést biztosít
- Nem lesz csúszós a padló

Hátrány:

- Habosodhat
- Baktériumok telepednek meg benne

PAG – polialkilén glikol
ACR – sodium poliakrilát
PVP – polivinil pirrolidon
PEO – polietil oxazolin



Edzés

Kritikus lehűlési sebesség

Átedzhetőség

Hűtőközeg

Lágyítás

Normalizálás

Megeresztés

Megeresztési ridegség (törékenység)

Feszültség csökkentés

Quenching

Critical cooling rate

Hardenability

Cooling media

Annealing

Normalizing

Tempering

Tempering embrittlement

Stress relief heat treating