

A szerkezeti anyagok tulajdonságainak megváltoztatási lehetőségei

Szilárdság növelésének lehetőségei

A fémek tulajdonságainak megváltoztatási lehetőségei

A fémek tulajdonságait meghatározza:

- **az összetételük,**
- **a szerkezetük és**
- **a feszültség állapotuk.**

A tulajdonság megváltoztatás célja lehet:

- **a mechanikai tulajdonságok megváltoztatása**
- **fizikai tulajdonságok megváltoztatása stb.**

A fémek szilárdság növelésének lehetséges módszerei

 **ötvözés**

 **hidegalakítás (felkeményedés)**

 **hőkezelés**

A fémek szilárdság növelésének lehetséges módszerei

Ötvözés

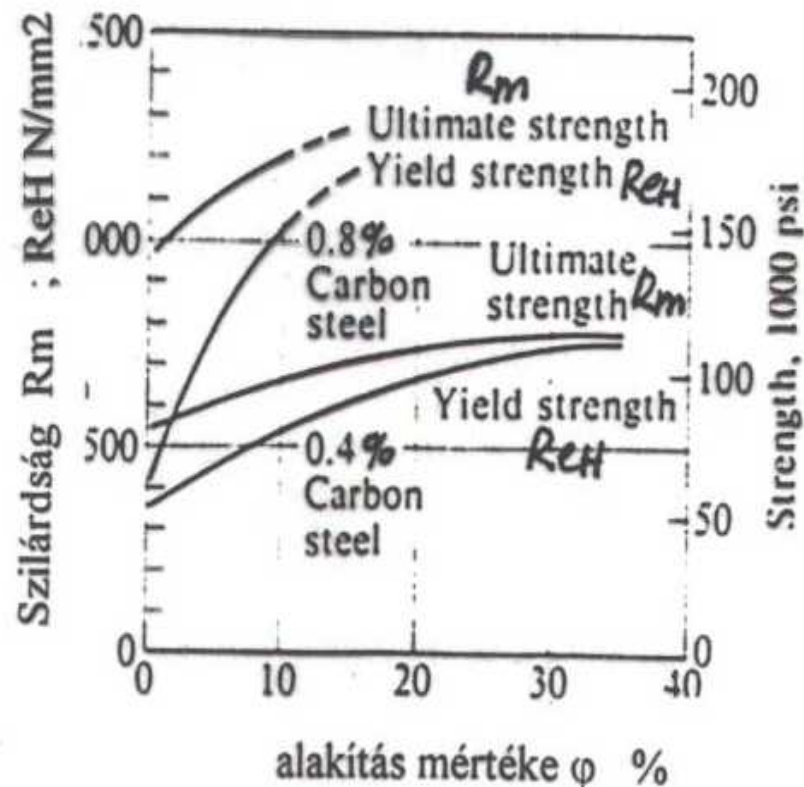
Az ötvöző elemek a fémekben:

- szilárd oldatot,
- vegyületet képezhetnek
- két-és többfázisú szövetelemeket
(eutektikum, eutektoid)

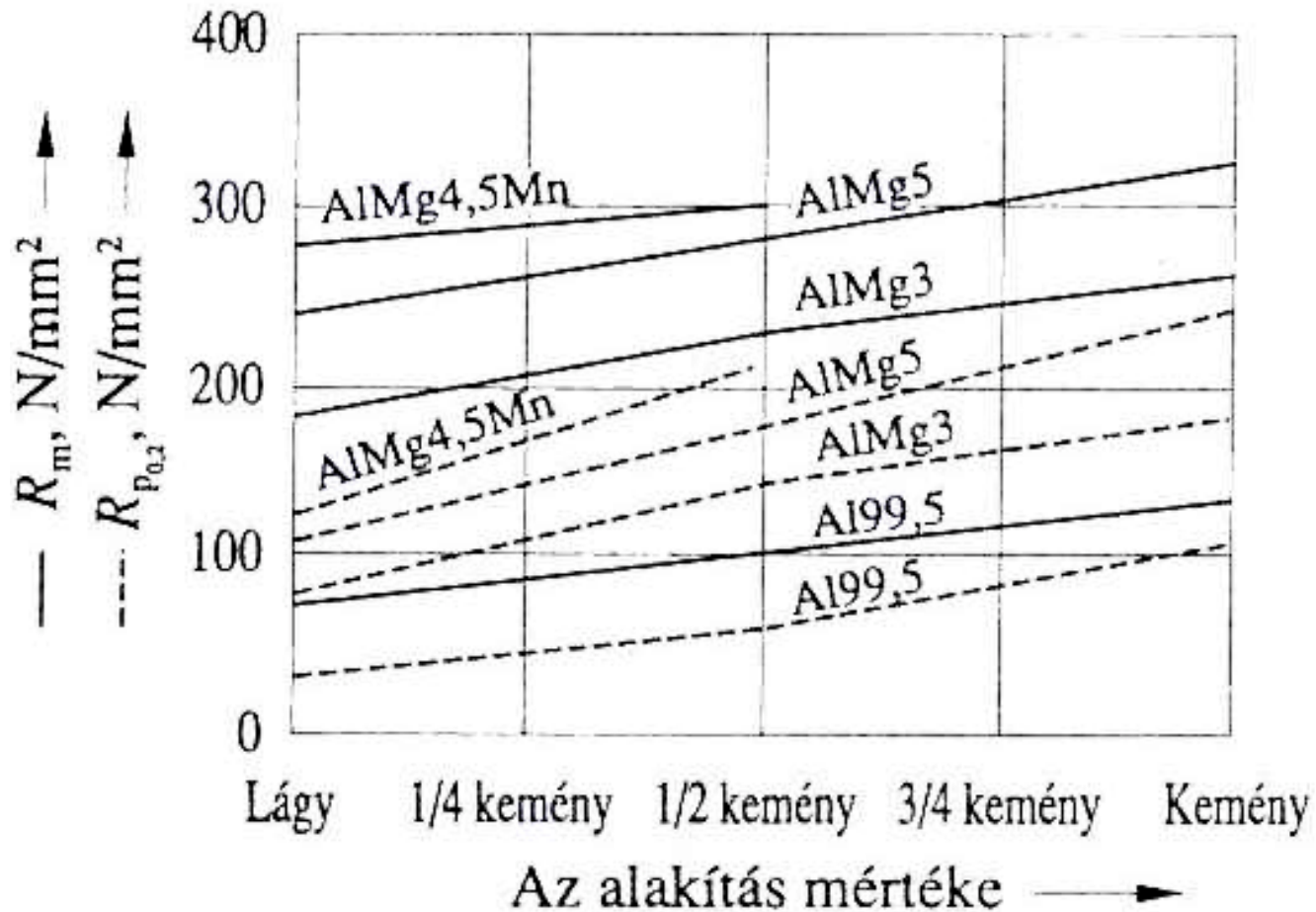
de minden esetben növelik a szilárdságot.

A hidegalakítás hatása (felkeményedés)

- Ha egy fémet a folyáshatárnál nagyobb feszültséggel terheljük, maradó alakváltozást szenved. A maradó alakváltozás eredményeként, megváltozik a fém állapota azaz **felkeményedik**.



A hidegalakítás hatása (felkeményedés)

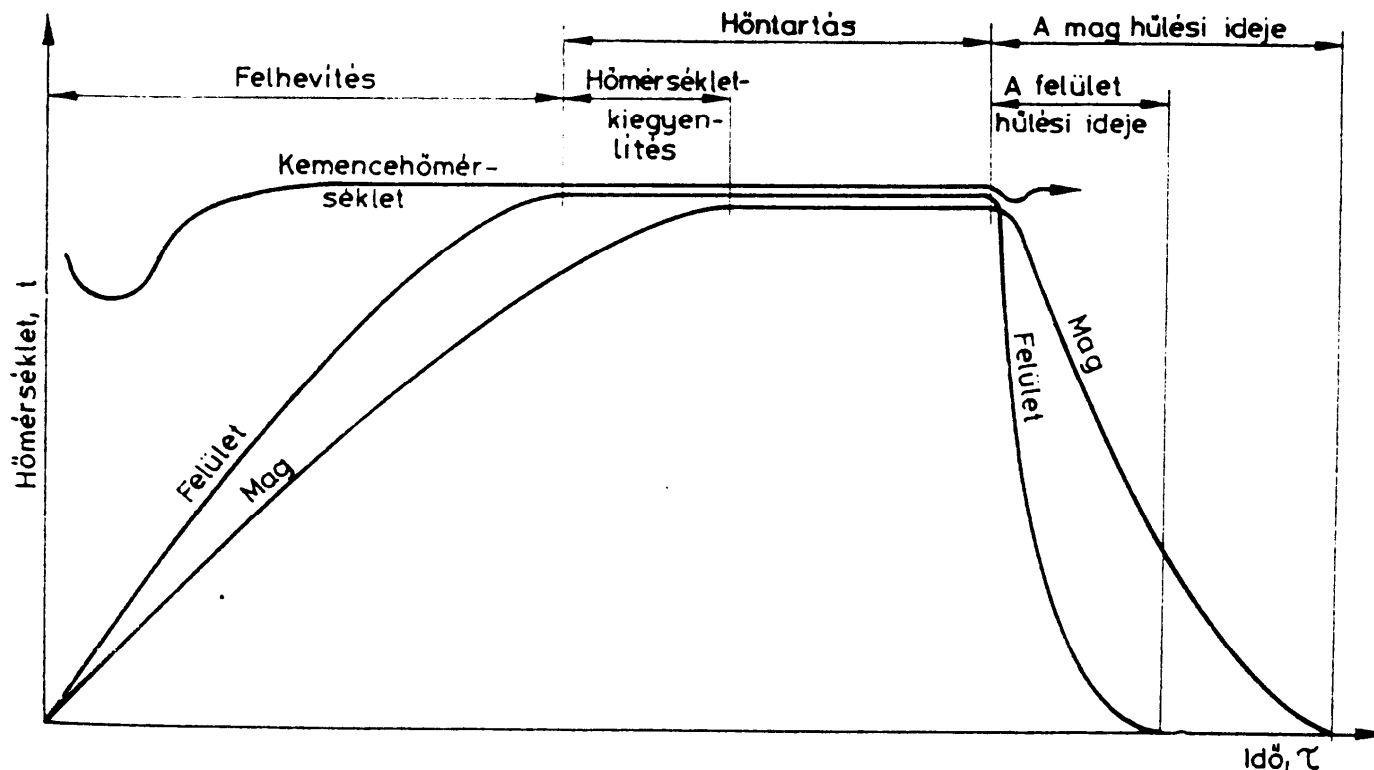


Hőkezelés

- A hőkezelés egy **tervszerűen megválasztott hőmérsékletváltoztatási folyamat**, mely **felhevítésből, hőntartásból és lehűtésből áll**, és célja a munkadarab **szövetszerkezetének illetve feszültségállapotának tudatos megváltoztatása**, az előírt tulajdonságok **elérése céljából**.

Hőkezelés

Hőmérséklet-idő diagram



Hőkezelés közben a szerkezeti anyag szilárd halmazállapotú, részlegesen sem olvad meg, tehát a hőkezelést csak a szolidusznál kisebb hőmérsékleten végezzük!

A hőkezelés alapja lehet:

- **az allotróp átalakulások befolyásolása, az eutektoidos folyamat egyensúlytól való eltérítése (vasötvözetek)**
- **a szilárd állapotban végbemenő oldódás és kiválás befolyásolása**
- **a diffúzió, a szilárd állapotban bekövetkező oldódás , ötvözés tudatos kihasználása**
- **feszültségmentesítés**

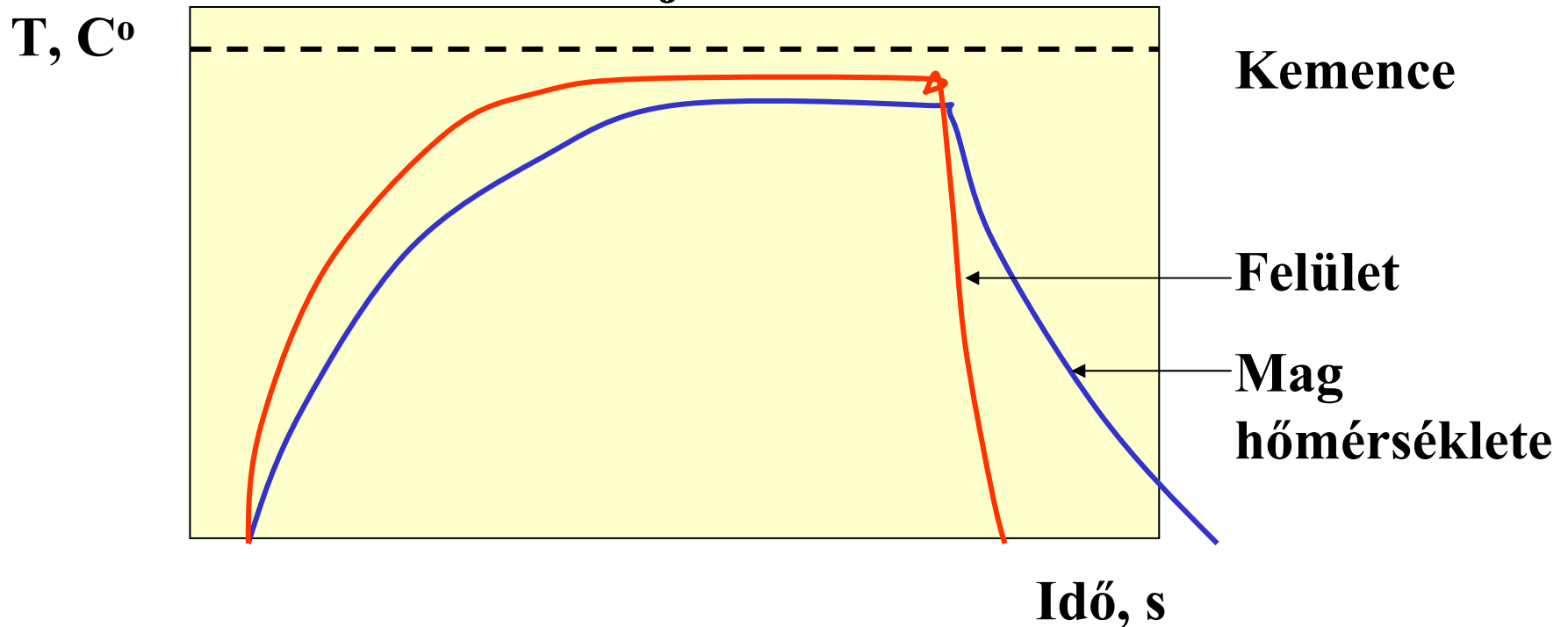
A hőkezelés során lejátszódó folyamatok

A darab és a környezet között **hőcsere** van.

- Megvalósulhat
 - ✱ hővezetéssel,
 - ✱ hőáramlással
 - ✱ hősugárzással

Munkadarabok hevítése és hűtése (1)

Hevítés és hűlés során a munkadarab felületének és belsejének a hőmérséklete eltérő



Munkadarabok hevítése és hűtése

(2)

A felület és a mag közötti hőmérséklet különbséget befolyásoló tényezők:

- **A mdb és a kemence közötti hőmérséklet különbség**
- **A hevítés sebessége**
- **A mdb hővezető képessége**
- **A mdb mérete**
- **A hőátadás módja**

A hőmérséklet különbség belső feszültségeket, repedéseket, vetemedést okozhat!

A felhevítés lehet szakaszos!

Munkadarabok hevítése és hűntartása (1)

- **A hűntartás célja:**
 - A hőmérséklet különbségek kiegyenlítése
 - A fémtani folyamatok lejátszódása (pl. ausztenitesedés)
- **A kemencében lejátszódó folyamatok:**
 - Oxidáció
 - Dekarbonizáció
 - Tudatos összetétel változtatás

Munkadarabok hevítése és hűntartása (2)

- **Oxidáció vasötvözeteknél:**
 - 200-300 C° között vékony oxid hártya
 - 600 C° fölött vastag, rideg oxidréteg (reve)
- **Dekarbonizáció vasötvözeteknél:**
 - Az elszéntelenedés 700 C° fölött indul meg
 - Ehhez hasonlóan az ötvözők is kiéghetnek
 - Következmény: a felületi kéreg nem edződik meg, kisebb szilárdságú, a húzófeszültségek miatt repedési veszély

Munkadarabok hevítése és hűntartása (3)

Egyéb gázok hatása az acél felületére:

- **A hidrogén dekarbonizál**
- **A szénmonoxid karbonizál**
- **A nitrogén semleges**
- **A széndioxid, oxigén és a vízgőz oxidál**
- **A kéndioxid 800 C° fölött intenzíven revésít**

Munkadarabok hűtése (1)

- A lehűtés az izzítási hőmérsékletről szobahőmérsékletre szabályozottan történik
- A lehűtés sebességét az **elérni kívánt szövetszerkezeti változás** határozza meg
- A lehűtési sebesség főbb formái:
 - Gyors hűtés (edző, rögzítő hatású)
 - Normál hűtés (rendszerint levegőn)
 - Lassú hűtés (lágylító hatású)

Munkadarabok hűtése (2)

- **Hűtőközegek:**

- Kemence (szabályozott, lassú hűlés)
- Levegő (természetes hűlés)
- Olaj (közepesen gyors hűtés)
- Sólolvadékok, vizes emulziók, víz (gyors hűtés)

- **A hűtési sebesség hatása a munkadarab hőmérséklet eloszlására:**

- Minél gyorsabb a hűtés, annál nagyobbak a hőmérséklet különbségek a felület és a mag között

A hőkezelések csoportosítása

- **teljes keresztmetszetre kiterjedő és**
- **felületi hőkezeléseket.**

Teljes keresztmetszetre kiterjedő hőkezelések

- **A kezelések lehetnek:**
 - ☞ **lágylító és egyneműsítő**
 - ☞ **keménységet fokozó**
 - ☞ **szívósságot fokozó**

Az anyagokra vonatkozó anyagszabványok a legfontosabb hőkezelések adatait tartalmazzák.

Lágyító és egyneműsítő hőkezelések

- **Cél:** a lágy, homogén, finomszemcsés állapot biztosítása.
- **Felosztás:**
 - átkristályosodással nem járó hőkezelések
 $T < A_{c1}$
 - teljes átkristályosodással járó kezelések
 $T > A_{c3}$

Feszültségcsökkentés

- **Célja** az anyagban lévő **belső feszültségek csökkentése vagy megszüntetése.**
- **A belső feszültségek az öntést, kovácsolást, hengerlést és hegesztést, követő egyenlőtlen hűtés, valamint hidegalakítás (hajlítás, egyengetés, nagyoló forgácsolás) során keletkeznek az acélokban.**
- **A feszültségcsökkentésnél a munkadarabot 550-650 ° C hőmérsékleten 2-6 órán át hőntartjuk, majd kemencével együtt hűtjük.**

Átkristályosodással nem járó hőkezelések

Lágyítás

Cél: a 0,3 %-nál nagyobb C tartalmú ötvözetlen valamint ötvözött acélok **forgácsolhatóságának, alakíthatóságának biztosítása.**

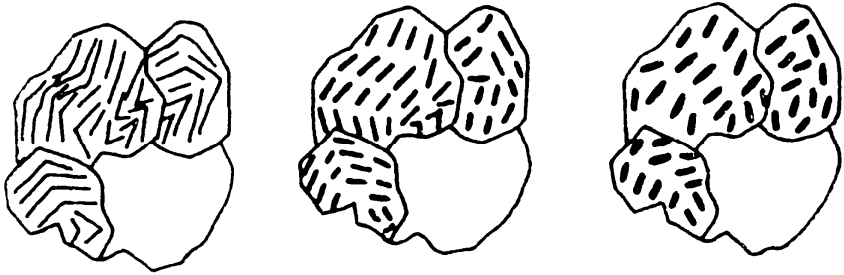
az acélt A_{c1} -nél 10-20 C°-al kisebb hőmérsékletre (680-700 C°-ra) hevítjük, itt hőntartjuk, majd **kemencében hűtjük.**

A hőntartás időtartama ötvözetlen acélok esetében 2-3 óra, ötvözötteknél 4-5 óra.

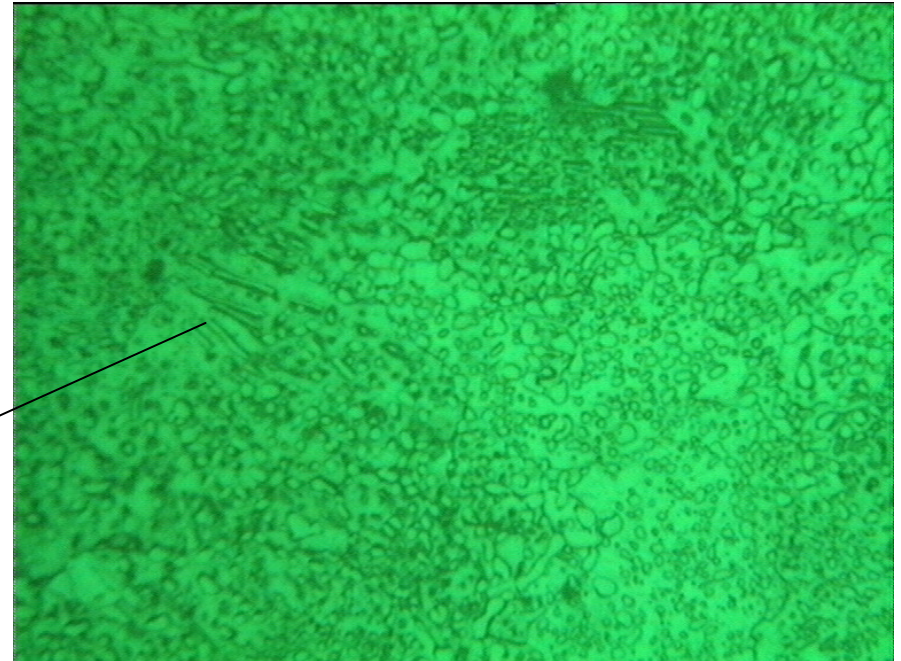
A lágyítás **Brinell keménységméréssel** ellenőrizhető, a keménységértékeket az anyagszabványok tartalmazzák.

Lágyítás

**Szövetszerkezet:
szemcsés perlit**



**A cementit lemezek
felszakadása még
nem történt meg**



0,45 % C ötvözetlen acél

Lágyítás



Lágyítás előtt



lágyított

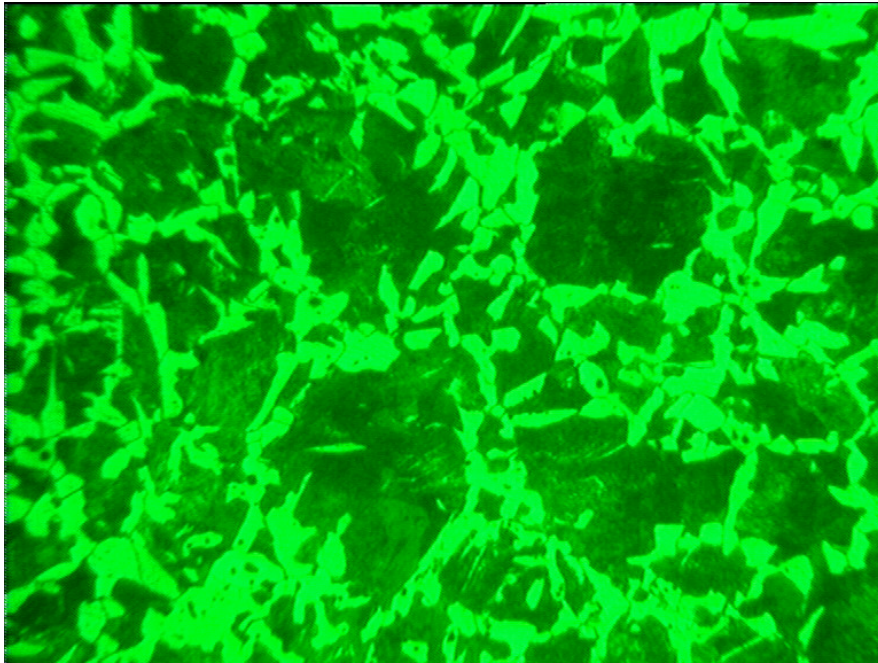
Ötvözetlen szerszámacél C 0,8%

Normalizálás

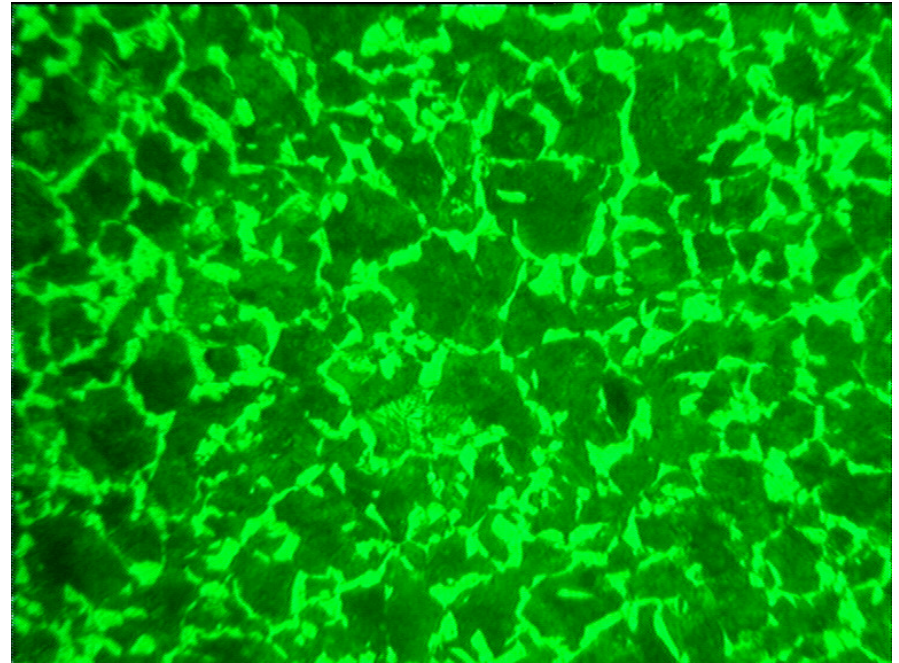
- **Célja** a melegen alakított, hegesztett, öntött acélok túlhevített, durvaszemcsés, egyenlőtlen szemcseszerkezetének javítása
- A ausztenitesítés ($Ac3+30-50\text{ C}^\circ$), 5-10 perces hőntartás után nyugodt levegőn való lehűtésből
- A keletkező szövetszerkezet a C tartalomtól függően ferrit, lemezes perlit vagy lemezes perlit és szekunder cementit.
- A normalizált acélok mechanikai jellemzői a szelvényátmérőtől függenek!

Normalizálás

0,45 % C ötvözetlen acél



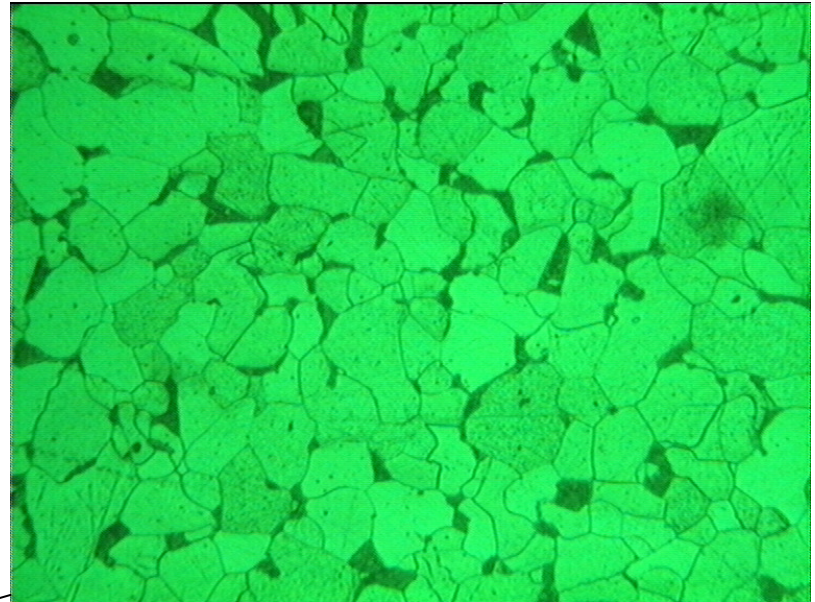
Szállítási állapot



Normalizált

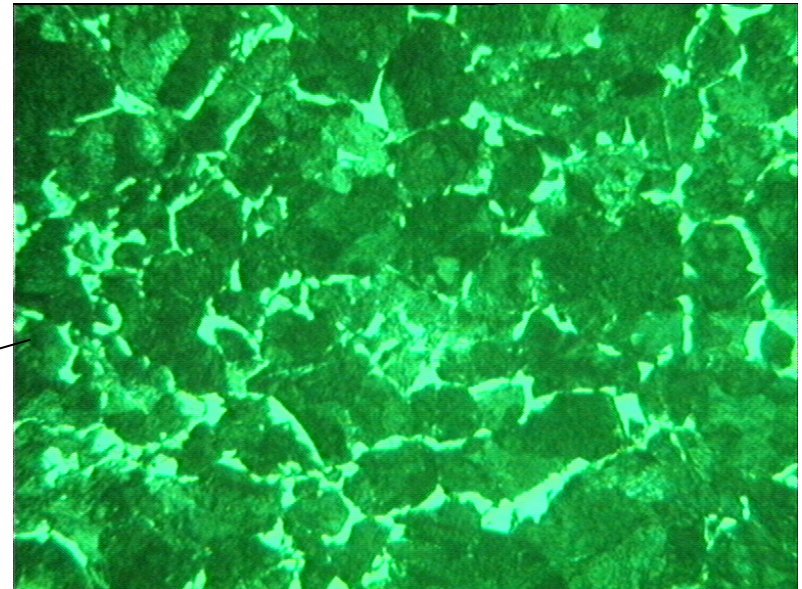
Normalizálás

Szövetszerkezet
ferrit + perlit (lemezes)



**Betétben edzhető
ötvözetlen acél**

Ötvözetlen nemesíthető acél



Keménységet fokozó hőkezelések

- **Cél:** az acél legnagyobb keménységének biztosítása.
- Az acél **martenzites állapotban a legkeményebb.** A martenzit úgy érhető el, hogy az acélt homogén ausztenites állapotból a felső kritikus lehűlési sebességnél gyorsabban hűtjük. Ezt a műveletet, mint hőkezelést **edzésnek** nevezzük.
 - **Az edzés célja a martenzites szövetszerkezet biztosítása!**

Az acél edzhetősége, átedzhetősége

- Az acélnak azt a tulajdonságát, hogy ausztenites állapotból v_{kf} -nél nagyobb sebességgel hűtve martenzitessé tehető az acél **edzhetőségének** nevezzük.

Az acél edzhetősége, átedzhetősége

Az edzhetőség feltételei:

1. A szövetszerkezet a hűtés megkezdésekor legyen ausztenites.

- Hipoeutektoidos acéloknál: $A_{c3} + 30 - 50 \text{ C}^\circ$
- Eutektoidos acéloknál: $A_{c1} + 30 - 50 \text{ C}^\circ$
- Hipereutektoidos acéloknál: $A_{c1} + 30 - 50 \text{ C}^\circ$,

2. A C tartalom legyen nagyobb, mint 0,2 %

3. A lehűlési sebesség legyen nagyobb, mint a V_{fkf} .

Az átedzhetőség fogalma

- **Ideálisan vagy teljesen átedződő szelvényátmérőnek nevezzük azt az átmérőt, amelynél az adott összetételű mdb teljes keresztmetszete martenzites lesz ($v > v_{kr}$)**
- **átedződő szelvényátmérőnek (DI) nevezzük azt az átmérőt, amelynél az adott összetételű mdb magja 50%-ban martenzites, 50%-ban bénites lesz**
- **A gyakorlatban az átedzhető szelvényátmérőt (DI) tekintjük edzhetőségi kritériumnak**

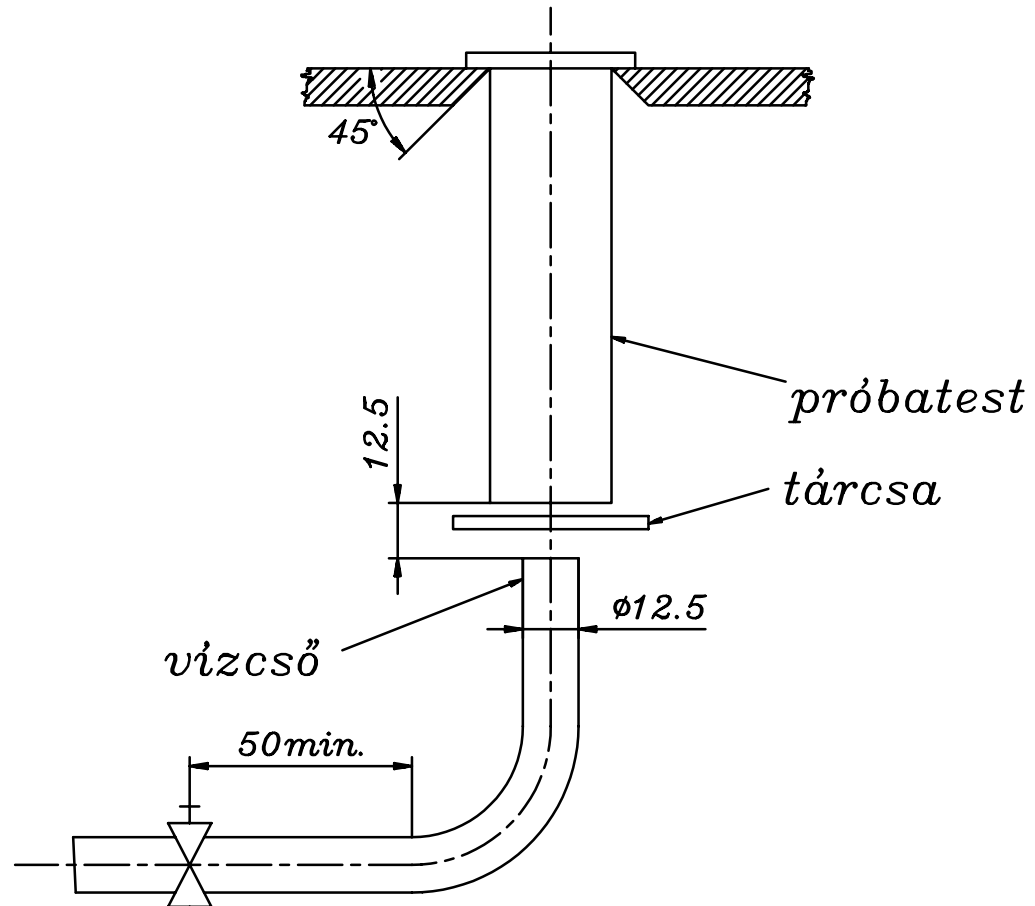
Az edzhetőség vizsgálata Jominy próbával (1)

- **A Jominy próba 25,4 mm átmérőjű, 100 mm hosszú hengeres rúd, melyet ausztenitesítés után a véglapon vízsugárral hűtenek**
- **A vizsgálati eredmény a paláston mért keménység eloszlás**

Az edzhetőség vizsgálata Jominy próbával (2)

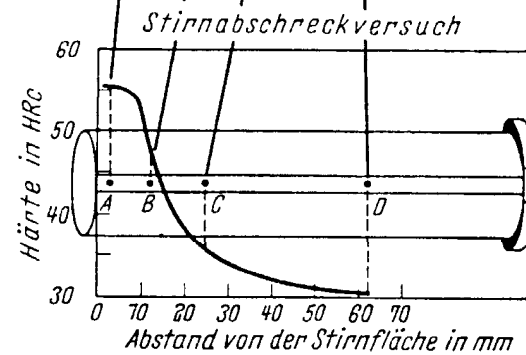
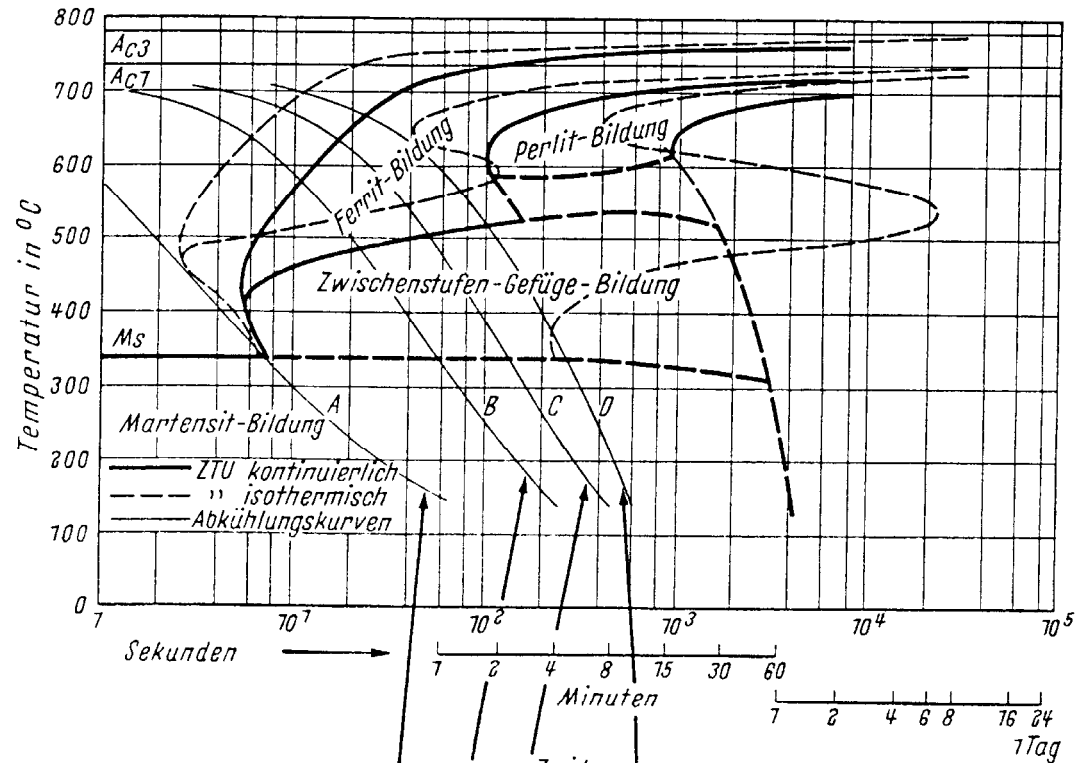
**A Jominy-
vizsgálat kísérleti
elrendezése**

**A vízsugár
intenzitása, ezáltal
a hűlési sebesség
állandósága az
esési magassággal
szabályozott**

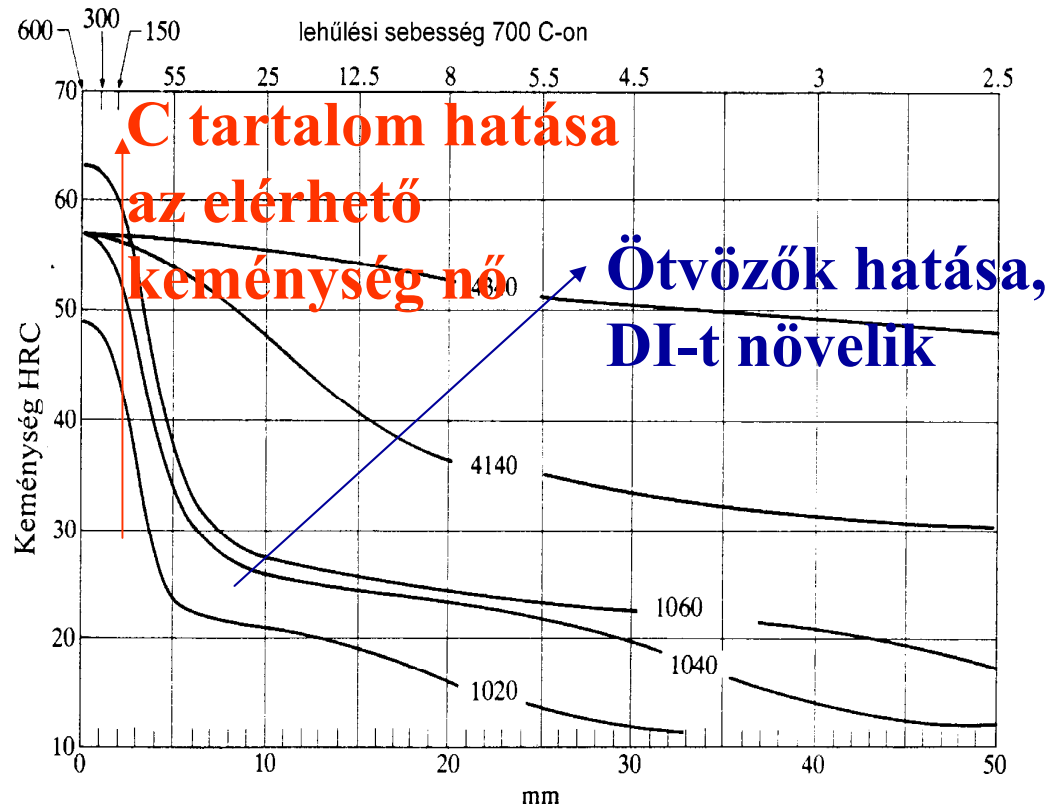


Jominy vizsgálat

%C	%Mn	%Cr	%Mo	Korngröße
0,37	0,77	0,98	0,27	7 bis 8



Ötvözetlen és ötvözött acélok Jominy görbéi



Jelölés SAE	J404	C%	Mn%	Ni%	Cr%	Mo%
1020		0,20	0,90	0,01	-	-
1040		0,39	0,89	0,01	-	-
1060		0,62	0,81	0,02	-	-
4140		0,38	0,79	0,01	1,01	0,22
4340		0,40	0,75	1,71	0,77	0,30

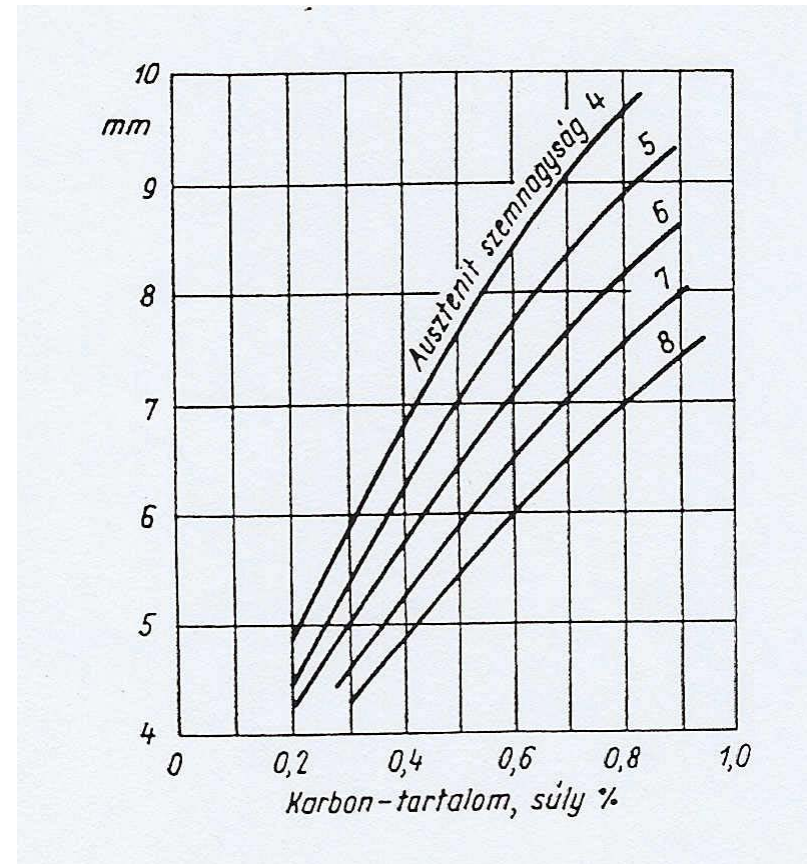
Az átedzhetőséget befolyásoló tényezők (1)

Ausztenit szemnagyság:

A számok 4-8-ig a szemcsenagyságot mutatják, a 8-as a legkisebb szemcse

Minél nagyobb az ausztenit szemcsenagyság, annál jobb az átedzhetőség. **Vigyázat a durvább martenzit nem kedvező!**

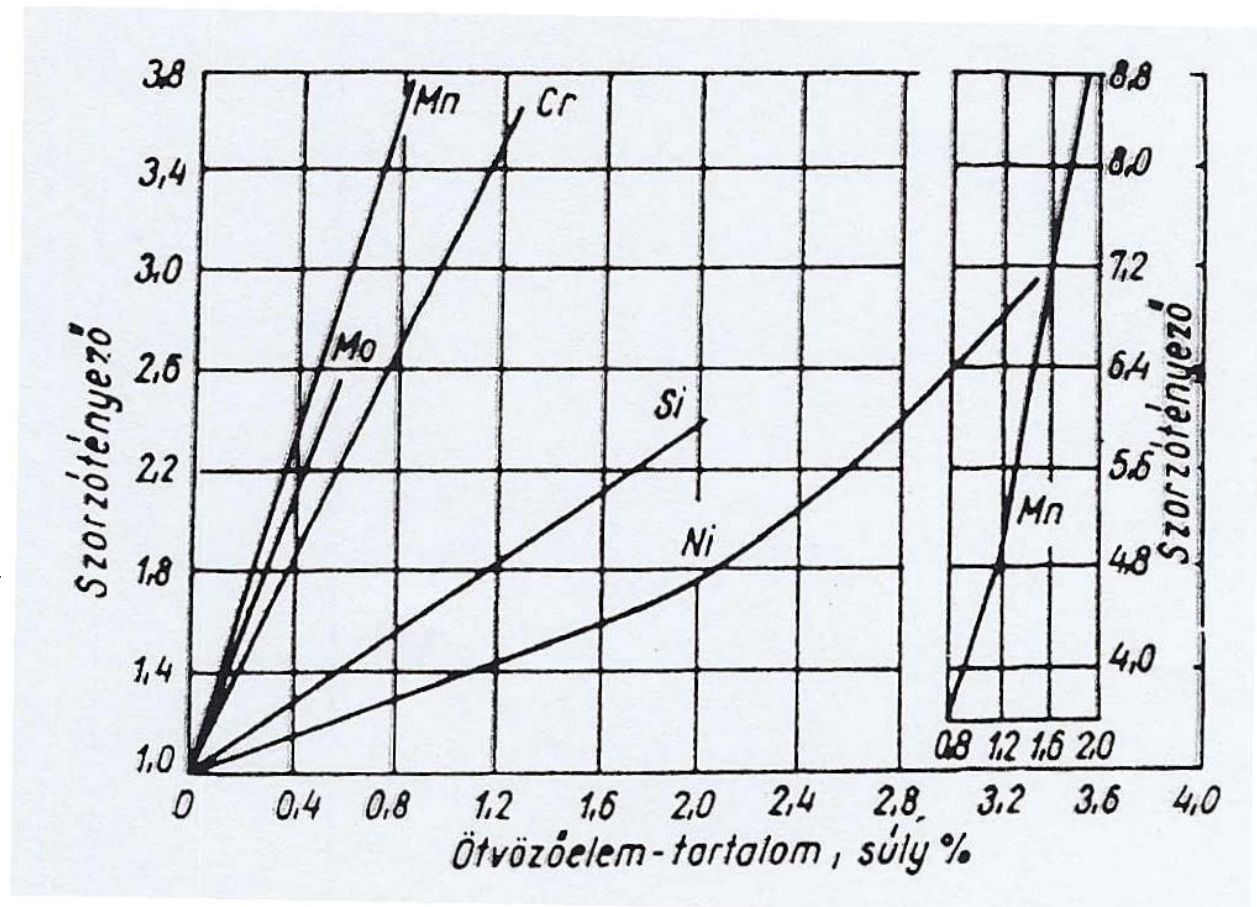
A karbon tartalom növeli a martenzit keménységét, és az átedzhetőséget



Az átédzhetőséget befolyásoló tényezők (2)

Ötvözőelemek:

az egyes ötvözők az átédzhetőséget eltérő mértékben növelik, ezt egy szorzótényező fejezi ki



A Jominy görbe és az átedzhető átmérő meghatározása számítással (1)

- Ismert az acél kémiai összetétele**
- Pl. a SAE J406-os szabvány tartalmazza az egyes ötvözők szorzófaktorát, melyből az átedzhető szelvényátmérőt (DI) lehet meghatározni**
- A DI-ből a szabványban ismertetett módon lehet a Jominy görbét származtatni**

A Jominy görbe és az átedzhető átmérő meghatározása számítással (2)

C%	0,35	0,189
Mn%	0,86	3,867
Si%	0,26	1,182
Ni%	0,10	1,036
Cr%	0,96	3,074
Mo%	0,19	1,570
Cu%	0,22	1,080
V%	0,01	1,020

Adott ötvöző%-hoz ↑
tartozó szorzó faktorok

Példa: CrMo 35 acél
(SAE J406-os szabvány)

A szorzó faktorok szorzata adja az átedződő átmérőt:
 $DI = 4,758'' = 121 \text{ mm}$

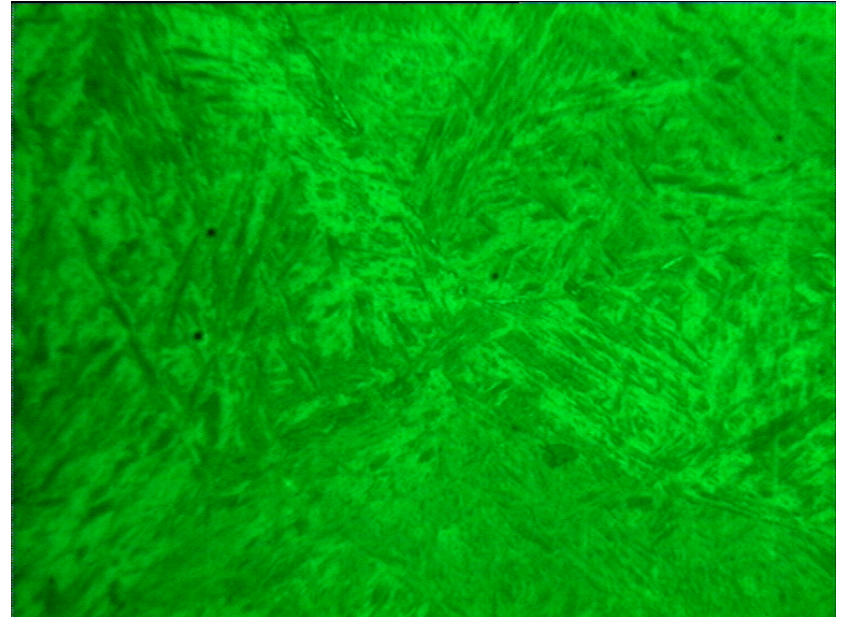
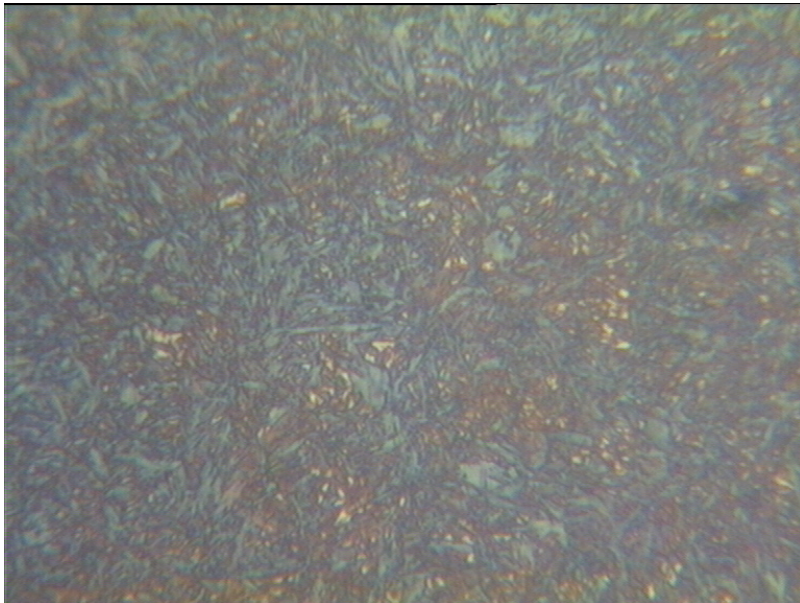
A Jominy távolságból és az összetételből a szabványban lévő szorzótényezőkkel számítható a keménység

Edzés

- **Célja** a martenzites szövetszerkezet, ezzel a legnagyobb keménység biztosítása.
- **Az edzés hőmérsékletének megválasztásakor az alábbiakat kell figyelembe venni:**
 - **Hipoeutektoidos acéloknál: $A_{c3} + 30 - 50\text{ C}^\circ$**
 - **Eutektoidos acéloknál: $A_{c1} + 30 - 50\text{ C}^\circ$**
 - **Hipereutektoidos acéloknál: $A_{c1} + 30 - 50\text{ C}^\circ$**
- **Az egyes acélfajták edzési hőmérsékletét a vonatkozó anyagszabványok tartalmazzák.**

- **A hőntartási idő:** a darab méreteitől függ
- **a lehűtés** a $v > v_{kf}$ feltételt teljesítő víz, vizes emulzió vagy olaj, szerszámacélok esetében sófürdő.
- Az edzett acél kemény, rideg, szerkezeti anyagként nem használható, ezért minden esetben szükség van egy újabb kezelésre ez a **megeresztés**.
- A megeresztés hőmérséklete általában 180- 200 C°, ideje legalább fél illetve egy óra. A kis hőmérsékletű megeresztés az acél ridegségét csökkenti a keménység jelentéktelen csökkenése mellett.
- **Az edzés keménységméréssel ellenőrizhető!**

Edzés



**Edzett, megeresztett szövet. Martenzit+ kevés
maradék ausztenit**

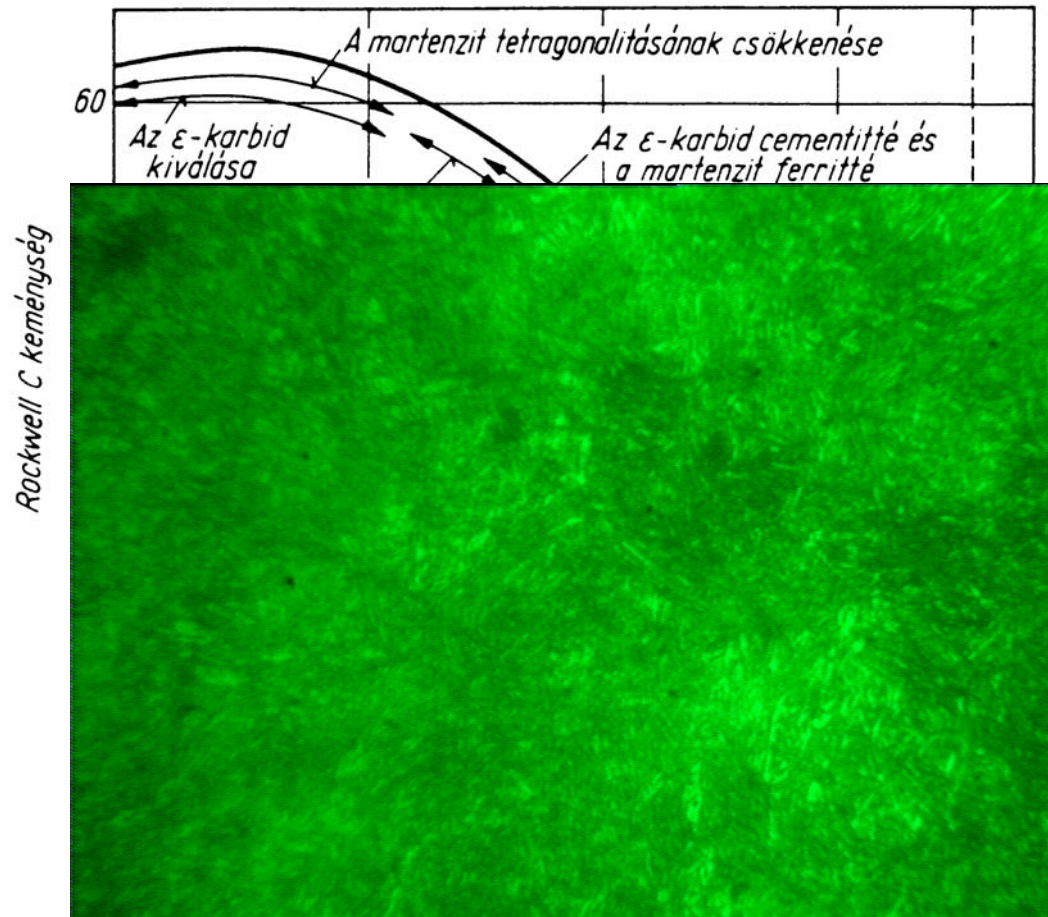
Szívósságot fokozó hőkezelések

Nemesítés

A nemesítés = edzés + nagyhőmérsékletű megeresztés.

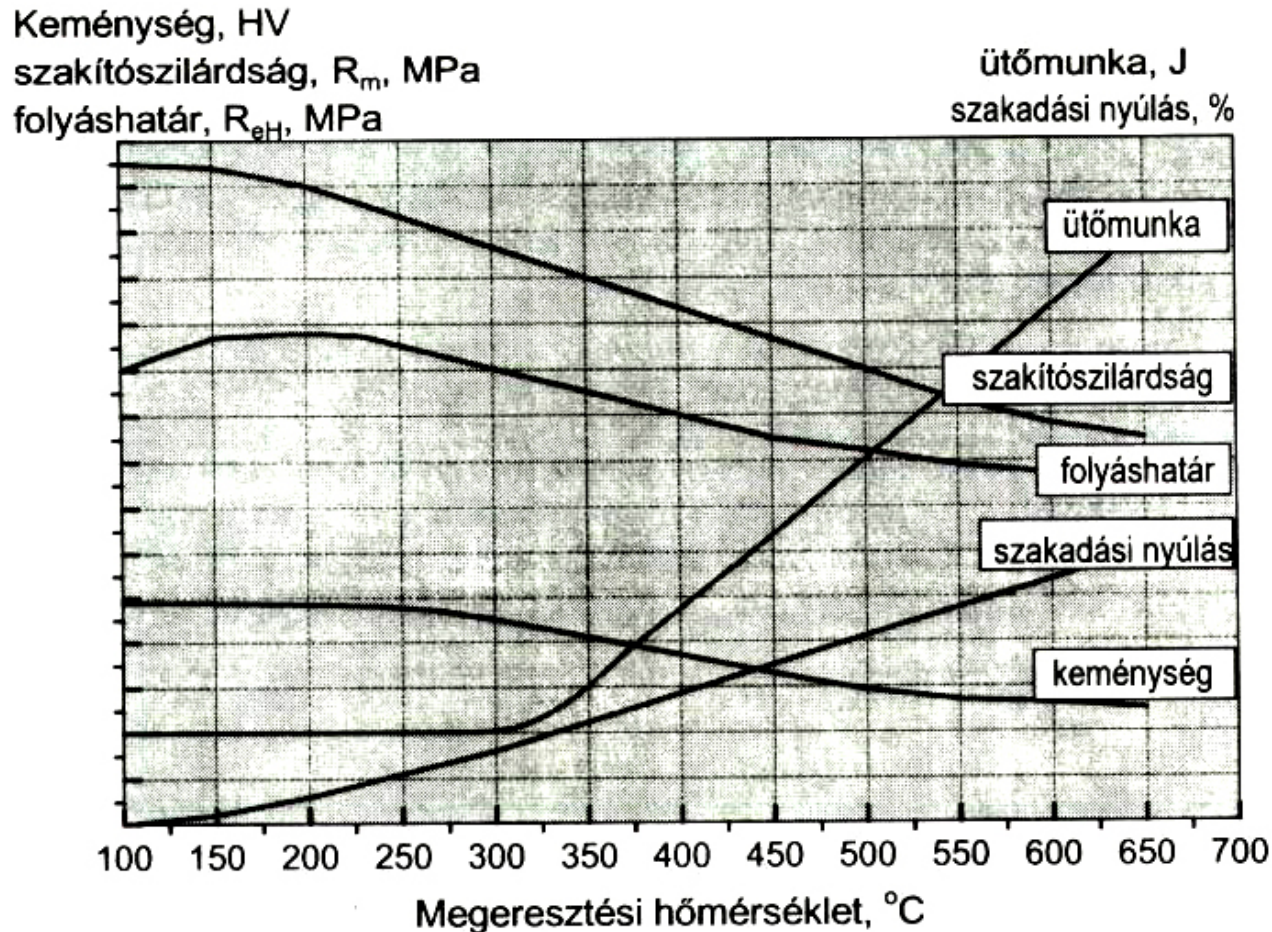
A megeresztés során
lejátszódó folyamatok

A kialakuló szövet
szferoidit



Szívósságot fokozó hőkezelések

Nemesítés



Az anyagjellemzők változása ötvözetlen acél nemesítése során

Kiválásos keményítés

- **A kiválásos keményítés a szilárdságnövelés hatékony eszköze abban az esetben, ha az alapfém és az ötvöző egymással szilárdoldatot alkot, az oldódás korlátozott, és a szilárd állapotban való kiválás az ötvöző és az alapfém vegyületének formájában történik.**
- **Alkalmazás:**
 - alumínium ötvözeteknél
 - mikroötvözött acélok
 - kúszásálló ötvözetek

Kiválásos keményítés

