



Aschenbrenner József

## Fémötvözetek tulajdonságainak megváltoztatása hőkezeléssel



A követelménymodul megnevezése:

Általános anyagvizsgálatok és geometriai mérések

A követelménymodul száma: 0225-06 A tartalomelem azonosító száma és célcsoportja: SZT-003-16



## FÉMÖTVÖZETEK TULAJDONSÁGAINAK MEGVÁLTOZTATÁSA HŐKEZELÉSSEL

### ESETFELVETÉS – MUNKAHELYZET

#### HŐKEZELÉS:

Ez egyfajta tulajdonságváltoztató technológiai műveletek széles spektrumának összefoglaló elnevezése. Általában az anyagokon történő különböző hőmérséklet-idő programok végrehajtását jelenti. Fémek és ötvözetek szövetszerkezetét igényeinknek megfelelően hőmérséklet hatására változtatni tudjuk, a kezelt tárgy alakjának és kémiai összetételének megváltoztatása nélkül. A forgácsoló szakmában gyakran találkozhatunk hőkezelt alkatrészekkel, szerszámokkal. Különösen ügyelni kell a hőkezelt alkatrészek megmunkálására.

A szakmai információtartalom áttanulmányozását követően a hőkezelési eljárások gazdasági, technológiai jelentőségéről kap választ.

Mi célja a hőkezelő eljárásoknak? A szakmában hol találkozunk hőkezelt alkatrészekkel?

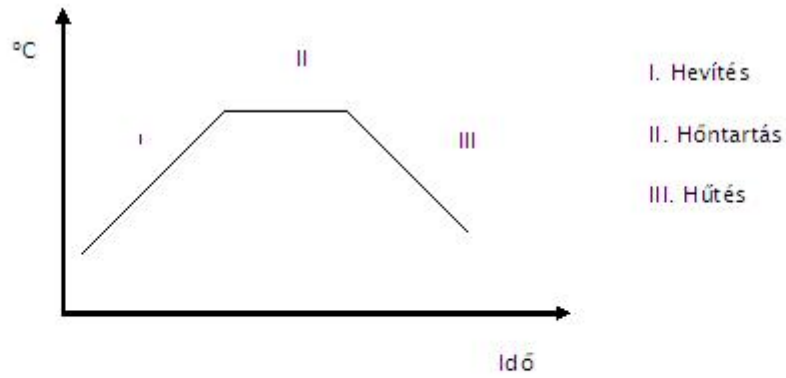
A gépgyártás technológiában alkalmazott hőkezelési eljárások.

Milyen tulajdonságokat változtatunk meg a szerkezeti anyagok hőkezeltése során?

### SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

#### FÉMÖTVÖZETEK TULAJDONSÁGAINAK MEGVÁLTOZTATÁSA HŐKEZELÉSSEL

Az anyagok tulajdonságait (mechanikai, fizikai, stb.) azok kémiai összetétele és szerkezete határozza meg. A nem egyensúlyi folyamatok során ismertté vált, hogy azonos kémiai összetétel mellett is változhat a fémek szövetszerkezete, ami a mechanikai tulajdonságok megváltozását is magával vonja. Ez azt jelenti, hogy a hevítési és hűtési paraméterek (sebesség, hőmérséklet, hőntartási idő) változtatásával jelentős mértékben befolyásolhatók a fémek és ötvözetek tulajdonságai a szövetszerkezet változtatásán keresztül.



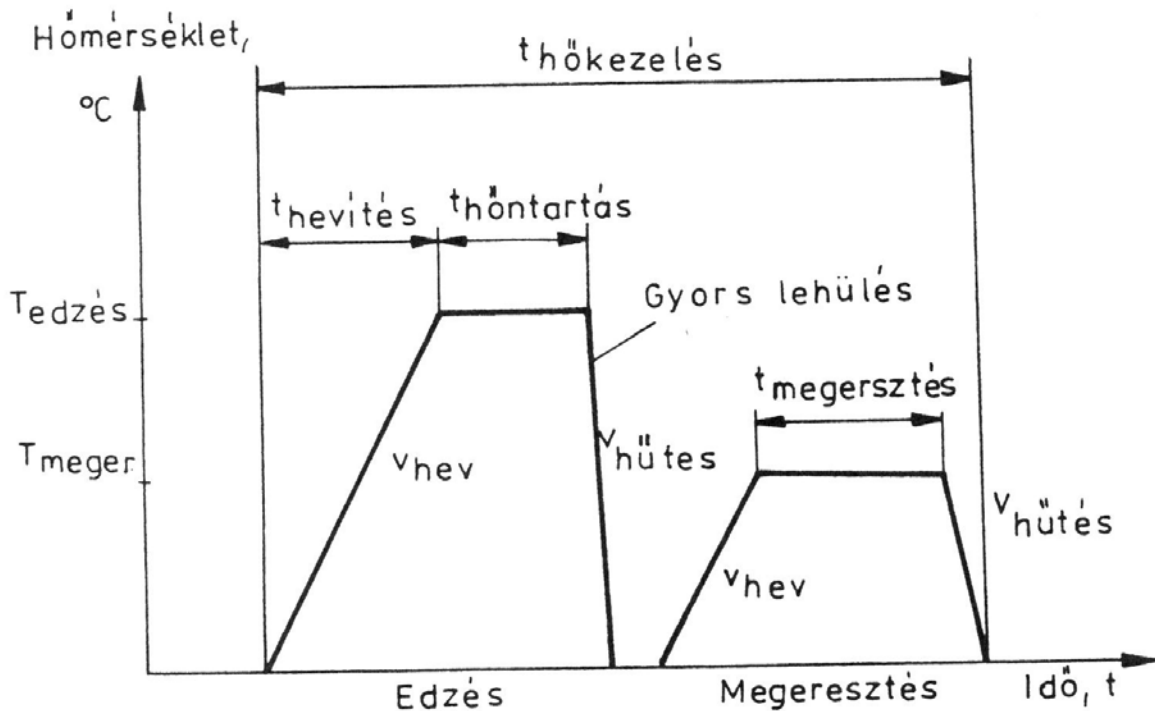
*Hőkezelés hőmérséklet - idő diagrammja*

*1. ábra.*

*Hőmérséklet - idő diagram*

A hőbevitellel járó, szerkezetváltoztató technológiákat hőkezelésnek nevezzük, amelyek célja megfelelő tulajdonságú termék létrehozása. Hőkezeléskor a fémek vagy ötvözeteik átalakulását használjuk ki, ezért szükséges azok hőmérsékletét ismerni. Ötvözeteknél rendszerint változnak az átalakulási hőmérsékletek, az alkotók mennyiségétől függően.

A hőkezelések jellemzésére ún. hőmérséklet-idő diagramok használhatók, ahol a már említett paraméterek a hőmérséklet, a hőntartási idő és a hevítés/hűtés sebessége megjeleníthetők (1. ábra). A hőkezelés teljes idejét hőkezelési ciklusnak nevezzük.



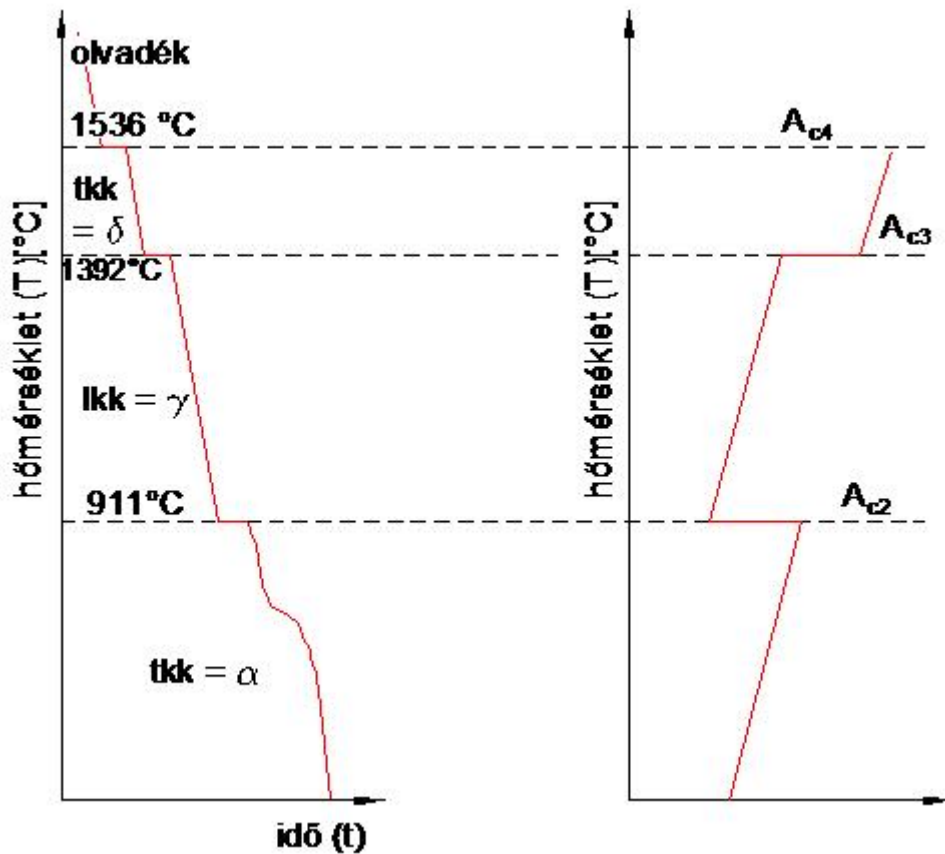
2. ábra. Nemesítés hőkezelési diagramja

## A HŐKEZELÉS ELMÉLETE

A hőkezelés célja a munkadarabok szövetszerkezetének, ezáltal a fizikai, mechanikai és technológiai tulajdonságainak megváltoztatása, módosítása azért, hogy azok a rendeltetésüknek megfelelő igénybevételekkel szemben ellenálljanak, a megmunkálhatóságot pedig elősegítsék.

A hőkezelési eljárások során nagyon fontos ismerni a hevítés és lehülés során a szilárd fázisban végbemenő folyamatokat. Az acél elterjedését elsősorban hőkezelhetőségének, annak tulajdonságának köszönheti, hogy fizikai és mechanikai jellemzői széles határok között módosíthatók úgy, hogy az eljárás alatt a munkadarab alakja gyakorlatilag változatlan marad. Az acélok, mint a leggyakrabban alkalmazott szerkezeti anyagok, a szerkezetük a hőkezelési folyamatok során megváltozik. Az acélok tulajdonságai tág határok között változtathatók. Ez abból következik, hogy a hőkezelés egyes szakaszaiban a belső felépítése, kristályszerkezete átalakul.

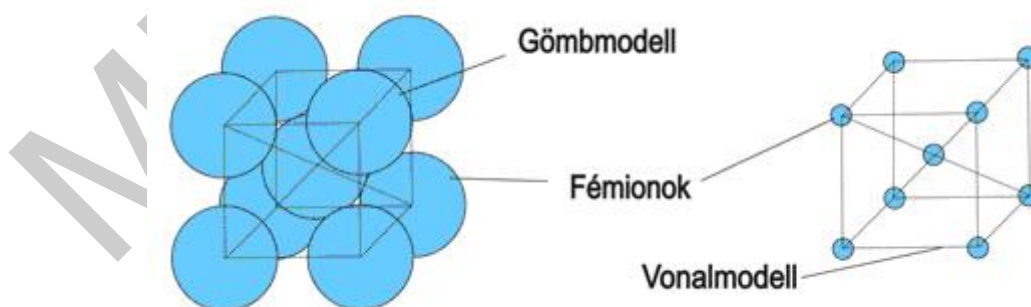
**A színvas átalakulásnak folyamata:** – a folyékony állapotból hűtve 1536 °C-ig a hőmérséklete folyamatosan csökken. Ez a hőmérséklet a vas olvadáspontja. A folyékony állapotból szilárd állapotúvá alakul. A hőmérséklet további csökkenésével 1392°C-on az állandósult állapoton átalakul, átrendeződik a vas kristályszerkezete. Egyenletesen tovább hűlve egészen 911 °C-ig, itt is egy kristályszerkezeti változás következik be. 723 °C-tól /769 °C a Curie pont-mágneses tulajdonság változása/ egészen a szobahőmérsékletig tovább hűl, kristályszerkezeti átalakulás nélkül. A 723 °C az alsó átalakulási hőmérséklet, ez alatt nincs kristályszerkezeti változás.



3. ábra. Színvas allotrópiája

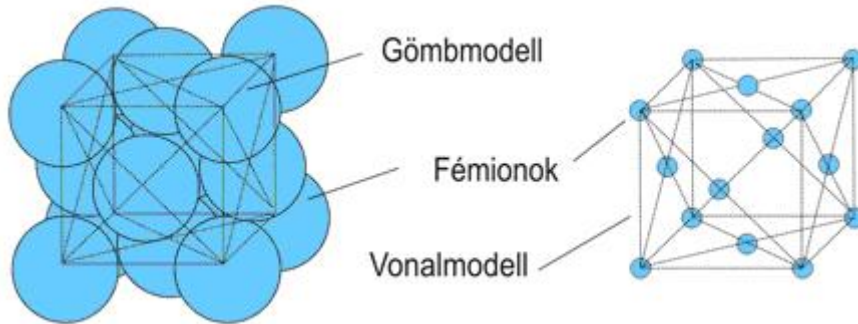
A vas az egyéb fémekhez hasonlóan kristályos szerkezetű és azonos felépítésű elemi kristályokból áll. A kristályrendszere köbös, aminek két módosulatát veszi fel az átalakulás folyamán, térben középpontos, illetve felületen középpontos átalakulást.

Az α-vas térben középpontos kristályszerkezete:



4. ábra. Az α-vas kristályszerkezete

A γ-vas felületen középpontos kristályszerkezete:



5. ábra. A  $\gamma$ -vas kristályszerkezete

A szén csak néhány különleges területen kerül ipari felhasználásra, ötvöze viszont a legelterjedtebb fém. Ötvözéskor egy fémes elemhez egy vagy több fémes vagy nemfémes elemet adunk.

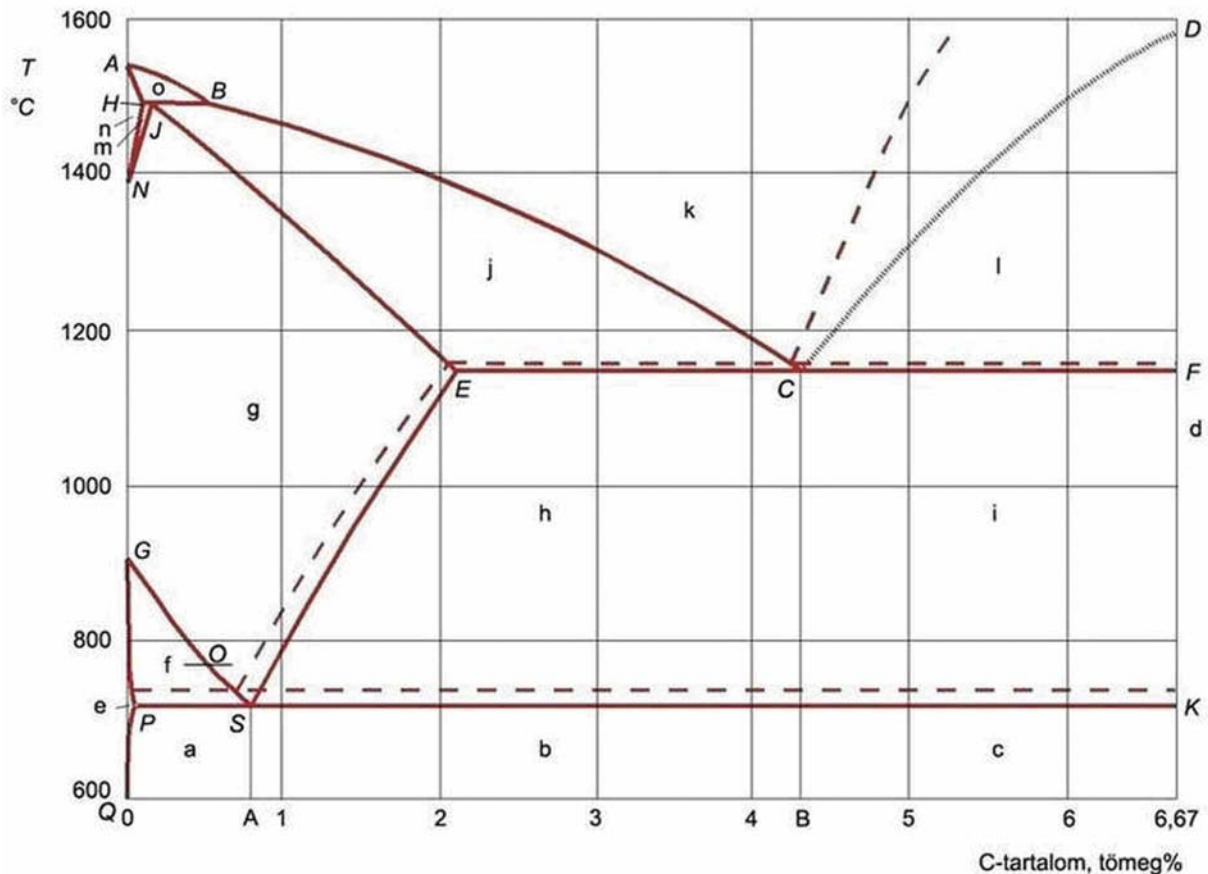
Hőkezeléskor a fémek vagy ötvözeteik átalakulását használjuk ki, ezért szükséges ezek átalakulási hőmérsékletét ismerni. Ötvözeteknél rendszerint változnak az átalakulási hőmérsékleteik, az alkotók mennyiségétől függően.

A szén a vas legfontosabb ötvözője.

Az acélok a szénen kívül egyéb elemeket is tartalmaznak, amelyek vagy a gyártás folyamán elkerülhetetlenül jutnak be, vagy tudatosan adagolják a tulajdonságaik megváltoztatására. Ha ezeknek a jelenlétük nem kívánatos úgy szennyezőknek, ha pedig javítani kívánjuk velük a tulajdonságokat, ötvözőknek nevezzük.

Az acélok szennyezői a kén, a foszfor, a fő ötvözői pedig a mangán, króm, nikkel, molibdén, vanádium, wolfram stb.

Vas-szén ötvözet egyensúlyi diagramja:



6. ábra. Vas- szén állapotábra

**A diagramban szereplő szövetelemek:**

**Ferrit:** tiszta vas,  $\alpha$ -vas, 796°C-alatt mágneses

**Auszténit:**  $\gamma$ -vas, a szenet és az ötvözőket jól oldja, jól alakítható szövetelem,

**Cementit:** a vas és a szén vegyülete / $\text{Fe}_3\text{C}$ / vas-karbid. Kemény, rideg szövetelem

**Perlit:** a ferritben elhelyezkedő cementit szemcsékből áll. Az auszténit hűtésekor keletkezik 723°C alatt.

**Ledeburit:** a 4.33% széntartalmú rideg, kemény ötvözet, az öntöttvas szöveteleme. Lehűtéskor 1147°C-on keletkezik. Nagy mennyiségben tartalmaz cementitet.

A vas-szén ötvözet egyensúlyi diagramja felvilágosítást nyújt az átalakulási hőmérsékletről és így támpontot ad az egyes hőkezelési eljárásokhoz.

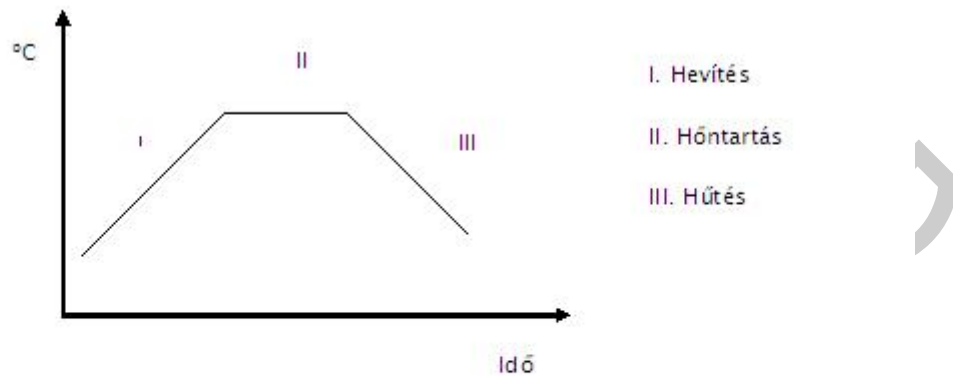
A hőkezelések folyamán az acél tulajdonságai széles határok között változtathatók és erre, valamint a végrehajtás technológiájára adnak felvilágosítást a hőmérséklet - idő átalakulási diagramok, vagy a technológiai diagramok.

**Hőkezelés szakaszai:**

I. Hevítés

II. Hőntartás

III. Hűtés



*Hőkezelés hőmérséklet - idő diagrammja*

*7. ábra. Hőmérséklet - idő diagram*

**Hevítés:** – hevítéskor a fémek kitágulnak. Fontos tehát, hogy a munkadarab felülete lassan hevüljön, a hőnek legyen ideje annak belseje felé áramlani és így kicsi legyen a hőmérsékletkülönbség. A megfelelő hevítési sebesség meghatározása mind minőségi, mind gazdaságossági szempontból lényeges feladat. Túl gyors hevítés elhúzóást okoz és repedés is keletkezik. A lassú hevítés pedig minőségileg káros, mert szemcsedurvulást idéz elő, a munkadarab felülete jobban revésedik és széntelenedik. A hevítési sebesség meghatározásához elsősorban az acél összetétele és a munkadarab méretei a mérvadóak. Az edzés hőmérsékletét az edzendő munkadarab alakja, mérete is befolyásolja. Kisebb méretű, vékonyabb élű, bonyolultabb alakú munkadarabokat mindig alacsonyabb hőmérsékletről edzünk, mint az egyszerűbb alakú, tömör darabokat (a növekvő feszültség miatt). A melegítést kezdetben lassan, később gyorsabban kell végezni; hogy a „fokozatosan emelkedő hőmérsékletet a munkadarab teljes keresztmetszetében, lehetőleg egyenletesen vegye fel

**Hőntartás:** – a hőntartás idejét nagymértékben befolyásolja a munkadarab geometriai mérete. Továbbá úgy kell megválasztani a hőntartás idejét, hogy az elegendő legyen az előírt hőmérséklet érték eléréséhez anélkül, hogy túlhevülne és szemcsedurvulás keletkezne.

**Hűtés:** – a lehűtés sebessége függ a mindenkor alkalmazott hűtőközegetől. A hűtés lehet lassú és gyors attól függően, hogy mi a hőkezelés célja.



**Az alkalmazott hűtőközegek:** a kemencében hagyják kihűlni a munkadarabot, hideg víz, meleg víz levegő, sófürdő, olajfürdő stb.

**A hőkezelések csoportosítása többféle szempont szerint történhet.**

A hőkezelés során elérhető tulajdonságváltozások szerint beszélhetünk teljes keresztmetszetre kiterjedő hőkezelésekről és felületi hőkezelésekről.

Ha egyensúlyi állapotú vagy ahhoz közeli szövetszerkezet létrehozása a cél, akkor egyensúlyra törekvő, ha attól eltérő, akkor egyensúlytól eltérő hőkezelésről beszélünk.

Amennyiben a szerkezetváltoztatás kizárólag hő segítségével történik termikus, ha a hőközlés közben képlékeny alakváltozást is szenved a darab termomechanikus, ha a kezelés közben a kémiai összetétele is változik termokémikus a hőkezelés.

A hőkezelő eljárások többségükben a szerkezetváltoztatást célozzák meg, de előfordul, hogy a feszültségállapot változtatása a cél (pl. maradó feszültségek megszüntetése).

Hőkezeléssel nem csak a késztermék tulajdonságainak (mechanikai, kémiai, mágneses, stb.) beállítása történhet. Féltermékek esetében a hőkezelés célja az, hogy az anyag további technológiákkal feldolgozható legyen.

A hőkezelés kiterjedhet az egész darabra vagy a darabnak csak egy részére (ez a rész lehet egy adott térfogat, vagy egy felület).

### HŐKEZELÉSI ELJÁRÁSOK:

Hőkezeléssel az acélok szövetszerkezete és így az anyag tulajdonságai is megváltoznak

A kialakuló szemcsék nagysága a hűtési sebességtől függ:

- gyors hűtés kicsi, finom szemcsék képződnek, a krisztallizáció gyorsan játszódik le, kemény, kopásálló nagy szakítószilárdságú szövetszerkezet keletkezik,
- lassú hűtéskor nagy, durva szemcsék alakulnak ki, lassú krisztallizáció, lágy könnyen megmunkálható, kis szakítószilárdságú szövetszerkezet.

**1. Hőkezelési eljárásokat befolyásoló tényezők:**

- hevítés hőfoka
- hőtartás ideje
- kritikus hűtési sebesség
- alkalmazott hűtési sebesség

**2. Hőkezelési eljárások csoportosítása:**

- kiegyenlítő hőkezelések
- lágyító hőkezelések

- keménységfokozó hőkezelések
- szívósságot fokozó hőkezelések
- kéregötvöző hőkezelések

### 3. A leggyakrabban alkalmazott hőkezelő eljárások:

- feszültségmentesítés,
- lágyítások,
- normalizálás,
- edzés,
- megeresztés,
- nemesítés,
- termokémiai kezelések,
- termomechanikai kezelések.

#### Feszültségmentesítés

Különböző technológiák hatására a gyártmányokban káros saját feszültségek keletkezhetnek, ezek hozzáadódnak az üzemi terhelés okozta feszültségekhez (ezzel csökkentik a terhelhetőséget). Továbbá a meglévő saját feszültségek miatt esetenként az alkatrész méretváltozása vagy vetemedése is bekövetkezhet.

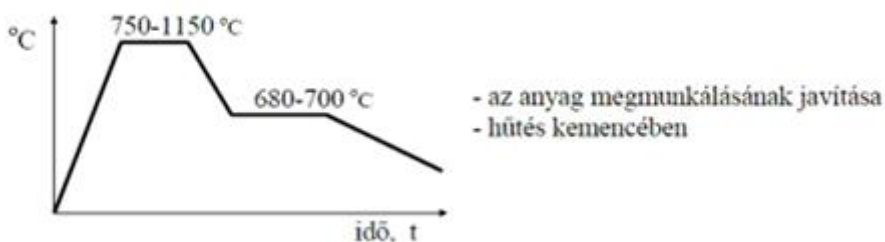
A belső feszültségek kialakulásához leggyakrabban az vezet, ha egy darab különböző pontjaiban különböző sebességekkel hűlt le. Ez történik az öntvények dermedésekor, hegesztés során, illetve az alkatrész edzésekor. Feszültség kialakulásához vezethet a darab csak egy részére kiterjedő hidegalakítás (pl. durva forgácsleválasztás, egyengetés) is.

**Feszültségmentesítő hőkezelés:** célja az, hogy a belső feszültségeket a szövetszerkezet megváltoztatása nélkül szüntessük meg.

#### Lágyítások

Ha az acél a megkívántnál nagyobb keménységű, a forgácsolhatóság, hidegalakíthatóság stb. érdekében lágyítani kell.

Lágyítás:



8. ábra. Lágyítás

### Újrakristályosító lágyítás

Alacsony karbon tartalmú ( $C < 0,4\%$ ) acélok esetében az alakítási keményedés hatásait (szilárdság növekedése, alakváltozó képesség csökkenése) 550–700 °C tartományba hevítve távolíthatjuk el, új, deformációtól mentes szemcsék létrejötte által. A megfelelő újrakristályosítási hőmérséklet és idő több tényező függvénye (alakítás mértéke, kiinduló szemcseszerkezet, stb.). Általában finomszemcsés állapot létrehozására kell törekedni. Túlságosan magas újrakristályosítási hőmérséklet, illetve hosszú hőntartási idő káros tulajdonságokkal járó szemcsedurvuláshoz vezet (szekunder újrakristályosodás).

A lágyítás sikerének ellenőrzésére keménységvizsgálat illetve szakító vizsgálat alkalmazható. Egyes esetekben az alakíthatóságot technológiai próbákkal ellenőrzik.

### Teljes lágyítás

Edzett vagy részlegesen beedződött darabok esetén célszerű lehet az egyensúlyi állapot visszaállítása ha, további forgácsolás vagy hőkezelés szükséges. Ezt teljes lágyítással lehet megvalósítani

Az acélt gammaállapotnak (ausztenites) megfelelő hőmérsékletre (legtöbb esetben  $A_3 + 50\text{ °C}$ ) hevítik, majd kemencében lassan lehűtik a gamma–alfa átalakulás befejeződéséig, kb. 600 °C fokig. A lágyulás mértéke a hűtési sebességtől függ. Ezt követően a további hűtés levegőn történhet. A kialakult szövet közel egyensúlyi lesz.

A lágyítás eredményét Brinell keménységméréssel ellenőrzik.

### $A_1$ hőmérséklet alatti lágyítás

A készre forgácsolt, de sikertelenül hőkezelt (pl. nemesített) alkatrészeket újabb hőkezelés előtt lágyítani kell. Teljes lágyítás esetén gamma–alfa átalakulás megy végbe, ami méretváltozást illetve vetemedést okozhat. Ezen kívül a nagy hőmérséklet miatt a felületi revésedés illetve dekarbonizálódás is káros lehet. Ezek elkerülésére a lágyítást az ausztenitesedést még nem okozó, nagy hőmérsékleten végzik, hosszabb hőntartással. A lágyulás a hőntartás alatt következik be, az edzett vagy részlegesen beedződött szövet egyensúlyi irányban történő megváltozásával. A hőkezelés hatására szemcsés szerkezet jön létre.

A hőkezelés sikerét Brinell keménységméréssel ellenőrzik.

### Izotermás lágyítás

Néhány megmunkálást (képlékenyalakítás, forgácsolás) megelőzően izotermás lágyítást alkalmaznak. A darab teljes térfogatában azonos szövetszerkezet és azonos lemezzvastagságú perlit előállítására a cél.

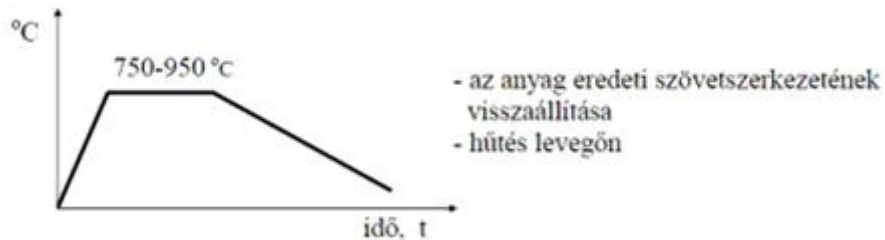
Ez folyamatos hűtésű technológiával nem valósítható meg. Ausztenítés után só- vagy fémfürdőben nagyon gyorsan hűtik le. A kialakuló szerkezetről és a szükséges hőntartási időről az izotermás C–görbék tájékoztatnak.

A hőkezelés sikerét Brinell keménységméréssel ellenőrzik.

### Normalizáló hőkezelés

A normalizáló hőkezelés ausztenitesítésből és azt követően levegőn történő lehűtésből áll. Ez ötvöztelen vagy gyengén ötvözött acélok esetében közel egyensúlyi állapotot hoz létre. A normalizálás célja egyenletes szemcseszerkezet létrehozása.

Normalizálás:



9. ábra. Normalizálás

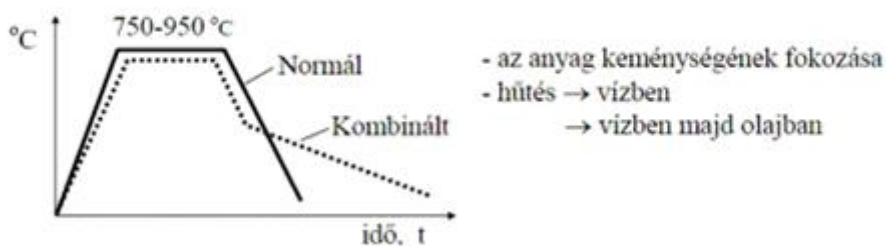
A normalizálás fő alkalmazási területe a melegalakított (kovácsolt) termékek adagon belüli tulajdonságszórásának mérséklése. Az ausztenitesítés hőmérsékletével változtatható a szemcseméret.

Normalizálást leggyakrabban az alacsony karbon tartalmú acélok esetében végzik. Hegesztett alkatrészeknél a hőhatásövezetben keletkező durva szerkezet is megszüntethető normalizálással, biztosítva ezzel a megfelelő szívósság elérését.

### Edzés

Az edzés ausztenitesítésből és ezt követő gyors lehűtésből áll, amelynek célja a keménység, kopásállóság szilárdság növelése. Az ausztenitesítés hőmérsékletét és idejét valamint a lehűtés sebességét kompromisszumos módon lehet meghatározni, adott acélminőség és gyártmány esetében.

Edzés:



10. ábra. Edzés

Ötvözetlen acélok edzési hőmérséklettartománya  $A_3 + 50\text{ °C}$  (hipoeutektoidos acélok), illetve  $A_1 + 50\text{ °C}$  (hipereutektoidos acélok).

Edzéssel martenzites szerkezetet hozunk létre (martenzit és bizonyos mennyiségű maradék ausztenit). Martenzit az ausztenit gyors hűtésekor keletkezik, ha az oldott szén a kritályrácsba szorul és annak feszültségét növeli, mágnesezhető, hevítve keménysége fokozatosan csökken. Az adott acélban a gyors hűtés hatására kialakult szerkezetekről a folyamatos hűtésre vonatkozó átalakulási diagramok tájékoztatnak. Az acél nagyobb keménységét vagy a hidegalakított termék alakítási keménysége okozza, vagy a melegalakítás illetve hőkezelés lehűtése olyan sebességű volt, hogy az acél részlegesen beedződött.

Az edzés eredményességét Vickers vagy Rockwell HRC keménységméréssel ellenőrizhetjük. Az edzés hatására kialakuló keménységet az acél karbon tartalma határozza meg.

### **Megeresztés**

A lényegében feszültségcsökkentő hőkezelés során az edzést, vagy nagyobb hőmérsékletű megmunkálást követően kialakuló feszültségeket, vagy a káros ridegséget szüntetjük meg.

#### **- Kishőmérsékletű megeresztés**

Ekkor az anyagot  $150\text{--}200\text{ °C}$ -ra hevítik, hűttartják és lassan lehűtik. A szén a martenzitből még nem tud kitudiffundálni, de a feszültségek már oldódnak, ezért főleg forgácsolószerszámoknál, valamint vetemedésre érzékeny alkatrészeknél alkalmazzák, hogy a keménység megmaradása mellett csökkenjen a belső feszültség.

#### **- Nagy hőmérsékletű megeresztés**

Ennek során az anyagot  $220\text{--}320\text{ °C}$ -ra hevítik, hűttartják és lassan lehűtik. A szén kis része a martenzitből ki tud diffundálni. Ott alkalmazzák, ahol a keménység kismértékű csökkenése megengedhető. Ezt ellensúlyozza a szívósság nagymértékű növekedése, így a szerszámok és alkatrészek dinamikus húzó-, hajlító-, csavaró- igénybevételének jobb elviselése.

Az edzett martenzites szövet rideg. Ezt a ridegséget megeresztéssel mérsékelhetjük. A megeresztés hőmérsékletének növelésével az edzett anyag szilárdsága csökken, szívóssága nő. Hasonló hatása van a megeresztés időtartamának is. Kemény, kopásálló alkatrészek esetében a martenzites szerkezet megtartása a cél. Ilyen esetben csak olyan hőmérsékletre hevítjük a darabot, hogy a szerkezetváltozás ne következzen be, csak a saját feszültségek épüljenek le ( $180\text{--}200\text{ °C}$ ). Ezt az eljárást alacsony hőmérsékletű megeresztésnek nevezzük.

A megeresztés hőmérsékletét úgy kell megválasztani, hogy azt az alkatrész működés közbeni hőmérséklete ne haladja meg. A megeresztés hőmérsékletének megválasztásával nagyon pontosan beállíthatók a szilárdsági és szívóssági jellemzők.

Megeresztés után szakítóvizsgálattal és ütvehajlító vizsgálattal ellenőrzik a hőkezelés sikerét.

A megeresztés lényege, hogy az edzett acélt ismét felhevítve (vagy ugyanazzal az edzési hővel) meghatározott ideig hőntartjuk, majd lehűtjük. Megeresztés közben csökken a keménység, a szilárdság, a szívósság pedig lényegesen növekszik. A keménység annál jobban csökken, minél magasabb a megeresztési hőmérséklet, minél hosszabb a hőntartási idő. Edzéssel és megeresztéssel az acélnak nagy szilárdságot és szívósságot tudunk biztosítani.

A megeresztési hőmérséklettel és a hőntartási idővel az acél szilárdsági tulajdonságai tág határok között változtathatók. Hőkezelő üzemekben az edzési és megeresztési hőmérsékletet hőfokellenőrző pirométerekkel mérik. Kovácsműhelyekben a futtatási színek segítségével következtetünk a darab hőmérsékletére.

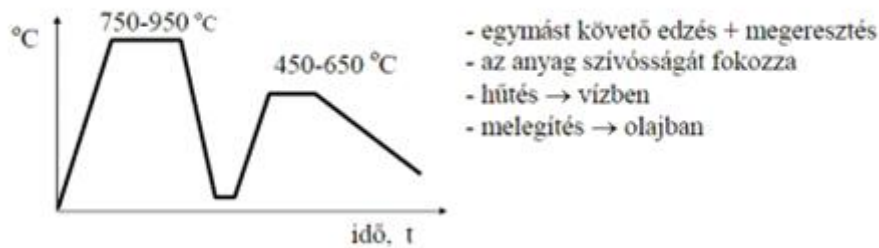
Hőmérséklet	Izzítási színek	Megnevezés	Hőmérséklet	Megeresztési színek	Megnevezés
1250-1350 °C		Fehér	210 °C		Sárgásfehér
1150-1250 °C		Világossárga	220 °C		Világossárga
1100-1200 °C		Sötétsárga	230 °C		Sárga
950-1100 °C		Sárgászöld	240 °C		Sötétsárga
900-950 °C		Világosvörös	250 °C		Sárgásbarna
850-900 °C		Világos cseresznyevörös	260 °C		Barnászöld
800-850 °C		Cseresznyevörös	270 °C		Bíborvörös
770-800 °C		Sötét cseresznyevörös	280 °C		Lila
650-750 °C		Sötétvörös	290 °C		Sötétkék
580-600 °C		Barnászöld	300 °C		Búzavirágkék
520-580 °C		Feketésbarna	310 °C		Világoskék
			320 °C		Szürkéskék
			330 °C		Szürke, szürkészöld

11. ábra. Izzítási és megeresztési színek

### Nemesítés

A nemesítés martenzites edzésből és magas hőmérsékletű megeresztésből áll. A nemesítést 0,3 % - nál magasabb karbon tartalmú hipoeutektoidos acélokon alkalmazzák.

Nemesítés:



12. ábra. Nemesítés

Ezzel a hőkezeléssel beállítható a megfelelő szilárdság–szívósság arány. A megeresztési hőmérséklet növelésével csökken a keménység és a szilárdság, ezzel szemben nő az ütőmunka és az alakíthatóság.

Dinamikus igénybevételnek kitett alkatrészek esetében (törésveszély) a megeresztési hőmérséklet magasabb (600–680 °C). Amennyiben magas folyáshatár elérése a cél a megeresztési hőmérséklet alacsonyabb (450–520 °C).

A nemesítés technológiai paramétereinek meghatározása egy optimalizálási folyamat (szilárdság–szívósság). A megeresztés idejét (1,5–2 óra) és hőmérsékletét az alkatrész igénybevétele és összetétele alapján kell megválasztani.

Maximális folyáshatár érhető el az úgynevezett nemesítéssel. Nemesítés során az edzést nagyhőmérsékletű megeresztés követi.

### Feszültségcsökkentés

Célja az előző megmunkálások során az acélban felgyülemlt feszültségek megszüntetése. A feszültségcsökkentés az A1 átalakulási pont, rendszerint 650 °C alatti hőmérsékleten végzik. Anélkül, hogy az acél szövetszerkezetében változás menne végbe.

### Felületkezelő eljárások

Egyes alkalmazások megkövetelik az alkatrész felületének kopásállóságát, ugyanakkor, a terhelésből adódóan, egyidejűleg követelmény a megfelelő szilárdság és szívósság. Ilyen alkalmazásra példa a belsőégésű motorok forgattyús tengelye, amely a működésből adódó igénybevételek szempontjából megfelelő szilárdságú kell, hogy legyen, az ismétlődő, fárasztó igénybevételből következően jó szívóssági tulajdonságokkal kell, hogy rendelkezzen és a tengely megfelelő pontjain a kopásállóság az irányadó szempont (siklócsapágyak kapcsolódó felületei).

A felületi hőkezelések (kérgesítő eljárások) célja kemény, kopásálló felületi kéreg létrehozása a mag szívósságának megtartása mellett.

Megkülönböztetünk:

- anyagfelvitel nélküli és
- anyagfelvitellel járó felületkezelési eljárásokat (termokémiai kezelések). A leggyakrabban alkalmazott felületkezelő eljárások közé tartozik a felületi edzés, a betétedzés és a nitridálás.

### Felületi edzés

A felületi edzés a munkadarab külső rétegének hevítéssel és azt követő gyors hűtéssel megvalósított hőkezelése. A szívós magot (szferoidit) a nemesített állapot, és szövetszerkezet biztosítja, a kemény kéreg kopásállóságát az edzett, martenzites szerkezet adja. A felület és a mag között jelentősek hőmérséklet-különbségekből adódó feszültségek, amelyek 150–250°C közötti utólagos megeresztéssel (feszültségmentesítéssel) csökkenthetők.

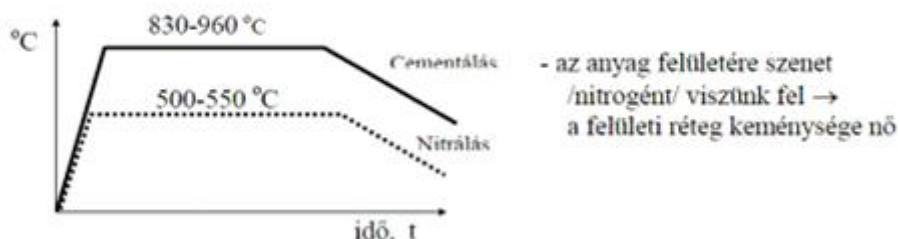
Felületi edzés előtt a darabot nemesítik, majd kérgét lokálisan ausztenitesítik és edzik. A hevítésnek igen gyorsnak (néhány 100°C/s) kell lennie, hogy a már nemesített mag szövetszerkezete ne változzon meg közben. A lokális hevítés több módon végezhető. Az eljárások a hevítéshez használt energiaforrás szerint csoportosíthatók. Így megkülönböztetünk lángedzést, indukciós edzést, elektronsugaras edzést, valamint lézeredzést. Lángedzéskor nagyobb kéregvastagság (1,5 mm-től max. 12 mm-ig) érhető el. Indukciós edzés esetében az alkalmazott váltakozó áram frekvenciájának változtatásával szabályozható a kezelt réteg vastagsága (minél nagyobb a frekvencia, annál vékonyabb réteg hevül fel, a beedzett réteg néhány tized mm-től max. 10 mm-ig terjed).

Felületi edzéssel természetesen a nemesíthető acélokat lehet kezelni. A nemesítés eredményességét szakítóvizsgálattal és ütvehajlító vizsgálattal ellenőrzik, az edzés sikerét pedig Rockwell keménységméréssel HRC.

### Termokémiai kezelések

Ebben az esetben a darab felületét valamilyen elemmel (C, N, B, Si, S,...) diffúziósan dúsítják, tehát a mag és a kéreg különböző kémiai összetételű lesz. Ezek közül az eljárások közül legelterjedtebbek a karbon bevitellel megvalósított betétedzés, és a nitrogén dúsítással járó nitridálás.

#### Cementálás, nitridálás:



13. ábra. Cementálás



### Betétedzés

A betétedzés lényege, hogy az alkatrész felületét karbonnal dúsítják majd az alkatrészt edzik. A darab szívóssága az acél kis karbon tartalmából adódik, a kéreg keménysége pedig az edzett, martenzites szövetszerkezetből.

A megfelelő szívósság elérése érdekében alacsony karbon tartalmú, ( $C < 0.25\%$ ) nem edzhető acélminőségeket használnak, amelyek lehetnek ötvözetlenek vagy ötvözöttek. Ezeket az acélokat betétedzhető acéloknak nevezzük. Ötvözéssel a mag szilárdságát javítják. Az ilyen, alacsony karbon tartalmú acélok kérgébe karbont diffundáltatva – cementálás – a kéreg karbon tartalma a nemesíthető, sőt a szerszámacélokéra jellemző mértékűre növelhető ( $0.6\% < C < 1\%$ ). Ha ezt követően az egész darabot ausztenitesítik majd edzik (többféle edzés mód alkalmazható), a mag a kis karbon tartalom miatt nem edződik be, lágy és szívós marad, a kéreg pedig a karbon tartalomnak megfelelő kopásállóságú lesz.

A cementálás hőmérséklete 880–950 °C (ausztenit-tartomány). A betétedzés szokásos rétegvastagsága néhány tized mm-től kb. 3 mm-ig terjed. A betétedzést megeresztés (feszültségmentesítés) követi 180–200 °C között. A kéreg maximális keménysége általában 58–63 HRC.

### Nitridálás

A nitridálás vasötvözetek olyan termokémiai kezelése, amelynek célja a felület nitrogénnel történő diffúzió általi dúsítása. A darab magjának szilárdságát és szívósságát nemesített állapot biztosítja. A kéreg keménységét az ötvözőelemek (Al, Mo, V, Ti) nitrid vegyületei adják. A nitridálható acélok tehát nitridképző elemekkel ötvözött nemesíthető acélok. Nitridálás előtt az alkatrészeket nemesítik.

A nitridálást nitrogén leadó közegben ( leggyakrabban ammónia,  $2\text{NH}_3 \rightarrow 2\text{N} + 3\text{H}_2$ ) végzik. A nitrogén a felületbe diffundálva ötvöző nitrideket alkot. A nitridálás hőmérséklete valamivel kisebb, mint az acél megeresztési (nemesítés során alkalmazott) hőmérséklete. A nitridált kéreg keménysége meghaladhatja az 1000...1200 HV keménységet, szemben a betétedzett kéreg keménységével. Nitridálással tized mm nagyságrendbe eső kéregek alakíthatók ki.

### Felületkezelt alkatrészek mechanikai tulajdonságainak összehasonlítása

Mivel az ötvöző nitridek jóval keményebbek a martenzitnél, nitridálással érhető el a kéreg legnagyobb keménysége. A martenzit annál keményebb, minél nagyobb az ausztenit karbon tartalma amiből keletkezett, ebből kifolyólag a betétedzett darabok kérgé keményebb a felületi edzéssel létrehozott kéreggel szemben. A mag szilárdságát és szívósságát a karbon tartalom, az ötvözőtartalom és a szövetszerkezet határozza meg. Mivel a betétedzhető acélok karbon tartalma a legkisebb, ezért ezek magja rendelkezik a legkisebb szilárdsággal, viszont ebben az esetben érhető el a legnagyobb szívósság.

A hűtőközeg, amelyben az acélt hűtjük, lehet víz, olaj vagy levegő, (kovács szakmában), az edzendő anyag összetételétől függően. Aszerint, hogy az acél milyen hűtőközegben válik keménnyé (martenzitessé), vízedzésű, olajedzésű vagy légedzésű acélról beszélünk.

A gyakorlatban vízben edzük a lapos kézivágót, kézi és ráverő kalapácsot stb. Olajban eddzük a gyorsacélt, esztergakéseket, laprugókat, csavarrugókat stb.

### **Az acélok edzhetősége**

A szerszámokat többnyire acélból kovácsolják (készítik). Igen lényeges az edzhetőség fogalmának a megismerése. Edzhetőség az acéloknak az a tulajdonsága, amelynek alapján az acélt megfelelő hőfokra melegítve, majd hirtelen lehűtve, az megkeményedik.

Gyakorlatilag a 0,3% széntartalom feletti acélok edzhetők. A gyakorlatban azonban vannak olyan acélok is, amelyek a szénen kívül más ötvöző elemeket is tartalmaznak; ezek az acél edzhetőségét, az edzés sebességét és mélységét befolyásolják.

A gyakorlatban vízben edzük a lapos kézivágót, kézi és ráverő kalapácsot stb. Olajban eddzük a gyorsacélt, esztergakéseket, laprugókat, csavarrugókat stb.

A szerszámok és egyéb alkatrészek fontos tulajdonsága a keménység, szívósság, éltartósság. A nyeles-, a lapos vágó nem vágná el a ledarabolandó acélt, egy nyersen lekovácsolt kalapáccsal nem volna lehetséges a nyújtás, ha az él, a talprész lágy, nem hőkezeljük.

A darab lehűtését a kritikusnál nagyobb sebességgel kell végezni. Mivel a martenzit képződés térfogat növekedéssel jár, a tárgyak vetemednek, esetleg repedeznek, pl. asztalos szerszámok, vonókések élei stb., ezért úgy kell a tárgyakat a hűtőfolyadékba mártani, hogy azok elhúzódása, vetemedése minél kisebb legyen: hosszú, egyenes darabokat függőlegesen, kör alakú tárgyakat mindig él irányban mártsuk a hűtőközegbe.

Az izzó darab felületével érintkezve a hűtőfolyadék elgőzölög. Ezért a hűtőfolyadékban a darabot erőteljesen mozgatni kell oldalirányban, hogy a keletkező gőzbuborékok leváljanak a felületről. Így nem gátolják a hő elvezetését.

Az edzési hőmérsékletről hirtelen lehűtött szerszámok igen nagy keménységűek lesznek, ezért a keménység mellett szívósakká is kell tenni azokat. Ütéseknek, lökészerű igénybevételeknek stb. törékenységük miatt nem tudnak ellenállni. Ezért további hőkezelésnek kell alávetni az ilyen kemény szerszámokat. Ezt az edzés után alkalmazott hőkezelést megeresztésnek nevezzük.

### **Edzett szerszámok megeresztése**

Edzéssel és megeresztéssel az acélnak nagy szilárdságot és szívósságot tudunk biztosítani. A megeresztés lényege, hogy az edzett acélt ismét felhevítve (vagy ugyanazzal az edzési hővel) meghatározott ideig hőntartjuk, majd lehűtjük. Megeresztés közben csökken a keménység, a szilárdság, a szívósság pedig lényegesen növekszik. A keménység annál jobban csökken, minél magasabb a megeresztési hőmérséklet, minél hosszabb a hőntartási idő.

A megeresztési hőmérséklettel és a hőntartási idővel az acél szilárdsági tulajdonságai tág határok között változtathatók. Hőkezelő üzemekben az edzési és megeresztési hőmérsékletet hőfokellenőrző pirométerekkel mérik. Kovácsműhelyekben a futtatási színek segítségével következtetünk a darab hőmérsékletére.

### **Hőkezelés közben keletkező hibák.**

Amíg a megmunkálási eljárások többségénél módunk van egy művelet elvégzésének helyességét a munka közben is ellenőrizni, mérőeszközök segítségével / pl. esztergáláskor tolómérővel/, hőkezeléskor csak a művelet végrehajtása után állapíthatjuk meg annak eredményességét. Ennek elsősorban az az oka, hogy ezzel az eljárással nem a munkadarab külső alakját, hanem belső szerkezetét változtatjuk meg.

### **Az edzési hibák a következőkből adódhatnak:**

- nem tartjuk be az acél minőségének megfelelő hevítési hőfokot, nem melegszik át a darab teljes keresztmetszetében;
- előfordul, hogy az edzés nem megfelelő, mert az anyag összetétele azt nem teszi lehetővé, nem edzhető anyagon akarunk edzést végezni;
- rosszul választjuk meg a hűtőfolyadékot (víz, olaj). Pl. erősen ötvözött acélból készült szerszámot vízben hirtelen lehűtünk, a darab megrepedezik;
- nem biztosítottuk a gőzbuborékok eltávozását a hűtött felülettől (nem mozgattuk a darabot), ezért nem volt tökéletes a hőelvezetés, és nem kaptuk meg a kívánt keménységet;
- edzés előtt nem tisztítottuk meg az edzendő felületeket a revétől, ez szintén rossz lehűlést eredményez;
- edzési repedések főleg az éles sarkokból, szegletekből indulnak ki, ezeket a helyeket védeni kell a gyors lehűléstől. Az edzési hőmérsékletről hirtelen lehűtött szerszámok igen nagy keménységűek lesznek, ezért a keménység mellett szívósakká is kell tenni azokat. Ütéseknek, lökészerű igénybevételeknek stb. törékenységük miatt nem tudnak ellenállni. Ezért további hőkezelésnek kell alávetni az ilyen kemény szerszámokat.

### **Megeresztési hibák:**

- legáltalánosabban a közvetlen megeresztési hibák keletkezhetnek, melyek kellő hozzáértéssel (futtatási szín ismerete) elkerülhetők;
- nem hagytuk az edzendő részt teljes keresztmetszetében lehűlni, vagy csak rövid részt mártottunk a hűtőfolyadékba, így a darab már a hűtőfolyadékból való kiemeléskor magas hőmérsékletet kap, azaz lágy lesz (kikékül);

- nem az acél minőségének megfelelő futtatási színre eresztettük meg az edzett részt (kemény vagy puha lesz);
- edzés után nem tisztítottuk meg megfelelően a lehűtött felületeket az oxidrétegtől, így nem tudunk következtetni, az anyag megfelelő-e (nem látható a futtatási szín);
- a helyesen megeresztett darab helytelen lehűtése még feszültségeket, repedéseket okozhat, a le nem hűtött részek még magas hőfokúak és a lehűtésnél (hirtelen hűtésnél) még keményvé, martenzitessé válhatnak, ez törést-repedést eredményezhet;
- végül meghibásodáshoz vezethet az is, ha figyelmen kívül hagyjuk az azonos minőségű acélból, de más-más célra készült szerszámok igénybevételeit, és azonos futtatási szín alapján végezzük a megeresztést. A szerszámok valamelyike nem felel meg az előírt követelményeknek.

A hőkezelés, valamint annak ellenőrzéséhez számos anyagvizsgálati eljárás kapcsolódik. A felhasznált acélok összetételét leggyakrabban vegyi vagy spektroszkópiai vizsgálattal állapítják meg. A folytonossági hiányokat, repedéseket, zárványokat mágneses és villamos módszerekkel, röntgenezéssel, ultrahangos vizsgálattal, vagy egyszerűbb folyadékvizsgálati módszerrel vizsgáljuk.

### TANULÁSIRÁNYÍTÓ

A tanuló figyelmesen olvassa végig e füzet tartalmát, majd az önellenőrzés feladatait a füzet megfelelő részére való visszalapozással. Ha úgy érzi, feldolgozta a tananyagot és meg tudja válaszolni a tananyaggal kapcsolatos kérdéseket, illetve meg tud oldani a tananyaggal kapcsolatban feladatokat, ellenőrizze tudását, oldja meg az Önellenőrző feladatokat. Elengedhetetlen azonban tanárának szóbeli magyarázata is.

Oldja meg az ÖNELLENŐRZÉSI FELADATOKAT!

Az önellenőrzési feladatlap kitöltése után a MEGOLDÁSOK lapon ellenőrizze, hogy jól válaszolt-e a kérdésekre!

Amelyik válasza hibás, azt a témakört újra tanulmányozza a SZAKMAI INFORMÁCIÓ lapon!

Ha a teljesítménye hibátlan, áttérhet a következő tananyagelem feldolgozására.

Először is érdemes megválaszolni az alábbi kérdéseket:

- Átlátható-érthető a téma?
- Be tudom-e határolni, hogy pontosan milyen ismeretekkel kell rendelkezniem?
- Mire használhatók a tanultak?

Az alábbiakban a fenti kérdésekre adandó válaszadásban segítünk:

Miről is tanultunk?

A tananyag vázlata megadja a szükséges ismeretek összegzését:

Végezetül még egy jó tanács! Az anyagot úgy tudjuk a legjobban elsajátítani, ha megértjük.

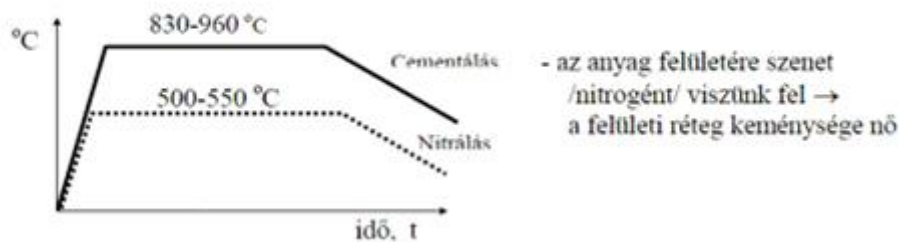
Az anyag logikájának, összefüggéseinek és alapvető ismereteinek elsajátításával már képesek vagyunk a munkahelyzet és a továbbiakban leírt mintafeladatok megoldására.

Feladatok

A különböző forgácsoló eljárásokat hogyan befolyásolják az egyes hőkezelések?

Olvasson jellemző hőmérséklet értékeket és szén százalékokat a vas–szén állapotábráról!

Cementálás, nitrálás:



14. ábra.

A gyakorlati foglalkozáson lapos vágót kovácsoltak. Írja le, hogyan történik a vágó edzése!

Hajlítási feladatunk van. Milyen hőkezelő eljárást alkalmazna a hajlítást megelőzően?

## ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

1. feladat Ismertesse a hőkezelés célját! Sorolja fel a hőkezelések négy csoportját!



2. feladat Milyen diagramban jeleníthetjük meg a hőkezelés paramétereit, és melyek ezek a paraméterek?



3. feladat Rajzolja le a hőkezelés hőmérséklet- idő diagramját és jellemezze az egyes szakaszokat!



4. feladat Ismertesse az edzési eljárás menetét! Miért történik az edzés?



5.feladat Miért van szükség megeresztésre?

6. feladat Ismertesse az edzési hibákat!

7. feladat A megeresztési eljárások során keletkező hibák ismertetése.

## MEGOLDÁSOK

## 1. feladat

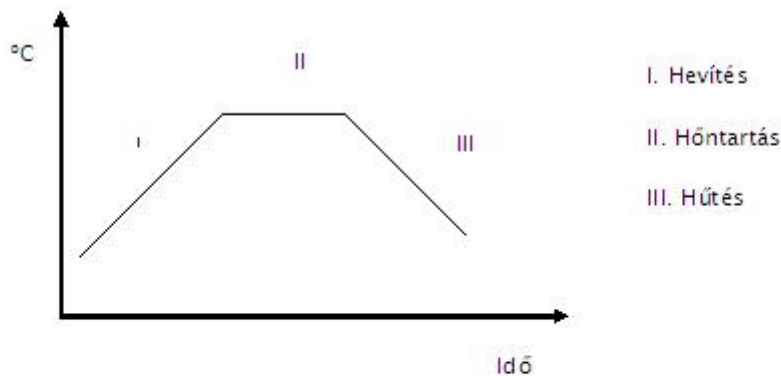
A hőkezelés célja a munkadarabok szövetszerkezetének, ezáltal a fizikai, mechanikai és technológiai tulajdonságainak megváltoztatása, módosítása azért, hogy azok a rendeltetésüknek megfelelő igénybevételekkel szemben ellenálljanak, a megmunkálhatóságot pedig elősegítsék. A hőkezelő eljárások négy fő csoportjába tartoznak: az egyenműsítő hőkezelések, a keménységet fokozó eljárások, a szívósságok fokozó kezelések és a felületi vagy kérgesítő eljárások.

## 2. feladat

A hőkezelési eljárások során a legfontosabb dokumentumok a hőmérséklet- idő diagramok és a technológiai dokumentumok. Ezek a dokumentumok meghatározzák a hevítés, a hőntartás és a hűtésre vonatkozó technológiai és műveleti utasításokat.

## 3. feladat

Hőkezelés szakaszai: I. Hevítés II. Hőntartás III. Hűtés



Hőkezelés hőmérséklet - idő diagrammja

15. ábra.



**Hevítés:** hevítéskor a fémek kitágulnak. Fontos tehát, hogy a munkadarab felülete lassan hevüljön, a hőnek legyen ideje annak belseje felé áramlani és így kicsi legyen a hőmérsékletkülönbség. A megfelelő hevítési sebesség meghatározása mind minőségi, mind gazdaságossági szempontból lényeges feladat. Hőntartás: – a hőntartás idejét nagymértékben befolyásolja a munkadarab geometriai mérete. Továbbá úgy kell megválasztani a hőntartás idejét, hogy az elegendő legyen az előírt érték eléréséhez anélkül, hogy szemcsedurvulás keletkezne. Hűtés: – a lehűtés sebessége függ a mindenkor alkalmazott hűtőközegtől. A hűtés lehet lassú és gyors attól függően, hogy mi a hőkezelés célja.

---

### 4.feladat

Az edzés során a célunk az, hogy az acél szövetszerkezetét lehetőleg a teljes keresztmetszetében martenzitizált alakítsuk át, ezáltal a lehető legkeményebb állapot elérjük. A martenzitizált ausztenitből hozzuk létre. A felhevített munkadarabot a teljes keresztmetszetben történő átmelegítést követően gyors hűtéssel lehűtjük. A helyes hűtés megválasztása nagymértékben befolyásolja az edzés sikerességét. A gyakorlatban használt hűtőközegek: a levegő, a víz, sófürdő, a fémfürdő.

---

### 5.feladat

**Megeresztés:**A lényegében feszültségcsökkentő hőkezelés során az edzést, vagy nagyobb hőmérsékletű megmunkálást követően kialakuló feszültségeket, vagy a káros ridegséget szüntetjük meg. Kishőmérsékletű megeresztés: Ekkor az anyagot 150–200°C-ra hevítik, hőntartják és lassan lehűtik. A szén a martenzitizáltból még nem tud kitudiffundálni, de a feszültségek már oldódnak, ezért főleg forgácsolószerszámoknál, valamint vetemedésre érzékeny alkatrészeknél alkalmazzák, hogy a keménység megmaradása mellett csökkenjen a belső feszültség. Nagy hőmérsékletű megeresztés: Ennek során az anyagot 220–320°C-ra hevítik, hőntartják és lassan lehűtik. A szén kis része a martenzitizáltból ki tud diffundálni. Ott alkalmazzák, ahol a keménység kismértékű csökkenése megengedhető. Ezt ellensúlyozza a szívósság nagymértékű növekedése, így a szerszámok és alkatrészek dinamikus húzó-, hajlító-, csavaró- igénybevételének jobb elviselése.

## 6. feladat

**Hőkezelés** közben keletkező hibák. Amíg a megmunkálási eljárások többségénél módunk van egy művelet elvégzésének helyességét a munka közben is ellenőrizni, mérőeszközök segítségével / pl. esztergáláskor tolómérővel/, hőkezeléskor csak a művelet végrehajtása után állapíthatjuk meg annak eredményességét. Ennek elsősorban az az oka, hogy ezzel az eljárással nem a munkadarab külső alakját, hanem belső szerkezetét változtatjuk meg. Az edzési hibák a következőkből adódhatnak: nem tartjuk be az acél minőségének megfelelő hevítési hőfokot, nem melegszik át a darab teljes keresztmetszetében;előfordul;rosszul választjuk meg a hűtőfolyadékot (víz, olaj). Pl. erősen ötvözött acélból készült szerszámot vízben hirtelen lehűtünk, a darab megrepedezik;nem biztosítottuk a gőzbuborékok eltávozását a hűtött felülettől (nem mozgattuk a darabot), ezért nem volt tökéletes a hőelvezetés, és nem kaptuk meg a kívánt keménységet;edzés előtt nem tisztítottuk meg az edzendő felületeket a revétől, ez szintén rossz lehűlést eredményez;edzési repedések főleg az éles sarkokból, szegletekből indulnak ki, ezeket a helyeket védeni kell a gyors lehűléstől.

## 7. feladat

**Megeresztési hibák:** legáltalánosabban a közvetlen megeresztési hibák keletkezhetnek, melyek kellő hozzáértéssel (futtatási szín ismerete) elkerülhetők; nem hagytuk az edzendő részt teljes keresztmetszetében lehűlni, vagy csak rövid részt mártottunk a hűtőfolyadékba, így a darab már a hűtőfolyadékból való kiemeléskor magas hőmérsékletet kap, azaz lágy lesz (kikékül); nem az acél minőségének megfelelő futtatási színre eresztettük meg az edzett részt (kemény vagy puha lesz); edzés után nem tisztítottuk meg megfelelően a lehűtött felületeket az oxidrétegtől, így nem tudunk következtetni, az anyag megfelelő-e (nem látható a futtatási szín); a helyesen megeresztett darab helytelen lehűtése még feszültségeket, repedéseket okozhat, a le nem hűtött részek még magas hőfokúak és a lehűtésnél (hirtelen hűtésnél) még keményvé, martenzitessé válhatnak, ez törést-repedést eredményezhet; meghibásodáshoz vezethet az is, ha figyelmen kívül hagyjuk az azonos minőségű acélból, de más-más célra készült szerszámok igénybevételeit, és azonos futtatási szín alapján végezzük a megeresztést.

## IRODALOMJEGYZÉK

### FELHASZNÁLT IRODALOM

Dr. Márton Tibor : Forgács nélküli alakítások Műszaki Könyvkiadó, 1999

Dr. Bagyinszki Gyula – Dr. Kovács Mihály: Gépipari alanyagok és félkész gyártmányok ANYAGISMERET, Tankönyvmester Kiadó, Budapest, 2001

Dr. Márton Tibor – Plósz Antal – Vincze István Anyag-és gyártásismeret a fémipari szakképesítések számára, Képzőművészeti Kiadó, 2007

Frischherz–Dax–Gundelfinger–Haffner–Itchner–Kotsch–Staniczek: Fémtechnológiai 1.

Alapismeretek B+V lap-és Könyvkiadó Kft, Budapest, 1993

Frischherz–Dax–Gundelfinger–Haffner–Itchner–Kotsch–Staniczek: Fémtechnológiai2.

Szakismeretek B+V lap-és Könyvkiadó Kft, Budapest,1993

Miroslav Hluchýs kollektívája: Anyagismeret Műszaki Könyvkiadó, Budapest,1984A címelem tartalma és formátuma nem módosítható.

Több fejezetből álló munkafüzet esetén is csak egyszer, a munkafüzet legvégén kerüljön feltüntetésre az irodalomjegyzék, az alábbiakban látható bontásban.

### AJÁNLOTT IRODALOM

Fenyvessy Tibor– Fuchs Rudolf– Plósz Antal Műszaki táblázatok, Budapest, 2007

Frischherz – Dax– Gundelfinger– Haffner– Itchner– Kotsch– Staniczek: Fémtechnológiai táblázatok, B+V lap-és Könyvkiadó Kft

A(z) 0225-06 modul 003-as szakmai tankönyvi tartalomeleme felhasználható az alábbi szakképesítésekhez:

A szakképesítés OKJ azonosító száma:	A szakképesítés megnevezése
31 521 02 0000 00 00	CNC-forgácsoló
31 521 09 1000 00 00	Gépi forgácsoló
31 521 09 0100 31 01	Esztergályos
31 521 09 0100 31 02	Fogazó
31 521 09 0100 31 03	Fűrészipari szerszámélező
31 521 09 0100 31 04	Köszörűs
31 521 09 0100 31 05	Marós
33 521 08 0100 31 01	Szikraforgácsoló
33 521 08 0000 00 00	Szerszámkészítő

A szakmai tankönyvi tartalomelem feldolgozásához ajánlott óraszám:

30 óra

MUNKANYAG

A kiadvány az Új Magyarország Fejlesztési Terv  
TÁMOP 2.2.1 08/1-2008-0002 „A képzés minőségének és tartalmának  
fejlesztése” keretében készült.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap  
társfinanszírozásával valósul meg.

Kiadja a Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet  
1085 Budapest, Baross u. 52.

Telefon: (1) 210-1065, Fax: (1) 210-1063

Felelős kiadó:  
Nagy László főigazgató