

FÉMEK HŐKEZELÉSE

1. A HŐKEZELÉS CÉLJA ÉS FŐBB CSOPORTJAI

A hőkezelés célja az anyag egy vagy több meghatározott jellemzőjének a feljavítása olyan technológiai eljárás segítségével, melynek folyamán a szerkezeti alkatrészeket célszerűen megválasztott hőmérsékletre hevítik, hőntartják, majd szabályozott sebességgel lehűtik. E folyamatok alatt az anyag jellemzői úgy módosulnak, hogy az alkatrészek a rendeltetésüknek megfelelő igénybevételeket károsodás nélkül elbírják. A hőkezelési eljárásokat úgy kell megválasztani, hogy a folyamatok alatt az alkatrészek alakja és méretei lényegesen ne változzanak. A hőkezelési eljárások négy főcsoportba sorolhatók:

1. amelyeknek a célja az anyag lágyítása és belső feszültségeinek a csökkentése.
2. amelyeknek végcélja, hogy az alkatrészeket teljes keresztmetszetükben, vagy csak a felületükön tegyék keménnyé, hogy így nyomás- és kopásállóvá váljanak.
3. amelyek az anyag szívósságát növelik.
4. amelyek segítségével a készremunkált alkatrészek felületét ötvözik.

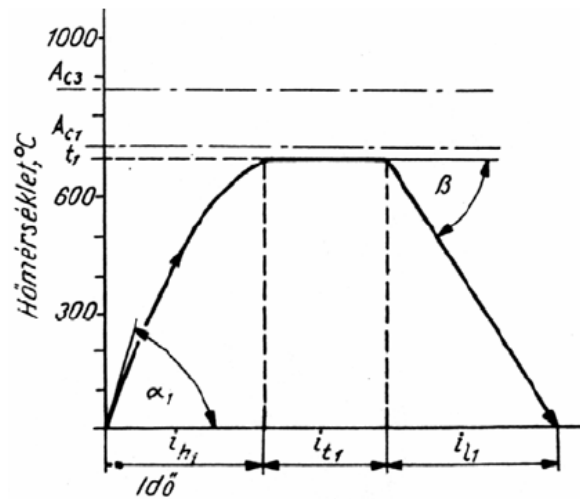
2. A HŐKEZELÉS VÉGREHAJTÁSÁNAK MÓDSZERE: HŐMÉRSÉKLET – IDŐ DIAGRAMOK

Minden hőkezelő eljárás három szakaszból tevődik össze:

- felhevítés a hőkezelés céljának megfelelő hőmérsékletre,
- hőntartás az átalakuláshoz (vagy más hatás eléréséhez) szükséges időtartamig,
- lehűtés szabályozott sebességgel.

A hőkezelési eljárások lefolyását *hőmérséklet-idő* diagramok határozzák meg. A folyamatok tervezése során ezeket a diagramokat úgy kell elkészíteni, hogy az azok alapján elvégzett hőkezelés a munkadarab legjobb tulajdonságait a *leggazdaságosabban* biztosítsa és a selejtképződést megakadályozza.

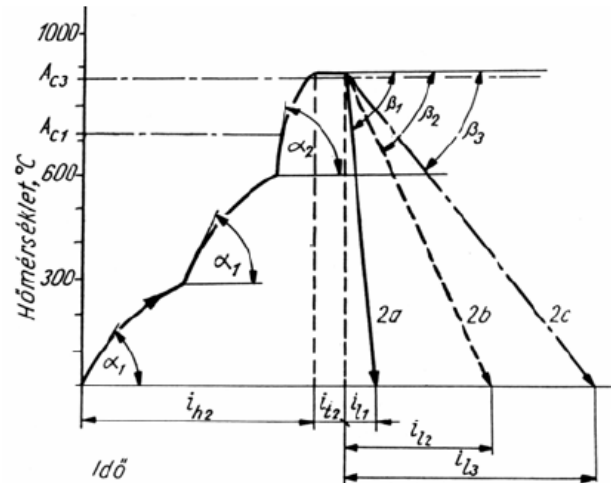
A lenti bal oldali ábra olyan hőkezelési eljárást mutat be, amelynek a hőmérséklete kisebb az A_{c1} (hevítésnél ez az első kritikus pont) hőmérséklettől. Ezért itt nem történik $\alpha \Rightarrow \gamma \Rightarrow \alpha$ átalakulás.



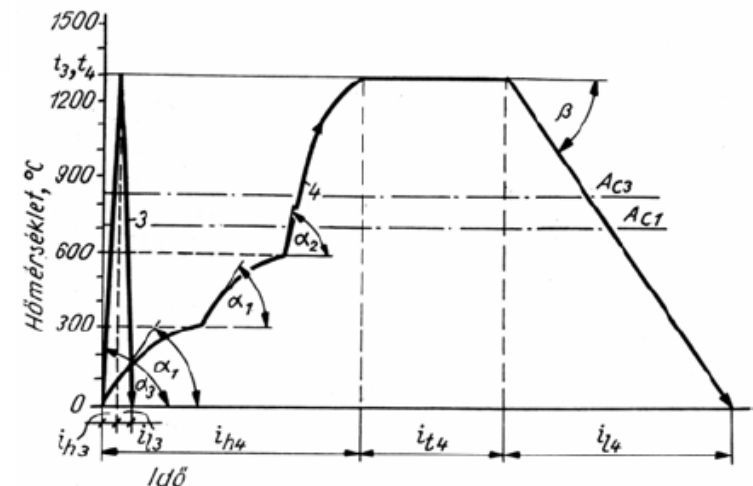
A_{c1} -nél kisebb hőmérsékletű hőkezelés hőmérséklet – idő diagramja

A jobb oldali ábra olyan hőkezelési diagramokat szemléltet, amelyeknél a felmelegítés a túlhevítés hőmérsékletére történt. A 3-as számú diagram az induktív kéregedzés diagramja, ahol a gyors hevítést hőntartás nélküli gyors hűtés követ. A 4-es diagram olyan hőkezelést ábrázol, amely a diffúziós tényező legnagyobb értékét biztosítja és figyelmen kívül hagyja a káros szemcsedurvulást. Ilyen eset az ötvöző hőkezeléseknél fordul elő.

A 7.02. ábra olyan hőkezelések diagramja, amelyek az A_{c3} – től nagyobb hőmérsékleten zajlanak, vagyis a folyamatok során az $\alpha \Rightarrow \gamma \Rightarrow \alpha$ átkristályosodás végbemegy. A hevítés lépcsősen történik.



A_{c3} -nál nagyobb hőmérsékletű hőkezelés hőmérséklet – idő diagramja, 2a-edzés, 2b-normalizálás, 2c-teljes kilagyítás



A túlhevítés hőmérsékletén végzett hőkezelések hőmérséklet – idő diagramja, 3-induktív kéregedzés, 4-diffúziós izzítás

A hőkezelési műveletek tervezésénél először meg kell határozni a hevítés hőmérsékletét, ami a hőkezelés fajtájától függ. Utána meg kell állapítani a felhevítés sebességét. Ezt a munkadarab anyaga és méretei határozzák meg. A hőntartás idejének annyinak kell lennie, amennyi szükséges a hőkezelés folyamatának a lezajlásához. A lehűtés sebességét a $\gamma \Rightarrow \alpha$ átalakulás szükséges módja határozza meg. A hőkezelés gazdaságosságát úgy lehet biztosítani, hogy a teljes művelet egyes szakaszainak az időtartamát a lehető legrövidebbre választják, amely még biztosítja a hőkezelés céljának az elérését és a selejtté válás elkerülését.

3. A HEVÍTÉSI KÖRNYEZET HATASA A MUNKADARABRA

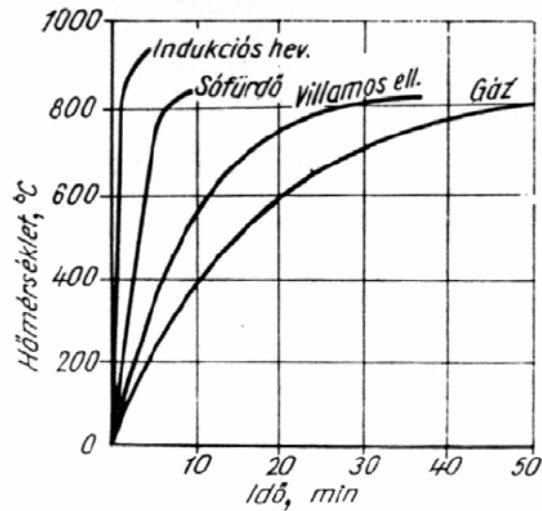
Hevítés alatt a munkadarabot gáznemű vagy folyékony közeg veszi körül. A hevítés és a hőntartás alatt a munkadarab és az őt körülvevő közeg között vegyi kölcsönhatás alakul ki, melynek következtében a munkadarab felületi rétegének a kémiai összetétele általában megváltozik. A környezet hatása lehet oxidáló, redukáló, C-kivonó, ötvöző vagy semleges. Ötvöző hőkezelésnél a felületi réteg valamilyen elemmel (C, N, Al, Cr, Si, S) való dúsítása következik be, amelyet a hevítési környezet biztosít. Ez a dúsítási folyamat két szakaszra bontható:

- az elemnek a fémes felületen történő adszorpciója, és
- az adszorbeált elemnek befelé való diffundálása.

A hőkezelés kemencében folyik le. A kemence-atmoszféra kölcsönhatása az izzított acéltárgy felületi rétegében C-tartalom csökkenést és revésedést (rozsdaképződést) okozhat. Ezért a hőkezelendő acél-alkatrészek felületi védelmét biztosítani kell a hőkezelés teljes körfolyama alatt. Ez a tárgyak a kemence-atmoszférától valamilyen módon való elszigetelésével történik. Ez az elszigetelés megvalósítható a tárgy csomagolószerbe vagy só-, ill. fémfürdőbe való behelyezésével, védőmázzal való bekenésével, de legjobb a szabályozott, védőgázos kemence-atmoszférák alkalmazása.

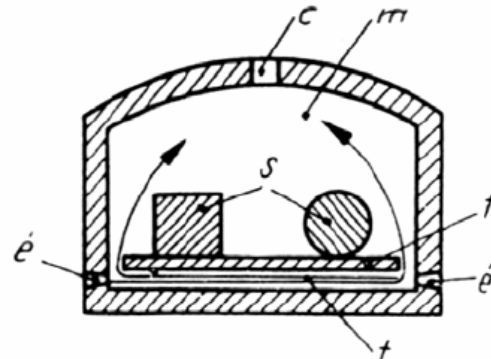
4. HEVÍTŐ BERENDEZÉSEK

A veszteségeket legnagyobb mértékben lehet csökkenteni a hőkezelés időtartamának csökkentésével. Ezért a munkadarabok méreteinek megfelelő leggyorsabb hevítésre kell törekedni. Az elérhető hevítési sebesség nagymértékben függ a hőenergia forrásától, amit a lenti bal oldali ábrán látható diagram szemléltet.

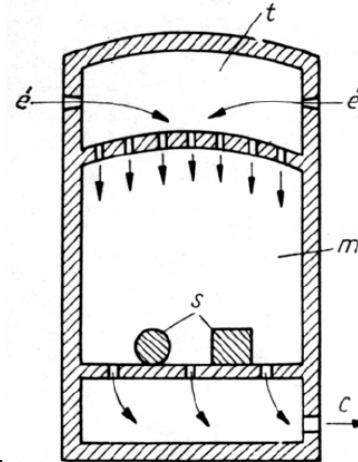


A különböző hőforrásokkal
elérhető
hevítési hőmérséklet – idő
diagramszakaszok

A hőkezelés termelékenysége függ a hőkezelő berendezés szerkezetétől. Legkisebb hatásfokúak a **kamrás kemencék**. A lenti ábrák olyan gáztüzelésű kamrás kemencéket mutatnak be, amelyekben a munkadarabok közvetlenül érintkeznek a füstgázokkal, így a felületük károsodhat, mivel C-csökkenés és revésedés alakulhat ki.

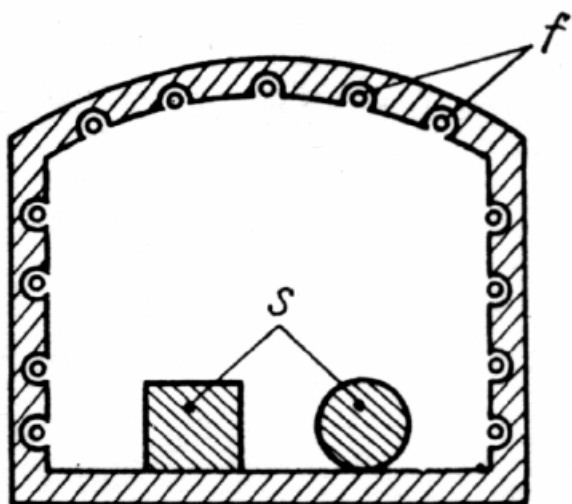


Alsó tüzelésű izzítólapos kamrás
kemence,
m – munkatér, é - égők, t – égéstér,
f – izzítólap,
c – füstcsatorna, s – munkadarabok

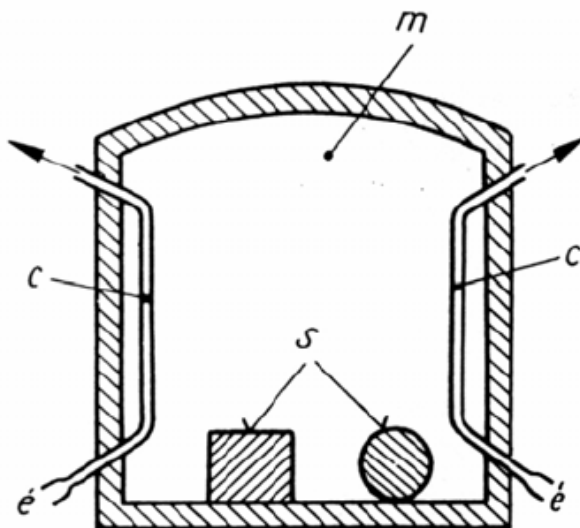


Boltozatfűtésű kamrás kemence,
é – égők, t – égéstér,
m – munkatér,
c – füstcsatorna,
s – munkadarabok

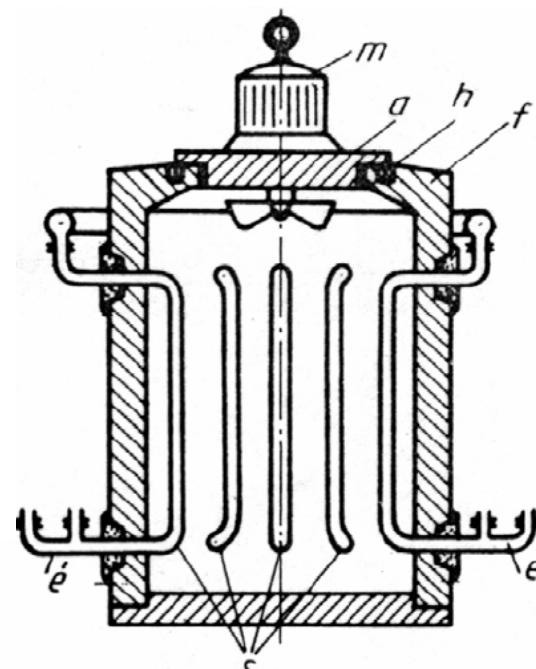
A következő fólia ábrái olyan kamrás kemencéket szemléltetnek, amelyekben a munkadarabok és a füstgázok nem érintkeznek. Ezekben a behelyezett anyagok elgázosításával vagy védőgáz bevezetésével védőgázos közeg létesíthető. A munkadarabok védve vannak a füstgázok káros vegyi hatásától az ún. **tokos kemence** füstgázoktól elszigetelt tokjában is. A kamrás kemencék rendszerint egy oldalajtós kivitelben készülnek, vízszintesen rakhatók és üríthetők. Daruval könnyebben kiszolgálhatók a **függőleges aknás kemencék**. Ezeknek egyik típusát, a **sugárzócsöves aknás kemencének** a vázlatát a jobb oldali ábra szemlélteti.



Villamos ellenállásfűtésű kamrás kemence
f – fűtőszálak, s - munkadarabok



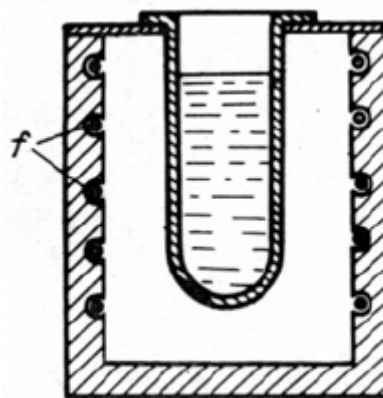
Sugárzócsöves kamrás kemence,
m – munkatér, é – égők, s - munkadarabok
c – belsőfűtésű sugárzócsövek



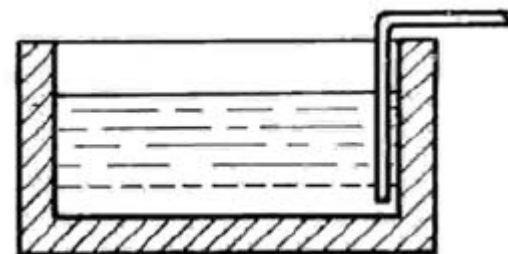
Sugárzócsöves aknás kemence
a – ajtó, h – homokzár, m – ventilátor,
é – égők, a – sugárzócsövek

Kiseb munkadarabok gyors hevítése elvégezhető **sófürdős kemencékben**. Ezeknek két típusa ismert.

Az egyik külső fűtésű **tégelykemence**, amelynél a hőenergiát gáz, olaj vagy villamos ellenállás biztosítja. A sófürdőt lágyacélból készült tégelybe helyezik. (ábra jobbra). A sófürdős kemencék másik típusa a kis feszültségű árammal (5...20 V) közvetlenül fűtött, nagy élettartamú, samottal falazott **elektródafűtésű sókemence**, melynek vázlatos rajzát az ábra mutatja be.

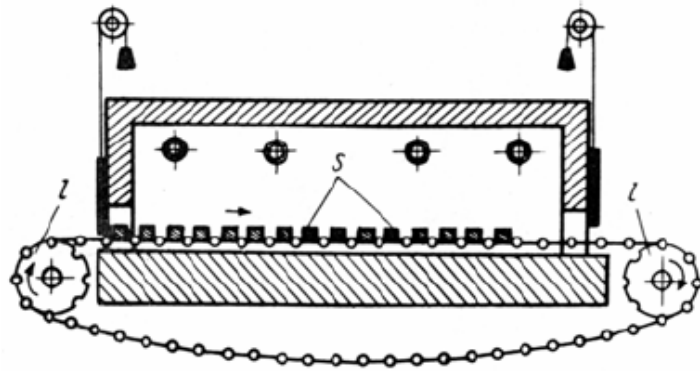


Villamos ellenállásfűtésű sófürdős tégelykemence, f – fűtőszálak



Elektródafűtésű sókemence

A kemencék termelékenységét és hatásfokát csak gépesítéssel lehet növelni. Ilyenek az **alagútkemencék**. Ezeknek egyik típusa az ábrán látható **szállítószalagos alagútkemence**. Ennek hossza mentén a fűtés szabályozásával különböző hőmérsékletű munkaterek alakíthatók ki és így megvalósítható a növekvő sebességű felhevítés.



Szállítószalagos alagútkemence
I – lánckerék, s- munkadarabok

5. IZZÍTÁSI MŰVELETEK

Feszültségcsökkentés

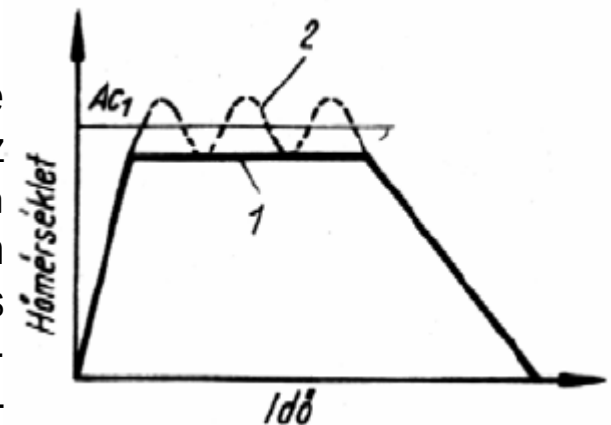
Öntés és hideg- vagy melegalakítás után, valamint egyes hőkezelési eljárások során az anyagban mindig maradnak vissza belső feszültségek, amelyek igyekeznek a tárgy alakját megváltoztatni. Ezek a belső feszültségek fokozódnak, ha a lehűlés egyenetlen, ha a tárgy egyes részei előbb hűlnek le és emiatt a később lehűlő részek nem zsugorodhatnak kellő mértékben. Ezek újabb feszültségeket ébresztenek. A belső feszültségek a további alakításkor vagy annélkül is a munkadarab vetemedését okozhatják, sőt néha törést, repedést idézhetnek elő. Az így kialakult belső feszültségeket megfelelő hőkezeléssel csökkenteni lehet és kell is. Azt a hőkezelési eljárást, amellyel a megmunkálás során kialakult belső feszültségeket csökkenteni lehet, **feszültségcsökkentésnek** vagy **feszültségcsökkentő izzításnak** nevezik. Feszültségcsökkentéskor a munkadarabot lassan felmelegítik, 1...2 órán át hőntartják, majd kemencében egyenletesen lehűlni hagyják. Az izzítást izzítódobozban végzik, amikor a tárgy homokba vagy kiizzított kokszzarába van ágyazva. A feszültségcsökkentés az A_{c1} hőmérséklet alatt, 180...650 °C-on játszódik le. Minél nagyobb az izzítás hőmérséklete, az anyagban annál kevesebb feszültség marad vissza. A felső hőmérsékletet úgy kell megválasztani, hogy az előzetes hőkezeléssel kapott szövetszerkezet megmaradjon. A helyesen végzett feszültségcsökkentés az acél egyéb tulajdonságait nem változtathatja meg.

Feszültségcsökkentő izzítást a következő esetekben szoktak alkalmazni:

1. melegalakítás (kovácsolás, sajtolás stb.) után.
2. hidegalakítás (hajlítás, domborítás stb.) után, ha utána más hőkezelés nincs előlátva, és ha fontos, hogy a munkadarab mérettartó legyen,
3. gyors hűtéssel járó hőkezelés (pl. edzés) után a repedésre, vetemedésre hajlamos acéloknál, ha egyéb hőkezelés nem következik,
4. forgácsolással végzett nagyolás után, simító megmunkálás előtt, tagoltabb, vetemedésre hajlamos munkadaraboknál (forgattyústengelyek, üregelőtűk, gördülőcsapágygyűrűk stb.),
5. simítófogás után, készreköszörülés előtt,
6. előköszörülés és simítóköszörülés között,
7. egyengetés után.

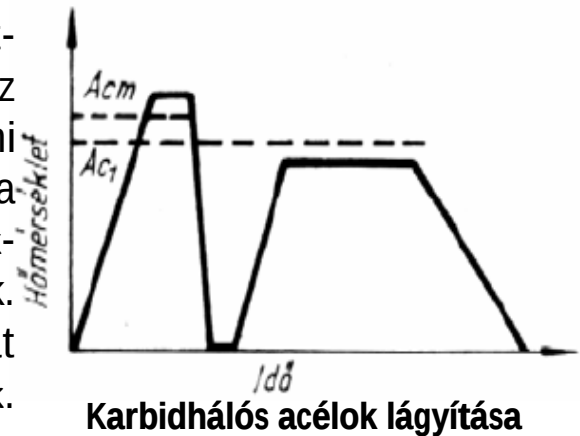
Lágyítás

A lágyításnak (lágyító izzításnak) az a célja, hogy az acél keménységét csökkentse a megmunkálás megkönnyítésének érdekében. Lágyításnál a munkadarabot az A_{c1} átalakulási hőmérsékletet megközelítő, de azt meg nem haladó hőfokra lassan melegítik, 2...6 órán át hőntartják, majd igen lassan, lezárt kemencében lehűlni hagyják. A folyamat alatt a cementitlemezek gömbökké formálódnak és így a szövetszerkezet szemcsés perlitté alakul, amely a legjobb forgácsolhatóságot biztosítja. A lágyításra az jellemző, hogy a szemcseméretetek megmaradnak, csak a szemcsehatárokon belül változik a szövetszerkezet, pl. a martensit perlitté bomlik. A folyamat eredményesebbé tétele érdekében, főleg a durva karbidszemcsés hipereutektoidos acéloknál a hőmérsékletet rövid időre 10...20 °C-kal többször A_{c1} fölé emelik, majd lassan az alá csökkentik (ábra jobbra). Ezzel a hőmérsékletváltoztatással elősegíthető a cementit gömbösödése és ezzel együtt a forgácsolással való megmunkálás is.



Lágyítási folyamatok
1 – közönséges és 2 – váltakozó
hőmérsékletű lágyítás

Hipereutektoidos acélokban a karbidok gyakran hálószerűen veszik körül a perlit-szemcséket. Ötvözetlen acéloknál ez a háló könnyen felszakadozik, viszont az ötvözött hipereutektoidos acéloknál a szokásos lágyítás után is megmarad, ami az anyagot rideggé, törékennyé teszi. Ezért ezeknél az acéloknál a lágyítást a következő módon végzik: az anyagot az A_{cm} -nél valamivel nagyobb hőmérsékletre melegítik, 10...40 percig hőntartják, amíg az összes karbid fel nem oldódik. Ezután a munkadarabot olajban lehűtik, majd ismét felmelegítik és 1...2 órán át A_{c1} -et megközelítő, de ezt el nem érő hőmérsékleten tartják és lassan lehűtik. Ezzel a módszerrel a karbidháló újraképződése megakadályozható (lásd ábra).



A lágyítás hosszadalmas művelet. Minél ötvözöttebb az acél, annál hosszab hőntartási időre és annál lassúbb lehűlésre van szükség. A hűtés általában 400...500 °C-ra fűtött, lezárt kemencében történik és ezután már szabad levegőn is hűthető a tárgy. A lágyítás leginkább melegalakítás után szükséges a megmunkálhatóság növelése és a belső feszültségek csökkentése céljából.

Újrakristályosítás

Az acélok hidegalakítása (hideghengerlés, húzás stb.) közben a ferrit- és perlitszemcsék nagymértékű maradó alakváltozást szenvednek. Ennek következtében az anyag keményedik és rideggé válik, alakíthatósága csökken. Mivel az egyes szemcsék alakváltozásának mértéke különböző, az anyagban belső feszültségek lépnek fel. Ha a tárgy alakváltozása egy bizonyos határt elért, további alakítás már nem végezhető rajta megfelelő hőkezelés nélkül. Az ilyenkor szükséges hőkezelést **újrakristályosításnak, rekrisztallizációnak** nevezik. Újrakristályosítással az anyag megnyújtott szemcséi visszakapják eredeti alakjukat. Az újrakristályosítás hőmérséklet határa 400...750 °C. Ez a viszonylag alacsony hőmérséklet azzal magyarázható, hogy a belső feszültségek az eltorzult szemcséket eredeti formájukra akarják visszaállítani. Minél nagyobb mértékű volt az alakítás, annál alacsonyabb hőmérséklet elegendő a rekrisztallizációhoz és annál finomabb lesz az újrakristályosodott szövetszerkezet. Ebből kifolyólag általában csak nagyfokú alakítás után szokták beiktatni ezt a hőkezelést. Az újrakristályosító izzítás időtartama 2...5 óra, és ez annál rövidebb, minél nagyobb volt a hőmérséklet (pl. 600 °C-on való kétórás izzítás helyettesíthető 15 perces 700 °C-on való izzítással).

Normalizálás (átkristályosító izzítás)

A *normalizálás* vagy *átkristályosító izzítás* az egyik legfontosabb és leggyakrabban alkalmazott izzítási művelet. Célja a túlhevítetten öntött, kovácsolt vagy sajtolat anyagok szemcseszerkezetének finomítása, ami a szilárdsági jellemzők javítását eredményezi. Erre azért van szükség, mert hevítéskor a szemcsék rendszerint eldurvulnak. Normalizálással egyenletes, finom szövetszerkezetet lehet kialakítani az alakításból eredő belső feszültségek eltüntetésével. A normalizálás lényegében abból áll, hogy a munkadarabot lassan A_{c3} hőmérsékletre hevítik, hőntartják, majd nyugvó levegőn lehűtik. Lehűlés közben a karbidok kiválnak és kialakulnak az összetételnek megfelelő szövetelemek: hipoeutektoidos acélokban ferrit és perlit, hipereutektoidos acélokban pedig perlit és cementit. A folyamatban mindig lemezes perlitet igyekeznek elérni. A hőntartási időnek akkorának kell lennie, hogy a munkadarab teljes keresztmetszetében felvegye a kellő hőfokot. A hűtést áramlástól mentes levegőn végzik, a kritikushoz jóval kisebb sebességgel. Normalizálni szokták a kis C-tartalmú (~0,4%) szénacélokat és az austenites acélokat a forgácsolhatóságuk növelése érdekében. Ekkor a keménység, a lágyított állapothoz viszonyítva növekszik, így a forgácsolás alatt az anyag nem kenődik.

Diffúziós izzítás (homogenizálás)

Ha az acélok tartalmaznak ötvöző elemeket, azok a kristályosodás folyamán általában nem egyenletesen válnak ki. Az előálló dúsulások egyenetlen szövetszerkezetet okoznak, ezek károsak az anyag szilárdsági jellemzőire, ezenkívül hőkezelés közben repedéseket okozhatnak. A **diffúziós izzítás** célja az ötvözőelemek egyenletes eloszlása, vagyis a dermedés közben előálló dúsulások megakadályozása, hogy ezáltal egyenletes szövetszerkezet alakuljon ki. Az izzítást az olvadáspontnál 100...150 °C-kal alacsonyabb hőmérsékleten végzik. Időtartama az acél összetételétől és a munkadarab méreteitől függően néhány órától több napig is eltarthat. Ezalatt az összetétel diffúzió útján kiegyenlítődik, viszont a szemcsék eldurvulnak, melyek utólag melegalakítással vagy normalizálással finomíthatók. A diffúziós izzítást főleg acélöntvényeknél alkalmazzák, valamint a cementált acéloknál, ha a kéreg C-tartalma túl nagy.

Öregítés

Az öregedési jelenség az acélok mechanikai tulajdonságainak megváltozásából áll, ami hosszabb idő alatt, külső beavatkozás nélkül megy végbe. Ezalatt az anyag keménysége növekszik, szívóssága csökken, rideggé válik.

Természetes öregítésnél a munkadarabokat 1...2 évig pihentetik, hogy a méretváltozás káros hatását kiküszöböljék. Ezalatt a belső feszültségek nagyjából kiegyenlítődnek és a méretek állandósulnak. Ez az eljárás a hosszú ideig tartó várakozás miatt nem gazdaságos.

A **mesterséges öregítés** célja a folyamat meggyorsítása. Lényege, hogy a munkadarabokat 200...600 °C közötti hőmérsékletre melegítik, itt 4...12 órán hőntartják, majd igen lassan lehűlni hagyják. A hőmérséklet felső határát úgy kell megválasztani, hogy az előzetes szövetszerkezet változatlan maradjon. Minél magasabb a hőmérséklet, az öregedés annál gyorsabban megy végbe. A mesterséges öregítésnek egy másik módja a mélyhűtés, melyet főleg szerszámok és idomszerek öregítésére alkalmaznak, keménységük növelésére és méreteik állandósítására.

Austenites lágyítás

Az A_{c3} -nál magasabb hőmérsékletről szobahőmérsékletre való hűtés közben egyes erősen ötvözött Cr és Ni, valamint Mn tartalmú acélok nem alakulnak át, hanem austenites szövetszerkezetüket szobahőmérsékleten is megtartják. Az austenites átalakulás csak jóval szobahőmérséklet alatt történik meg: -60 °C-on kezdődik és -140 °C-on fejeződik be. Az ilyen acélokat **austenites acéloknak** nevezik. Ezeknél az A_{c3} -nál magasabb hőmérsékleten az összes karbid feloldódik és gyors lehűtésnél nem válnak ki, tehát a szövetszerkezet austenites marad. Az ilyen acélok nem rozsdásodnak, savállóak és rendkívül szívósak. Az austenites Cr-Ni-acélok külső erő hatására (ütés, nyomás) átalakulnak és martensit képződik, a Mn-acélokból karbidok válnak ki; mindkét folyamat nagyfokú keményedést eredményez. Az austenites lágyításkor a Cr-Ni-acélokat 1080.....1150 °C-ról, a Mn-acélokat 1000 °C-ról vízben hűtik le. E művelet után az austenites acélok forgácsolása lágyságuk ellenére igen nehéz, mert kenődnek és a szerszám nyomására keményednek. Ezért az ilyen acélt 800...850 °C-ról levegőn hűtik, hogy elveszítse austenites szövetszerkezetét. Megmunkálás után az austenites állapot austenites lágyítással visszaállítható.

6. EDZÉS

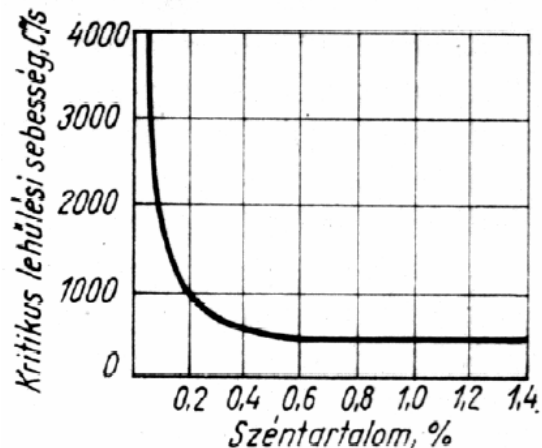
Az edzés lényege és célja

A szerszámok és az alkatrészek csak akkor tesznek eleget rendeltetésüknek, ha szilárdsági jellemzőik elérik a szükséges nagyságot. Az acélok szilárdságát és keménységét megfelelő hőkezelési eljárással, **edzéssel** lehet nagymértékben növelni. Az edzés célja, hogy az acél szövetszerkezetét ***martensitessé*** alakítsa, amely a szövetelemek közül a legkeményebb. Az edzés az A_{c3} hőmérséklet fölé való felmelegítésből és az ezt követő gyors lehűtésből áll. A martensites szerkezet kialakításához a lehűtésnek gyorsabbnak kell lennie a kritikus lehűlési sebességnél. Az edzés az egyik legfontosabb és leggyakoribb, de egyben a legkényesebb hőkezelési eljárás és sikeres elvégzése igen sok tényezőtől függ. Ilyenek: a munkadarab mérete, alakja, összetétele, az alkalmazandó hevítési sebesség és hőmérséklet, valamint a lehűlési sebesség, a hűtőközeg, az anyag kiindulási szövetszerkezete, az utólagos kezelés stb. Edzéssel az acél következő tulajdonságai változnak meg: a szerszámok élettartóssága, a munkadarab élettartama, szilárdsági tulajdonságai: szakítószilárdság, keménység, fajlagos nyúlás, szívósság, kífáradási határ, kopásállóság, korrózióállóság, villamos vezetőképeség, mágnesezhetőség, hőtágulás, hővezetőképeség stb. Az austenitmezőből a kritikusnál nagyobb sebességgel hűtött acélokban – az austenites acélok kivételével – minden esetben martensites szövetszerkezet alakul ki. Ezáltal a keménység az összetételtől függően 2...3-szorosára növekszik, míg a szívósság, a nyúlás és a kontrakció csökken. A keménységgel együtt növekszik a szakítószilárdság, valamint a folyás- és rugalmassági határ is.

Az acél edzhetőségét befolyásoló tényezők

Edzhetőség a perlites acéloknak az a tulajdonsága, hogy az austenitmezőből a kritikusnál nagyobb sebességgel hűtve, martensitessé válnak, melynek következtében a keménységük lényegesen növekszik. Az edzett acél keménysége a gyors hűtéssel keletkezett martensit keménységétől és mennyiségétől függ. Az edzett acél keménységét a martensit keménységén kívül, annak a mennyisége is befolyásolja. Ha az acélt a felső kritikus sebességnél kisebb sebességgel hűtik le, akkor a szövetszerkezete részben lesz martensites, ami kisebb keménységet biztosít. Az edzéskor keletkező martensit mennyiségét a hűtési sebességen kívül az edzési hőmérséklet és a hőntartási idő is erősen befolyásolja.

Ha az anyagot nem melegítik a szükséges hőfokra, vagy azon túlságosan rövid ideig tartják, nem alakulhat ki egynemű austenit, és edzés után az acél ferritet is tartalmaz, ami szintén csökkenti a keménységet. A martensit mennyisége a C-tartalomtól is függ (7.19. ábra), ami abban nyilvánul meg, hogy a nagy C-tartalmú (0,6...1,7% C) ötvöztelen acélok már lassúbb, pl. olajhűtéssel is nagyon keményre edzhetők, míg a közepes C-tartalmúak, mint a

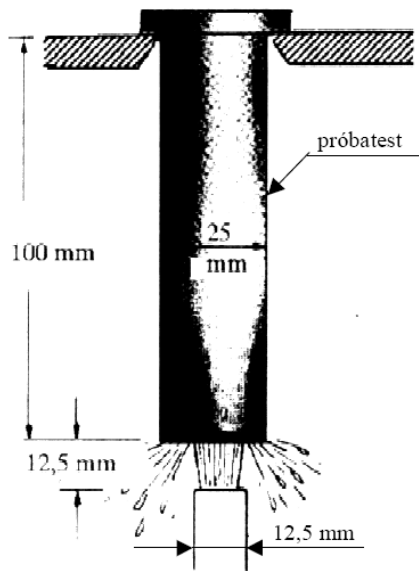


(0,3...0,6% C) csak erélyes (pl. víz) hűtéssel keményednek a kívánt mértékben. Erősen csökkentik a kritikus lehűlési sebességet az egyéb ötvözők is, pl. a Mn, Cr, Ni stb. és a velük ötvözött acélok már lassúbb hűtéssel is tiszta martensites szövetűvé válnak. Aszerint, hogy az acél milyen hűtőközegben válik martensitessé, megkülönböztethetők a *víz-*, *olaj-* vagy *légedzésű acélok*. A hideg, nyugvó levegőn is martensitessé váló acélt *önedző acélnak* nevezik. Az enyhébb hűtőközegek (olaj, fűvott levegő) használatának előnye, hogy a lassúbb lehűlés kisebb belső feszültségeket vált ki és kisebb a veszélye a vetemedés, valamint az edzési repedések megjelenésének is. Sok esetben ez indokolja az ötvözött acélok alkalmazását.

A kritikus lehűlési sebesség változása a C-tartalom függvényében

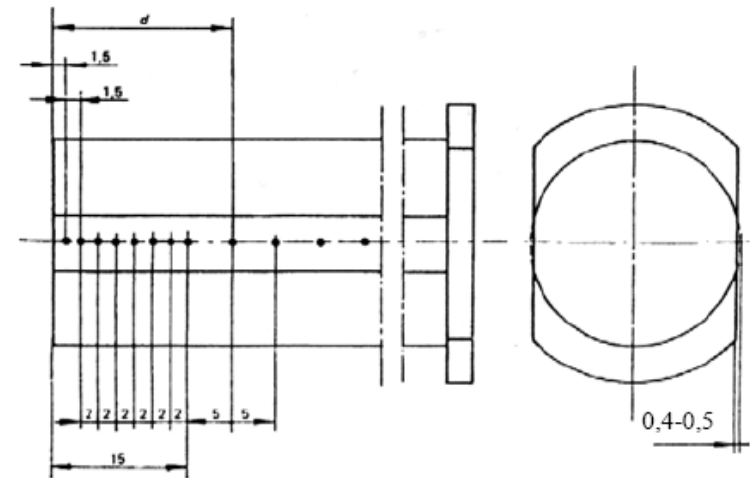
Az acél átedzhetősége

Az **átedzhetőség** minden acélfajta fontos tulajdonsága. Arról tájékoztat, hogy bizonyos szelvényű acéltárgy magja milyen keményre edződik, ill., hogy kívülről befelé haladva, hogyan csökken az edzett acél keménysége. Az átedzhetőség függ az acél C-tartalmától, az austenitszemcsék nagyságától és az acél ötvöző elemeitől. Az átedzhetőség számszerű meghatározására a **Jominy-féle vizsgálat** szolgál, melynél egy szabványos próbatestet 30 perc alatt az edzési hőmérsékletre egyenletesen felmelegítenek, 30 percig hőntartják, majd a véglapját 24 °C-os vízzel szobahőmérsékletre lehűtik, vagyis megedzik. Ezután két átelleses alkotója mentén 0,4...0,5 mm mélységben leköszörülik. A köszörült szalagokon a hűtött végtől meghatározott távolságokban megméri a HRC keménységét. A hűtött végtől távolodva, a lehűlési sebesség fokozatosan csökken, ezért a keménység is egyre kisebb lesz. A keménység és a keménységcsökkenés mértéke jellemző az acél átedzhetőségére. Az eljárásnál a víz egy 12,5 mm-es átmérőjű csőből áramlik ki és a nyomását úgy kell beállítani egy túlfolyóval ellátott tartály segítségével, hogy a próbatest behelyezése előtt a vízszög 65 ± 5 mm magasra emelkedjen (ábra a következő főlapon).

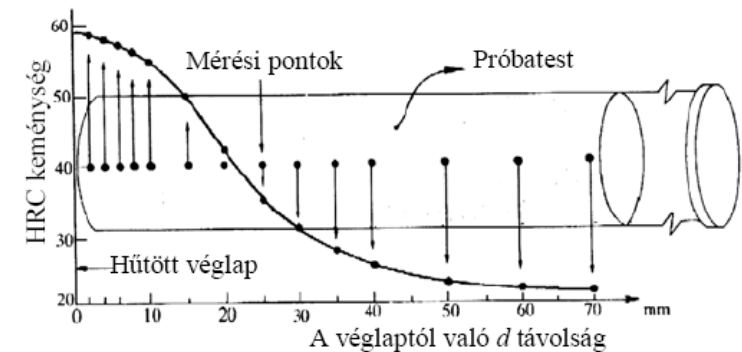


**A Jominy próba
sémája**

A keménységmérés első nyolc pontja a hűtött véglaptól mérve: 1,5–3–5–7–9–11–13–15 mm távolságban található. A többi mérési pont egymástól 5 mm-re van (ábra jobbra fenn). A keménységet a véglaptól való távolság függvényében grafikusán ábrázolva egy folytonos vonal alakul ki, amit **Jominy-görbének** neveznek. E görbe megrajzolásához a véglaptól való d távolságokat a vízszintes, míg a HRC keménységet a függőleges tengelyre kell felvinni (ábra jobbra lenn).



A keménységmérés pontjai



Az átedzhetőség görbéje

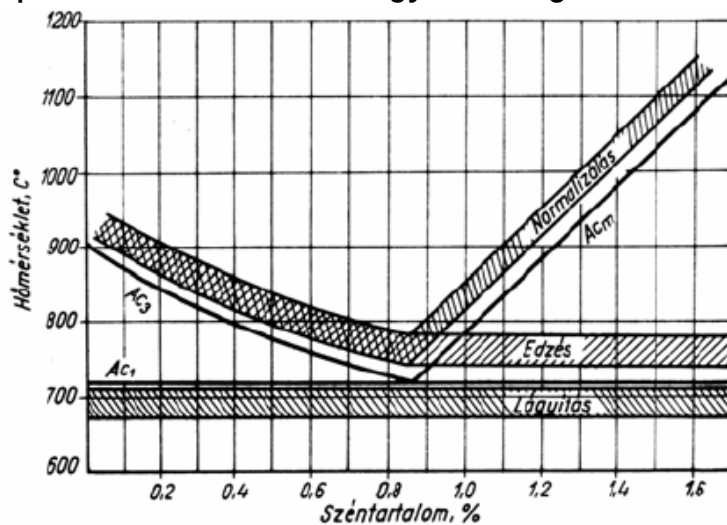
A Jominy-görbékről leolvasható az edzéssel elérhető legnagyobb keménység, következtetni lehet az edzés mélységére és össze lehet hasonlítani különböző acélok átedzhetőségét.

A helyes edzési hőmérséklet

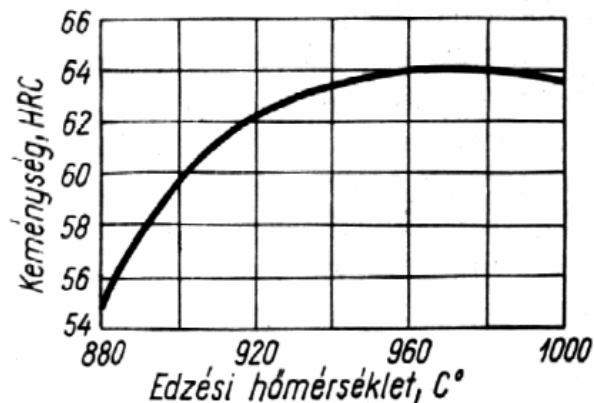
Az edzési hőmérséklet megállapításánál figyelembe kell venni az acél kémiai összetételét, a tárgy méretét, alakját és felhasználását, valamint az alkalmazott hűtőközeget. Szénacélok edzési hőmérséklete az állapotábra alapján határozható meg:

- Hipoeutekdoidos acéloknál A_{c3} fölött 20...50 °C-kal, tehát a γ -mezőből kell edzeni.
- Hipereutekdoidos acéloknál A_{c1} fölött 20...50 °C-kal (ábra balra lenn).

Az ötvözőelemek az átalakulási pontok helyét megváltoztatják. A változás mértéke elméletileg nem számítható ki pontosan, ezért ezt a gyártó cégek kísérleti úton szokták meghatározni.



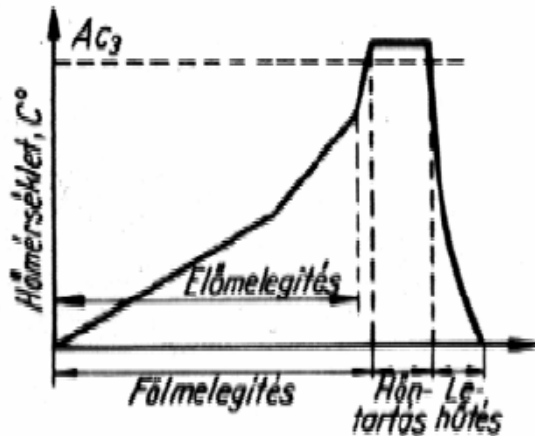
Szénacélok hőkezelési hőmérsékletei



Szerszámacél keménységének
változása az edzési hőmérséklet
függvényében

Az edzés hőmérsékletét a munkadarab alakja és mérete is befolyásolja. Kisebb méretű, bonyolultabb alakú, esetleg tagolt felületű darabot (pl. kivágószerszámot, menetmetszőt stb.) mindig kisebb hőmérsékletre kell edzeni, mint a nagyobb, egyszerű alakú vagy tömör alkatrészt (pl. sima tengelyt). Ennek magyarázata, hogy az edzési hőmérséklet növelésével rohamosan növekednek az edzési feszültségek, amelyek vetemedést és repedéseket okozhatnak. További szabály, hogy az olajban és vízben egyaránt edzhető acélokat olajban ~15...20 °C-kal magasabb hőmérsékletre kell hűteni, mintha a hűtést vízben végeznék. Az edzési hőmérsékletnek nagy hatása van az elért keménységre, amint ezt egy szerszámacél esetében az alsó ábra is szemlélteti. A szükségtől kisebb hőmérsékletre edzett acél oldatlan ferritet, ill. szabad cementitet tartalmaz. Az edzési hőmérséklet szükségtelen növelése viszont maradék austenit képződéséhez vezet.

Az edzendő munkadarabokat kezdetben lassan, később gyorsabban kell melegíteni, hogy a fokozatosan emelkedő hőmérsékletet a tárgyak teljes keresztmetszetükben egyenletesen felvegyék. A felmelegítés folyamatát kétfokozatú előmelegítéssel az alábbi ábra szemlélteti.



A martensites edzés folyamata két előmelegítéssel

A martensites edzés teljes folyamatának három szakaszáról a következőket kell megjegyezni:

A **felmelegítés** időtartama alatt az anyag teljes keresztmetszetében felveszi az előírt hőmérsékletet.

A **hőntartási idő** attól az időponttól számítandó, amikor a tárgy elérte az előírt hőmérsékletet. Ez a tárgy egyenletes színéből állapítható meg.

A **lehűlés** a kritikusnál nagyobb sebességgel kell, hogy megtörténjen. A kritikus lehűlési sebességet csak kevéssel kell túllépni, mert ez elég a martensites szövet kialakulásához, viszont nem okoz veszélyes belső feszültségeket. Pl. olajedzésű acélt az edzési repedések veszélye miatt nem szabad vízben hűteni.

A Martensites edzés technológiáját kérem, a saját tájékozottságuk érdekében, elolvasni a jegyzetből.

Mélyhűtés

Edzéskor az austenit rendszerint nem alakul át teljes tömegében martensitté, hanem bizonyos mennyiség visszamarad. Ezt nevezik **maradék-austenitnek**. Ez azért hátrányos, mert az austenit lágy szövetelem, és csökkenti az edzett acél keménységét. A maradék-austenit gyakorlatilag teljes mértékben átalakítható martensitté, ha az acélt kb. $-75\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra lehűtik. Ezt az eljárást nevezik **mélyhűtésnek**, amelyet úgy végeznek, hogy 1 liter alkoholban 800 g tömegű szárazjeget (szilárd széndioxid) oldanak fel és így a kb. -80°C -ra lehűtött kellő mennyiségű folyadékba merítik a munkadarabot, amit addig tartanak benne, amíg az teljes egészében át nem veszi a hűtőfolyadék hőmérsékletét. Utána kiemelik és a szabad levegőn hagyják szobahőmérsékletre melegedni. Mélyhűteni szokták a forgácsoló- és kivágó szerszámokat, a betétben edzett alkatrészeket, hogy maximális keménységet kapjanak, valamint az idomszereket és olyan alkatrészeket, amelyeknek méretállandósága fontos.

KÖVETKEZŐ TÉMÁK :

- **Nemesítés**
- **Izotermikus hőkezelés**

KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!