

A hőkezelés egy munkadarab egészének vagy egy részének hevítése, majd hűtése pontosan meghatározott program szerint, anyagának meghatározott mechanikai, fizikai, vegyi tulajdonságainak kialakítása céljából.

A hőkezelési eljárások öt fő csoportja:

- kiegyenlítő hőkezelések,
- lágyító hőkezelések,
- keménységfokozó hőkezelések,
- szívósságot fokozó hőkezelések,
- kéregötvöző hőkezelési eljárások.

(hevítés, hőntartás, hűtés) a hőkezelés eredménye, elért tulajdonság alapján az inhomogenitások kiegyenlítése

1. Kiegyenlítő hőkezelési eljárások

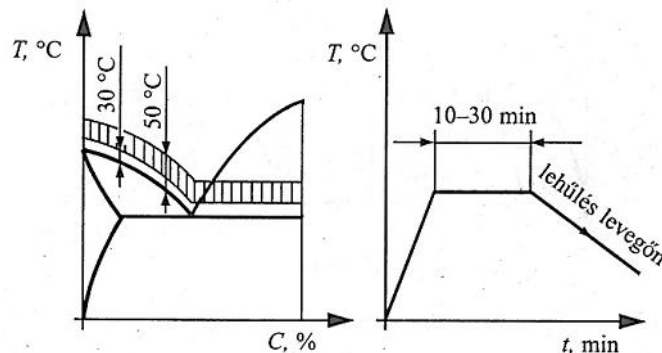
- normalizálás
- újrakristályosítás
- diffúziós hőkezelés
- feszültségcsökkentés

1.1. Normalizálás

- Az acélöntvények hidegen vagy melegen alakított, túlhevített, durvaszemcsés egyenlőtlen méretű szerkezetének javítása.

-Túlhevített acélok normalizálását **regenerálásnak** nevezik.

(az acélt az ausztenit mezőbe hevítik, 10-30perc hőntartás után szellőmentes helyen lehűtik) **hipoeutektoidos** szövetszerkezetből **ferrites-perlites**, **hipereutektoidos** szövetszerkezet **perlites**, ill. **perlit-cementites** lesz.



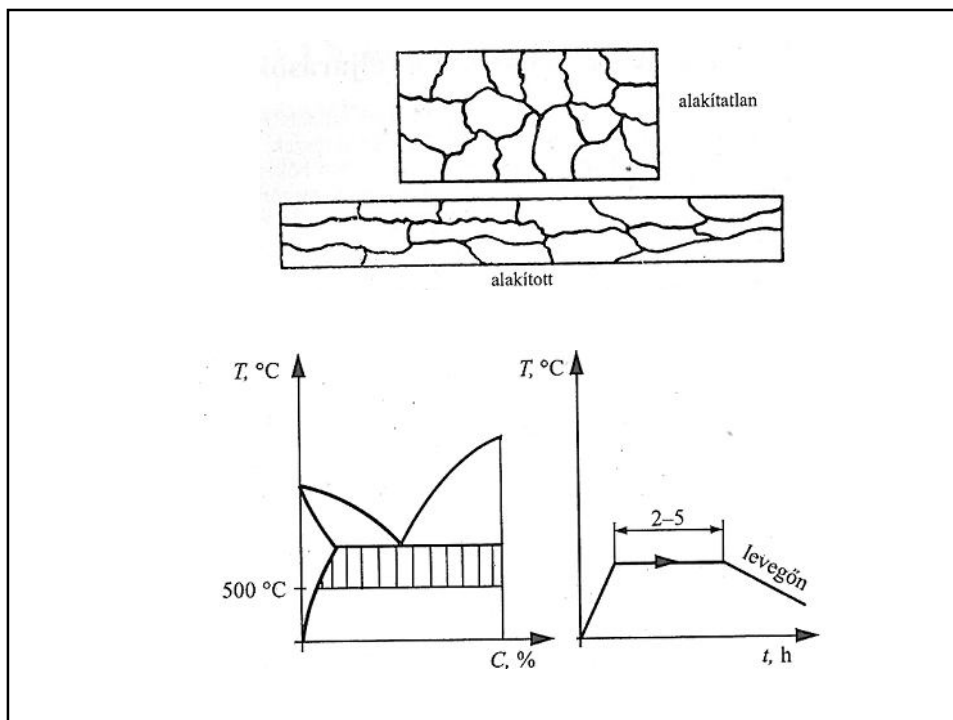
1.2. Újrakristályosítás

Hidegen húzott rudak, csövek, mélyhúzott lemezek, kis széntartalmú acélok krisztallitjai deformálódnak a megmunkálás során, így feszültség marad vissza.

A hidegalakítással járó ridegedés és szemcsetorzulás megszüntethető, mert ilyenkor új krisztallitok alakulnak ki, a torzult szemcsék helyén.

A szemcseátalakulás legalacsonyabb hőmérsékletét **újrakristályosodási hőmérsékletnek** nevezzük.

Ezért a hidegalakítás után a munkadarabokat újrakristályosító hőkezelésnek vetik alá.



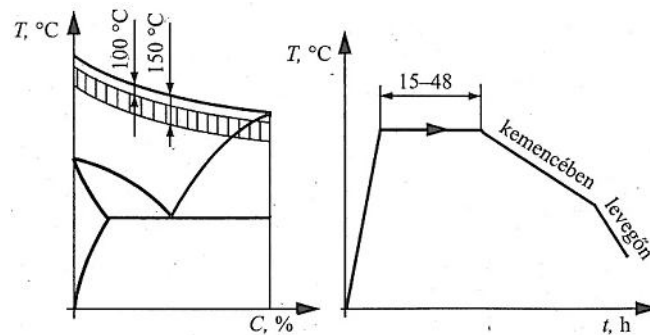
1.3. Diffúziós hőkezelés

Az öntvények különböző részei nem egyszerre szilárdulnak meg a Formában, ezért a szemcsefinomság és a vegyi összetétel különböző lesz.

A vasötvözetek szennyezői, ötvözői dúsulásokat eredményeznek az acélban, melyek rontják a szilárdságtani tulajdonságokat, hőkezelés közben repedéseket okoznak. Alkalmazásával javítható a vasötvözetek Tulajdonságai.

-1050-1200°C közvetlenül az acélt a szolidusz alá hevítik
100 150 °C-kal

-hőntartási idő függ az acél összetételétől és az anyagvastagságtól
(szemcsedurvulás fellépése, normalizálással javítható)



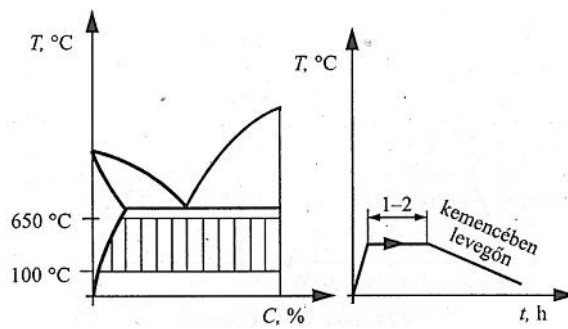
1.4. Feszültségcsökkentő izzítás

Az öntés, meleg –és hidegalakítás, forgácsolás és az egyengetés hatására kialakult feszültségeket izzítással csökkentik.

Az edzés okozta belső feszültségeket megeresztéssel csökkentik.

Feszültségcsökkentő izzítással az acél belső feszültségeit úgy csökkenthetjük a legnagyobb mértékben, hogy szilárdsága, szövetszerkezete nem változik.

- 100 és 650 °C közé melegítik az acélt a feszültség csökkentés mértékétől függően
- 1-2 óra hőntartás után szabad levegőn vagy kemencével hűtik.



2. Lágító hőkezelések

- teljes lágítás
- normalizáló lágítás
- izotermális lágítás
- ausztenitre lágítás

2.1.teljes lágyítás

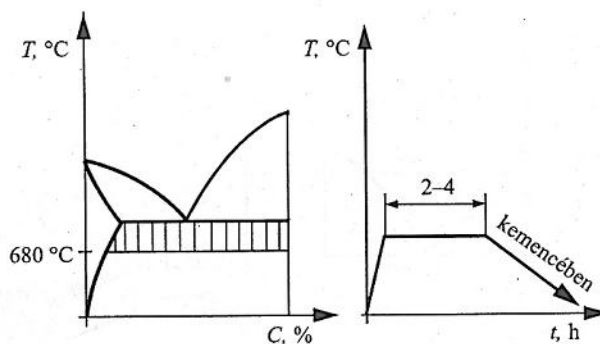
A perlitnek a cementit lemezeit alakítjuk cementit gömbökké, szemcsékké. A lágyított szövetszerkezetet **szferoditesítésnek** nevezik. (forgácsoláskor a cementit gömbök kisebb ellenállást jelentenek a kés számára).

-Teljes kilágyításkor a szénacélokat általában 680°C és az Ac_1 átalakulási hőmérséklet közzé hevítik.

-hőntartás 2-4 óra

-Hőfok függ a C-tartalomtól és az ötvözőktől (szabványok tartalmazzák)

-Hűtés kemencével együtt



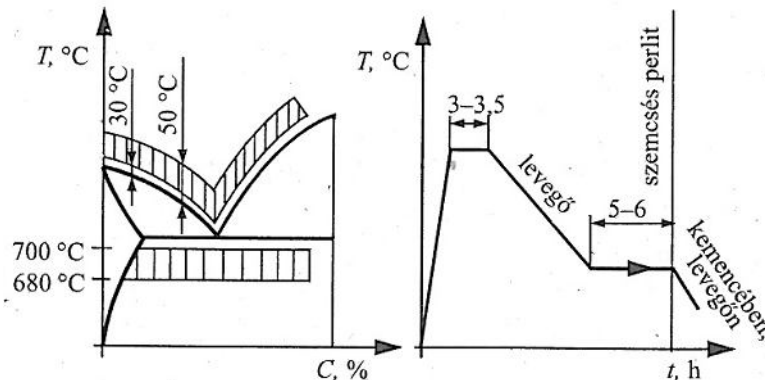
2.2. Normalizáló lágyítás

Ötvözött hipoeutektoidos acéloknál alkalmazzák (0,8% C)

-Az acélt az Ac3 hőmérséklet fölé hevítik 30-50°C-kal.

-Hőntartás amíg az ausztenit szemcsésperlitté nem alakul.

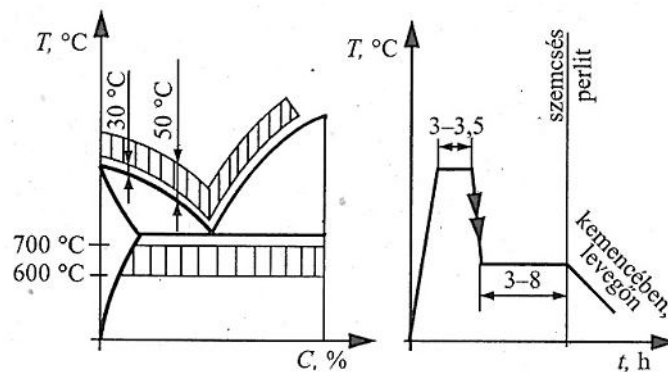
-Hűtés kemencével vagy levegőn



2.3. Izotermális lágyítás

-Ugyanaz mint a normalizáló lágyítás, Ac3 hőmérséklet fölé hevítés után nem normálhűtéssel, hanem gyorsan hűtik Ac1 alá 20-40°C-kal

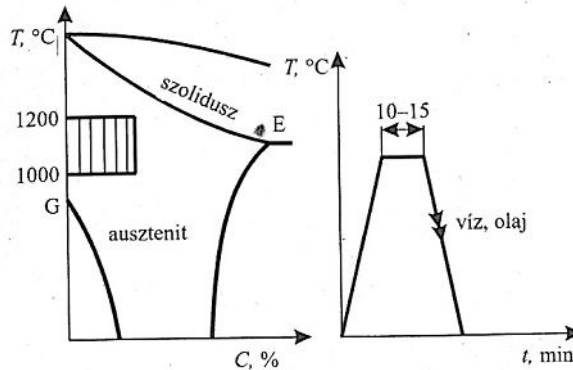
-Ezen a hőfokon addig tartják míg az ausztenit szemcsés perlitté nem alakul majd kemencében vagy levegőn hűtik.



2.4. Ausztenitre lágyítás

A vas-vaskarbid állapotábra szerint szobahőmérsékleten nincs ausztenit. Erőssen ötvözött acéloknál az ötvözők hatására GS és az SE vonalak szétnyílnak és ekkor az ausztenit mező szobahőmérsékletig leér. (korrózió- sav- és hő- és kopásálló acélok legjobb megmunkálható állapota)

- hevítés 1000-1200°C-ra
- hőntartás 10-15 perc
- hűtés vízben vagy olajban (1mm-nél vékonyabb lemezeket levegőn)

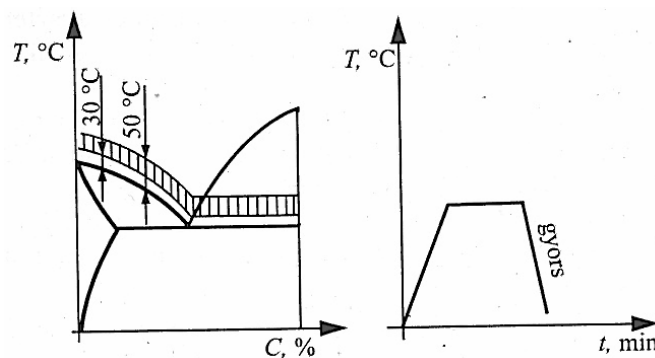


3. Keménységfokozó hőkezelési eljárások

- közönséges edzés
- kombinált edzés
- lépcsős edzés
- mélyhűtés
- mesterséges öregítés

3.1. közönséges edzés

Az a hőkezelési eljárás melynek során a 0,3%-nál nagyobb C-tartalmú acélokat GSK vonal fölé hevítik 30-50°C-kal majd az ausztenites átalakulás után gyorsan, a kritikus hűtési sebességnél nagyobb sebességgel lehűtik, hogy kemény martenzites szövetszerkezet alakuljon ki.



Felületi edzés

Egy bizonyos vastagságú kemény, edzett felületi rétegre van szükség, az alkatrész maga viszont szívós marad.

Feltételek: - megfelelő C-tartalom

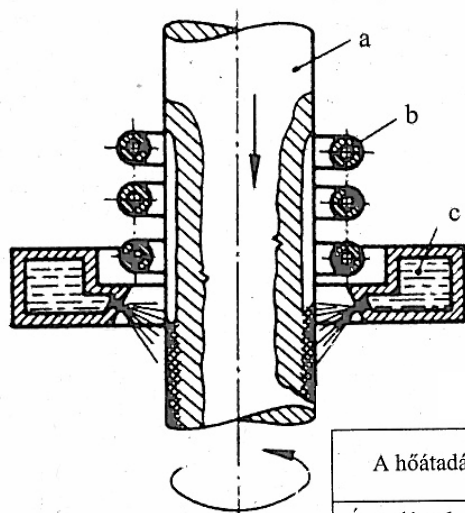
- edzési hőmérséklet
- kritikusnál nagyobb hűtési sebesség

Ha valamely feltétel nem teljesül a martenzites átalakulás elmarad.

A a hőbevitellel a kérget olyan gyorsan felmelegítik, hogy nem áll rendelkezésre elegendő idő, hogy a hő mélyebb rérétegek felé elvezetődjön. Így a kéreg lesz csak edzési hőfokon.

Eljárás: -indukciós edzés

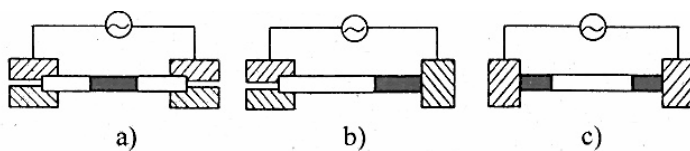
- acetilén lánggal
- olvadt fémsófürdő
- lézersugárral



Indukciós edzés 8-10 sec
örvényárammal

Hőátadási teljesítmények

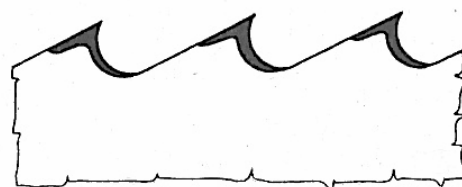
A hőátadás módja	Hőátadási teljesítmény, W/cm ²
Áramlással	0,5
Sugárzással	10
Érintkezéssel	20
Lánggal	1 000
Indukcióval	15 000



A közvetlen hevítés módja: a) középen; b) egyik végén; c) mindkét végén

Széntartalom, %	Keménység, HV
0,8–0,9	1500
1,0–1,1	1200–1250
1,4	1250–1350

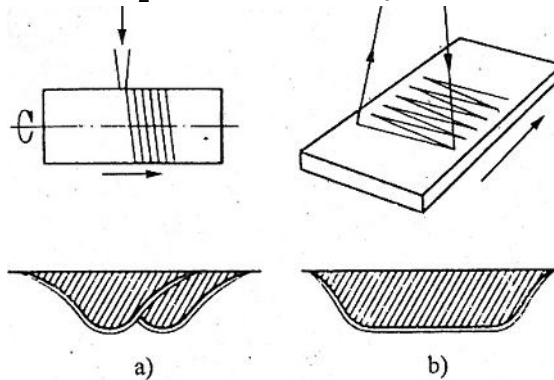
Impulzusedzés



30kW/cm² 27MHz

Lézeres edzés

- hevítendő felülethez csatolása egyszerű,
- Jelentős magasságkülönbségű felületek is hevíthetők
- a nagyenergiájú sugár jól irányítható (furatok, hornyok felülete)
- hevítés után külön hőkezelést nem igényel
- tisztá, pontos, jól szabályozható eljárás
(az acélokná CO₂ lézereket használják)



Lézersugaras edzés: a) edzés átfedéssel; b) folyamatos edzés

Lángedzés

Az acetilén gáz égéshőjét használják fel a munkadarab felületének gyors hevítéshez.

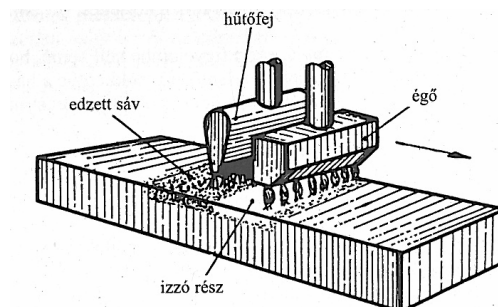
-Lángteljesítmény: $44,9 \cdot 10^7 \text{ J/m}^2\text{s}$

-Lánghőmérséklet: 3200°C

-Lánghegesztés előtt is célszerű normalizálást végezni.

Az edzendő felület vékony rétegét hevítik fel, majd az edzőfej mögött 30-40mm-re követő hűtőfej lehűti a felületet, vagy az alkatrészt hűtőközegbe ejtik, hogy a kritikus hűtési sebességnél gyorsabban hűljön le.

(fogaskerekek, lánckerekek, kötélnornyok, eszergaszán-vezeték



3.2. Kombinált edzés

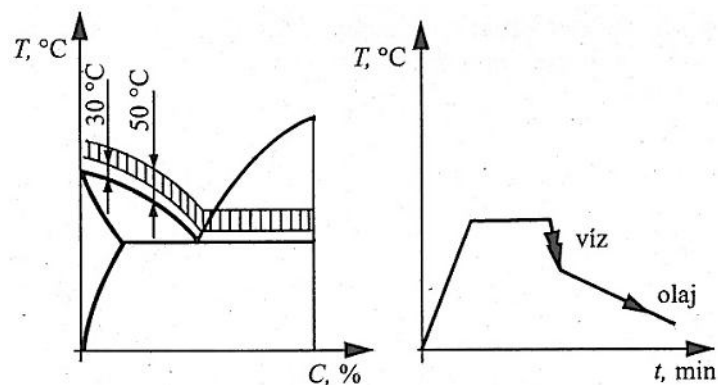
Közönséges edzésből áll, csak a hűtésnél kétféle hűtőközeget használnak.

- felmelegítés a megfelelő hőfokra adott időn belül

- hőntartás a megfelelő hőfokon

- Hűtés vízzel míg az izzási színek el nem tűnnek, majd olajban folytatják a hűtési folyamatot

(vízedzésű acéloknál nagy munkadaraboknál melyek repedésre hajlamosak, viszont ha kezdettől fogva olajban hűtenék, akkor nem edződne be.

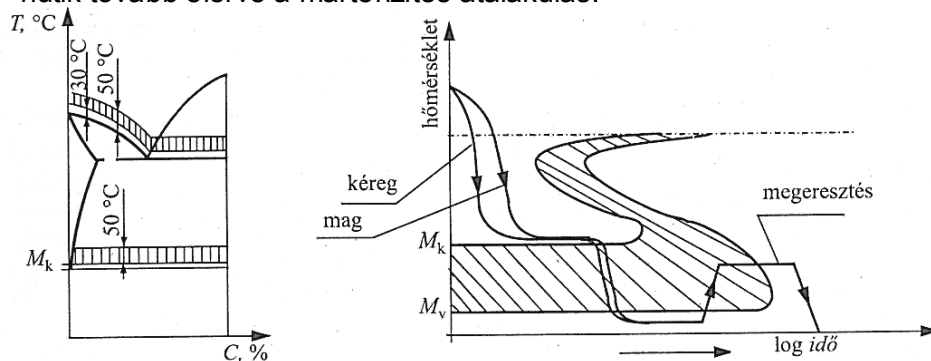


3.3. Lépcsős edzés

Repedések és nagyobb vetemedések kialakulásának elkerülésére.

Nagyobb keresztmetszetű munkadaraboknál a felület hamarabb lehűl mint a belső részek, ezért a gyors hűtés során káros feszültségek ébrednek.

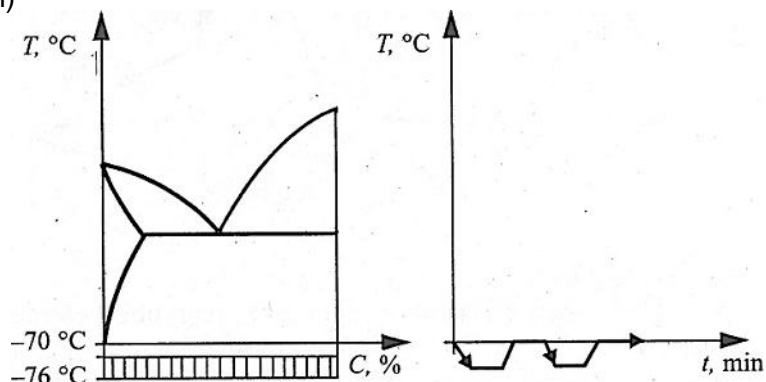
- Adott idő alatt és hőmérsékletre melegítik a munkadarabot.
- Nem folyamatos hűtés esetén M_k vonal felett adott ideig hőntartják.
- A belső és a külső hőmérséklet kiegyenlítődik, majd ezt követően hűtik tovább elérve a martenzites átalakulás.



3.4. Mélyhűtés

Nem hevítéssel, hanem hűtéssel kezdődik. Az acélban visszamaradt át nem alakult maradék ausztenitnek (csökkenti az acél keménységét) átalakítása martenzitté. 0,65%-nál nagyobb C-tartalom esetén ötvöztött acélok esetén nem fejeződik be szobahőmérsékleten vagyis az MV vonal negatív hőmérsékleti tartományban tolódik.

-70 °C alá hűtés két- három alkalommal (denaturáltszeszben oldott szárazjéggel)

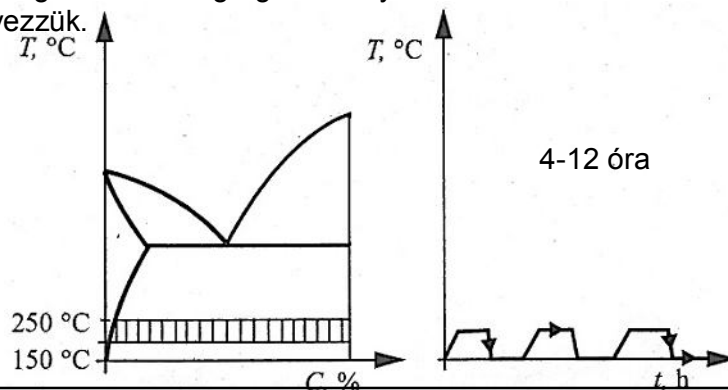


3.5. Mesterséges öregítés

Természetes öregedésnél a folyamat magától végbemegy a kis C-tartalmú acéloknál, nő a keménység és csökken a szívósság.

Gyorsan hűtött szilárdoldatokban a környezeti vagy növelt hőmérsékleten vegyi kiválások szegregációk jönnek létre (oldott gázok, mint a nitrogén, rideg vegyület, vasnitridet képez). Megváltoztatja az acél mechanikai-szilárdsági tulajdonságait.

Mesterséges öregítésnél a szegregációs folyamatok tudatos irányítását nevezzük.



4. Szívósságot fokozó hőkezelési eljárások

- izotermális edzés
- patentírozás
- nemesítés

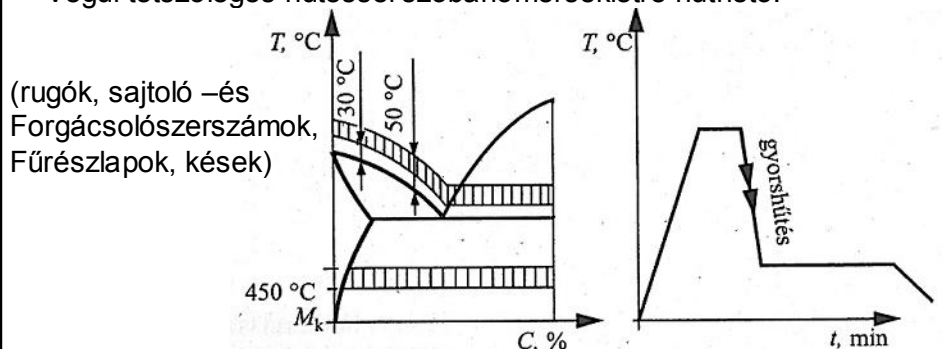
4.1. Izotermális edzés

Az így hőkezelt acél közel van az edzett acélhoz, de szívóssága jóval nagyobb, repedésre, vetemedésre kevésbé hajlamos.

-Az acélt GSK vonalig fölé hevítik 30-50°C-kal, majd az orpontot elkerülve 450°C-ig MK vonal közzé hűtik

-Ezt az izotermát addig tartják míg a teljes keresztmetszetben az ausztenit át nem alakul bainitté (bénit)

-Végül tetszőleges hűtéssel szobahőmérsékletre hűthető.

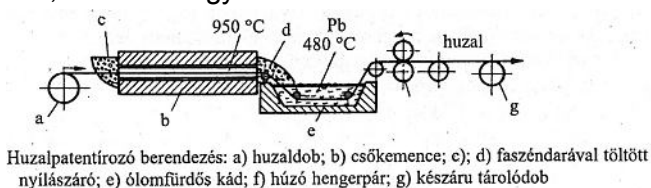


4.2. patentírozás

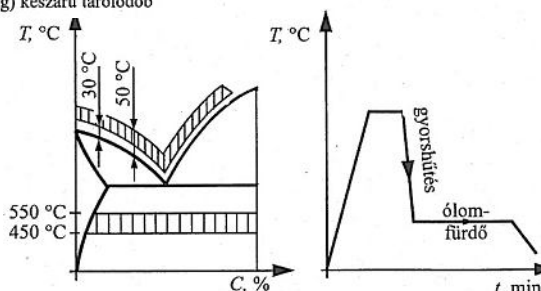
Hasonlít az izotermális lágyításra: a túlűtött ausztenit bainitté alakul.

-Hevítés GSE vonal fölé 30-50°C-kal, orponnál alacsonyabb hőmérsékleten 450-550°C (ólomfürdő).

- 0,35%-nál nagyobb C-tartalmú acélhuzalok húzásánál alkalmazzák



Huzalpatentírozó berendezés: a) huzaldob; b) csőkemence; c); d) faszéndarával töltött nyílászáró; e) ólomfürdős kád; f) húzó hengerpár; g) készáru tárolódob



4.3.nemesítés

Edzés + magas hőfokú megeresztés.

$\frac{ReH}{Rm}$

Cél: szilárdság mellett nagy szívósság (folyáshatár viszonzyszám). Az edzéssel kialakított finom tűs martenzitet alakítjuk át ferrit-cementites szövetszerkezetté.

Megeresztés az edzéssel vagy hidegalakítással keményített acélnak a hevítését és megfelelő ideig tartó hőntartását, majd normálhűtését nevezzük.

-Acél edzési hőmérséklet

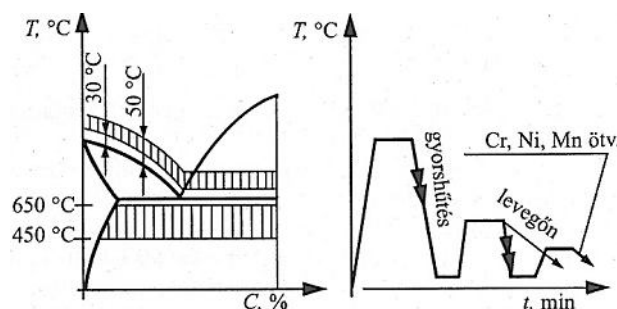
-gyorshűtés

-hőntartás 700°C

-hűtés

-Felmelegítés, hőntartás

-hűtés

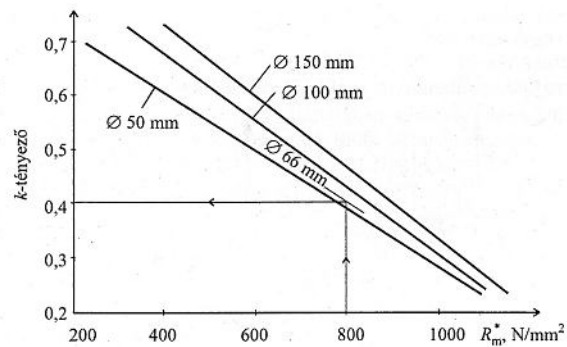
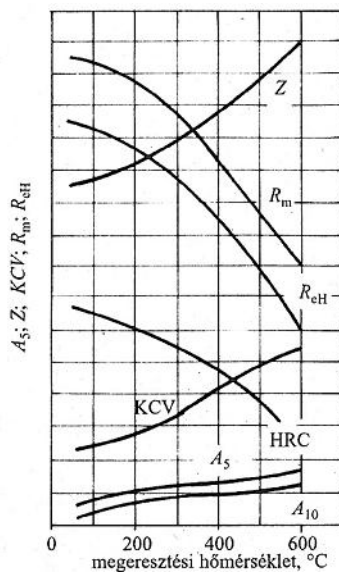


A megeresztés hőfoka számítható:

$$T_{mege.} = T_{mege.max} - k (R_m - R_m^*), \text{ } ^\circ\text{C},$$

ahol:

- $T_{mege.}$ a megeresztés hőfoka, $^\circ\text{C}$,
- $T_{mege.max}$ a megeresztés hőfokának, összetétel alapján számított max. értéke, $^\circ\text{C}$,
- R_m az acél szakítószilárdsága, mint kiindulási adat, $[\text{N}/\text{mm}^2]$,
- R_m^* az acél összetétele alapján számított szilárdsági érték, $[\text{N}/\text{mm}^2]$,
- k az alkatrész méretétől függő módosító tényező



4.33. ábra. A k -tényező meghatározása nemesítéshez

5. Kéregötvözési eljárások

Olyan hőkezelési eljárás ahol az ötvözetlen vagy gyengén ötvözött acél alkatrészek bizonyos vastagságú felületi rétegébe szén vagy más ötvözőt viszünk be diffúzió révén (cél: kemény, kopásálló, saválló réteg létrehozása)

- cementálás
- nitridálás
- nitrocementálás
- karbonitridálás
- alitálás, koromálás
- szilikálás

5.1.cementálás

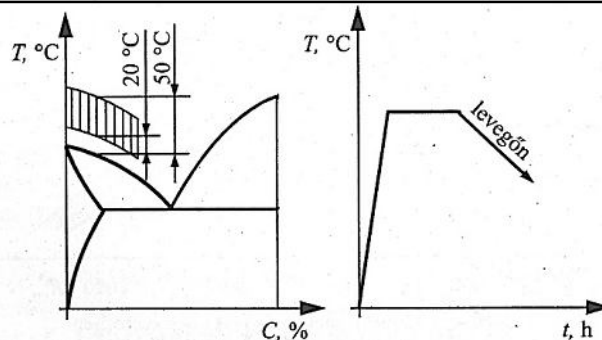
0,2%-nál kisebb C-tartalom acél alkatrészek felületébe szént lehet bevinni diffúzióval. Az acélt C-leadó közegbe kell tenni és megfelelő körülmények között létrejön a diffúzió a felületi rétegben.

Kis C-tartalmú nem edzhető acél felülete edzhetővé válik.

-hevítés 830-960°C (cementált réteg vastagsága 0,1-2mm) optimális C-tartalom 0,8%, de nem haladhatja meg az 1%-ot.

Rétegvastagság befolyásolása

- hőmérséklet, hőtartás
- az acél vegyi összetétele
- szemcseszerkezet
- cementálószer, és az acél felületének állapota

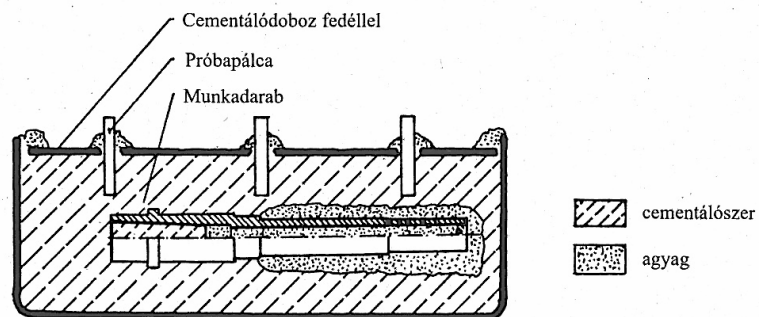


Cementálószer alkalmazása szerint:

-Szilárd cementálószer: legrégebbi a faszén (vékony kéreg), vagy bőrszén (vastag réteg), aktiválószer bárium-karbonát

Pl.: 74-78% faszén, 12-15% BaCO₃-ot 1-1,5% Na₂CO₃-ot, 3-5% CaCO₃-ot, kötőanyag pakura vagy melasz. Szennyező SiO₂ tartalom nem lehet 0,5%-nál, S-tartalom 0,1%-nál.

Növekedési ütem: 0,1-0,15mm/óra



Folyékony közeg: ciánközeg (ciáncementálás, cianidálás)

- fürdőösszetétel: 85% NaCN, 10%Na₂CO₂, 2%NaCNO, 1%NaCl.
- Az első órában 0,2-0,3mm, majd óránként 0,1mm-relnövekszik
- a fürdő anyagának bomlásakor atomos C és N₂ szabadul fel (tovább növeli a kéreg keménységét)
- fürdő idő max 1 óra, kéreg c-tartalom 0,6-0,7% így nem alakulhat ki karbidháló (apróbb tömegcikknél használják amódszert)

gáz közeg: atomos C leadására képes gázkeverékek:
szénmonoxid (CO), metán (CH₄), propán (C₃H₈), bután (C₄H₁₀),
elgázosított pirobenzol, petróleum.

- folyamatos üzemű csatorna- vagy alagútkemencében működik
- Munkadarabokat fölmelegítik 850°C metánban szegény gázban.
- Második szakaszban 900°C-on cementálnak metántartalmú gázkeverékben. Majd 950 °C-on semleges gázt alkalmaznak a C kiégését megakadályozza. (Cementálás után a kéreg nem lesz keményebb csak edzhetővé válik.)

Betétedzés

Összetett hőkezelési eljárás nem edzhető (0,2%-nál kisebb C-tartalom) acéloknál alkalmazzák.

-betétedzés következtében a munkadarab felülete kemény, kopásálló lesz, a mag edzetlen marad.

Végrehajtás:

-közvetlen edzés: cementálás hőmérsékletéről azonnal leedzik. Gazdaságos de vetemedésre hajlamos a munkadarab, a mag durva szemcséjű, kis szilárdságú lesz.

-kéregedzés: cementálás után lassú hűtés, újra hevítés a kéreg összetételének megfelelő hőmérsékletre, leedzés a kéreg C-tartalom megfelelő lesz. Eredménye: kemény réteg, nem vetemedik

-magedzés: ha a magnak szívósnak kell lenni. cementálás + lassú hűtés. Kis C-tartalmú mag nem edzhető. C-tartalomnak megfelelő hevítés GS vonal fölé 30-50°C-kal. Hűtés a mag C-tartalmának megfelelő sebességgel. A mag szemcséi finomodnak magszilárdság nő.

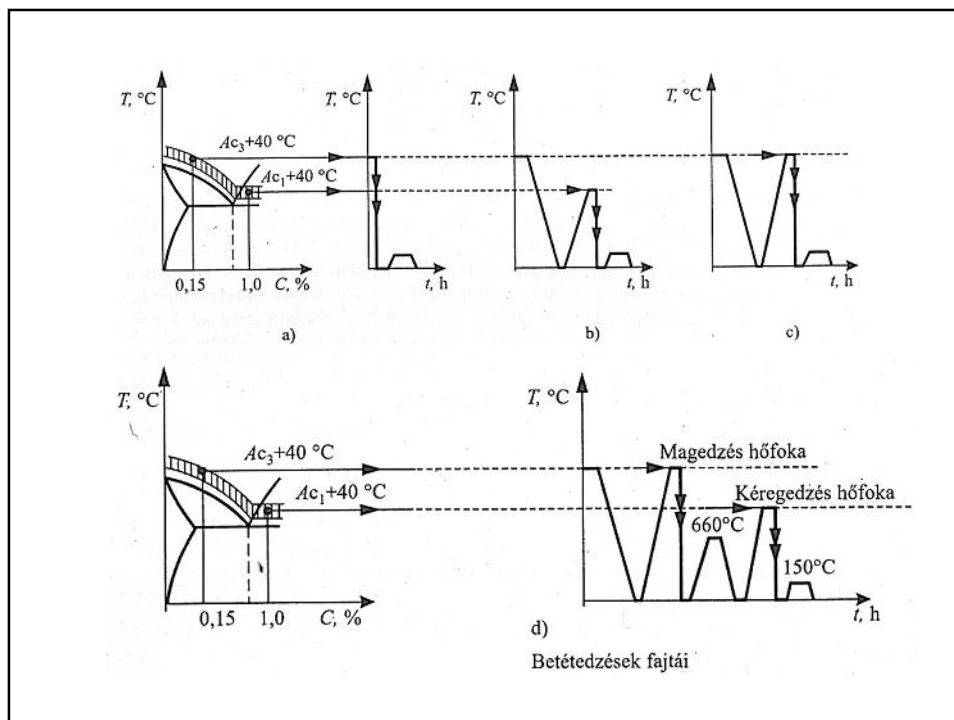
Kettős edzés: célja: a szívós finomszemcsés mag, finomszerkezetű, Kemény felület.

-magedzés + kéregedzés

Menete: cementálás után lassú hűtés

-betétedzés után mindig feszültségcsökkentést kell alkalmazni, melyet izzítással egészítenek ki. (repedések elkerülése, 150-200°C hevítés, hőntartás, normál hűtés)

Ha a cementálás nem terjed ki a teljes felületre akkor védőbevonatot alkalmaznak: linitképzés vagy galvanikus rézbevonat (linitpép két rész zsírkő, egy rész víz, egy rész agyag és vízüveg elegye)



5.2. Nitridálás (nitralás)

Atomos nitrogén bevitele diffúzióval az acél felületi rétegébe. Ammónia gázban 500-550 °C-on, hőtartás 48-96 óra (elérendő réteg szerint), hűtés.

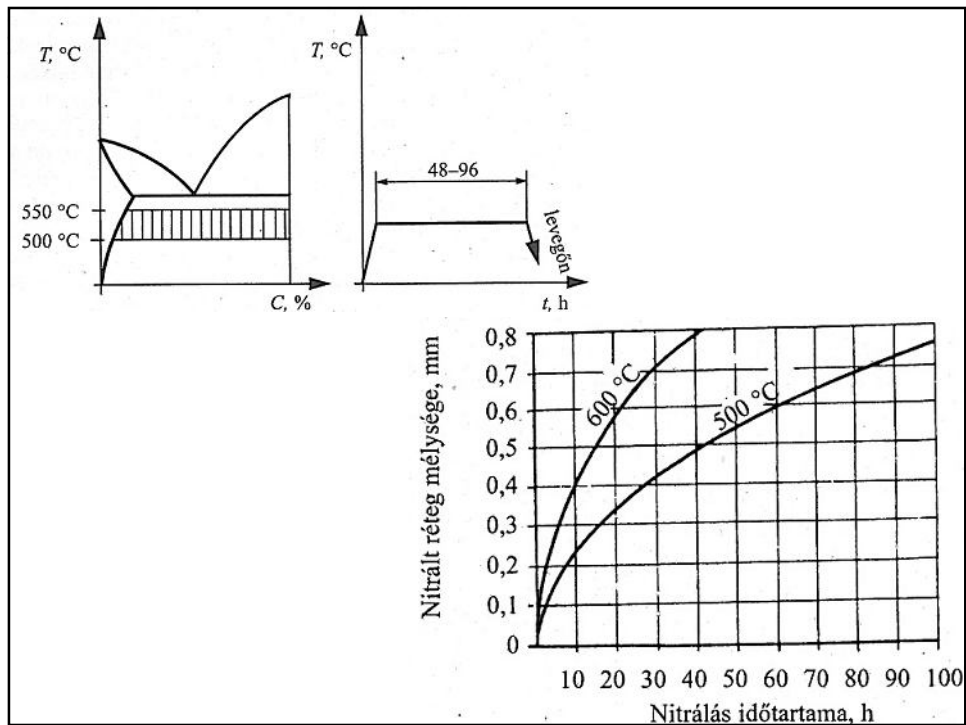
-**Hatása:** a kéreg keménysége, kifáradási határa, korrózió állósága nő
–A nitrogén a vassal Fe₂N-vasnitrid (ε-fázis)vegyületet hoz létre a felületen, mely igen kemény réteg.

-A mag felé haladva a felületi réteghez képest vékonyabb, de keményebb réteg Fe₄N fegyület (γ-fázis) jön létre

-A nitridálhatóság érdekében az acélt ötvözni kell (Al, Cr stabil nitridek) magzilárdság fokozása V és Mo ötvözőkkel.

-a nitridálást megeresztés előzi meg (nitridálható acél C=0,25-0,4%)

-Kéregvastagság függ a diffúzió idejétől, de a diffúzió lelassul bizonyos idő elteltével. 48 óra = 0,5 mm kéregvastagsággal.



Előnyök: - vékony, 0,2-0,5mm vastag rétegvastagság elérése

-a cementált kéregnél 30%-al keményebb 1150HV keményebb réteg

-nem kell edzeni

-mincs vetemedés, elhúzóadás

-a nitridált réteg kifáradási határa megnő

Lágy nitridálás: N-t leadó sófürdőben, $570\text{ }^\circ\text{C}$ -on, 2-4 óra mellyel az ötvöztelen acélok felületi keménysége is fokozható.

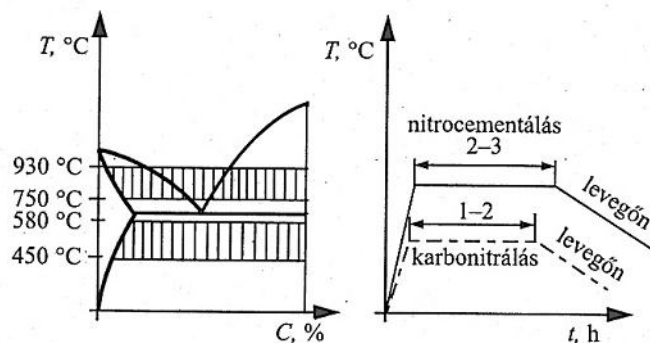
5.3. Nitrocementálás, karbonitrálás

A cementálás és a nitridálás együttes alkalmazása

-egyidejűleg ötvözés C és N-el

-nitrocementálás: cementálás a domináns folyamat, a nitridálás kiegészítő jellegű

-karbonitridálás: a nitridálás a domináns folyamat (helyettesíti a cementálást, kisebb hőmérséklet és deformáció)



Nitrocementálás, karbonitrálás

5.4. Alítálás

A kis C-tartalmú acélok felületi ötvözése Al-al

-cél: tűzállóság növelése, revésedési hajlam csökkentés

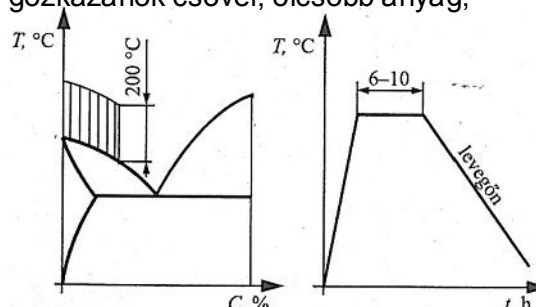
-Al, timföld, ammónium-klorid keverékébe ágyazás, izzítás 6-10 óra $850-1100^{\circ}\text{C}$

-Alítálás után a hőállóság 850°C -on 20-30x nagyobb az eredetihez képest,

900°C -on 10-15x

1000°C -on 3-6x

-Alkalmazás: gáz- és olajégők, gőzkazánok csövei, olcsóbb anyag, növelt élettartam



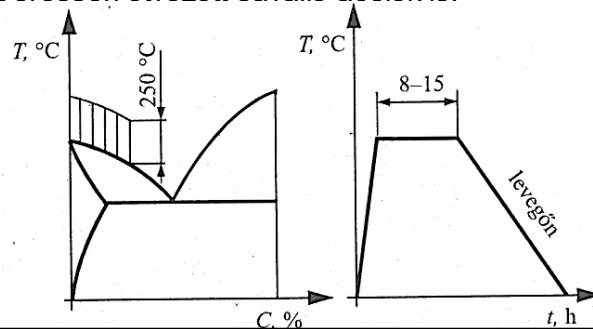
5.5.Kromálás

Kis C-tartalmú acélok kérgesítése Cr-al diffúzió segítségével (CrCl_2) krómot leadó közegbe ágyazva.

-Cr-tartalmú kéreg: jobban ellenáll a korrózióknak, kemény hőálló felületet képez

-kéregvastagság: 0,2-0,3mm

-nagyobb C-tartalmú acélokban: CrCl_2 jön létre és megnő a kopásállóság, 25-60% Cr tartalmú kéreg savak korróziós hatásainak is ellenáll, kiváltható az erősen ötvözött saválló acélok is.



5.5.Szilikálás

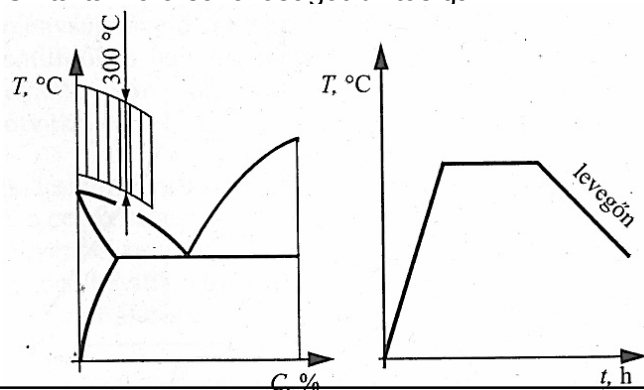
Kis C-tartalmú acélok ötvözése Szilíciummal

-cél: a asvállóság növelése

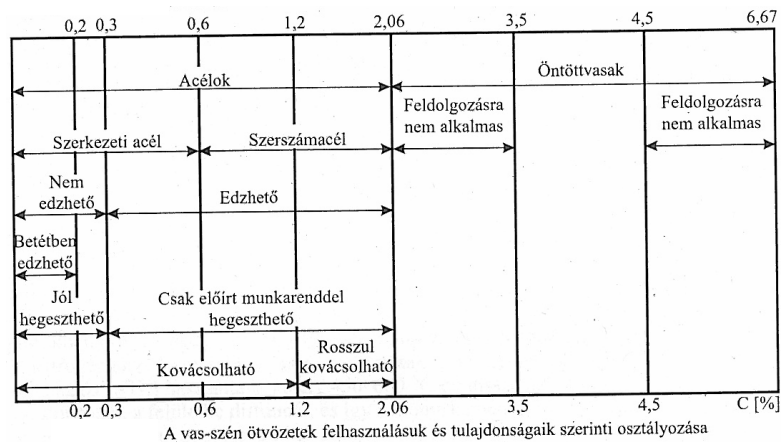
-950-1200°C-on gázfázisú Si-kloridban

-a kéreg 6%-os Si-tartalma a hőállóságot biztosítja

-a kéreg 14-15%-os Si- tartalma a savállóságot biztosítja



VASÖTVÖZETEK CSOPORTOSÍTÁSA



-Vasötvözetek: min 60% szénvasat tartalmazó fémek

-vasötvözetek szén mindig tartalmaznak, a C-tartalomtól függően különböző felhasználás és tulajdonságok szerinti osztályozás

Acélok: -Fe-C ötvözet $C \leq 2,06\%$, egyéb elemeket, ötvözőket is tartalmaz

-Legnagyobb mennyiségben használt ötvözet

-csoportosítása: MSZ EN 10027 szerint (összetétel, fő minőségi osztályokon túl, alkalmazási terület szerint).

a) Ötvözetlen acél: bármely elem mennyiségének alsó határértéke kisebb a táblázatban közölt értéknél

Az ötvözetlen és ötvözött acélok közötti határérték

Elem	Al	B	Bi	Co	Cr	Cu	Mn	Mo	Nb
Tömeg, %	0,1	0,0008	0,1	0,1	0,3	0,4	1,65	0,08	0,06
Elem	Ni	Pb	Se	Si	Te	Ti	V	W	Zr
Tömeg, %	0,3	0,4	0,1	0,5	0,1	0,05	0,1	0,1	0,05

Az **ötvözetlen acélokat** három csoportba sorolják:

- alapacélok,
- ötvözetlen minőségi acélok.
- ötvözetlen nemesacélok,

Alapacélok: hőkezeltégi állapot, vagy egyéb minőségi követelmény mincs előírva

$R_m \leq 690 \text{ N/mm}^2$; $R_{eH} \leq 360 \text{ N/mm}^2$; $A \leq 26\%$; $TTKV \geq 20^\circ\text{C}$; $C \geq 0,1\%$; $P, S \leq 0,045\%$; Mn, Si tartalom kívül nincs egyéb ötvöző elem előírva.

Ötvözetlen minőségi acélok: amelyek az alapacéloktól és nemesacéloktól különböznek

Ötvözetlen nemesacélok: $TTKV \leq -50^\circ\text{C}$; $P, S \leq 0,025\%$; $Cu \leq 0,1\%$; $Co, V \leq 0,05\%$; garantált a felületi keménység, villamos vezetőképesség, vagy egyéb tulajdonság van előírva.

b) Ötvözött acélok:- bármely elem tömegszázaléka nagyobb a táblázatban szereplő értékektől

Az ötvözött acélokat két csoportba sorolják:

- ötvözött minőségi acélok,
- ötvözött nemesacélok.

Az ötvözött minőségi és nemesacélok közötti határértékek

Elem	Cr	Cu	Mn	Mo	Nb	Ni	Ti	V	Zr
Tömeg, %	0,5	0,5	1,8	0,1	0,08	0,5	0,12	0,12	0,12

-ötvözött minőségi acélok: Si vagy Al-al ötvözöttek az előírt mágneses tulajdonság eléréséhez és kielégítik a következő feltételeket:

-- $ReH \geq 360 \text{ N/mm}^2$; $TTKV \leq -50^\circ \text{C}$; $Cu \geq 0,3\%$; vagy ötvöző tartalom kielégíti a táblázat értékeit.

-ötvözött nemesacél: ötvöztartalom meghaladja a táblázat értékeit és nem tartozik az ötvözött minőségi acélok csoportjába. (korrózió,- hő- és kúszásálló acélok, golyóscsapágyak, szerkezeti acélok, különleges fizikai tulajdonságú acélok.