

Az edzett acél megeresztésének vizsgálata

1. A gyakorlat célja

A gyakorlat keretén belül a hallgatók megismerkednek a megeresztés gyakorlati alapjaival, a megeresztés különböző fajtáival, a megeresztéskor várható keménység számításának lehetőségeivel.

2. Ajánlás

A gyakorlat a negyedéves anyagszervező és harmadéves kohómérnök hallgatók számára a Fémtan III. c tárgy keretén belül kerül bemutatásra. A gyakorlat elvégzéséhez feltétlenül szükséges a vas-karbon diagram illetve a keménység mérés ismerete.

3. Elméleti alapok

Az edzett acél rideg, feszültséggel terhelt. Ennek a feszültségnek a csökkentését célzó hőkezelés a megeresztés, amely A_1 alatti hőmérsékletre való hevítésből, ottani hőntartásból, majd hűtésből áll. Az edzett acél szövetszerkezete az egyensúlytól eltérő állapotú martenzites szövet, a megeresztés során hevítéssel tesszük lehetővé, hogy az egyensúlyi állapot felé mutató változások végbemehessenek, azaz a bevitt energiával aktiváljuk a változások egyes részfolyamatait. A megfelelő hőmérséklet kiválasztásával pedig a diffúzió sebességét növelhetjük, lehetőséget adva a változások reális időn belüli végbemenetelére.

Ha ismerjük azokat a folyamatokat, amelyek az edzett acélban az egyensúly felé tartva lejátszanak, a hevítés illetve a hőntartás körülményeinek a szabályozásával ezeket a folyamatokat, egyszóval a megeresztést, jól kézben tudjuk tartani. Ezzel a felhasználás számára előnyös tulajdonságokat biztosító állapotot hozhatunk létre az acélban.

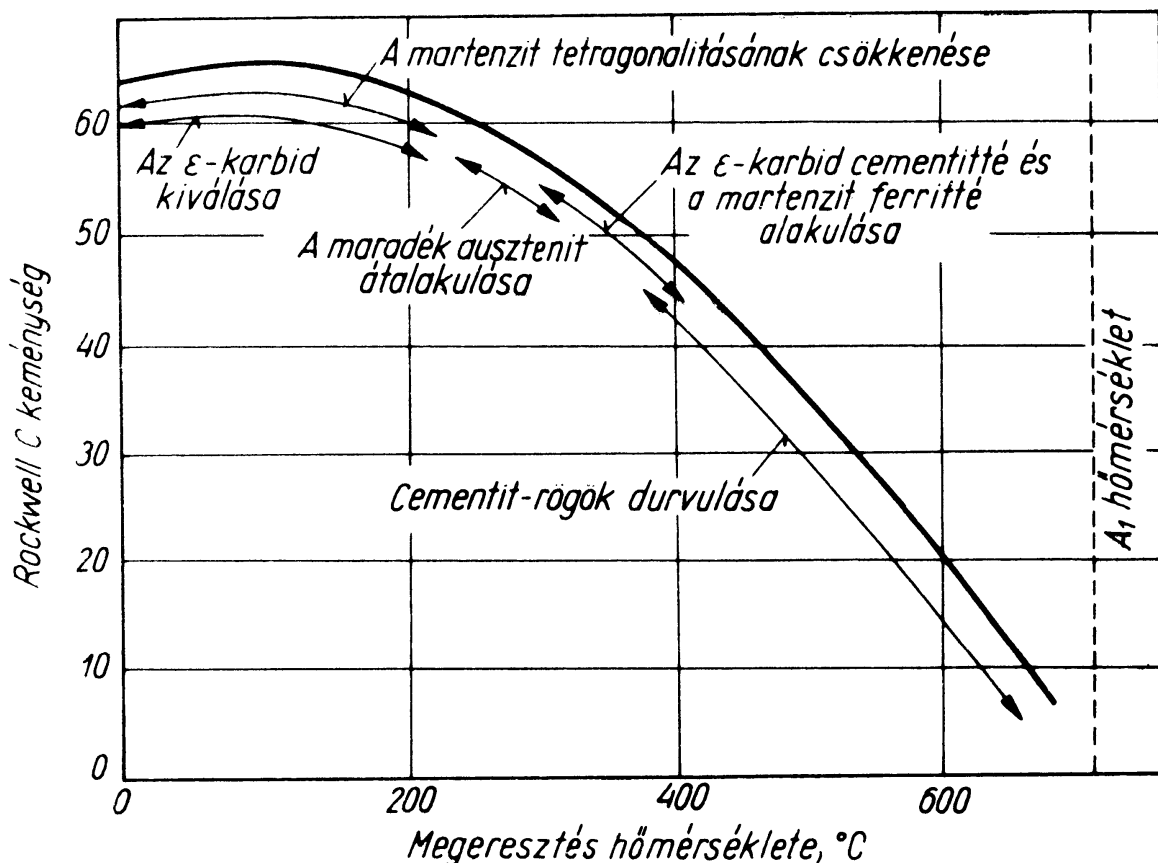
A megeresztés részfolyamatai elvileg jól elkülöníthetők, a valóságban azonban egymást többé-kevésbé átfedve zajlanak le. A szakirodalomban a következő négy részfolyamatot szokás megkülönböztetni:

1. Az első szakasz amely, már szobahőmérsékleten is megindul, a tetragonális martenzitből -ami lényegében karbonnal túltelített ferrit szilárdoldat- a karbon atomok diffúziója megindul és finom fénymikroszkóppal nem észlelhető ϵ -karbid keletkezik. Az ϵ -karbid hexagonális rácsú és rácsa koherens annak a ferritnek a rácsával amelyből kivált. Képlete: $\text{Fe}_{2,4}\text{C}$. Ezáltal a martenzit tetragonaritása csökken. A folyamat az acél keménységének lényeges csökkenése nélkül megy végbe, mialatt az acél szívóssága javul.

2. A második szakaszban 200-300 °C között a karbon diffúziója erőteljesebb, a martenzit és maradék ausztenit karbon tartalmának csökkenése folytatódik és a maradék ausztenit bainit alakul.

3. A harmadik szakaszban 250-400 °C között a szilárd oldat karbon tartalma 0,1% alá csökken, és a martenzit közel egyensúlyi ferritté, míg az ϵ -karbid cementitté alakul át.

4. A negyedik szakaszban kb. 450 °C-tól kezdődően az ötvözés mértékétől függően az ötvöző elemek karbidja jelenik meg, a cementitet stabilabb karbidok helyettesítik. Az acélban előforduló valamennyi ismert ötvözőelem karbidja sokkal stabilabb a cementitnél. A stabil karbidok növekedési sebessége a megeresztett martenzitben sokkal lassabb, mint az ötvözetlen acél cementitje. Ennek következtében a megeresztéskor keletkezett ötvözőfém karbidok sokkal finomabbak és durvulásokkal szemben sokkal ellenállóbbak. E folyamat hatására az acél keménysége nő, ez az úgynevezett szekunder keményedés.



1.ábra
A megeresztés folyamatai

Az ötvözőfémek nemcsak a negyedik szakasszal járulnak hozzá a megeresztéshez, hanem az előző három lezajlásának körülményeit is erősen befolyásolják. Ezt azok az ötvözőelemek is megteszik, amelyek egyébként külön karbidot nem képeznek.

A keménység változását az idő és hőmérséklet illetve az idő függvényében felvéve megkapjuk a megeresztési diagramot (1.ábra)

Minden ötvözőfém növeli a maradék ausztenit mennyiségét. Ezáltal nemcsak az edzett acél keménységét befolyásolja, hanem nagyobb jelentőséget ad a megeresztés második lépcsőjének is. Ezenkívül minden ötvöző késlelteti a megeresztés folyamatait. A karbidképző ötvözőfémek nem annyira a megeresztéskor létrejövő karbidok növekedési sebességére gyakorolnak befolyást, hanem inkább azok csíráképződésére, és megfelelő mennyiségben természetesen a karbid szerkezetét is befolyásolják. A karbidot nem képező ötvözőfémek a karbidok növekedési sebességét lassítják.

A megeresztésnek –célját és hőmérsékletét tekintve- két változatát különböztetjük meg,:

1. Az ún. „keményre nemesítés”: ez alacsony hőmérsékletű megeresztéssel történik. Célja az edzéskor keletkező káros belső feszültségek csökkentése, a keménység számottevő változása nélkül. Ennél a megeresztésnél a csak az 1. és 2. lépcső folyamatai játszódnak le A karbidképzőkkel erősen ötvözött acélok (szerszámacélok) megeresztése leginkább a szekunder keménység elérését szolgálja. Akkor alkalmazzuk, ha a gyártmány felhasználásakor a kopásállóság, mérettartóság a fő követelmény. Szerkezeti acélok betétedzését és felületedzését, hidegmegmunkáló acélok edzését követő hőkezelési művelet. A legtöbb acél alacsony hőmérsékletű megeresztését 180-250 °C-on végezzük.

2. Az ún. „szívósra nemesítés”: ez magas, 400 °C feletti hőmérsékletű megeresztés. Célja a mechanikai tulajdonságok megváltoztatása, főként a szívósság növelése. Ennek során a 3. lépcső különböző mértékű végbemenetele biztosítja a kívánt állapotot. Ez a fajta megeresztés a nemesítés edzést követő művelete.

A megeresztett állapotot a szilárdsági értékek közül leginkább a keménységgel szokták jellemezni. Ha ábrázoljuk a keménységet a megeresztési hőmérséklet függvényében (megeresztési idő konstans), akkor megkapjuk az acél ún. megeresztési diagramját. Ezenkívül az edzhetőség vizsgálatához hasonlóan szokás a megeresztés utáni keménységet meghatározni a Jominy-próbán illetve a rúd átmérője mentén.

Mivel a megeresztés során lejátszódó folyamatok termikusan aktivált diffúziós folyamatok, mind a hőmérséklet, mind az idő azonos értelemben hat. Ezért célszerű ennek a két paraméternek a megeresztésre gyakorolt hatását, a hőmérséklet és az idő meghatározott intervallumban, egy közös paraméterben összefoglalni. Erre az elvi megfontolásokon túl a kísérleti eredmények is utalnak.

$$p = T \cdot (18 + \lg t) \cdot 10^{-3} \quad (1)$$

ahol: T-a megeresztés hőmérséklete K-ben
t- a megeresztési ideje órában

A paraméter nagyon kis hibával alkalmazható 0,2-0,8% karbontartalmú ötvözetlen és gyengén ötvözött acélokra a megeresztés 3. lépcsőjének hőmérséklet-tartományában.

Ötvözetlen acélok esetében a görbék helyzete a karbontartalomtól függ. A görbék nagy paraméter érték felé haladva összetartanak. Ez azt jelenti, hogy a karbidok durvulásával mindinkább a ferrit alapanyag határozza meg a keménységet. A cementit szemcsék növekedése és durvulása csak a karbontartalomtól függ és a keménységváltozás elvi megfontolások alapján is kifejezhető.

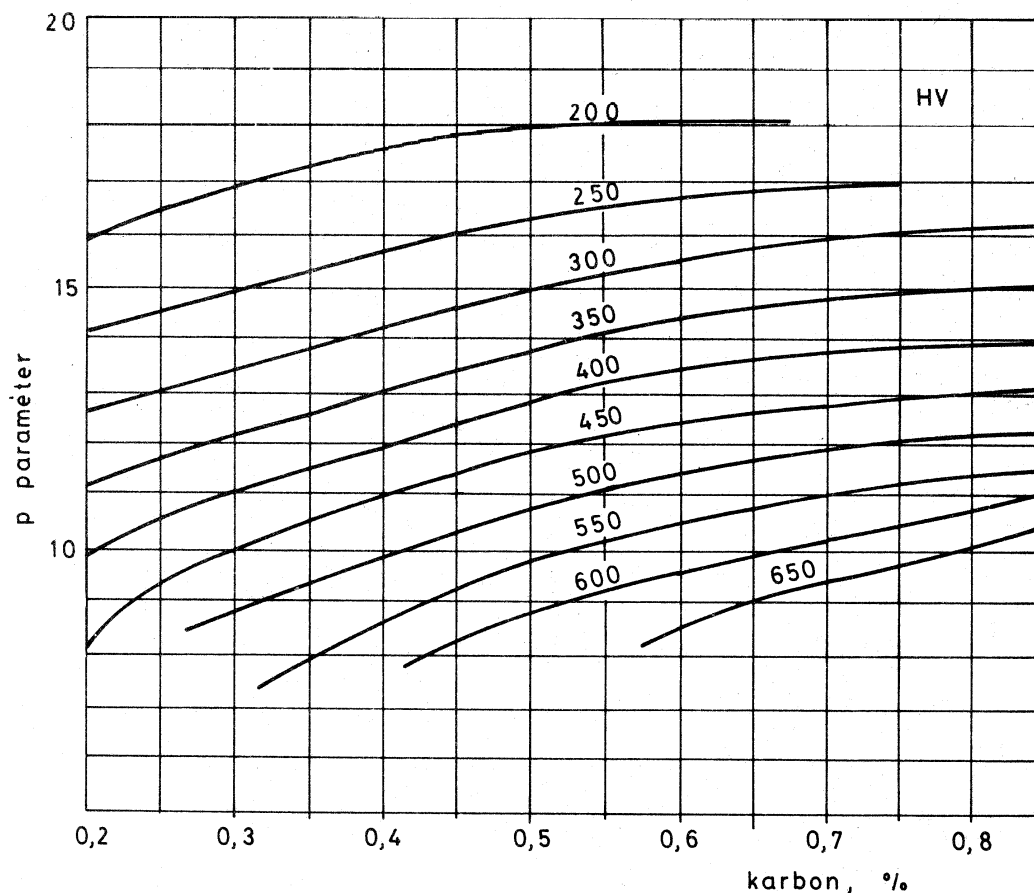
Ötvözött acéloknál ez a jelenség összetettebb, a keménységnövekedés nem arányos a karbon és ötvözőfém mennyiségével, az ötvözők megváltoztatják az egyes lépcsők hőmérsékletét, esetleg a folyamat jellegét is, szekunder keményedést okozva. Ezeknél az ötvözött acéloknál is szokásos a keménység ábrázolása a paraméter függvényében, a mérési pontok alapján. Ötvözött acéloknál a paraméteres összefüggésben a konstans nagyobb, általában 20 körüli értéket fogadnak el.

A paramétert alapul véve arra is módunk van, hogy mérés nélkül is elég megbízhatóan megállapítsuk adott összetételű ötvözetlen, vagy gyengén ötvözött acél megeresztése után a várható keménységet. Gondos mérésekkel felvették sok ötvözetlen acél (ötvöztartalom a szokásos) keménységparaméter-diagramját, majd ezek adatait felhasználva vonalsereges diagramot készítettek el. Ebből a karbontartalom és a megeresztési paraméter függvényében meghatározható az ötvözetlen acélok várható keménysége.

A megeresztést követően nyugvó levegőn lassan hűtünk, ezáltal megakadályozzuk a káros belső feszültségek kialakulását. Néhány acélfajtának, azonban megeresztését követően nem nő a szívóssága a kívánt mértékben, annak ellenére, hogy keménysége, szilárdsága csökken. Ezt a jelenséget megeresztési ridegségnek nevezzük.

4. Feladatok

1. Mérje meg adott hőmérsékleten megeresztett próbájának Vickers-keménységét 10kp-os (100N) terhelőerővel. Állítsa be a keménységmérő berendezésen a terhelést (helyezze el a megfelelő rugókat), mérje meg a lenyomat két átlóját, átlagolja, majd a terhelőerőre vonatkozó táblázatból keresse ki az alkalmazott nagyításhoz és az átlók átlagához tartozó keménységi értéket. Minden próbán három párhuzamos mérést végezzen különböző látóterekben, a három eredményt átlagolja.
2. A csoport tagjainak mérési eredményeit is felhasználva készítse el a különböző acélminőségű acélok hőmérséklet-HV megeresztési görbáját. Ugyanezt a diagramot a paramétert is feltüntető vízszintes tengellyel is lássa el. A megeresztési paraméter a (1) egyenlet alapján számítható.
3. Rajzolja be a 2. pont szerint elkészített diagramba az acélok összetételéből számított megeresztési görbét. Az adott acélok összetétele az 1. táblázatba látható.



2. ábra

A keménység értéke a megeresztési paraméter a karbontartalom függvényében

Acélminőség	Ötvözőelemek						
	C	Mn	Si	S	P	Ni	Cr
C 60	0,60	0,22	0,2	0,015	0,008	0,03	0,04
60 SM1	0,58	1,22	1,30	0,013	0,031	0,08	0,15
Cr 9	0,44	0,56	2,94	0,015	0,018	-	8,19

1.táblázat
A vizsgált acélok összetétele

Ötvöztelen acélok esetében a 2.ábrából a karbontartalom és a megeresztési paraméter függvényében kiolvasható a várható keménység.

Az ötvözők hatásának a vizsgálatára elvégzett kísérletekből készült adatokat a 2.táblázat tartalmazza. Ebből látható, hogy egy-egy ötvöző a különböző paramétereknél nem egyforma mértékben okoz keménységnövekedést valamint, hogy a karbidképző ötvözők (Cr, Mn) érvényességi területe viszonylag kicsi, ugyanis a szekunder keményedés jelenségét ilyen módon nem lehet számításba venni, tehát csak olyan összetételeknél lehet, amelynél ötvözőfém karbidok még nem keletkeznek. A 0,85 %-nál kevesebb Mn és 0,3%-nál kevesebb Si tartalom hatását az ötvöztelen acélok adatai már tartalmazzák. Ha az ötvözőelem tartalma meghaladja az érvényességi terület felső határát, akkor annál az ötvözőnél a felső határral számolunk.

Ötvözőelem	Érvényességi terület	Keménységnövekedési (HV) faktor a p paraméter alábbi értékeinél					
		11	12	13	14	15	16
Mn	0,85-2,1 %	35	25	30	30	30	25
Si	0,3-2,2 %	65	60	30	30	30	30
Ni	0-4 %	5	3	6	8	8	6
Cr	0-1,2 %	50	55	55	55	55	55
Mo	0-0,35 %	40	90	160	220	240	210
Mo	0-0,35 % +0,5-1,2 %Cr mellett	20	45	80	110	120	105
V	Csak Cr-V acélokra	0	30	85	150	210	150

2.táblázat
Az ötvözőelemek keménység növelő hatását kifejező faktorok

4. Értékelje a mért és számított adatok egyezését.

5. Adott acélminőségű acél mért adataiból szerkesztett megeresztési görbét felhasználva állapítsa meg:

a, adott hőmérsékleten adott ideig történő milyen keménység várható,

Az adott megeresztési hőmérsékletből és időből kiszámítjuk a megeresztési paramétert és a megeresztési paraméter alapján a mért görbe alapján meghatározzuk a különböző acéloknál várható keménységet.

b, az előírt keménység elérésére milyen hőkezelést javasol

Adott a keménység, a különböző acélok mért keménységi görbéiből meghatározzuk a megeresztési paramétereket, majd az (1) egyenlet alapján 0,5 és 2 órához kiszámítjuk a megeresztés hőmérsékletét.

5. Jegyzőkönyv

1. Keménységmérés eredményei:

Acélminőség:.....

Terhelőerő: 10 kp (100N)

Alkalmazott nagyítás:.....

	Keresztátló mm	Hosszátló mm	Átlók átlaga mm	HV _{mért}
1 mérés				
2. mérés				
3. mérés				

A próbadarab keménysége (a három mérésből adódó keménység átlaga):HV.....

2.

Megeresztés hőmérséklete:.....°C

Megeresztés ideje:.....óra

Megeresztési paraméter: p=

Számítás menete:

p=

Csoport diagram elkészítése.

3.

A 2. ábrából a megeresztési paraméter alapján leolvasott a karbontartalomtól függő keménység: HV_c=

Ötvözőelemek	Mn	Si	Ni	Cr
Keménységnövekedési faktor				
Keménység-Értékek	HV _{C,Mn} =	HV _{C,Mn,Si} =	HV _{C,Mn,Si,Ni} =	HV _{számított} =

Számítás menete:

HV_{C,Mn}=

HV_{C,Mn,Si}=

HV_{C,Mn,Si,Ni}=

HV_{számított}=

5.

A megeresztés hőmérséklete:°C

A megeresztés időtartama:.....óra

A mért adatokból megeresztési göbék alapján várható keménység:

C 60: HV.....

60 SM1: HV.....

Cr9: HV.....

6.

Az elvárt keménység: HV.....

A mért adatokból megeresztési göbék alapján a megeresztési paraméterek:

C 60: p=.....

60 SM1: p=.....

Cr9: p=.....

Acélminőség	Megeresztés ideje	
	0,5 óra	2 óra
C 60	T=	T=
60 SM1	T=	T=
Cr9	T=	T=

Számítás menete:

6. Irodalom

Óvári: Vaskohászati kézikönyv, Műszaki könyvkiadó, Budapest 1985, 45-53 old.

Verő-Káldor: Vasötvözetek fémtena, Műszaki könyvkiadó, Budapest 1980, 52-53. old.

Németh Emil: Acélok és nemvas fémek hőkezelése a gyártás technológiában, Műszaki könyvkiadó, Budapest 1981, 121-122 old.

Szombatfalvy Árpád: A hőkezelés technológiája, Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1985, 76-80. old.

Tranta Ferencné: Fémten, Hőkezelés IV (egyetemi jegyzet), Tankönyvkiadó, Budapest, 1988, 41-48. old

7. Ellenőrző kérdések

1. Mi a megeresztés célja?
2. Sorolja fel , hogy milyen folyamatok játszódnak le egy ötvözetlen acél megeresztésekor!
3. Mi a szekunder keménység és milyen acéloknál észlelhető?
4. Milyen hatásuk van az ötvözőfémeknek a megeresztési folyamatokra?
5. Rajzoljon egy az ötvözetlen acél keménységének változását a megeresztési hőmérséklet függvényében mutató sematikus görbét (ún. megeresztési diagramot)!
6. Mi a megeresztési paraméter?
7. Hogyan lehet mérés nélkül megállapítani egy ismert karbontartalmú ötvözetlen acél megeresztés után várható keménységét?
8. Hogyan kell figyelembe venni az ötvözőelemek hatását a megeresztés után várható keménység mérés nélküli megállapításakor?
9. A megeresztés melyik részfolyamatára alkalmazható a megeresztési paraméter?
10. Mi az acélok nemesítő hőkezelése?
11. Mi a keményre nemesítés, mi a célja, milyen hőmérséklettartományban történik ekkor a megeresztés?
12. Mi a szívósra nemesítés, mi a célja, milyen hőmérséklettartományban történik ekkor a megeresztés?
13. Mi a megeresztési ridegség?
14. Milyen folyamat zajlik le az acél megeresztésének első lépcsőjében?

15.Milyen folyamat zajlik le az acél megeresztésének második lépcsőjében?

16. Milyen folyamat zajlik le az acél megeresztésének harmadik lépcsőjében?