

BEVEZETÉS A CSAPÁGYACÉLOK MARADÉK AUSZTENIT VIZSGÁLATÁHOZ

A fémek széles körű alkalmazásának és használatának oka az, hogy ötvözeteiknek igen sok előnyös tulajdonsága van. A fémes anyagok tulajdonságai attól függenek, hogy az atomok milyen kristályos rendbe szerveződnek, milyen a különböző kristályos részek mérete, alakja, ill. elhelyezkedése. A fémes anyagok fontosabb tulajdonságai a következők: többségük nagyon jól alakítható, nagy szilárdságúak és szívósak, villamos és mágneses tulajdonságaik kedvezők, felületük felületkezeléssel tovább javítható, egy részük újra feldolgozható.

A fémekkel foglalkozó tudomány viszonylag fiatal, Magyarországon a fémtant Verő József akadémikus alapozta meg [1], és azóta már több egyetemi tankönyv is megjelent [2, 3].

A fémek alkalmazásának számtalan példája van amivel nap mind nap találkozunk. Autóink például sokféle fémes ötvözetet tartalmaznak, az egyik igen fontos alkatrésze a csapágy is.

1. A CSAPÁGYACÉL

Acélnak nevezik azt a vasötvözetet amelynek széntartalma nem haladja meg a 2.06 tömeg %-ot. A 0.8 C% alatti és fölötti acélokat hipo-eutektoidos illetve hiper-eutektoidos acélként különböztetjük meg.

1.1. Minőségi követelmények

A csapágyacéllal szemben támasztott minőségi követelmények a következők:

- nagy felületi terhelés szemben ellenálló;
- súrlódó- és koptató hatással szemben ellenálló;
- megfelelő és egyenletes keménység;
- szívósság;
- homogén szövetszerkezet;
- jó hővezető képesség;
- jó megmunkálhatóság.

1.2. A csapágyacél összetétele

Az acélok lehetnek ötvöztelen vagy ötvözött acélok. Az ötvöztelen acélok lehetnek alap-, minőségi vagy nemesacélok, az ötvötött acélok pedig minőségi vagy nemesacélok.

A csapágyacél ötvözött nemesacél ami a felhasználástól függően különböző típusú, összetételű és jelölésű. Típusai szerint megkülönböztetünk átedzhető, betétben edzhető, nemesíthető, korrózióálló vagy melegkemény csapágyacélokat. Utóbbiak repülőgépturbinák, sugárhajtóművek csapágycsapatjaihoz megfelelőek, ahol az üzemi hőmérséklet az 500°C-ot is elérheti. A csapágyacélok fő típusait, jelölésüket és alkalmazásukat a 1.táblázat tartalmazza [4].

Csapágyacélok típusai 1.táblázat

Típus	Jelölés	Alkalmazás
Átedzhető	100Cr6	általános célú
Betétben edzhető	17NiCrMo14	nagy méretekhez
Nemesíthető	48CrMo4	daruk, baggerok
Korrózióálló	X45Cr13	vegyipari
Melegkemény	X82WMoCrV6-5-4	300°C fölött

Az átedzhető 100Cr6 típusú csapágyacélt világszerte alkalmazzák. Vizsgálataink alapján az ez a típus, melynek legfontosabb ötvözőit az 2.táblázat tartalmazza.

A 100Cr6 típusú csapágyacél vegyi összetétele 2.táblázat

C,%	Cr,%	Si,%	Mn,%	P,%	S,%
0.95-1.10	1.35-1.65	0.10-0.40	0.15-0.45	max. 0.025	max. 0.025

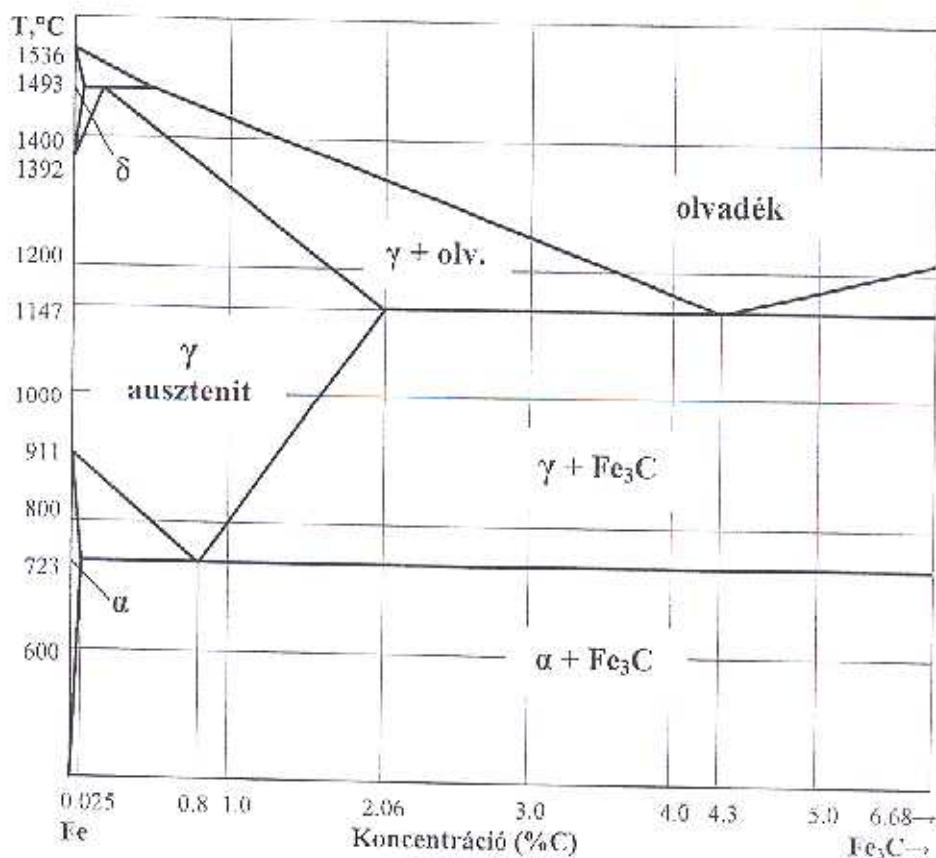
2. A VAS-SZÉN ÖTVÖZETRENDSZER

Az ipari vasötvözetekben a vas legfontosabb ötvözője a szén, amit az anyagtudományban általában karbonnak neveznek.

Az ötvözetek kristályosodásának és egyéb átalakulásának törvényszerűségei elsősorban a termikus analízisnek nevezett kísérleti módszerrel vizsgálhatók. A termikus analízis során megolvastjuk az adott mennyiségű alkotókat, majd az olvadékokat lehűtve, a kristályosodást, illetve az átalakulásokat kísérő hőmérséklet-változást mérjük. A hőmérséklet-változást az idő függvényében ábrázolva kapjuk az illető ötvözet lehűlési görbéjét. Ha ezt a kísérletet egy ötvözőrendszer kellően sokszámszámú ötvözetére elvégezzük és a lehűlési görbék jellemző adatait egyetlen diagramban ábrázoljuk, akkor az illető ötvözőrendszer

egyensúlyi fázisdiagramját kapjuk. A egyensúlyi fázisdiagram vízszintes tengelyén a koncentráció tömeg- vagy atomszázalékban, illetve függőleges tengelyén pedig a hőmérséklet °C-ban vagy K-ben olvasható le. A diagramban szereplő vonalak homogén (egyfázisú), illetve heterogén (kétfázisú) területeket választanak el egymástól.

A karbon, a vasötvözetekben előfordulhat szabad formában grafittként (C), illetve kémiaailag kötött formában vaskarbid (Fe_3C) fémes vegyületként. A gyakorlatban szokásos hűtési viszonyok mellett az acélok mindig karbidosan kristályosodnak. A Fe-Fe₃C egyensúlyi diagramot az 1.ábra szemlélteti.



1.ábra A Fe-Fe₃C ötvözetek egyensúlyi diagramja

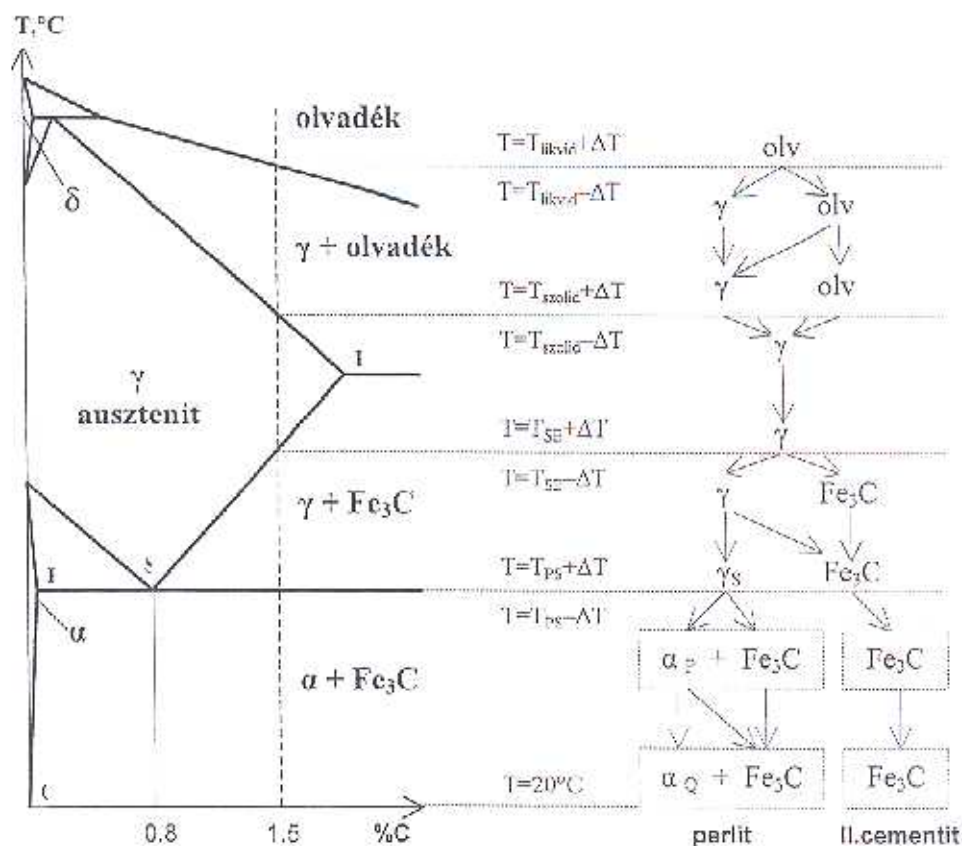
A vasnak a hőmérséklet változtatásával három allotróp módosulata van:

- a térben középpontos kockarácsú α-vas, szövetnevén ferrit;
- a felületen középpontos kockarácsú γ-vas az ausztenit;

• a térben középpontos kockarácsú δ -vas.
 Mindhárom módosulat egyfázisú homogén szilárd oldat.

2.1. Az egyensúlyi kristályosodás

Egyensúlyi feltételeknek megfelelő az a hűtési sebesség, amelynek során minden hőmérsékleten van elég idő a diffúziós folyamatok végbemeneteléhez. Egy hiper-eutektoidos acél (pl. 1.5 %C) kristályosodási folyamatát a 2.ábra szemlélteti.



2.ábra Kristályosodási folyamat 1.5 %C tartalomnál

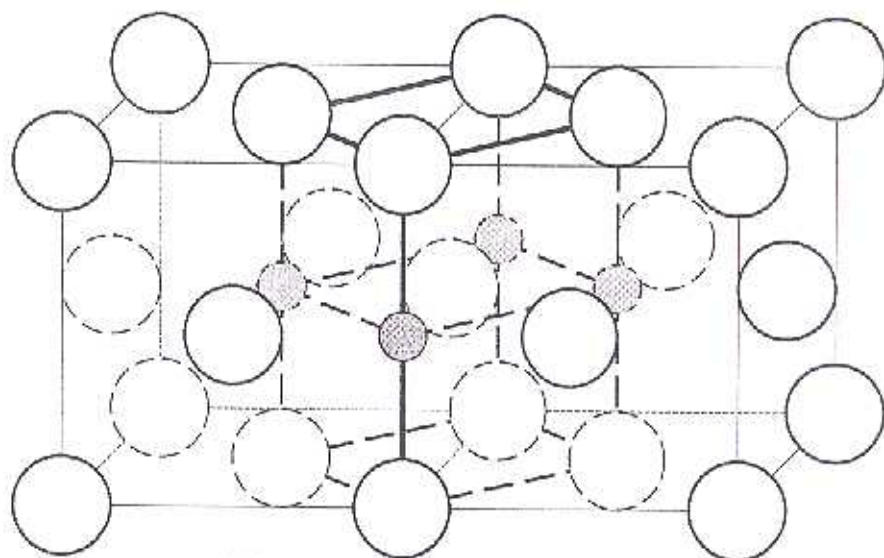
A homogén olvadékból a likvidusz vonalnak megfelelő hőmérséklet alatt, ausztenit kezd kristályosodni és folyamatosan tart a szolidusz vonalig. A megszilárdulás a hőmérséklet csökkenése közben, az olvadék és a szilárd fázis

koncentrációjának folyamatos változásával következik be. Ezt követően a homogén ausztenit tovább hűl az SE vonalig. A vonalat átlépve a túltelített ausztenitből vaskarbid válik ki a szemsehatárokon, ezáltal csökken az ausztenit karbon tartalma. Elérve a T_{P5} hőmérsékletet végbe megy az eutektoidos átalakulás, vagyis a homogén ausztenitből heterogén perlit keletkezik. A perlit párhuzamos vaskarbid és ferrit lemezek növekedésével keletkezik. A lehűt próbatest szövetét a szekunder cementit és a perlit alkotja.

2.2. Nem-egyensúlyi átalakulás

Az egyensúlyi kristályosodásnál láthattuk az ausztenit eutektoidos átalakulását. A perlit kialakulását a karbondiffúzió, illetve az ausztenitnek az átalakulási hőmérséklet alá való túlhűtésének köszönheti, vagyis csíráképződéses, növekedéses folyamatnak. A csíra mindig a vaskarbid, növekedni pedig úgy tud, hogy az ausztenitből megfelelő mennyiségű karbonatom diffundál oda.

Ha az ausztenitet az egyensúlyi hűtési viszonyoknál gyorsabban hűtjük, az átalakulása diffúzió nélkül megy végbe. A felületen középpontos kocka rács átrendeződik térben középpontosra, de a karbon nem tud kiválni, így egy tetragonális rács keletkezik. Ez a szövet a martenzit, amelynek keletkezését a 3. ábra szemlélteti.



3. ábra A martenzit rács kialakulása

A 3. ábrán látható 4 karbon atom ilyen mennyiségben és közelségben csak ábrázolás. A valóságban 1,5 %C tartalom esetén 3,5 darab felületen középpontos

kocka rácsra jutna egy karbon atom. A martenzites átalakulás csak a hőmérséklet függvénye. Meghatározott hőmérsékleten, az M_s hőmérsékleten kezdődik. Az ötvözők mennyiségének függvényében az M_s hőmérséklet meghatározható:

$$M_s = 520 - (360 - 50C)C - 33Mn - 11Si - 22Cr - 17Ni - 11Mo - 11W + 6Co - 17Al \quad (1)$$

ahol a betűjelek az illető kémiai elem mennyiségét jelentik tömegszázalékban. További átalakulás a hőmérséklet csökkenésével érhető el. Az M_s -hez képest 215°C -nyi túlhűlés után az átalakulás megáll, anélkül, hogy az ausztenit teljes mennyisége elfogyott volna. Ezért a martenzitesen átalakult acélokban mindig találunk **maradék ausztenitet**. Az átalakulás befejező hőmérsékletét (ahol a folyamat megáll) M_f -el jelölik. Ha az ausztenit túlhűtése a martenzites átalakuláshoz szükségesnél kisebb, de az eutektoidos átalakulásénál nagyobb, akkor bénites lesz az átalakulás.

A gyakorlatban használatos acélokból a készterméket nem közvetlenül kristályosodással állítják elő. A kristályosodást követő lehűlés után az acélt felhevítéssel ausztenites állapotba hozzák, majd szabályozott, a kívánt szövet eléréséhez megfelelő hűtési sebességgel lehűtik. Az így keletkezett szövet szerkezetét nagyban befolyásolja annak az ausztenitnek a szerkezete (szemesenagysága, koncentrációeloszlása), amelyből létrejött. Ezért fontos, hogy a hevítés során kialakuló ausztenit szerkezete megfelelő legyen.

A folyamat közben tartására használjuk az úgynevezett ausztenitesítési diagramokat. Az ausztenites állapotból való hűtésekre átalakulási diagramok vannak, amelyekben be van határolva az adott átalakulás kezdete és befejeződése. Az ausztenit átalakulhat izotermásan vagy folyamatos hűtés közben.

3. A MARADÉK AUSZTENIT MENNYISÉGÉNEK MEGHATÁROZÁSA

Általában elfogadott, hogy adott maradék ausztenit mennyiség potenciálisan növeli az acél alakíthatóságát, de nagy mennyiség csökkenti a szilárdságot illetve az alkatrészek tartosságát.

Míndezekért fontos a maradék ausztenit mennyiségének pontos meghatározása az anyagszerkezeti vizsgálatokban.

A szerkezetet vizsgáló módszerek sokfélék, ide tartoznak többek között a különböző fény- és elektronmikroszkópos módszerek, illetve röntgensugár segítségével végzett vizsgálat.

A maradék ausztenit meghatározására elterjedt eljárások a következők:

- metallográfiai vizsgálatok;
- elektromágneses vizsgálatok;
- dilatométeres mérés;
- röntgen diffrakciós vizsgálat.

A próbatesteknek csiszolással és polírozással létrehozott tükörfényes felületén általában nem láthatók a szövetszerkezet részletei. Legfeljebb a matt zárványok, repedések vagy az öltöttvas grafitját vizsgálhatjuk ilyen csiszolatokon. A szövetszerkezet részleteit: a szemcschatárokat, az egyes fázisokat maratással tesszük láthatóvá. A maratás során az ötvözet egyes fázisai különbözőképpen oldódnak, sík vagy éppen szabálytalan felületet hoznak létre, amely mikroszkópos eljárásokkal már jól megfigyelhető.

Erre a célra a leggyakrabban használt maratószer a 2-10 % salétromsav alkoholos oldata, az úgynevezett nital, de ezenfelül számos maratószerket fejlesztettek ki [5]. Nitalos maratással a több fázisú acélok vizsgálata általában nem kielégítő, ami újabb maratási technikákhoz vezetett. Ez az úgynevezett színes maratás [6].

E. Girault és társai [7] olyan acél szerkezetét vizsgálták amelyben négy féle szövet keletkezik: ferrit, bénit, martenzit és maradék ausztenit.

A használt maratószer kétféle reagens keveréke volt amit közvetlenül a maratás előtt kevertek össze. Mindkettő mennyisége 30 ± 2 ml volt. Az első 1 g $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ és 100 ml desztillált víz, míg a másik 4 g pikrin sav és 100 ml etanol oldásával készült. Ezzel a maratással nem lehetett megkülönböztetni a martenzitet a maradék ausztenittől, de a maratás előtti 2 órás 200°C -on való temperálás olyan eredményt hozott, hogy a martenzit sötétebb árnyalatú lett mint az ausztenit.

Ezzel az eljárással már vizsgálhatóak a többfázisú acélok, ami alapján fázismennyiségi méréseket is lehet végezni.

4. ÖSSZEFOGLALÁS, TOVÁBBI TERVEK

Jelen dolgozat a fémek előnyös tulajdonságaiból eredő alkalmazhatóságának fontosságáról szól, kiemelve a csapágyak használatát.

A tulajdonságokat meghatározza a létrejött kristályos rendszer milyensége, mérete, eloszlása. A vas legfontosabb ötvözőjével a karbonnal való kapcsolatát mutatja a Fe-Fe₃C diagram, valamint külön egyensúlyi és nem egyensúlyi hűtési feltételek következménye volt részletezve. A szerkezetvizsgálati módszerek közül egy metallográfiai vizsgálat technikai része volt említve.

Külön érdemes foglalkozni a króm szerepéről és hatásáról a csapágyacélban.

Elképzelhető, hogy a maradék ausztenitnek anizotrópiája van, vagyis a tér valamilyen irányában a véletlenszerűtől különböző a mérete.

A röntgen diffrakciós vizsgálat az egyik legmegbízhatóbb vizsgálati módszer, amivel a maradék ausztenit mennyisége meghatározható.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Verő József-Káldor Mihály: Fémtan. Budapest, Tankönyvkiadó, 1977.
- [2] Tisza Miklós: Metallográfia. Miskolci Egyetemi Kiadó, 1998.
- [3] Dr.Gácsi Zoltán - Dr.Mertinger Valéria: Fémtan. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 2000.
- [4] Dr.Bagyinszki Gyula - Dr.Kovács Mihály: Gépipari alapanyagok és félkész gyártmányok. Budapest, Nemzeti Tankönyvkiadó, 2001.
- [5] G. F. Vander Voort: Metallography: Principles and Practice. New York, McGraw-Hill, 1984.
- [6] A. Ray and S. K. Dhua: Microstructural manifestations in color: some applications for steels. Mater. Char. 37:1-8 (1996).
- [7] E. Girault, P. Jacques, Ph. Harlet, K. Mols, J. Van Humbeek, E. Aernoudt, and F. Delannay: Metallographic Methods for Revealing the Multiphase Microstructure of TRIP-Assisted Steels. Mater. Char. 40:111-118 (1998).

INTRODUCTION FOR DETERMINATION OF RETAINED AUSTENITE IN BEARING STEELS

Metals can be considered as materials most widely applied in engineering devices and equipment up to the present day, as an example the bearings. The properties of metals is determined by different crystallographic structures, with different size and order. The equilibrium phase diagram of Fe-Fe₃C system and the non-equilibrium crystallization are described.

Retained austenite can significantly affect the mechanical properties and the service life of bearings. Generally, it is considered that a certain amount of retained austenite may potentially increase ductility and toughness, but, too much retained austenite could decrease the strength and the stability of components. The common methods for determination of retained austenite are metallographic analysis, magnetic methods, dilatometer and X-ray diffraction techniques. A new metallographic method for the characterization of multiphase steels is described.