

BETÉTEDZÉSŰ ACÉLOK KARBONITRIDÁLÁSA

Biró Andrea¹, Szabó Endre², Dr. Tisza Miklós³

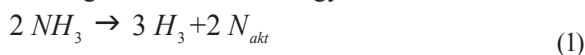
1. BEVEZETÉS

1.1. A gázközegű karbonitridálás technológiája

Az acélok kopásállóságának növelésére az egyik leg-hatékonyabb módszer a nitridálás. Összehasonlítva a másik legjelentősebb termokémiai eljárással - a betétedzéssel – azt mondhatjuk, hogy a nitridált kéreg magasabb hőmérsékletig őrzi meg kedvező kopási tulajdonságait, mint a cementálás során előállított felületi réteg. A kisebb technológiai hőmérséklet csökkenti a mérettorzulást. Ráadásul ez a mérettorzulás a technológia pontos szabályozhatósága miatt jól tervezhető, számítható így a nitridálandó alkatrész már nitridálás előtt készre munkálható. A mag szükséges tulajdonságai pedig a nitridálás előtt a kívánt értékre – általában normalizálással vagy nemesítéssel – beállíthatók [1].

A nitridálás technológiájának legnagyobb korlátja, hogy igen hosszú a technológiai idő. A réteg kialakulásának időszükséglete két tényezőtől függ: az egyik, az aktív/reakcióképes nitrogénatom megkötődésének (adszorpciójának) sebessége, a másik az adszorbeálódott nitrogén diffúziójának sebessége.

Karbonitridálással felgyorsítható a nitrogénatom adszorpciója. Nitridálás során a gáztérbe vezetett ammónia részlegesen disszociál az egyenlet szerint:



A képződött atomos reakcióképes nitrogén atomok egy része adszorbeálódik a nitridálandó darab felületén, míg a többi molekulává alakul és távozik a felülettől. Karbonitridálás során az ammónia mellé széndioxidot adagolnak. A technológia hőmérsékletén széndioxid nem stabil, így szénmonoxiddá alakulás közben az ammónia bomlásakor keletkezett hidrogéngázt vízgőz formájában megköti az egyenlet szerint.



Ennek köszönhetően az ammónia bomlásterméke gyorsabban távozik el a darab felületéről, ezáltal felgyorsul az adszorpció. Ahogy arra az eljárás elnevezése is utal, a hőkezelés során karbon is diffundál a felületbe – amely komplex karbonitrideket alkotva -, tovább növeli a felületi keménységet

1.2. A kialakult réteg szerkezete

A nitridálással kialakított igen bonyolult szerkezetű kéreg optikai mikroszkópon is jól megkülönböztethető két részből áll, nevezetesen a felületig terjedő, nitridekből (mikroszkópos vizsgálatnál fehérnek látszó vegyületi zónából) és az alatta lévő diffúziós zónából (belső nitridálási zóna).

Szobahőmérsékletre lehűlve a vegyületi zóna a felületen fázisból áll. A felülettől távolabb kétfázisú: és ' fázisokat találunk. A karbonitrid fázis kevésbé rideg és nagyobb kopásállósággal rendelkezik, mint az nitrid [1].

A belső nitridálási zóna a szilárd oldatból és az alapfém, valamint az ötvöző elemek nitridjeiből áll. Ezért tulajdonságait a mátrix tulajdonságai és a nitridek minősége, mennyisége, mérete, alakja, eloszlása határozza meg. Ennek megfelelően több lehetőség van a belső nitridálási zóna tulajdonságainak változtatására. Például adott acél nitridálási hőmérsékletének és idejének megfelelő variálásával különböző állapotban rögzíthetjük a kiválási folyamatokat, s ennek megfelelően különböző tulajdonságokat kapunk. [1].

2. KARBONITRIDÁLÁS

2.1. A kísérlet leírása

Mivel a nitridálás – és így a karbonitridálás – sok helyen a betétedzés helyettesítő eljárása ezért célszerű a kísérleteket betétedzésű acélokon elvégezni. Az 1. táblázat tartalmazza a kísérletekhez felhasznált 3 acélminőség összetételét.

A karbonitridálást gázközegben végeztük. A bevezetett gázkeverék: 250 l/h NH₃ + 10 l/h CO₂ + 50 l/h N₂. A kísérlet során nitridált darabok méretei: BE1: 18x17x4,5 mm, BE2: 14x10x8 mm, BE3: 12x8x8 mm.

A karbonitridálást, állandó hőmérsékleten – 570 és 620 °C-on – végeztük, időtartama rendre 10-20-30-40-50 óra volt. A nitridálás után a darabokat nitrogéngáz-áramban hűtöttük 200 °C-ig, majd szobahőmérsékletig levegőn.

A hőkezelés után a darabokat egy erre a célra rendszeresített készülékbe fogtuk. Annak érdekében, hogy a további előkészítés során a kemény, rideg felületi réteg ne sérüljön, egy rézlapot tettünk a darabok mellé. A kéregmélység meghatározásához a darabokat köszörülés után megcsiszoltuk, majd polírozás után 2%-os Nitál-lal marattuk.

¹ PhD hallgató, Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék, www.met.uni-miskolc.hu, e-mail: biro.andrea@uni-miskolc.hu

² egyetemi adjunktus, Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék, www.met.uni-miskolc.hu

³ egyetemi tanár, tanszékvezető, Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék, www.met.uni-miskolc.hu, e-mail: tisza.miklos@uni-miskolc.hu

1. táblázat: A kísérlet során használt anyagminőségek kémiai összetétele

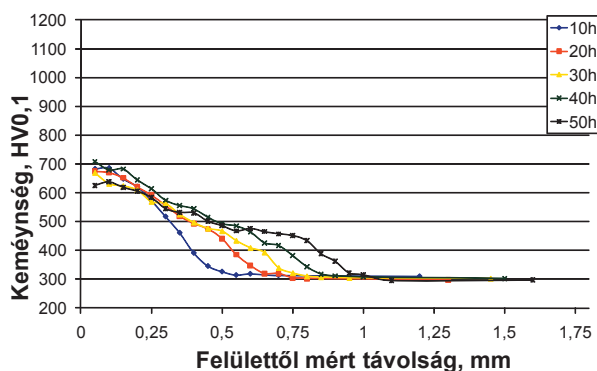
	C, %	Mn, %	Si, %	Cr, %	Mo, %	V, %	Al, %
BE1	0,2	0,7-1,2	0,4-0,8	0,8-1,0	0,2-0,3	-	-
BE2	0,16-0,2	1,5-1,7	0,6-0,9	1,0-1,4	0,3-0,6	-	-
BE3	0,11	0,4	0,3	2,1	0,35	0,1	0,5

Ezek után a kéregmélység meghatározásához minden darabon 3-3 keménységmérést végeztünk, mikro-Vickers eljárással, 100 g-os terhelőerővel, 10 másodperces terhelési idővel. E három mérési sorozat átlagával készültek a későbbiekben bemutatott keménység-eloszlási diagramok.

A vegyületi réteg meghatározása a mikroszkópi kép alapján egyértelműen elvégezhető volt, míg a diffúziós zóna mélységét a keménységmérések eredménye alapján, az alapszövetnél 50 HV0,1-el nagyobb keménységi értékhez tartozó távolságnál határoztuk meg.

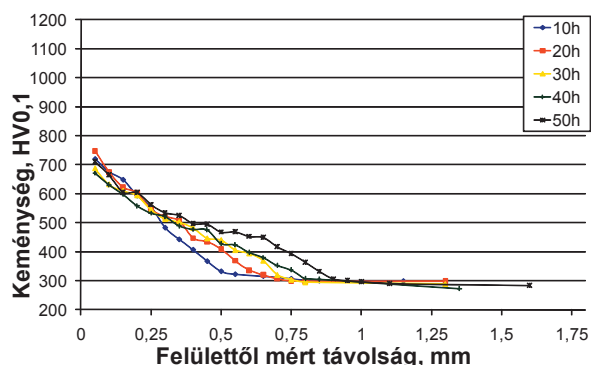
2.2. Az eredmények 570°C-os nitridálási hőmérséklet

A BE1, BE2, BE3 anyagminőségeken mért keménységeloszlást mutatja rendre az 1. ábra.



1. ábra A BE1 anyag keménységeloszlása különböző karbonitridálási idő után, 570°C

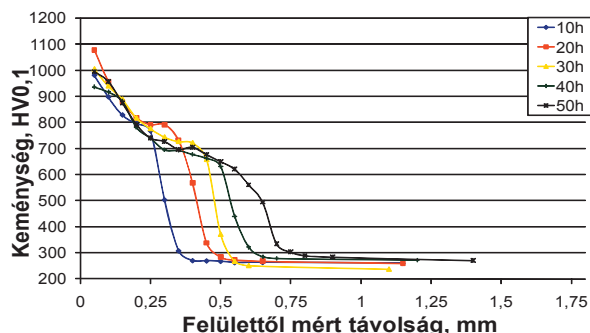
A BE2 anyagminőségen mért keménység-eloszlást mutatja a 2. ábra.



2. ábra A BE2 anyag keménységeloszlása különböző karbonitridálási idő után, 570°C

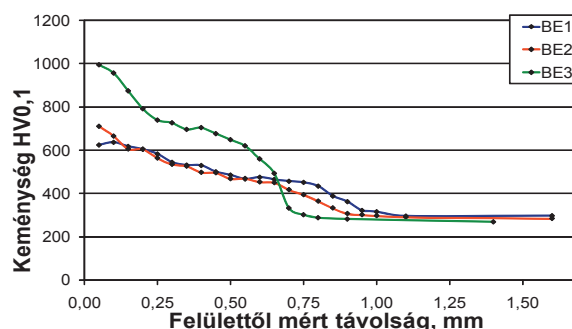
A BE3 anyagminőségen mért keménységeloszlást mutatja a 3. ábra.

A diagramokon jól látható, hogy a karbonitridálási idő növekedésével a kéregvastagság mindhárom esetben növekszik.



3. ábra A BE3 anyag keménységeloszlása különböző karbonitridálási idő után, 570°C

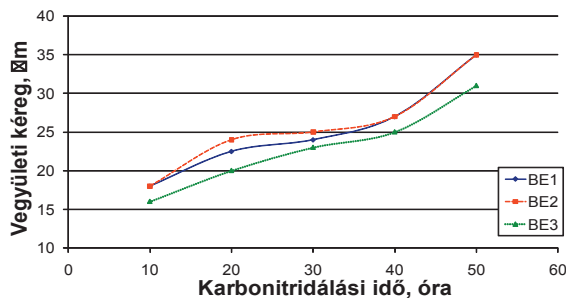
A három anyagminőséget összehasonlítva (4. ábra), az is látható, hogy a BE1 és BE2 jelű anyag hasonló összetétele hasonló keménységeloszlást eredményez.



4. ábra A három anyagminőség kéreglefutása 50h karbonitridálás után, 570°C

A BE3 jelű anyag jóval nagyobb arányban tartalmaz nitridképzőket, amelyek egyrészt növelik a diffúziós zóna keménységét, másrészt ez az oka a kéreg és az alapanyag határán lévő hirtelen keménységsökkenésnek.

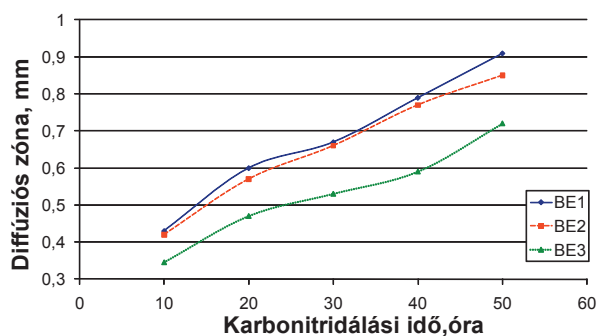
A mikroszkópi képen jól elkülöníthető vegyületi, ún. fehér réteg vastagságának alakulását a különböző anyagoknál az 5. ábra mutatja.



5. ábra A vegyületi kéreg vastagsága a karbonitridálási idő függvényében

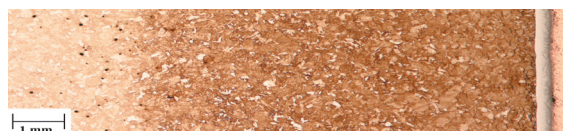
A vegyületi kéreg esetében „túl-nitridálás” (vagyis túl sok nitrogén felvétele) esetén prozítás fordulhat elő, amely jelentősen rontja a kopásállóságot. Ennek oka az, hogy a felületen olyan sok nitrogén kötődik meg, amely már nem képes diffúzióval a belsőbb rétegek felé haladni, hanem a felület közelében molekulává alakul, pórusokat hozva létre. Jelen esetben egyik próbatesten sem volt megfigyelhető porozítás a vegyületi rétegben. A pórusmentes vegyületi réteg nagymértékben javítja a felület kopásállóságát így növeli az alkatrész élettartamát. A diffúziós zóna már rosszabb kopási tulajdonságokkal rendelkezik, mint a vegyületi réteg, azonban a kopásállóságot ez a zóna is javítja. Az ábrából ismét jól látható, hogy a BE1 és BE2 anyagok közel azonosnak mondhatók nitridálás szempontjából, míg a BE3-as anyagminőségen jóval kisebb a vegyületi kéreg.

A diffúziós zóna mélységét a nitridálási idő függvényében ábrázolja a 6. ábra a három különböző anyagminőségnél.

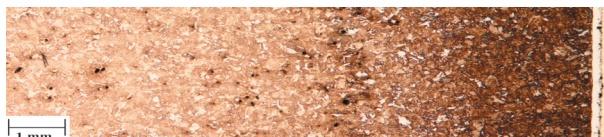


6. ábra A diffúziós zóna mélysége, mm

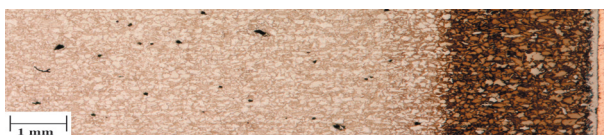
A 7-9. ábrán, 50h karbonitridálás alatt képződött felületi rétegek mikroszkópi képei láthatók.



7. ábra A felületi réteg mikroszkópi képe, BE1, 50h, 570°C



8. ábra A felületi réteg mikroszkópi képe, BE2, 50h, 570°C



9. ábra A felületi réteg mikroszkópi képe, BE3, 50h, 570°C

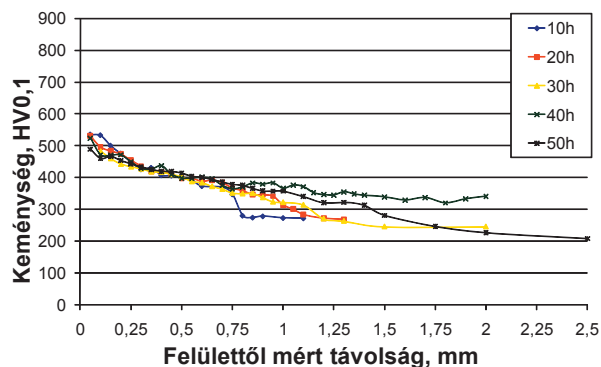
A képeken is láthatók a hasonlóságok a BE1 és BE2 anyagminőség között, valamint a BE3 anyagminőség esetében a jóval kisebb nitridálási mélység.

Hagyományos nitridálással általában 40 óra alatt érhető el 0,4 mm-es réteg [2, 3]. A kapott eredményekből látható, hogy karbonitridálással mindhárom anyagminőségnél ugyanennyi idő alatt nagyobb rétegvastagság volt elérhető.

620°C-os nitridálási hőmérséklet

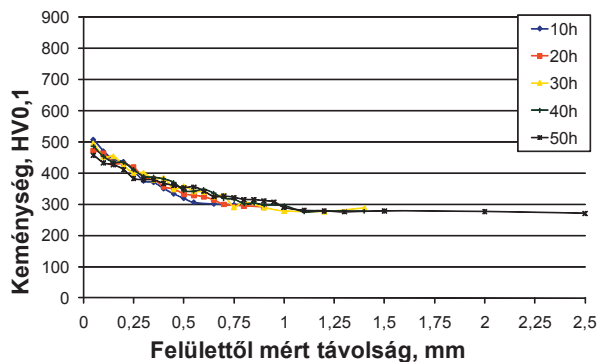
A nitridálás szokásos hőmérséklete 590°C alatt van, amely a vas-nitrogén állapotábrában az eutektoidos reakció hőmérséklete. Második kísérleti sorozatunkban e hőmérséklet fölé mentünk, s megnéztük, hogy milyen hatása van a magasabb hőmérsékletnek a kialakuló kéregre.

A három anyagminőség keménységtraverzét mutatja a 10-12. ábra. Amellett, hogy a karbonitridálási idő növekedésével növekedett a rétegmélység, az is jól látható, hogy a felületi keménység az idő növekedésével nemigen változott.

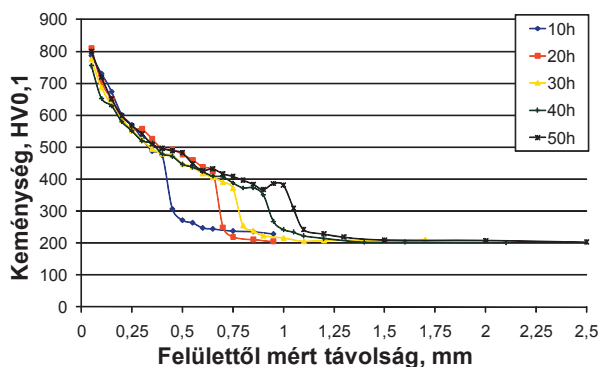


10. ábra A BE1 anyag keménységeloszlása különböző karbonitridálási idő után, 620°C

Fontos elmondani, hogy minden esetben porózus volt a vegyületi kéreg. E pórusos réteg aránya olykor meghaladta a vegyületi kéregmélységének felét. E porózus rész eltávolítása után a vegyületi kéreg képes biztosítani a kopásállóságot, s így növelni az élettartamot

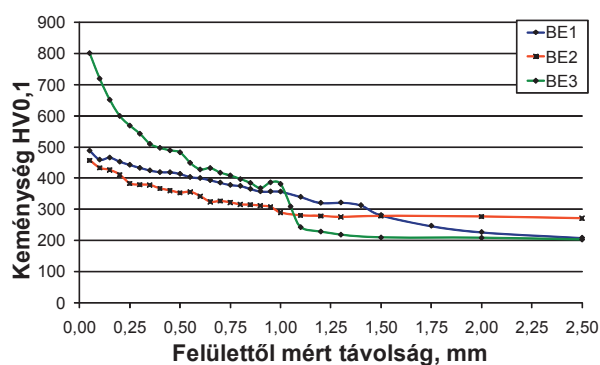


11. ábra A BE2 anyag keménységeloszlása különböző karbonitridálási idő után, 620°C



12. ábra A BE3 anyag keménységeloszlása különböző karbonitridálási idő után, 620°C

A 13. ábra mutatja mindhárom anyag kéreglefutását 50h nitridálás után.



13. ábra A kéreglefutás alakulása 50h, 620°C

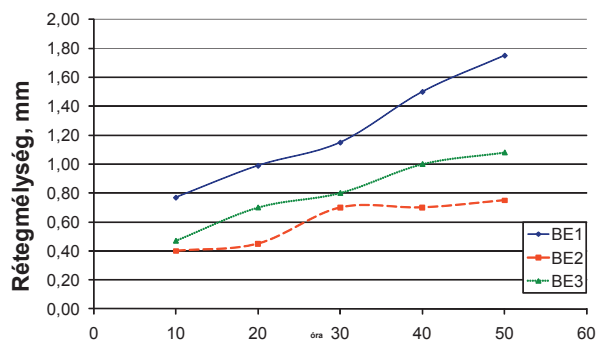
Az ábrák alapján elmondható, hogy a kéreglefutás jellege ezen a hőmérsékleten is hasonló volt, azonban a kéregkeménység értékében – természetesen – különbségek adódtak:

- A felületen mérhető maximális keménység csökkent. Ennek oka, hogy a nagyobb hőmérsékleten gyorsabb diffúzió következtében a felület közelében kevesebb nitrogén maradt.
- A kéregmélység nagyobb. Oka azonos az előzőekkel.
- A minimális keménység csökkent, melynek oka a magasabb hőmérséklet.

Az eredmények igazolták az előzetes elvárásainkat. Várható volt, hogy a magasabb hőmérséklet kedvező lesz a diffúzió szempontjából, s így a kéregmélység növekedni fog. Mivel az alapanyag betétedzésű acél, amelynek a magkeménysége igen alacsony, így bár lehetett számítani a mag lágyulására ezen a hőmérsékleten, de nem túl számottevő mértékben.

Az elérhető rétegmélységet a 14. ábra mutatja.

Látható, hogy az elérhető rétegmélység nagyobb, mint 570°C-on. Viszont ilyen magas hőmérsékletű nitridálás esetén fontos figyelembe venni azt is, hogy a mag jelentősen kilágyulhat. Főleg abban az esetben kell, ezzel számolni, ha nem ilyen kis karbontartalmú és gyengén ötvözött anyagról van szó.



14. ábra A rétegmélység alakulása 620°C-os karbonitridáláskor

3. ÖSSZEFOGLALÁS

A bemutatott eredmények alapján megállapítható, hogy a karbonitridálás eredményesen alkalmazható eljárás betétedzésű acélok esetében. A kialakított kéregben a vegyületi zóna csak 570°C-on volt pórusmentes, 620°C-on porozitás jelent meg. A kísérleti eredmények azt is igazolták, hogy a karbonitridálással előállított kéreg mélysége meghaladja az ugyanannyi idő alatt hagyományos nitridálással elérhető kéregmélységet. Mivel a kopásállóság egyértelmű összefüggésben van a keménységgel, ezért az is kijelenthető, hogy a vizsgált anyagok kopásállósága karbonitridálással javítható. A kopásállóság pontosabb értékelése, minősítése érdekében célszerű átfogó kopásvizsgálatokat is végezni.

4. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikkben ismertetett kutatómunka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

5. IRODALOM

- [1] LIZÁK J.- ROMVÁRI P.- SCHÄFFER J.- SZABÓ E.: Szerkezeti-és szerszámacélok termokémiai kezelései A1 hőmérséklet alatt, Gépipari Tudományos Egyesület X. Országos Hőkezelési Szeminárium kiadványa, Miskolc-Tapolca, 1983. október 26-28.
- [2] SMÓLING K.: Az acélok és a vas hőkezelése, 2. átdolgozott kiadás, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1976. , p 117
- [3] G: KRAUSS: Steels: Heat Treatment and Processing Principles, ASM International, 1997. ISBN: 0-87170-370-X, p. 305-315