



A mélyhűtés hatása az ELMAX szerszámacél kopási és korróziós tulajdonságaira

Effect of Cryogenic Treatment on the Wear and Corrosion Resistance of the ELMAX tool Steel

Kőrösi Gábor,¹ Tóth László²

¹ Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest, Magyarország, korosigabor.atg@gmail.com

² Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Gépészeti és Technológiai Intézet, Anyagtechnológiai Intézeti Tanszék, Budapest, Magyarország, toth.laszlo@bgk.uni-obuda.hu

Abstract

In our research, we investigated how the wear and corrosion resistance properties of ELMAX tool steel change during cryogenic treatment. The tool steel was heat treated in two different ways: conventionally, and using cryogenic treatment. From the two differently heat treated workpieces, 3 specimens each were subjected to wear and corrosion tests. Based on the obtained results, it can be stated that both the wear resistance and corrosion resistance improved as a result of the cryogenic treatment. These properties can clearly determine the usability of the material in many applications.

Keywords: *heat treatment, cryogenic treatment, wear, corrosion.*

Összefoglalás

Kutatásunkban azt vizsgáltuk, hogyan változnak az ELMAX szerszámacél kopási és korróziós tulajdonságai mélyhűtés hatására. A szerszámacélt egyrészt úgynevezett hagyományos módon, másrészt mélyhűtés közbefektetésével is hőkezeltük. A két eltérően hőkezelt munkadarabból 3-3 próbatestet kopásvizsgálatnak és korróziós vizsgálatnak vetettünk alá. A kapott eredmények alapján elmondható, hogy a mélyhűtéssel javult mind a kopás, mind a korrózióállóság. Ezek a jellemzők nagyban befolyásolják az anyag alkalmazhatóságát számos felhasználási területen.

Kulcsszavak: *hőkezelés, mélyhűtés, kopás, korrózió.*

1. Bevezetés

Aszerszámacélok a modern ipar alapkövei, mivel gépek, szerszámok és eszközök gyártásában kulcsfontosságúak, nagy keménységűeknek, szilárdságuknak és kopásállóságuknak köszönhetően.

Ezeket az optimális mechanikai tulajdonságokat az anyag kémiai összetétele és a gondosan megválasztott hőkezelési eljárások határozzák meg, amelyek az acél belső szerkezetét alakítják át az adott célnak megfelelően.

A szerszámacélok hőkezelése összetett folyamat, amelynek célja a mikroszerkezet olyan irá-

nyú változtatása, amivel elérhető, hogy az acél a kívánt tulajdonságokkal bírjon.

Az egyik leggyakrabban alkalmazott ilyen eljárás az edzés és a megeresztés kombinációja [1]. Az edzés során az acélt nagy hőmérsékletre hevítik (ausztenites állapot), majd gyors lehűtést alkalmaznak, létrehozva a kemény, de rideg martenzites szerkezetet. Ezt követően (akár több lépésben is) megeresztéseket végeznek, amelyek finomhangolják a mikroszerkezetet, optimalizálva a keménységet, szívósságot és a korrózióállóságot az adott ipari igénybevételhez igazodva.

A hagyományos eljárások optimalizálására az újabb kutatások a mélyhűtés alkalmazásának irányába indultak el az edzés és az első megeresztés között. Ez a művelet célzottan a martenzites szerkezet további finomítására fókuszál a maradék ausztenit minimálisra csökkentésével. A mélyhűtés eredményeként az acél szilárdsága, kopásállósága javul.

A mélyhűtést követő megeresztés elősegíti a karbidkiválást és növeli a martenzit stabilitását, ami lehetővé teszi, hogy az acélok keménysége, valamint kopási tulajdonsága tovább javulhasson. A mélyhűtés új lehetőségeket és kihívásokat egyaránt rejt a szerszámacél egymásnak ellentmondó követelményeinek (pl.: szívósság – kopásállóság) maximalizálására.

A vizsgálatunk célja, hogy részletesen bemutassa és összehasonlítsa két különböző hőkezelési eljárás hatását egy adott szerszámacél, az ELMAX tulajdonságainak alakulására. Az összehasonlítás a következő két eljárásra fókuszál:

- hagyományos eljárás: edzés, amelyet három megeresztés követ;
- mélyhűtési eljárás: edzés, mélyhűtés, majd három megeresztés.

Az eredmények összehasonlításával a dolgozat szemlélteti a két technológiával elérhető jellemzők közötti különbségeket.

Ezeknek az összehasonlító eredményeknek a birtokában lehetőség nyílik az ipari gyártás hatékonyságának növelésére, a megfelelő hőkezelés kiválasztásához szükséges támpontok biztosításán keresztül.

2. Anyagminőség

Az általunk vizsgált szerszámanyag az Uddeholm ELMAX SuperClean, amelyet a voestalpine High Performance Metals Hungary Kft. forgalmaz Magyarországon [2].

1. táblázat. Az ELMAX vegyi összetétele [2]

Alkotóelem	Tömegarány, %
C (szén)	1,7
Si (szilícium)	0,8
Mn (mangán)	0,3
Cr (króm)	18,0
Mo (molibdén)	1,0
V (vanádium)	3,0

Az ELMAX porkohászati eljárással gyártott szerszámacél, amelyet a svéd Uddeholm fejlesztett ki a 2000-es évek elején. Célja az volt, hogy ötvözze a hagyományos, nagy kopásállóságú szerszám-

acélok előnyeit a rozsdamentes acélok korrózióállóságával.

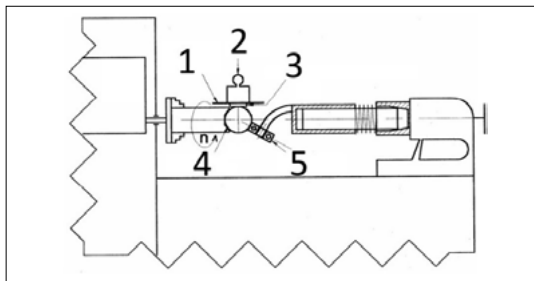
A porkohászati technológia révén homogén mikroszerkezet és kiváló tulajdonságok, nagy kopásállóság, jó megmunkálhatóság és mérettartás jellemzi. Eredetileg fröccsöntő és extrudáló szerszámokhoz fejlesztették, de ma már széles körben alkalmazzák például prémium konyhai, taktikai és túlélőkések gyártásában [3].

3. Elvégzett vizsgálatok, hőkezelések

A tulajdonságok ellenőrzésére keménységmérést, kopási és korróziós vizsgálatokat végeztünk.

A próbatetek előkészítése a Polyax Kft. laborjában zajlott. A keménységet Ernst AT130 D keménységmérővel mértük.

A koptatást az egyetemünk anyagvizsgáló laborjában található koptatóberendezéssel (1. ábra), csiszolt felületű próbatetekeken hajtottuk végre. Próbatestenként 3 teszt készült, egyenként 5 perig.



1. ábra. Koptatóberendezés elvi elrendezése [4]

- 1: Mervez lemez csuklórúdra erősítve,
2: Terhelés, 3: Próbatest,
4: Koptatógolyó, 5: Golyóscsapág

A koptatógolyó anyaga Al_2O_3 , átmérője 20 mm. A golyó meghajtásának fordulatszáma 570 1/min volt. A terhelés 72 g, amibe beletartozik a csuklórúd, valamint a többletterhelés. A vizsgálat során nem alkalmaztunk kenőanyagot.

A csiszolatokon megfigyelhető kopásnyomokat Olympus BX53M típusú mikroszkóppal vizsgáltuk.

A korróziós vizsgálatokhoz az ASTM G31-21 [5] és kiegészítő szabványát, az ASTM G1-03(2017)e1-et használtuk útmutatásként [6]. A vizsgálatok során 6%-os FeCl_3 -oldatba mártottunk 3-3 mintát 72 órára. A korrózióállóság mértékét tömegvesztési sebesség alapján határoztuk meg.

A próbatetek mérete az egyes vizsgálatok során tizedmilliméteres nagyságrendben azonos volt: $16,0 \times 10,0 \times 2,5$.

3.1. Hőkezelések

A hőkezeléseket a Titán 94 Kft. hőkezelőjében (2. ábra) végeztük. Az edzés, a mélyhűtés és az első megeresztés egy Schmetz IU72/IF 2RV típusú vákuumkemencében történt, a további két megeresztés pedig nitrogén védőgázos megeresztő-kemencében.

A hőkezelések ciklusdiagramja a 3. ábrán figyelhető meg. A hagyományosan hőkezelt próbatesteknél alkalmazott hőkezelés során a mélyhűtés kivételével minden egyéb paraméter megegyezett.

Kiemelendő az 1080 °C -os ausztenitesítési hőmérséklet, a -150 °C-os mélyhűtés, valamint a rendre 200, 210, 180 °C-os megeresztési hőmérsékletek.

4. Eredmények

4.1. Keménység

A munkadarabot, amiből a próbatesteket ki-munkáltuk, lágyított állapotban kaptuk.

A keménységmérések átlagos értékeit a 2. táblázat foglalja össze:

2. táblázat. Átlagolt keménységértékek

	Lágyítva	Hőkezelések után
Hagyományosan kezelt	257 HB	58 HRC
Mélyhűtött	257 HB	59 HRC

Az eredmények alátámasztják a várt keménység-növekedést.

4.2. Kopásállóság

A kopási tényező meghatározásához használt képlet:

$$K = \frac{V_v}{S \times N} \left(\frac{mm^3}{Nm} \right)$$

(1)



2. ábra. A Titán 94 Kft. hőkezelője

ahol:

- K: kopási tényező,
- V_v: leválasztott térfogat,
- S: kopási úthossz,
- N: terhelőerő.

A kiértékeléskor alkalmazott eljárások, valamint képletek az alábbi szakirodalomban részle-tesebben levezetésre kerülnek: [4].

A koptatóvizsgálat alapján megállapított kopás-tényező-értékeket az alábbi táblázat foglalja össze:

3. táblázat. Átlagolt kopási tényezők

Kopási tényező átlagok	
Hagyományos	10,066 × 10 ⁻⁶ mm ³ /Nm
Mélyhűtött	4,853 × 10 ⁻⁶ mm ³ /Nm

A kapott eredmény azt az állítást is alátámasztja, miszerint a nagyon hasonló keménységgel rendelkező acélok kopási tulajdonságai között is jelentős eltéréseket tapasztalhatunk [7].

4.3. Korrózióállóság

A korróziósebesség (Kts) meghatározásához alkalmazott összefüggés:

$$Kts = \frac{\Delta m}{A \times t} \left(\frac{g}{m^2 h} \right)$$

(2)

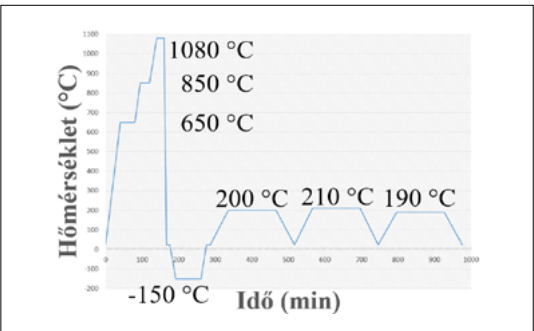
ahol:

- Δm a korrózió által okozott tömegcsökkenés,
- A a próbatesteknek a vas-klorid-oldattal érintkező felülete,
- t a korróziós közegben eltöltött idő.

A számított értékeket a 4. táblázat tartalmazza:

4. táblázat. Átlagolt korróziós tömegveszteségi se-besség értékek

Korróziósebesség, g/(m ² h)	
Hagyományos	0,577
Mélyhűtött	0,372



3. ábra. A mélyhűtött próbatestek hőkezelési diag-ramja

Ezek az eredmények rámutatnak az egyes hőkezelési eljárásokkal elérhető egyes tulajdonságok széles skálájára.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetünket szeretnénk kifejezni a Titán 94 Kft.-nek a hőkezelő berendezéseinek rendelkezésünkre bocsátásáért, a Polyax Kft.-nek a laborjának és eszközeinek használatáért, valamint az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Karának a támogatásáért.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Tóth L.: *Szerszámacélok tulajdonságainak változása a hőkezelés hatására*. Acta Materialia Transylvanica, 6/2. (2023) 114–120.
<https://doi.org/10.33923/amt-2023-02-09>
- [2] Uddeholm ELMAX SuperClean porkohászati szerszámacél adatlapja.
https://www.uddeholm.com/app/uploads/sites/216/productdb/api/tech_uddeholm-elmex_en.pdf (letöltve: 2025. május 7.).
- [3] Különböző acélok összehasonlítása Tóth László késkészítő szemszögéből
<https://vadaszkes.eu/az-acelokrol/> (letöltve: 2025. május 7.).
- [4] Kovács T., Dévényi L.: *Kopásvizsgálati eljárás fejlesztése*. Anyagok Világa, V/1. (2004)
http://anyagokvilaga.hu/tartalom/2004/dec/05_KT_DL.pdf (letöltve: 2025. május 7.).
- [5] ASTM G31-21: Standard Guide for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals, 2021.
<https://store.astm.org/g0031-21.html> (letöltve: 2025. április 10.).
- [6] ASTM G1-03(2017)e1: Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens, 2017.
<https://store.astm.org/g0001-03r17e01.html> (letöltve: 2025. április 10.).
- [7] Bourithis L., Papadimitriou G. D., Sideris J.: *Comparison of wear properties of tool steels AISI D2 and O1 with the same hardness*. Tribology International, 39/6. (2006) 479–489.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301679X05000873>
- [8] Tóth L., Haraszti F., Kovács T.: *Heat Treatment Effect for Stainless Steel Corrosion Resistance*. European Journal of Materials Science and Engineering, 3/2. (2018) 38–42.
https://www.researchgate.net/publication/329625016_HEAT_TREATMENT_EFFECT%20_FOR_STAINLESS_STEEL_CORROSION_RESISTANCE