

Tribológiai és korróziós tulajdonságok vizsgálata plazma- és sófürdős nitridálási eljárások esetén

Examination of tribological and corrosion properties in the case of plasma and salt bath nitriding processes

OLÁH Klaudia¹, KORSÓS Krisztián², BREZNAY Csaba³, Dr. KOVÁCS Dorina⁴

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki kar,
Anyagtudomány és Technológia Tanszék, Magyarország, 1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3., www.att.bme.hu

[¹olah.klaudia@edu.bme.hu](mailto:olah.klaudia@edu.bme.hu)

[²krisztian.korsos@edu.bme.hu](mailto:krisztian.korsos@edu.bme.hu)

[³breznay.csaba@edu.bme.hu](mailto:breznay.csaba@edu.bme.hu)

[⁴dorina.kovacs@gpk.bme.hu](mailto:dorina.kovacs@gpk.bme.hu)

Abstract

Many machine parts are required to be resistant to both static and dynamic stresses. Nitriding is a thermochemical surface treatment process during which a hard and corrosion-resistant layer is formed, while the core maintains its toughness. During the research, we compare the effect of the two main technological versions of nitriding, the salt bath and plasma nitriding process, on the tribological and corrosion characteristics of hot working tool steel.

Keywords: plasma nitriding, salt bath nitriding, corrosion, tribological characteristics, hot work tool steel

Kivonat

Számos gépalkatrésszel szemben támasztott követelmény, hogy mind statikus, mind dinamikus igénybevételekkel szemben ellenállóak legyenek. A nitridálás egy olyan termokémiai felületkezelő eljárás, mely során egy kemény és korrózióálló réteg alakul ki, miközben a mag megőrzi szívósságát. A kutatás során a nitridálás két fő technológiai változatának, a sófürdős és plazmanitridáló eljárásnak melegalakító szerszámacél tribológiai és korróziós jellemzőire gyakorolt hatását hasonlítjuk össze.

Kulcsszavak: plazmanitridálás, sófürdős nitridálás, korrózió, tribológiai tulajdonságok, melegalakító szerszámacél

1. BEVEZETÉS

Az iparban felelhető megannyi gépalkatrésszel szemben támasztott követelmény, hogy felülete kemény és kopásálló legyen, miközben megőrizze térfogati szívósságát és ellenállóságot mutasson dinamikus igénybevételekkel szemben is. Ezen követelmények teljesítésére elterjedten alkalmaznak különféle felületkezelési technológiákat, mely hatására a munkadarab felszínén egy réteg alakul ki, amely növeli a felületi keménységet, a kopásállóságot, valamint bizonyos esetekben felületi korrózióval szemben is ellenállóvá teszi az alkatrészt. A felületkezelések egyik elterjedt módja a nitridálás, mely során diffúziós úton nitrogént juttathatunk a felületbe, javítva ezzel a felület mechanikai és szükség esetén korróziós tulajdonságait. A nitridálásnak számos eljárásváltozata ismert, melyek az iparban eltérő alkalmazásokban használatosak az adott felhasználási terület követelményeinek megfelelően.

Kutatásunkban a nitridálás két fő technológiai változatával, a sófürdős, valamint a plazmanitridálással létrehozható felületi rétegeket vizsgálatuk. A sófürdős nitridálás során cianid-só tartalmú fürdőt alkalmaznak nitrogént biztosító közegként. Bár az eljárás kezelés ideje rövid, a sófürdőben található cianidok rendkívül mérgező vegyületek. A plazmanitridálás környezetkímélőbb hatással rendelkezik. Ezen eljárást vákuumkemencében, ionizált gáz atmoszférában végzik, mely nagyobb mértékű irányíthatóságot és csökkentett környezetterhelő hatást kölcsönöz a technológiának. Hátránya azonban a magas beruházási költségek, valamint a technológia magas szakképzettséget igényel. [1]

2. KÍSÉRLETI MÓDSZERTAN

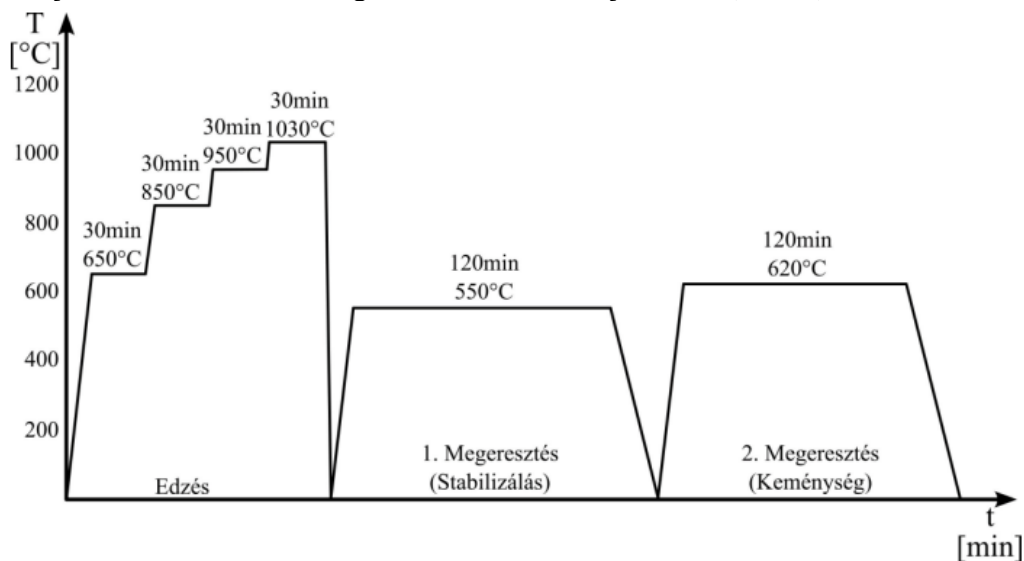
A kutatás során vizsgált anyag BÖHLER W350 ISOBLOCK jelzésű melegalakító szerszámacél, melynek vegyi összetétele az alábbi táblázatban látható. [2]

A BÖHLER W350 ISOBLOC szerszámacél vegyi összetétele

1. táblázat

C	Si	Mn	Cr	Mo	V
0,38%	0,20%	0,55%	5,00%	1,80%	0,55%

A minták előzetes hőkezelése edzéstől, valamint kétszeri megeresztésből állt. A melegalakító szerszámacélokra jellemző harmadszori megeresztést a nitridálás jelentette (1. ábra).



1. Ábra: A minták előzetes hőkezelése

A plazmanitridálás 520°C-on, 1:3 arányú nitrogén és hidrogén gáz keverékében 25 órán keresztül, míg a sófürdős kezelés kis ciántartalmú, karbonitridáló közegben 580°C-on, 2,5 órán keresztül lett kivitelezve. Mindkét eljárás során a cél 100 μm diffúziós réteg és 10 μm vastagságú vegyületi réteg kialakulása volt. Az így módon előállított próbatesteken pin-on-disc típusú tribológiai vizsgálatnak, valamint korróziós vizsgálatnak vetettük alá.

A tribológiai vizsgálatot Anton Paar TRB³ típusú tribométeren végeztük 2 mm átmérőjű, nagy keménységű, volfrám-karbid anyagú kerámiagolyóval, 4 mm amplitúdójú lineáris alternáló mozgással. A vizsgálat során kenőanyagot nem alkalmaztunk, a mintát terhelő erő 10 N volt és a vizsgálatot 20 m koptatási úton, 0,05 m/s lineáris sebességgel végeztük. A vizsgálat során a súrlódási tényező változását regisztráltuk a koptatási út függvényében.

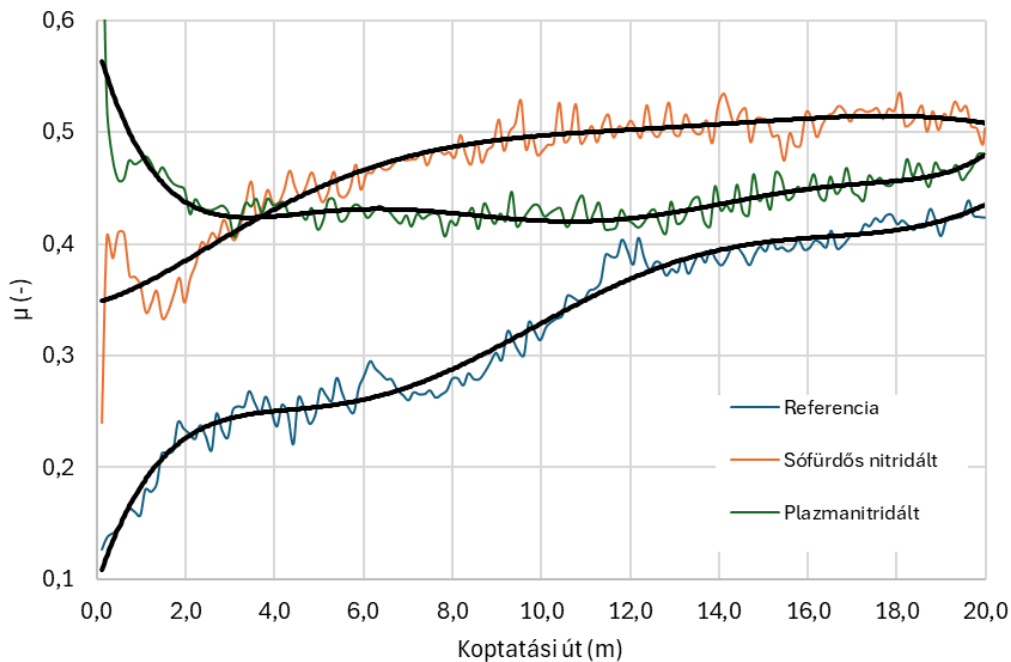
Az elektrokémiai korróziós vizsgálatok elvégzéséhez egy Biologic SP-150 potenciosztátot használtunk. A ciklikus potenciodinamikus korróziós méréseket ASTM G61-86 szabvány szerint hajtottuk végre. A mérésekhez használt korróziós cellában az egyes nitridált próbatestek mint munkaelektroda, egy platinaháló ellenelektrodaként, egy túltelített Ag/KCl elektroda pedig referencia elektrodaként volt kapcsolva. Az elektrolit 0,9 % NaCl oldalt volt, amelyet nagy tisztaságú NaCl-ból és desztillált vízből készítettünk elő. A cella összeállítását követően 45 percig, a nyíltkörű potenciál (OCP) stabilizálódásáig vártunk, majd OCP-0,2 V-tól OCP+1,5 V-ig kezdődött a feszültség pásztázása, amelynek irányát 1 mA áramerősség elérését követően megfordítottunk.

A minták felületének lakkozásához cellulóz-nitrát alapú fedőlakkot használtunk, a mintán 1 cm^2 szabad felületet hagyva. Megfelelő lakkozás hiányában a réskorrózió következtében a mért áramerősség megnövekedik, azonban a lyukkorróziós potenciál értéke nem változik számottevően. A regisztrált áramerősség – feszültség görbék ismeretében meghatározható az egyes minták lyukkorróziós potenciál értéke görbe kezdeti és exponenciálisan növekvő szakaszához érintőt húzva.

3. MÉRÉSI EREDMÉNYEK

3.1. Tribológiai vizsgálatok

A tribológiai vizsgálat eredményeit a 2. ábra szemlélteti.



2. ábra. A tribológiai vizsgálat eredménye

A mérés kiértékelése során megállapítható, hogy mind a plazmanitridált, mind a sófürdősnitridált minta a bekopási szakasz során jelentősen nagyobb súrlódási együtthatóval rendelkezik, mint a kezeletlen felülettel rendelkező referencia minta.

A statikus súrlódási együtthatókat megfigyelve, megállapítható, hogy a sófürdősnitridált minta rendelkezik a legnagyobb (0,7394), a plazma közegben kezelt minta a második (0,2402) és a referencia minta a legkisebb (0,1263) értékekkel. A jelenség elsősorban a sófürdősnitridált mintán jellemzően kialakuló porózus rétegnek tulajdonítható.

Kiemelendő azonban, hogy a súrlódás során ezen említett minta felületi érdesség csúcsai letöredeznek és tömítik a felület pórusait, amely jelenség magyarázatot ad a sófürdősnitridált minta, 0 és 2 méter kopási útvonala között megfigyelhető hirtelen értékcsökkenésére. A sófürdősnitridált mintát ezt követően állandósult állapotbeli súrlódási viszonyt mutat.

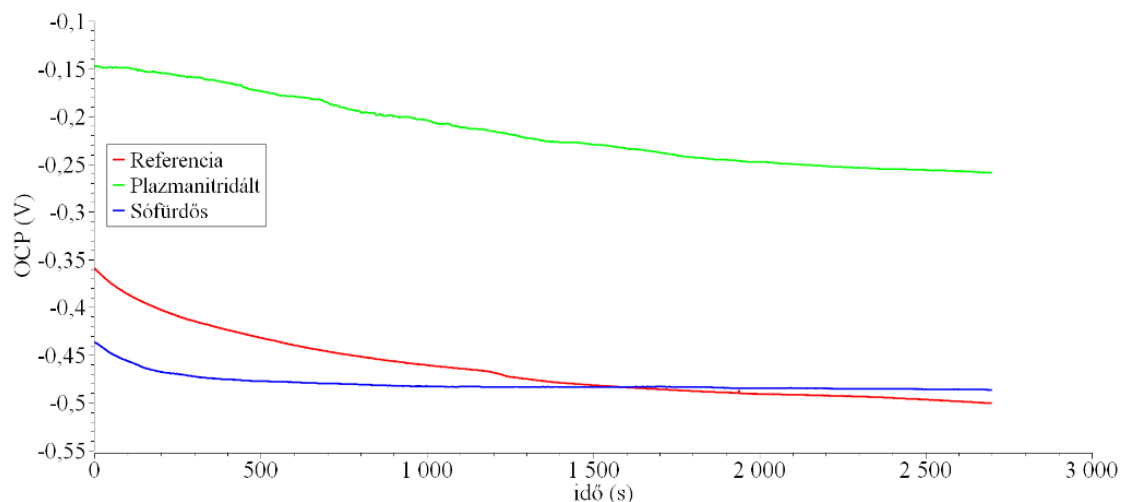
A plazmanitridált minta esetén a bekopási szakasz vége és az állandósult állapotú súrlódás kezdete 8 méter megtett kopási út után figyelhető meg. Ugyan a bekopási szakasz során a plazmanitridált kisebb súrlódási együtthatóval rendelkezik, az állandósult állapot elérésére, együtthatójának értéke magasabb, a sófürdősnitridált mintához viszonyítva.

A referencia mintát jellemző görbét vizsgálva megállapítható, hogy a minta súrlódási együtthatója a mérési tartományon folyamatosan növekszik, állandósult állapotot nem ér el. Ezen jelenség a referencia minta kopási felületének folyamatos károsodásának tulajdoníthatjuk.

A mérési eredményeket összegezve megállapítható, hogy ugyan mind két felületkezelte minta nagyobb statikus súrlódási együtthatóval rendelkezik, rövid bekopási szakaszukat követően viszonylag kis értéken, állandósult súrlódási állapotot vesznek fel, míg a referencia minta fokozatos romlást szenved a vizsgált tartományon.

Ugyan a mérési tartomány pontos adatok kinyerését nem teszi lehetővé, feltételezhető, hogy a referencia minta súrlódási felületének romlása folyamatos, a feltételezhető állandósult állapot elérése előtt rosszabb súrlódási együttható értékkel fog rendelkezni, mint a sófürdősnitridált, valamint plazma közegben végzett nitridáláson átesett minták.

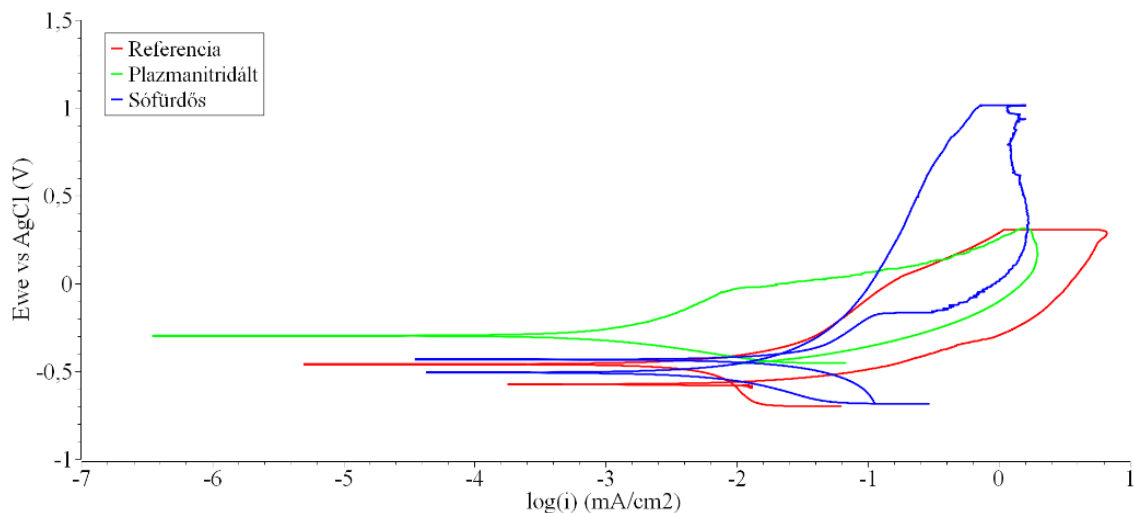
3.2. Korróziós vizsgálatok



3. ábra. A nyíltkörű potenciál változása a bemejtést követően

A nyíltkörű potenciál értékét a bemejtést követően az 3. ábrán láthatjuk. Egy pozitívabb nyíltkörű potenciál nemesebb viselkedést jelent, amely szoros összefüggésben van a kialakult felületi réteg kémiai összetételével, mikroszerkezetével valamint vastagságával [3,4].

A legnagyobb nyíltkörű potenciál értékkel a plazmanitridált minta rendelkezik, a kezeletlen, referencia alapanyag nyíltkörű potenciáljához képest +250 mV értékű a javulás. A sófürdőben nitridált minta nyíltkörű potenciálja számottevő javulást nem mutat a referenciához képest.



4. ábra. A ciklikus potenciodynamikus korróziós mérések eredménye

A ciklikus potenciodynamikus korróziós mérések eredményeit a 4. ábrán láthatjuk. A kezeletlen, referencia *minta*, valamint a plazmanitridált minták felületén egyenletes korrózió jelentkezett, míg a sófürdőben nitridált minta esetében lyukkorrózió figyelhető meg. A sófürdős minta lyukkorróziós potenciálja 1,01 V, amely jelentősen meghaladja a plazmanitridált és kezeletlen minták korróziós potenciáljainak értékét. A sófürdőben nitridált minta esetében megfigyelhető egy, a kezeletlen mintához viszonyított nagy passzív tartomány. Ez a terület nem figyelhető meg a referencia mintán, mivel annak felületén nem alakul ki passzív réteg [5].

Összefoglalásként kijelenthető, hogy a legjobb korróziós tulajdonságokat a sófürdőben nitridált minta mutatta, amely elsősorban a kialakult vegyületi réteg tömörségének és kémiai szempontból mutatott nagyobb stabilitásának köszönhető.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönet illeti a Polimertechnika Tanszéket, ahol a tribológiai vizsgálatot végezhattük, valamint az Anyagtudomány és Technológia Tanszéket, hogy lehetővé tették a kutatás során szükséges eszközök és berendezések használatát. Köszönet illeti Luczai Norbertet, a voestalpine High Performance Metals Hungary Kft., valamint Széll Attilát és Fazekas Pétert, a TS Magyarország Kft. munkatársait, akik a kutatáshoz szükséges felületkezeléseket végezték el.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] E.J. Mittemeijer: *Steel Heat Treating Fundamentals and Processes*, Vol 4A, ASM Handbook, Edited By Jon L. Dossett, George E. Totten, ASM International, 2013, p 619–646
- [2] BÖHLER Hungary „W350ISOBLOC”, <https://www.boehler.hu/hu/products/w350isobloc/>
- [3] Basu, A., Majumdar, J. D., Alphonsa, J., Mukherjee, S., & Manna, I. (2008). Corrosion resistance improvement of high carbon low alloy steel by plasma nitriding. In *Materials Letters* (Vol. 62, Issues 17–18, pp. 3117–3120). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2008.02.001>
- [4] Basso, R. L. O., Pastore, H. O., Schmidt, V., Baumvol, I. J. R., Abarca, S. A. C., de Souza, F. S., Spinelli, A., Figueroa, C. A., & Giacomelli, C. (2010). Microstructure and corrosion behaviour of pulsed plasma-nitrided AISI H13 tool steel. In *Corrosion Science* (Vol. 52, Issue 9, pp. 3133–3139). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2010.05.036>
- [5] Khoshnaw, F. M., Kheder, A. I., & Ali, F. S. M. (2007). Corrosion behaviour of nitrided low alloy steel in chloride solution. In *Anti-Corrosion Methods and Materials* (Vol. 54, Issue 3, pp. 173–179). Emerald. <https://doi.org/10.1108/00035590710748641>