

PVD-bevonatos forgácsolószerszámok adhéziós viselkedése

Adhesion behavior of PVD-coated cutting tools

Fábián Enikő Réka,¹ Horváth Richárd²

Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar. Budapest, Magyarország

¹ fabian.reka@bgk.uni-obuda.hu

² horvath.richard@bgk.uni-obuda.hu

Abstract

Cutting with TiAlN or CrAlN tip PVD coated tungsten-carbide based inserts, manufactured by powder metallurgy were found no significant difference in the wear compartment of inserts regardless of whether the insert worked in wet or dry conditions. The adhesion properties of coating layers on were studied by scratch test and by Daimler–Benz test. On the tungsten-based carbide cutting tool, the thinner TiAlN coating showed slightly better adhesion than the thicker CrAlN coating.

Keywords: TiAlN, CrAlN, adhesion test, Calo test.

Összefoglalás

TiAlN, illetve CrAlN típusú PVD-bevonattal ellátott, a volfrám karbid alapú, porkohászati úton gyártott keményfém lapkával való forgácsoláskor jelentős különbséget nem tapasztaltunk lapkák kopásánál, függetlenül attól, hogy nedves vagy száraz körülmények közt dolgozott-e a lapka. A bevonatok tapadási tulajdonságait karcesztrel, illetve Daimler–Benz-tesztrel vizsgáltuk. A volfrám alapú keményfém lapkákon a vékonyabb TiAlN-bevonat valamivel jobb tapadást mutatott, mint a CrAlN-bevonat.

Kulcsszavak: TiAlN, CrAlN, tapadásvizsgálat, Calo-teszt.

1. Bevezetés

A forgácsolószerszámok, kivitelük, anyaguk, geometriai kialakításuk, rendeltetésük, alkalmazási feltételeik figyelembevételével különböző szempontok alapján több csoportba sorolhatók. Rendeltetés szerint megkülönböztetnek esztergáló-, fúró-, maró- stb. szerszámokat. A szerszámmal szemben támasztott főbb műszaki-gazdasági követelmények: a funkció minőségi ellátása, pontosság, magas élettartam, termelékenység, gazdaságosság. Ezeknek a követelményeknek a szerszám csak akkor tud megfelelni, ha a szükséges tulajdonságokkal rendelkezik. Ezek között döntő szerepe van az anyagtulajdonságoknak. A szerszámok tönkremenetelének főbb oka az abrazív és dinamikus igénybevételek során létrejövő kopás. A kopásállóság javítása érdekében a szerszámokat gyakran felületkezelik [1–5], illetve

bevonatozzák [6–9]. A bevonatok tulajdonságai függenek azok szerkezetétől, orientációjától, súrlódási együtthatójától, de az alapanyag hőkezelési állapotától is [10–11].

2. Előzmények

Szakirodalmi adatok szerint volfrám alapú keményfémeken a TiAlN kopása kisebb, mint a CrAlN-bevonat [10], ugyanakkor megalakító szerszámacélokon jobb tapadásállóságot mutatnak a CrAlN-bevonatok, mint a TiAlN-bevonatok [11]. Forgácsolási tulajdonságok vizsgálataihoz öntött állapotú GX2CrNiMoCuN25-6-3-3 minőségű szuperduplex acélt ipari körülményeknek megfelelően forgácsoltuk 5 perces időtartamban. A forgácsolási sebesség: $v_c = 70$ m/min; előtolás: $f = 0,175$ mm; fogásmélység: $a = 1$ mm volt. Azt tapasztaltuk, hogy függetlenül attól, hogy száraz

vagy nedves körülmények között történt-e a forgácsolás, a két különböző PVD-bevonattal ellátott CNMG 120408 típusú lapka (nanokristályos TiAlN-, illetve nanokristályos CrAlN-bevonat) kopási képe jelentős eltérést nem mutatott, ahogy az **1. ábrán** is látható. Kopás mindenik esetben fellépett.

Az **1. a) ábrán** látható, hogy száraz forgácsoláskor a TiAlN-bevonatú szerszámon ép bevonat 5 perces forgácsolás után csak a fogásmélység „zónáján” kívül található. Amikor kenőfolyadékot használtunk a forgácsoláskor a TiAlN-nel bevonatolt szerszámnál, nem alakult ki a homloklapon a forgácsoló horonyig élrátét, viszont a forgácsoló horonyig és annak közeléből az abrazív kopás miatt teljesen lekopott a bevonat (**1. ábra b**). Hasonlóan a szárazforgácsoláshoz, kenéses forgácsolási körülmények között is tapasztalható volt élképzés a főél mentén.

A CrAlN-bevonatú szerszámon száraz körülmények között nincs álforgács, illetve felrakódás a homloklap felület forgácsoló zónájában, viszont a forgács folyamatos koptató hatása teljesen lekopatta a bevonatot (**1. ábra c**). Nedvesforgácsoláskor CrAlN-bevonatú szerszámon kipattanás nem található, de a duplex acélból nagy mennyiségű felrakódás található az él mentén. Ennél a szerszámnál a duplex acélból származó feltapadás megtalálható a homloklap felületen hosszan a forgácsoló zónában is (**1. ábra d**).

A vizsgálati eredmények kissé meglepőek voltak, mivel a forgalmazó szerint a CrAlN sűrűlődségi

együtthatója kisebb (0,4), mint a TiAlN-bevonaté (0,6); a TiAlN-bevonat keménysége 3200 HV, míg a CrAlN-bevonaté 3300 HV.

Annak kiderítése érdekében, hogy mi lehet ennek hátterében, különböző módszerekkel vizsgáltuk a szerszámokon a tényleges rétegvastagságot és a tapadásállóságot.

3. Felhasznált anyagok, vizsgálati eljárások

A porkohászati eljárással készült CNMG120408 típusú vágólapkák bevonatolása hagyományos ipari körülmények között történt. Mivel nemcsak a bevonati réteg, de a vágólapkák keménysége is igen nagy, a metallográfiai módszerekkel való rétegvastagság-mérés igen körülményes, a bevonati réteg jó eséllyel lepattanhat, még gyémánt-tárcsás vágással is. Az alapanyag keménysége a hagyományos metallográfiai csiszolást is igen nehezíti, ezért a rétegvastagság-méréshez Calo-tesztet használtunk [12–14] 30 mm-es átmérőjű koptató Al_2O_3 golyóval. Az eljárást a DIN EN 1072-2 szabvány rögzíti. A vizsgálat alapja a két felület között fellépő súrlódás okozta koptató hatás. A vizsgálat során egy edzett Ø30 mm-es golyó felületére abrazív szemcsetartalmú szuszpenziót viszünk fel, melyet dörzshajtással mozgásba hozunk, ami közben az nekitámaszkodik a mérendő felületnek.

Tapadásvizsgálathoz részben karctesztelést használtunk MST³ berendezéssel [15], részben a Daimler-Benz-tesztet alkalmaztuk [16].

4. Vizsgálati eredmények

A Calo-teszt alkalmazásakor a koptatógolyó forgása és az abrazív szuszpenzió hatására egy gömbsüveg formájú kráter keletkezik (**2. ábra**). A keletkezett kopást mikroszkóp alatt megmérjük, és matematikai úton kiszámítjuk a rétegvastagságokat [14].

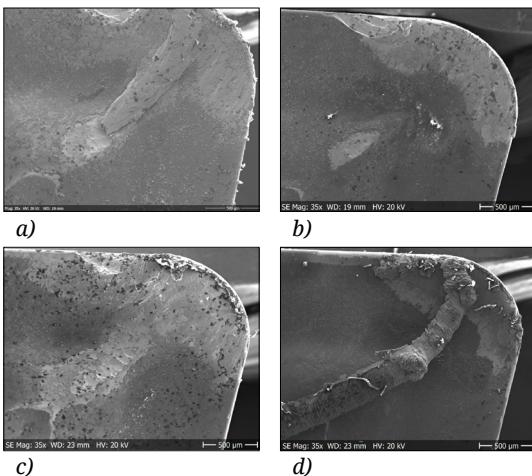
A rétegvastagság (T) a következőképp adódik:

$$T = \frac{X \cdot Y}{D}; \mu m \quad (1)$$

A jelölések a **2. ábrából** olvashatók le.

A bevonatolt keményfém lapkákban a különböző bevonati rétegek vastagságának különbsége jelentős (**3. ábra**).

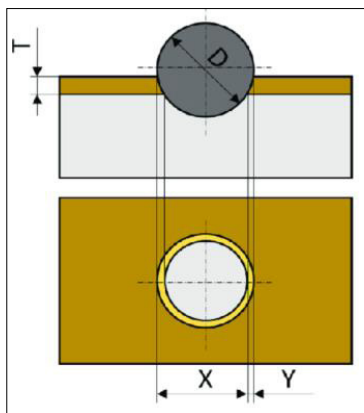
A Calo-teszt után fénymikroszkóppal lemérve a gömböveket határoló körök átmérőjét, a TiAlN-réteg vastagsága átlagosan 6,2–7,4 μm közöttinek adódott, míg a CrAlN-réteg csak épp meghaladta a 3 μm -t (átlagosan 3,3 μm).



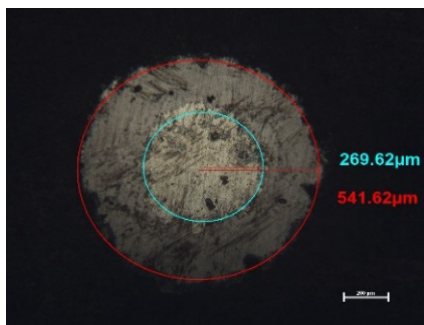
1. ábra. Bevonatolt vágólapkák kopása. Élrátétképződés a) TiAlN-bevonat+ szárazforgácsolás b) TiAlN-bevonat+ nedvesforgácsolás c) CrAlN-bevonat+ szárazforgácsolás d) CrAlN-bevonat+ nedvesforgácsolás

Az MST³-berendezéssel végzett karcolásos vizsgálatok eredményeit a **4. ábra** szemlélteti.

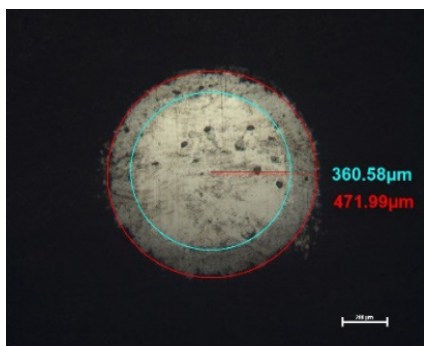
A vágólapkák karctesztelésekor a CrAlN-réteg lepattogzása már 4,03 N erőnél megindult (**4. ábra**), miközben a TiAlN-bevonatnál karakterisztikus lepattogzás nem következett be kis terheléskor, de még az eszköz által alkalmazható maximális 30 N terheléskor sem, ugyanakkor akusztikus jeleket már igen kis terheléskor is észlelni lehetett (**4. ábra**).



2. ábra. Jelölések rétegvastagság-számításhoz



a)

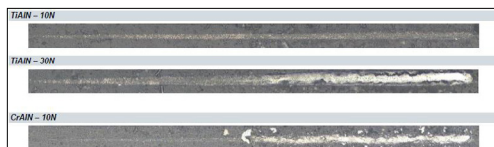


b)

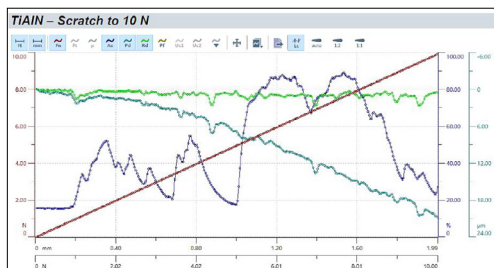
3. ábra. A CNMG120408 lapka bevonati rétegeinek fénymikroszkópos megjelenése Calo-teszt után, a) TiAlN-bevonat b) CrAlN-bevonat

A Daimler–Benz-teszthez Rockwell-keménység-mérőt alkalmazunk gyémántkúp behatolótesttel és 1470 N-os terheléssel.

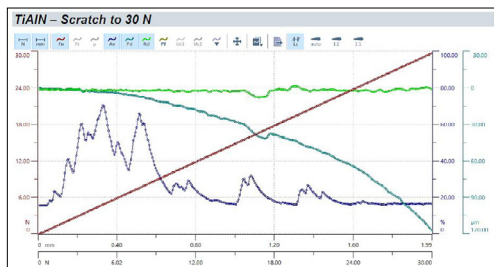
A lenyomatok optikai mikroszkóp segítségével HF1-től HF6-ig terjedő besorolásra kerültek a VDI 3198 szerint [16]. A CNMG 120408 vágólapkáknál a PVD-technikával felvitt CrAlN-réteg kifejezetten rossz tapadású (az összehasonlító képsorozat szerint H5/H6 minősítésű), míg a TiAlN-bevonatok valamivel jobb tapadást mutatnak, H3/H4 minősítést kapnak a Daimler–Benz-teszt alapján, ahogyan azt a **5. ábrán** láthatjuk.



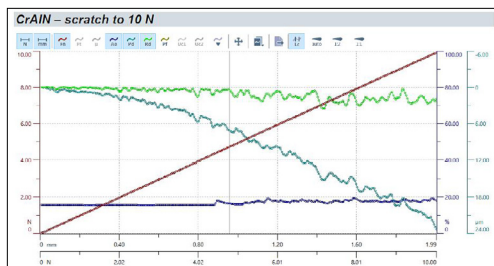
a)



b)



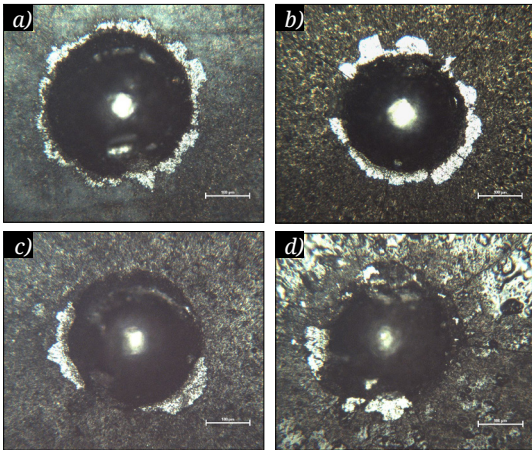
c)



d)

4. ábra. Karcteszt eredménye – CNMG 120408 jelű bevonatolt lapkáknál

- a) A karcolások optikai megjelenése
- b) 10 N-os max. terhelés TiAlN-bevonat
- c) 30 N-os max. terhelés TiAlN-bevonat
- d) 10 N-os max. terhelés CrAlN-bevonat



5. ábra. Daimler–Benz-teszt eredménye – CNMG 120408 jelű bevonatolt lapkáknál
 a) TiAlN-bevonat az 1. számú lapkán
 b) TiAlN-bevonat a 2. számú lapkán
 c) CrAlN-bevonat az 1. számú lapkán
 d) CrAlN-bevonat a 2. számú lapkán

5. Következtetések

A tapadásvizsgálatok magyarázattal szolgáltattak részben a forgácsolás közben bekövetkező relatív gyors bevonatlekopásra, függetlenül attól, hogy nedves vagy száraz körülmények közt történt-e a forgácsolás. A vizsgálatok szerint a porkohászati úton előállított relatív érdes felületű CNMG120408 típusú lapkákon a relatív vastag TiAlN-réteg mutat elfogadható minőségű tapadást, a CrAlN-réteg már kis erő hatására felszakad, a dinamikus Daimler–Benz-teszt szerint pedig kifejezetten rossz minősítést kaphat.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki a munkájukhoz nyújtott anyagi támogatásért az EFOP-3.6.1-16-2016-00010. számú projekt keretében a magyar államnak és az Európai Uniónak.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Bitay E.: *Bevonatolt gyorsacélok kopásállósága/ Coated HS Steels Wear Resistance*. XVIII. FMTÜ, EME, Kolozsvár, Románia 2013, 73–76. <https://doi.org/10.36243/fmtu-2013.10>
- [2] Kovács T. A., Umesh Mhatre, Nyikes Z., Bitay E.: *Surface Modification Innovation for Wear Resistance Increasing*. In: IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, vol. 613. (2019). 5th International Conference on Competitive Materials and Technology Processes 8–12 October 2018, Miskolc-Lillafüred, Hungary. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/613/1/012039>
- [3] Fábián E. R., Furkó M., Vehoczki B.: *Különböző típusú elektrokémiai bevonatok tulajdonságai*. In: *Fiatl Műszaki Tudományos Ülésszaka*, 19. (2014) 145–148. <https://doi.org/10.36243/fmtu-2014.029>
- [4] Kovács-Coskun T., Bitay E.: *The hardness control in the coated surface layer*. *Materials Science Forum*, 729. (2013) 415–418. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.729.415>
- [5] Bitay E., Kovács T.: *The effect of the laser surface treatments on the wear resistance*. *Materials Science Forum*, 649. (2010) 107–112. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.649.107>
- [6] Bitay E.: *Lézeres felületkezelés és modellezés*. *Műszaki Tudományos Füzetek* 4., EME, Kolozsvár, 2007. <https://doi.org/10.36242/mtf-04>
- [7] Bagyinszky Gy., Bitay E.: *Kopásálló felületkezelt rétegek minősítése/Characterization of surface treated, wear resistant layers*. In: *Fiatl Műszaki Tudományos Ülésszaka*, 14. (2009) 13–16. <https://doi.org/10.36243/fmtu-2009.08>
- [8] Bitay E.: *Lézeresen kezelt felületek kopásállósága*. In: *Fiatl Műszaki Tudományos Ülésszaka*, 6. (2001) 111–118. <https://doi.org/10.36243/fmtu-2001.23>
- [9] Sebestyén A., Nagyné Halász E., Bagyinszky Gy., Bitay E.: *Felületmódosítási eljárások hatása acélok kopásállóságára*. In: *Fiatl Műszaki Tudományos Ülésszaka*, 12. (2007) 161–169. <https://doi.org/10.36243/fmtu-2007.4>
- [10] Liu Aihua, Deng Jianxin, Cui Haibing, Chen Yangyang, Zhao Jun: *Friction and wear properties of TiN, TiAlN, AlTiN and CrAlN PVD nitride coatings*. *Int. Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, 31. (2012) 82–88.
- [11] Tillmann W., Grisales D., Stangier D., Butzke T.: *Tribomechanical behaviour of TiAlN and CrAlN coating deposited onto AISI H11 with different heat treatments*. *Coating*, 9/519. (2019) 2–21.
- [12] Rupetsov V., Minchev R.: *Experimental calo tester for the coating thickness measurement*. 15th International Scientific Conference Smolyan, Bulgaria, 2016. 188–191.
- [13] Tribotechnik: *Kemény bevonati rétegek vastagságmérése Calo-teszttel* <https://www.tribotechnik.com/en/products/calotest/>
- [14] PVD-bevonatok vastagságmérése <https://www.pvd-coatings.co.uk/Ph.D.-coating-technology/testing-equipment/coating-thickness-tester>
- [15] Bevonatok tapadásvizsgálata karcteszteléssel <https://www.anton-paar.com/corp-en/products/details/micro-scratch-tester-mst3>
- [16] Verein-Deutscher-Ingenieure 1992 Daimler Benz Adhesion Test VDI 3198 (Dusseldorf: VDI-Verlag). 7.