XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

FELÜLETEN BEVONT SZERSZÁMOK ALKALMAZÁSA A KÉPLÉKENYALAKÍTÁSBAN

Végvári Ferenc

Abstract

Surface coating technologies of tools were characterised by a great progress in the last two decades. Nowadays different kind of multi-component nanocomposites are used as surface coating materials to increase the service life of cutting-, and metalworking tools. Based on data from related literature – that are proved by our examinations too - we can state that the value of coefficient of friction of these coatings is high, which results in an increased value of friction forces during deformation. Our paper presents the influence of the increasing friction forces on deformability, and shows cases when there is possible to make use from this unfavorable effect.

Összefoglalás

Az elmúlt húsz évben jelentős fejlődésen ment át a szerszámok felületi bevonatolási technológiája. Ma már a legkülönbözőbb egy és több komponensekből álló nanokompozit bevonatokat alkalmaznak a forgácsoló és képlékenyalakító szerszámok élettartamának növelésére. Irodalmi adatok alapján ezek a bevonatok jelentősen nagy súrlódási tényezővel rendelkeznek –amit a saját méréseink is igazolnak- és ennek következtében megnövekednek az alakítás közben fellépő súrlódó erők. Publikációban rámutatunk arra, hogy a súrlódó erő növekedése hogyan befolyásolja az alakíthatóságot, illetve milyen esetben lehet ezt a kedvezőtlen jelenséget előnyösen kihasználni.

1. Bevezetés

Az 1960-as években kezdett elterjedni a szerszámok élettartamának növelésére a felületi bevonatolási technológia alkalmazásával. Kezdetben forgácsolószerszámokon alkalmaztak TiN bevonatot, amely jelentősen megnövelte a szerszám élettartamát. Ma már széles körben alkalmaznak egy és több komponensből álló nanokompozit bevonatokat, amelyek lényegesen javítják a szerszámok élettartamát, felhasználhatóságát. A korábban elsősorban csak forgácsoló szerszámok felületén alkalmazott bevonatok egyre növekvő mértékben térnek át a képlékenyalakító szerszámok területén is.

2. Az alkalmazott bevonatok fajtái, jellemzői

A bevonatok készítésére a fizikai típusú PVD (Physical Vapor Deposition) terjedt el széles körben. A különböző gyártó cégek általában plazma rásegítéses magnetron porlasztásos technológiával, számítógépes folyamatszabályozással és ellenőrzéssel ellátott berendezéseket fejlesztettek ki. A művelet hőmérséklete a felviendő réteg típusától függően 200 – 550 °C. A felvitt réteg megfelelő előkészítés után erősen tapadó 1-7 µm vastag, nagy keménységű

A leggyakrabban alkalmazott bevonatokat és jellemzőiket az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat

Bevonat típusa	Jellemző színe	Keménység	Súrlódási tényező	Max. alkalmazási hőmérséklet [°C]
TiN	arany	2400	0,55	500
TiAlN	bordó fekete	3500	0,5	800
TiCN	kékes	3300	0,2	500
Ti ₂ N	ezüst	2500	0,45	600
CrN	szürke ezüst	2500	0,3	700
AlTiN	fekete	3800	0,7	900
STiN	arany	2800	0,4	500
ZrN	fehér arany	2600	0,5	550
AlCrN	világos szürke	3200	0,4	1000
TiAlCN	világos bordó	2800	0,25	500
MOVIC* (MoS ₂)	zöld szürke	---	0,15	400
STARVIC*	zöld szürke	3200	0,15	400

*PLATIT technológia [1]

3. Szerszám anyagának kiválasztása

A fenti technológiákra alkalmazott szerszámok anyagául olyan acélok jöhetnek számba, amelyek kész szerszámként, önmaguk is nagy keménységgel kopásállósággal rendelkeznek. A nagy keménységre azért is szükség van, hogy a meglehetősen vékony rideg bevonatnak az alakítások során fellépő nagy felületi nyomások során kellő alátámasztást biztosítson. A bevonatolási technológia során az edzett,

megeresztett szerszám ismét felmelegszik 200 – 550°C-ra. A szerszám megeresztési hőmérsékletének ezen hőmérséklet felett kell lennie.

Alkalmazható anyagcsoportok:

- gyorsacélok;
- keményfémek;
- melegalakító szerszámacélok,
- hidegalakító szerszámacélok egyes típusai.

A fenti acélminőségek megeresztési hőmérséklete 500 - 580°C és a megeresztési keménység 62 – 66HRC (1. ábra).

a) HS 6-5-2

b) X155CrVMo12-1

1. ábra. Az alkalmazható acélok megeresztési diagramjai

4. Súrlódási tényező mérése gyűrűzömítő próbával

A súrlódási tényező vizsgálatával a Kecskeméti Főiskola GAMF Karán közel 25 éve foglalkozunk. Különböző mérési módszereket alkalmazunk a súrlódási tényező meghatározására. Egyik vizsgálati mód a gyűrűzömítő vizsgálat [2]. A vizsgálatok végzéséhez egy kétszlopos zömítő szerszámot készítettünk (2. ábra). A szerszámban a zömítő betétek cserélhetők. Zömítendő anyagnak AlMgSi 1 ötvözt alumíniumot választottunk. A zömítést különböző magasságokig végeztük, a pontosabb eredmény meghatározása végett. A súrlódási tényezőket a zömített darabok geometriai méretei alapján nomogramokból határoztuk meg. A 3. ábrán bemutatjuk a különböző bevonatolt szerszámokkal zömített próbatesteket. A zömített gyűrűk belső átmérője függ a súrlódás mértékétől. Minél nagyobb a belső átmérő növekedése, annál kisebb a súrlódási tényező értéke. A mérési eredményeket a 2. táblázatban foglaltuk össze.

- a) köszörült, bevonat nélküli
b) TiN bevonat
c) TiCN bevonat
d) TiAlN bevonat

2. ábra Zömítő szerszám

3. ábra Zömített próbák

2. táblázat

Bevonat fajtája	Kenés nélkül	Olajjal kenve
Bevonat nélküli, köszörült	0,16 – 0,2	0,11 – 0,13
TiAlN bevonat	0,44 – 0,5	0,1 – 0,16
TiN bevonat	0,15 – 0,21	0,1 – 0,14
TiCN bevonat	0,15 – 0,25	0,11 – 0,15

5. Súrlódás hatása a redukálás paramétereire

A térfogatalakító technológiák közül vizsgáljuk a redukálást. A redukálás vázlatát a 4. ábrán mutatjuk be. A redukálás erőszükséglete az (1) összefüggéssel határozhatjuk meg, amelyben a redukált nyomást a (2) egyenlet írja le.

$$F_{red.} = p_{red.} \cdot A_0 \quad (1)$$

$$p_{red.} = k_{fköz.} \cdot \varphi_{\hat{o.}} \cdot \left(1 + \frac{\mu}{\hat{\alpha}} + \frac{2}{3} \cdot \frac{\hat{\alpha}}{\varphi_{\hat{o.}}} \right) \quad (2)$$

Re
öss
bel

A
kül
szé
ért
erő
sze

s redukálási félkúpszög a (3) összefüggés szerint. Mint az erőszükségletét és az optimális redukálási félkúpszöget is

(3)

és a félkúpszög függvényében a redukálás erőszükségletét ve. A redukálendő anyag X12CrNi 18 9 ausztenites acél. A mutatjuk be. Mint az ábrából is látható a súrlódási tényező lve az optimális félkúpszöget is figyelembe véve a redukálás . Még rosszabb a helyzet, ha elkészítünk egy redukáló bban alkalmazott optimális félkúpszöggel ($\mu=0,1$ súrlódási

tényezőt feltételezve $\alpha=10,2^\circ$), majd a szerszám élettartamának növelése végett bevonatoltatjuk egy nagy kopásállóságot biztosító TiAlN réteggel. Ebben az esetben a redukálás erőszükséglete lényegesen megnő (6. ábra). A redukáló erő ilyen mértékű megnövekedése megnöveli a redukálandó keresztmetszetben ébredő feszültséget és a szerszám előtti bezömülést okozhatja. A példát a Q-form programmal modellezve az eredményét a 7. és 8 ábrán mutatjuk be.

5. ábra A redukáló erő változása a félkúpszög és súrlódási tényező függvényében
6. ábra A redukáló erő változása különböző súrlódási tényező esetén

Hasonló a helyzet a rúd-, vagy dróthúzásnál is (9. ábra). Ebben az esetben az „F” húzóerő növekszik meg jelentősen, ami csökkenti az egy húzási lépcsőben elérhető alakítás mértékét. Ezeknél a technológiáknál előre el kell dönteni, hogy milyen bevonatolást szeretnénk alkalmazni a szerszám kopásállóságának növelésére, és ennek függvényében kell megválasztani az optimális félkúpszöget, hogy a húzóerő növekedése a bevonatolás miatt a lehető legkisebb legyen.

7. ábra A redukálás modellezése $\mu=0,1$

A redukálás paraméterei	
Anyagminőség	X12CrNi 18 9
Redukálási paraméterek	ausztenites
Redukálható átmérő	Ø12
Redukált átmérő	Ø10,8
Redukálási szilárdság	220 N/mm ²
Redukált átmérő	Ø10,8
Keményedési görbe	$k_f = 1275 \cdot \varphi_0^{0,45}$
Redukálás	20 °C
Keményedési görbe	$k_f = 1275 \cdot \varphi_0^{0,45}$
Súrlódási tényező	0,5
Optimális félkúpszög	22,8°

8. ábra A redukálás modellezése $\mu=0,5$

Mélyhúzás esetén a mélyhúzás erőszükségletét Geleji szerint a (4, 5) összefüggésekkel határozzuk meg

$$F_m = \left[k_k \cdot (D_0 - d_b) \pi \cdot s_0 + 0,03 \cdot \frac{d_b}{2} \cdot s_0 k_{fk} + 2\mu F_r \right] e^{\frac{\mu \pi}{2}} + \frac{k_{fk} \cdot d_b \cdot \pi \cdot s_0^2}{4 \left(r_m + \frac{s_0}{2} \right)} \left(1 + e^{\frac{\mu \pi}{2}} \right) \quad (4)$$

ahol:

$$k_k = \frac{k_{fk}}{1 + \frac{D_0 - d_b}{2d_b}} \quad (5)$$

Mélyhúzásnál a teríték ráncgátló alatti részén, annak két oldalán hatnak a súrlódó erők, amikor a bélyeg kihúzza a lemezt a mélyhúzó gyűrű és a ráncgátló közül. Ugyancsak jelentős a súrlódás hatása a húzógyűrű lekerekített húzóélén. Ez úgy tekinthető mint a kötelsúrlódás. Mind a ráncgátló alatt mind

a húzóélen fellépő súrlódás növeli a lemezben ébredő húzófeszültséget. Ezért ezeken a részeken kedvezőtlen, ha a bevonat a súrlódó erők növekedését okozza.

A húzóbélyeg felületén fellépő súrlódás viszont akadályozza a lemez elmozdulását a bélyegfelülethez képest. Ezek a súrlódó erők csökkentik a lemez húzóigénybevételét. Így elértük, hogy kísérleteink során [3] a lemezanyag szakító szilárdságából számítható ún. fenékleszakító erőnél nagyobb erővel is elvégezhető volt a mélyhúzás, egyben az egy műveletben elérhető átmérőviszony nagyobb volt (10. ábra).

10. ábra Mélyhúzásnál fellépő súrlódó erők

6. Összefoglalás

A bevonatolt szerszámok képlékenyalakítás területén való felhasználása során az alábbiak állapíthatók meg.

- A vizsgált bevonatok esetén méréseink is igazolták, hogy a bevonatolt felületek nagyobb súrlódási tényezővel rendelkeznek.
- A bevonatolás okozta súrlódási erő növekedés az egy alakító műveleten belül lehet hátrányos és előnyös is.
- Kúpos üregben történő alakításnál (pl.: redukálásnál) a bevonatolás befolyásolja a redukáló gyűrű optimális félkúpszögét.
- Lemezek mélyhúzásánál a húzóbélyeg felületén fellépő nagyobb súrlódást okozó bevonat kifejezetten hasznos. A bélyeg felületének érdesítése ugyanígy hat, de ronthatja a mélyhúzott darab belső felületének minőségét.

Kutatások folynak olyan bevonatolt rétegek kialakítására (pl. MoS_2 rétegbe való beépítésével) amelynek célja a kopásállóság mellett a kis súrlódási tényező elérése, így a siklási tulajdonságok javítása. Kísérleti jelleggel sikerült már előállítani gyorsacélon $\mu=0.04$ súrlódási tényezővel rendelkező réteget.

Irodalom

- [1] Pannon PLATIT bevonat tájoló www.annonplatit.com
- [2] M. Burgdorf: Über die Ermittlung des Reibwertes für Verfahren der Massivumformung durch den Ringstauversuch. Industrie – Anzeiger Werkzeugmaschine und Fertigungstechnik Verlag W. Girardet Essen, 16. Mai 1967
- [3]. J. Danyi, F. Végvári: The role of friction and lubrication in sheet metal forming processes with flexible tool-elements. Annals of MteM for 2001 & Proceedings of the 5TH International MteM Symposium, 4TH-6TH october 2001, Cluj Napoca Romania p. 157-158.

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Köszönöm a segítséget a Vákuum Hőkezelő Kft-nek, akik a szerszámok vákuumedzését végezték, illetve a TS Magyarország Kft-nek, akik a szerszámok felületi bevonatolásával segítették munkámat.

Dr. Végvári Ferenc főiskolai tanár
Kecskeméti Főiskola GAMF Kar
Fém- és Műanyagfeldolgozó Technológiai Intézet,
Mechanikai Technológiai Szakcsoport
Magyarország, Kecskemét, Izsáki út 10
Tel: +36 76 516 373, Fax: +36 76 516 396
E-mail: vegvvari.ferenc@gamf.kefo.hu