



XI. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2006. március 24-25.

ALAKÍTÓ SZERSZÁMACÉLOK KÁROSODÁS- ÁLLÓSÁGÁNAK JAVÍTÁSA FELÜLETKEZELÉSSSEL

Bagyinszki Gyula, Bitay Enikő, Kovács Tünde

Abstract

In service, most forming tools (dies and punches) are subjected to extremely high loads, that are applied rapidly. The forming tools must withstand these loads a great number of times without breaking and without undergoing excessive wear or deformation. To increase the performance of a tool in service (surface hardness, wear resistance, toughness) and achieve the optimum combination of materials properties, various types of surface heat treatments can be used. In order to select the proper surface treating method for a given forming tool, it is necessary to establish a database including detailed information on the tool materials and the process parameters of possible surface treating techniques.

Összefoglalás

A képlékenyalakítás területén alkalmazott szerszámok ill. anyagaik igen nagy igénybevételeknek vannak kitéve. Ezeknek az igénybevételeknek jelentős része a munkafelületre koncentrálódik, ezért a szerszámok működő felületének mechanikai és termikus ellenálló-képességét, anyagának károsodásállóságát kell javítani. A megfelelő szilárdság - szívósság arány hőkezeléssel történő beállítását követően a felületi keménység ill. az azzal összefüggő kopásállóság növelése, valamint az adhéziós ill. a súrlódási tényező kedvezőbbé tétele együttesen felületkezeléssel érhető el. Ezen felületkezelések kiválasztásához és tervezéséhez sokféle adatot kell összegyűjteni ill. feldolgozni.

1. Bevezetés

A szerszámélettartam növelésének, a karbantartási igény csökkentésének ill. a szerszámmal gyártott termékek megfelelő minőségének, vagyis a műszaki és gazdasági szempontokat egyaránt kielégítő eredményesség elérésének lényeges feltételei:

- az alakító szerszámacélok jellemzőinek, tulajdonságainak ismerete ill. az azok alapján történő helyes anyagkiválasztás, figyelembe véve a szerszámmal alakítandó anyagok sajátosságait is;
- a szerszámacéloknál alkalmazható hőkezelési és felületkezelési eljárások technológiai jellemzőinek ismerete, beleértve a geometriai tűrésekre (alak- és méretpontosságra) gyakorolt hatásokat is;
- a felületkezeléssel összefüggő előkészítés, bevonatolás ill. kérgesítés, valamint az utókezelés helyessége, továbbá a kialakítandó felületi bevonat/kéreg alkalmazási jellemzőinek ismerete.

2. Alakító szerszámacélok anyagkiválasztáskor mérlegelendő jellemzői, tulajdonságai:

- azonosító jelölés: anyagminőség jele, anyagszám (Werkstoffnummer); szabványszám, ország, márkanév (gyártó szerinti); összetétel (karbon- és ötvözőtartalom); ekvivalensek (helyettesítő acélminőségek).
- *fizikai tulajdonságok* (igénybevehetőség):

- sűrűség (ρ);
- mechanikai tulajdonságok: folyáshatár (R_p): hajlító, nyomó; szilárdság (R_m): hajlító, nyomó; keménység (HV, HRC); rugalmassági modulus (E, G); Poisson-tényező (ν);
- termikus tulajdonságok: olvadási hőmérséklet (T_{olv}); alkalmazási hőmérséklet-tartomány ($T_{min} - T_{max}$); hőtágulási együttható és annak hőmérsékletfüggése ($\alpha[T]$); hővezetési tényező és annak hőmérsékletfüggése ($\lambda[T]$); fajlagos hőkapacitás és annak hőmérsékletfüggése ($c[T]$);
- mágneses tulajdonságok: mágneses permeabilitás (μ); koercitív erő vagy mágneses keménység (H_c); telítési indukció (B_t); remanens indukció (B_r);
- optikai tulajdonságok: abszorpciós tényező és annak hullámhosszfüggése ($\alpha[\lambda]$); reflexiós tényező és annak hullámhosszfüggése ($\rho[\lambda]$).
- **technológiai tulajdonságok** (megmunkálhatóság):
 - melegalakíthatóság (hőmérséklet-intervallum);
 - forgácsolhatóság (szerszáméltartam); köszörülhetőség (leköszörült anyagmennyiség/lekopott korongmennyiség); elektroeróziós vághatóság (huzalelektrodás szikraforgácsolhatóság): méretváltozás, keménységeloszlás, maradó feszültségek;
 - (javító) hegeszthetőség (keménységeloszlás a hegesztési zónában): előmelegítés, hegesztőanyag, hegesztési munkarend (fajlagos hőbevitel);
 - hőkezelhetőség:
 - lágyítás: hőmérséklet, keménység (HB);
 - edzhetőség, átédzhetőség, folyamatos hűtésre vonatkozó ausztenit átalakulási diagram, ajánlott hőkezelési paraméterek az alkalmazás függvényében (edzés és megeresztés hőmérséklete, hevítési lépcsők, hűtőközegek, elérhető keménység: HV, HRC);
 - keménység az ausztenitesítési hőmérséklet függvényében (hossz-, kereszt- és vastagságirányban);
 - méretstabilitás (maradék ausztenit), százalékos méretváltozás a megeresztési hőmérséklet függvényében; szekunder keményíthetőség (500 °C felett), megeresztési diagram;
 - szövetszerkezetek az egyes hőkezelési szakaszok után;
 - felületkezelhetőség: felületedzés, keménykrómozás, PVD, CVD, nitridálás (felületelőkészítés, felületi érdesség, felületi hibamentesség, súrlódási tényező).
- **üzemeltetési tulajdonságok** (károsodásállóság):
 - megeresztésállóság: HV(T_{meg}), HV(KV); fáradásállóság; szívósság: KV(T_{meg}), KV(HRC), repedésterjedéssel szembeni ellenállás; kopásállóság (fajlagos abrazív kopási veszteség); korrózióállóság;
 - alkalmazási területek, alkalmazási javaslatok.

3. Alkalmazható felületkezelési eljárások technológiai jellemzői:

A simplex (1. ábra) és a duplex (2. ábra) felületkezelési eljárások [1,2] közül - példaképpen - a CVD és a PVD technológiai sajátosságai az alábbiakban foglalhatók össze:

kezelés során az alapanyag felületén várhatóan fellépő maximális hőmérséklet az alapanyag olvadáspontjánál		
Kezelés előtt vagy közben az alapanyag felületére kerülő idegen anyag	kisebb → felületolvadás nélküli kezelés	
	alakítási keményedésen és/vagy maradó nyomófeszültség kialakulásán alapuló eljárások	allotróp átalakuláson és/vagy nemegyensúlyi szövetszerkezet létrejöttén alapuló eljárások
	felületszilárdítás	felületedzés
	<div>felületszórás</div> <div>felületgörgőzés</div> <div>felületkalapálás</div> <div>felülethengerítés</div> <div>felületvasalás</div> <div>robbantós felületészil.</div> <div>lézerműködéses fel. szil.</div> <div>bemártó edzés</div>	<div>lángedzés</div> <div>indukciós edzés</div> <div>plazmás edzés</div> <div>elektronsugaras edzés</div> <div>lézeres edzés</div>
Kezelés előtt vagy közben az alapanyag felületére kerülő idegen anyag	nincs → összetételváltozás nélküli kezelés	nagyobb → felületolvadásos kezelés
	<div>fizikai hatásokon és/vagy adhéziós kapcsolódáson alapuló eljárások</div> <div> <div>védő-bevonatolás</div> <div>termikus szórás</div> <div>plattírozás</div> <div>fizikai gőzfázisú bevonás</div> </div>	<div>gyors dermedésen és/vagy kristályosodási mikroszerkezet finomodásán alapuló eljárások</div> <div>felületi átalvasztás</div> <div>felolvasztó hegesztés</div>
Kezelés előtt vagy közben az alapanyag felületére kerülő idegen anyag	van → összetételváltozásos kezelés	metallurgiai reakciókon és/vagy kohéziós kötésen alapuló eljárások
	<div> <div>ragasztás</div> <div>festés</div> <div>zománcozás</div> <div>kémiai fémlésváltoztatás</div> <div>galvanizálás</div> <div>lángszórás</div> <div>ivrszórás</div> <div>plazmaszórás</div> <div>lézerszórás</div> <div>robbantós szórás</div> <div>húzóplattírozás</div> <div>hengerféses platírozás</div> <div>robbantós platírozás</div> <div>dörzspatírozás</div> <div>vákuumgőzölés</div> <div>katódpórtasztás</div> <div>ionsugaras bevonatolás</div> <div>ionsugaras leválasztás</div> </div>	<div> <div>kémiai gőzfázisú bevonás</div> <div>kémiai szórás</div> <div>reaktív kémiai szórás</div> <div>ionimplantáció</div> <div>kémiai oxidálás</div> <div>anódos oxidálás</div> <div>vegyszerrel keletkező felületkezelés</div> <div>passzíválás</div> <div>ötvöződúsítás</div> <div>felületi ráolvasztás</div> </div>

1. ábra. Szimplex felületkezelések

CVD (Chemical Vapour Deposition = Kémiai Gőzfázisú Bevonatolás):

- 2 mm-nél vastagabb és akár 400 MPa szilárdságú lemezek kivágó-, alakító-, mélyhúzó-szerszámaihoz; korrózióálló és bevonatos lemezek kivágásához és alakításához; kenéshiányos, felülethevüléssel járó alakításokhoz; továbbá szerszámfelújításra is, alapos felület-előkészítés és szükség szerinti javító hegesztés után;
- általában Ti komponensű bevonatok - pl. TiC, TiCN, TiN - előállítására, mono- vagy multiréteg formájában, általában 8...10 µm bevonatvastagság elérésével;
- „nagy hőmérsékletű” eljárás, esetenként 1000 °C-os ill. annál nagyobb hőmérséklettel, a jó adhéziós tapadás és a kölcsönös diffúzió érdekében, de geometriai torzulások veszélyével;
- inert (Ar) vagy redukáló (H₂) gázatmoszférában történő felhevítéssel, majd reaktív gázok - CH₄ karbidokhoz, N₂ nitridekhez - és 550 °C-on elgázosított folyékony TiCl₄ fémes prekursor (elővegyület) hozzávezetésével;
- kezelés után 150 °C-ra történő lehűtéssel, felületi oxidáció elleni védelemmel;

1. kezelés		2. kezelés		összetétel-hagyó		összetétel-változtató												
				fel.olv nélkül	fel.olv vaszt	felületolvasztás nélkül												
				felület szilárdítás	felület edzés	felületi átolvasztás	felület olvasztó hegesztés	védőbevonatolás	termikus szórás	plattírozás	PVD	CVD	ionimplantáció	passzíválás	cementálás	nitrocementálás	nitridálás	felületi ráolvasztás
összetétel-hagyó	felületolvasztó	felületolvasztó	felületolvasztó	X	X	X	X	?	X	X	?	X	?	X	X	X	X	X
	felületolvasztó	felületolvasztó	felületolvasztó	X	X	X	X	?	X	X	X	X	?	X	X	X	X	X
összetétel-változtató	felületolvasztó	felületolvasztó	felületolvasztó	X	?	X	X	?	?	X	?	?	?	?	?	?	X	X
	felületolvasztó	felületolvasztó	felületolvasztó	X	?	X	X	?	?	X	?	?	?	?	?	?	X	X
összetétel-változtató	felületolvasztó	felületolvasztó	felületolvasztó	X	X	?	X	X	X	X	X	X	?	X	X	X	X	X
	felületolvasztó	felületolvasztó	felületolvasztó	X	X	?	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	felületolvasztó	felületolvasztó	felületolvasztó	?	?	X	X	?	X	?	X	X	?	?	X	?	?	X
	felületolvasztó	felületolvasztó	felületolvasztó	X	X	X	X	X	X	X	?	?	?	X	X	X	X	X
	felületolvasztó	felületolvasztó	felületolvasztó	X	X	X	X	X	X	X	?	?	?	X	X	X	X	X
	felületolvasztó	felületolvasztó	felületolvasztó	?	?	X	X	?	X	X	X	X	?	?	?	?	?	X
	felületolvasztó	felületolvasztó	felületolvasztó	X	X	X	X	?	X	?	X	X	?	?	X	X	X	X
	felületolvasztó	felületolvasztó	felületolvasztó	X	X	X	X	?	X	?	X	X	?	?	X	X	X	X
	felületolvasztó	felületolvasztó	felületolvasztó	X	X	X	X	?	X	?	X	X	?	?	X	X	X	X
	felületolvasztó	felületolvasztó	felületolvasztó	X	X	X	X	?	X	?	X	X	?	?	X	X	X	X
	felületolvasztó	felületolvasztó	felületolvasztó	X	X	X	X	?	X	?	X	X	?	?	X	X	X	X
	felületolvasztó	felületolvasztó	felületolvasztó	X	X	?	X	X	X	X	X	X	?	X	X	?	X	X
	felületolvasztó	felületolvasztó	felületolvasztó	X	X	?	X	X	X	X	X	X	?	X	X	?	X	X
	felületolvasztó	felületolvasztó	felületolvasztó	X	X	?	X	X	X	X	X	X	?	X	X	?	X	X
	felületolvasztó	felületolvasztó	felületolvasztó	X	X	?	X	X	X	X	X	X	?	X	X	?	X	X

2. ábra
Duplex felületkezelések

- a bekövetkező kilágyulás miatti utólagos hőkezeléssel - edzéssel és megeresztéssel - minimalizálva a bekövetkező geometriai torzulásokat.

PVD (Physical Vapour Deposition = Fizikai Gőzfázisú Bevonatolás):

- vékonyabb és kisebb szilárdságú lemezek alakító szerszámaihoz; vékony bevonatos lemezek alakításához; kedvezőtlen kenési viszonyokhoz, felületehévüléssel járó alakításokhoz; továbbá szerszámfelújításra is alapos felület-előkészítés és szükség szerinti javító hegesztés után;
- kemény, kopásálló, kedvező súrlódási tényezőjű vékony filmszerű bevonatok előállítására, általában 1...6 µm bevonatvastagság elérésével;
- „kis hőmérsékletű” eljárás, rendszerint 500 °C-os ill. annál kisebb hőmérséklettel, a geometriai torzulások minimalizálása érdekében, de limitált adhéziós tapadással, diffúziós hatás nélkül;
- nagyvákuumos (10^{-5} mbar) környezetben, a reaktív fém vagy vegyülete elgőzölögtetésével és ionizálásával, az ionok hozzávezetett gázzal való reakciójával, majd a reakciótermék - munkadarab és kamrafal között alkalmazott feszültség-különbség hatására - felületre történő lecsapódásával;
- kezelés után 150 °C-ra történő lehűtéssel, felületi oxidáció elleni védelemmel;
- a bekövetkező kilágyulás miatti utólagos hőkezeléssel - edzéssel és megeresztéssel - minimalizálva a bekövetkező geometriai torzulásokat;

Új CVD vagy PVD bevonatos hidegalakító szerszámok gyártásának vázlatos műveleti sorrendje [3]:

1. kiválasztott anyag beszerzése rúd, tömb vagy lap formájában;
2. nagyoló megmunkálás;
3. feszültségcsökkentő hőkezelés 600 °C-on;
4. simító megmunkálás;
5. vákuumedzés;
6. megeresztés kb. 500 °C-on, min. 2-szer 58...60 HRC-re;
7. szerszámblokk összeszerelése és beállítása;
8. 5000...10000 darabos előszéria alakítása a megfelelés ellenőrzésére;
9. felületelőkészítés: homokfűvás, polírozás, tisztítás a felületi érdesség beállítása ill. a kis súrlódási tényező (kedvező siklási jellemzők) biztosítása érdekében ($R_a < 1 \mu\text{m}$ tükörfényes állapot beállítása);
10. CVD vagy PVD bevonatolás;
11. CVD esetén második edzés és megeresztés vákuumkörnyezetben;
12. szerszámblokk összeállítás;
13. szerszámblokk beállítás;
14. terheléspróbák.

Használt hidegalakító szerszámok felújításakor felmerülő javító hegesztés műveleti sorrendje:

1. szerszámanyaghoz, hegesztési eljárásához és a geometriai torzulások minimalizálásához igazodó hegesztőanyag kiválasztása és beszerzése;
2. előmelegítés 400 °C-ra;
3. hegesztés;
4. hevítés 450 °C-ra, 2...3 órás hőntartással;
5. lassú hűtés.

4. CVD és PVD bevonatok alkalmazási jellemzői:

- összetétel (pl. TiN), típus (pl. kemény, kopásálló), azonosító szín (pl. aranyárga);
- bevonatoló eljárás (pl. PVD), bevonatolás hőmérséklete (pl. 350...500 °C);
- rétegszerkezet (mono-, multi-, gradiens-, nano-), rétegvastagság (pl. 1...5 µm);
- mikro- vagy nanokeménység (pl. 2200...3000 HV_{0,05});
- súrlódási tényező (száraz acélon) (pl. 0,40...0,65);
- hővezetési tényező (pl. 70 W/mK), termikus stabilitás határhőmérséklete (oxidációs hőmérséklet) - maximális alkalmazási hőmérséklet (pl. 500...600 °C);
- bevonat belső (nyomó) feszültsége (-1,5...-2,5 GPa);
- megmunkálható anyagok (pl. acélok);
- kulcsfontosságú jellemzők ill. előnyök (pl. széleskörű alkalmazhatóság, költséghatékonyság);
- korrózióállóság (pl. jó), vízzeloldhatóság (pl. nem oldható);
- újrabevonathatóság (pl. lehetséges);
- alkalmazási adatok [4] - elsődleges alkalmazási javaslatok (pl. forgácsolás, alakítás, fröccsöntés).

ALKALMAZÁS	JÓ	JOBB	LEGJOBB
Lyukasztás (Piercing)	TiN	TiCN CVD TiC/TiN	MoST TM
/Lemezkivágás (Blanking)	TiN	CVD TiC/TiN	TiCN
Finomkivágás (Fine Blanking)	TiN	TiCN	MoST TM
/Mélyhúzás (Drawing), Peremezés (Flanging), Profilalakítás (Forming), Folytatás (Extrusion)	CrN	CVD TiC/TiN vagy TiCN	CVD TiC vagy MoST TM
Hidegfejezés (Cold Heading) / Ütvesajtolás (Impact Extrusion)	TiN	CVD TiC/TiN	MoST TM

Irodalom

- [1] Bagyinszki Gyula: *Gyártásismeret és technológia* (240 oldal), Budapesti Műszaki Főiskola, Budapest, 2004
- [2] Bagyinszki Gyula – Kovács Tünde – Kálazi Zoltán – Tom Bell: *Acélok duplex felületedzése*; Gép LII. évfolyam, 2001/9. szám, 16-22. oldal
- [3] L. Carreras - S. Bueno – F. Montalà: *Advanced Coatings for Automotive Industry Forming Dies*, 7th International Research/Expert Conference „Trends in the Development of Machinery and Associated Technology” TMT 2003, Lloret de Mar, Barcelona, Spain, 15-16 September, 2003
- [4] Bernard Janoss: *PVD/CVD Tool Coatings Enhance Stamping & Forming of Stainless Steels*, MetalForming Magazine (Metalforming Online), 1999/03

Dr. Bagyinszki Gyula

főiskolai docens
Budapesti Műszaki Főiskola, Bánki Donát Gépészmérnöki Főiskolai Kar,
Anyagtudományi és Gyártástechnológiai Intézet, Anyag- és Alakítástechnológiai Tanszék
H-1081 Budapest, Népszínház u. 8.
Tel: (+36-1) 219 6304, Fax: (+36-1) 219-6494, E-mail: bagyinszki.gyula@bgk.bmf.hu

Dr. Bitay Enikő

tudományos főkutató
Erdélyi Múzeum-Egyesület
Ro-400009 Kolozsvár, Jókai / Napoca u. 2-4.
Tel, fax: (+40) 264-595-176, E-mail: bitay@eme.ro

Kovács Tünde

főiskolai adjunktus
Budapesti Műszaki Főiskola, Bánki Donát Gépészmérnöki Főiskolai Kar,
Anyagtudományi és Gyártástechnológiai Intézet, Anyag- és Alakítástechnológiai Tanszék
H-1081 Budapest, Népszínház u. 8.
Tel: (+36-1) 219 6327, Fax: (+36-1) 219-6494, E-mail: kovacs.tunde@bgk.bmf.hu