FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2002. március 22-23.

Keményfémek és törékeny anyagok ultraprecíziós köszörülése ELID eljárással

Keresztesi Gizella

Abstract: The demand for high and ultraprecision machining of mechanical parts is increasing in recent years, especially in semiconductor, computer and electronics industries. With the development of new components, the electronic industry requires higher standards for total thickness variation and also wafers warp. Many of the newer innovative structural components are made of hard, brittle and tougher materials that provide improved wear resistance, light in weight, corrosion resistance under severe conditions for advanced applications. This paper focuses on showing the efficiency of a newly developed electrolytic in-process dressing (ELID) grinding method and the problems during machining of these materials. Machining with ultra-precision (UP) grinding tools is capable to achieve the given geometry, accuracy, surface roughness and surface integrity in nanometre ranges and tolerances [7].

Key words: Hard materials, Brittle materials, Ultraprecision Machining, ELID Grinding, Ductile-Brittle Mode Grinding.

1. Bevezetés

Keményfémek és törékeny anyagok egyedi mechanikai tulajdonságaiknak, fizikai jellemzőiknek illetve üzembiztosságuknak köszönhetően napjaink legelterjedtebb anyagfajtái. Más anyagokkal szemben keményebbek, magas hőmérsékleten ellenállóbbak, kémiai stabilitást mutatnak, valamint könnyűsúlyúak. Precíziós megmunkálásuk csak köszörülés révén valósítható meg, ahol is az anyageltávolítás üteme igencsak alacsony, a köszörűkorong kopása pedig igen nagy, ezért a beszabályozási idő is igen magas lesz, ami plusz költségeket eredményez.

Keményfémek és törékeny anyagok jó minőségű, ultraprecíziós és hatékony megmunkálásának kivitelezésekor első lépésként az anyageltávolítás mechanizmusát, a felületintegritást befolyásoló tényezőket illetve a megmunkálási folyamat paramétereit kell tisztáznunk [2]. A hagyományos csiszolási módszerek a köszörülési eljárás instabilitásának köszönhetően tükörfelület-megmunkálásra nem bizonyultak megfelelőnek az anyagok keménysége miatt. Ezeknek a hátrányoknak a kiküszöbölésére kikísérletezték az ELID (elektrolitikus folyamat-közbeni szabályozás) eljárást, amely ultraprecíz felületet eredményez, mivel lehetőséget nyújt a képlékeny módon történő köszörülésre, illetve a megmunkálás közbeni (folyamat közbeni) korongszabályozásra. Az eljárásban fémkötésű gyémántszemcse köszörűkorongot használtak (CIB-D), mely az eljárás alatt megőrzi forgácsoló képességét. A nemrégiben kikísérletezett eljárás lehetővé teszi a forgácsleválasztás állandó szinten

tartását, ugyanakkor jó felület érdességet és alakpontosságot biztosít. Fontos megemlíteni továbbá, hogy az eljárás nem igényel költséges szerszámgépet, ugyanis az hagyományos köszörűgépre is adaptálható.

A cikk egy összehasonlítási tanulmányt mutat be keményfémek gyémántkőszörülését (szuperkemény szemcseanyagú köszörűkorong) illetően #4000 szitaszámú korongot alkalmazva, függőleges orsójú köszörűgépen, kehelyformájú korong-szabályozóval valamint elektrolitikus folyamat-közbeni szabályozással.

2. A köszörűkorong szerkezeti kialakítása

A köszörűkorong gyártásánál fontos tényező a szerszámanyag-kötőanyag-pórusok arányának ismerete. Pórusok nélkül nincs megfelelő hely a leválasztott forgács elhelyezésére, míg a megfelelő minőségű kötőanyag határozza meg, hogy valamely korong rövid élettartamú szemcsével, kis nyomóerő mellett vagy hosszabb élettartammal bíró tompább szemcsével, nagyobb nyomóerő mellett forgácsol.

Keményfém kötőanyagú abrazív szerszámok esetében a köszörülési eljárás jellemzői és a felületi minőség nagymértékben függ a korongválasztástól. Megkülönböztetünk két lépést a korong előkészítését illetően: lehúzás és finom-beszabályozás. Az alaki-lehúzás tulajdonképpen arra szolgál, hogy a korongnak egy ideális profilt biztosítsunk. A finom- beszabályozás szerepe pedig a szemcseanyag kiemelése a kötőanyagból, ezáltal egy megfelelő munkafelületet biztosítva a korongnak. Általában keményfém kötésű gyémánt szemcseanyagú köszörűkorongok alaki beszabályozása hagyományos módszerekkel egy nagyon időigényes és költséges eljárás, ezért a gyakorlatban egy nemrég kifejlesztett eljárást alkalmazunk, melyet mikro-elektromos kizikráztatásnak neveztek el, utólag alkalmazva az ELID-beszabályozási eljárást kehelyformájú korong-szabályozóval (1. ábra) [3].

1. ábra

A CIB-D korongot a tápegység pozitív végpontjához csatolják egy kefe segítségével, és a rögzített rézelektrodát pedig a negatív ponthoz, 0.1 mm távolságra helyezik el a korongtól. Az elektromos áram és hűtőfolyadék hatására létrejövő elektrolízis a korong beszabályozását idézi elő.

Az ELID eljárással szabályozott korong felületén egy 20mm vastagságú oxidréteg+szemcsekeverék képződése figyelhető meg, mely elektrokémiai reakciók hatására jön létre. Ezt a 2. ábra szemlélteti.

Korongfelület ELID eljárással

2.ábra

ELID eljárás során a kiemelkedő szemcsék „forgácsolják” a munkadarab felületét, ennek hatására a szemcsék kopásnak indulnak, ami az oxidréteg letöredezését is kiváltja. Az oxidréteg csökkenésével a korong vezetőképessége növekszik, az átfolyó áram mennyisége fokozatosan nő, ami az elektrolízis megnövekedését eredményezi. Ezáltal a szemcsék ismét kiemelkednek, az oxidréteg pedig visszaáll [5].

3.ábra

Elektrokémiai reakció hatására nem csak a szemcse kiemelkedés történik meg, hanem a kötőanyag szerkezete is megváltozik, felbomlik, Fe^{2+} ionná alakul és elektrolízis útján eltávolodik a felületről:

Az ionizálódott kötőanyag hidroxidokat hoz létre, melyek a későbbiekben fémoxiddá alakulnak át. A szigetelő oxidréteg vastagsága a korong felszínén az elektromos áram hatására növekedésnek indul, ennek hatására a korong elektromos vezetőképessége csökken. Az oxidréteg vastagságát két tényező befolyásolja, éspedig a végbemenő kémiai reakciók illetve az oxidok stabilitása. A korong felépítésében illetve köszörülési képességében döntő szerepe van a kötőanyag tulajdonsága mellett az alkalmazásra kerülő hűtőfolyadéknak, illetve az elektromos paramétereknek is.

A köszörűkorong szabályozásához Al_2O_3 szabályozórudat használtak, melyet 500rpm sebességgel, a köszörűkorongot pedig 200rpm forgattak, előtolása 5 mm/min volt, szabályozáskor hűtőfolyadékként AFG-M használtunk.

3. Kísérleti berendezés

Függőleges orsójú köszörűgépet használtak a kísérlethez. A felszerelés többi részét képezte [4]:

- 1) Két darab CIB-D köszörűkorong, méreteik f2003W3 mm, szitaszám #325 (átlagos szemcseméret 0.006mm) illetve #4000 (átlagos szemcseméret 0.003mm), koncentráció 100%.
- 2) Csiszolófolyadék: AFG-M felvegyítve 1:50 arány vízzel.
- 3) Energiaellátás: az egyenáramú generátor szabályozható kimentí feszültséggel, áramerősséggel és teljes ítménytényezővel.
- 4) Forgó besabályozó: Al_2O_3 szabályozórúd, forgó asztalra szerelve.
- 5) Mérőműszerek: Mitutoyo érdességmérő berendezés.

4. Kísérleti folyamat leírása

- 1) Elő-sabályozási szakasz: a közelmúltban kifejlesztett mikro-elektromos kisülés módszerét a korong kifutásainak (2-4mm) besabályozásakor alkalmazták.
- 2) Elő-lehúzási szakasz: 5 perces előszabályozási idő elégséges ahhoz, hogy a csiszolószemcsék megfelelő mértékben kiemelkedjenek a fémkötésből, illetve az oxidréteg kialakulásához, a forgó egyengetés alkalmával 10 perc, egyengetési időt alkalmaztak.
- 3) Dinamikus köszörülési szakasz: folyamat-közbeni elektrolitikus besabályozás célja a korong forgácsoló képességének megőrzése illetve az oxidréteg állandó szinten tartása, forgó-besabályozáskor 3 percenkénti szabályozást alkalmaztak. A kiszikráztatás mindkét esetben 1 perc.

5. Eredmények elemzése

- A besabályozási eljárás fajtája illetve a szemcseméret nagysága nagymértékben befolyásolja a megmunkált felület minőségét. Megállapítható, hogy az ELID eljárás jobb felületminőséget biztosított, mint a Forgó-besabályozási módszer, ami azt jelenti, hogy rendkívül jó felületérdesség érhető el ELID alkalmazásakor kemény és törékeny anyagok köszörülésekor.

Mindkét eljárással megmunkált felületen mikroszkopikus karcnyomokat illetve repedéseket figyeltek meg, ami azt jelenti, hogy az anyageltávolítás mechanizmusa képlékeny és törékeny módon zajlott le.

- Szemcseméret hatása a felületérdességre mindkét eljárás során megfigyelhető, éspedig, a szemcseméret csökkentésével jobb felület érdesség érhető el. Szemcseméret növelésével pedig az egységnyi anyageltávolítás mértékét növelhető, ami a felületminőség romlásával jár együtt.

Három fajta anyageltávolítási mechanizmus különböztethető meg: törékeny, törékeny-képlékeny, illetve képlékeny anyageltávolítás (4.ábra). A köszörülési paraméterek gondos megválasztásával illetve a folyamat ellenőrzésével az anyageltávolítást képlékeny módon valósíthatjuk meg. A csiszolószemcse hatására oldalsó/radiális- illetve közepes repedések jelennek meg, melyek kialakulása és továbbterjedése képezi a törékeny módon történő köszörülés alapját [6].

4.ábra

6. Következtetések

Az összehasonlításra alapuló vizsgálati eredményeink hagyományos függőleges orsójú köszörűgépen, #4000 CIB-D korongok besabályozása Forgó, -illetve ELID eljárásos besabályozással a következőkre engednek következtetni:

- A köszörűkorong szerkezeti kialakítása ELID esetén különböző jellemzőkkel bír: oxidréteg és karcolási zóna jön létre a korong felületén. A felszíni réteg összetétele és jellemzői nagymértékben függenek az áramforrástól, a hűtőfolyadéktól és a korong kötőanyagától.
- ELID eljárás esetén a felületi érdesség (R_a) tartósan állandó, a Forgó-besabályozáskor viszont hullámszerűen változik, minden egyes besabályozás alkalmával.
- A felületi érdesség erős összefüggést mutat a munkadarab anyaga, illetve az alkalmazott besabályozási eljárás között. ELID-del jobb érdességet biztosíthatnak, mint a Forgó-besabályozáskor. Az érdesség csökkenthető a szemcseméret csökkentésével.
- Mindkét esetben összetett anyageltávolítási mechanizmust figyeltünk meg, repedések illetve képlékeny módon történő anyageltávolítás formájában.

- A kísérleti eredmények arra utalnak, hogy ELID eljárás jó eredményekkel alkalmazható ultraprecíziós köszörülési eljárásoknál, kemény és törékeny fémek esetében [1], hagyományos köszörűgépeket alkalmazva.
- Kimutatható, hogy ELID eljárással képlékeny anyageltávolítás jellemzi a megmunkált kemény és törékeny anyagokat, eredményként pedig nagyon jó felület érdességet kapunk.

7. Hivatkozások

- 1) Mamalis, A.,G., Horváth, M. (2001). Development of an expert system of diamond grinding of superhard polycrystalline materials considering grinding wheel relief. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* (2001) 17, pp.498-507.
- 2) Sreejith, P.S., Ngoi, B.K.A. (2001). New materials and their machining. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* (2001) 18, pp.537-544.
- 3) Albert J. Shih (2000). An experimental investigation of rotary diamond truing and dressing of vitreous bond wheels for ceramic grinding. *International Journal of Machine Tools & Manufacture* (2000) 40, pp.1755-1774.
- 4) Stephenson, D., Veselovac, D. (2001). Ultra-precision grinding of hard steels. *Journal of the International Societies for Precision Engineering and Nanotechnology* (2001) 25, pp.336-345.
- 5) Zhang, C, Ohmori, H. (2000). Small-hole machining of ceramic materials with electrolytic interval-dressing (ELID-II) grinding. *Journal of Materials Processing Technology* (2000) 105, pp.284-293.
- 6) Bandayopadhyay, B., P., Ohmori, H. (1998). The effect of ELID grinding on the flexural strength of silicon nitride. *International Journal of Machine Tools & Manufacture* (1999) 39, pp.839-853.
- 7) Keresztesi Gizella (2002). Ultra precision grinding of hard and brittle materials. *Conferinta Internationala de Inginerie Integrata Timisoara 2002. Várható megjelenés 2002 április.*

Keresztesi Gizella, Doktorandusz
 Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
 Gépgyártástechnológia Tanszék
 Tel.+36/14631875
 Email: keresztesi@manuf.bme.hu