

ANYAGLEVÁLASZTÁSI FOLYAMAT VIZSGÁLATA DÖRZSKÖSZÖRÜLÉS NÉL

EXAMINATION OF MATERIAL REMOVAL PROCESS IN HONING

Dr. Szabó Ottó*

ABSTRACT

The paper examines the possibilities of increasing of material removal rate of honing in case of use of superhard tools. Tool having superhard grains significantly increases performance of chip removal, technological process becomes more stable and increase of tool life is meaningful. The author experimentally examined the effects of increase of grain size, cutting speed, tool pressure on changing of cutting time. The result of this is a two stage honing, in which the first stage assures removing of increased allowance, and the second stage is the final or fine stage which assures the realization of the prescribed accuracy and surface roughness.

1. BEVEZETÉS

A nagy pontosságú és jó felületminőségű furatok precíziós- vagy finommegmunkálási eljárásait a gépjárműipari (pl. henger- és hajtókar- furatok), csapágyipar (pl. gördülőpályák) és hidraulika elemek gyártása (pl. hengerfuratok) tömegesen alkalmazza. A leggyakoribb furat- finommegmunkálási eljárások: finomesztergálás, finomfűrés, üregelés, dörzsárazás, finomköszörülés, dörzsköszörülés (honolás, szuperfinis), tükrösítés (leppelés), furatvasalás. Ezek az eljárások külső hengeres-, sík- és alakos felületek befejező megmunkálásainál is nélkülözhetetlenek [1, 3, 8]. Az edzett felületű precíziós furatok, keménymegmunkálásának új kutatási eredményeiről Dr. Kunderák János számol be [2]. A dörzsköszörülés elsődleges célja: az előző forgácsoló műveleteknél kialakult mikrogeometriai egyenetlenségek, illetve a jelentős forgácsolóerők és forgácsoláskor fellépő hőhatások következtében roncsolt, metallográfiai átalakulásokat szenvedett felületi réteg eltávolítása, felületi érdesség csökkentése, tribológiai, vagy kenéstechnikai szempontból kedvező, mikrokarcs-rendszer kialakítása.

* egyetemi docens, CSc, PhD, Miskolci Egyetem,
Gépgyártástechnológiai Tanszék

További cél: a dörzsköszörült felület előírt makrogeometriai pontosságának (méret-, alak- pontosság) megvalósítása.

A befejező- vagy finom-dörzsköszörüléssel nagyon kis ráhagyás kerül leválasztásra, oldalanként $2R_{m.e}=5...20 \mu\text{m}$. Az $R_{m.e}$ a dörzsköszörülés előtti gondos forgácsoló művelet által létrehozott maximális érdesség.

Az elérhető átlagos érdesség $R_a=0,09...0,02 \mu\text{m}$.

A befejező- vagy finom- dörzsköszörülés és az előző forgácsoló művelet közé iktatott elődörzsköszörülés természetesen olyan szerszámot és technológiai adatokat alkalmaz, mellyel nagyobb anyagmennyiség, nagyobb ráhagyás is leválasztható.

E szakcikkben a furatok dörzsköszörülése területén elért kutatási eredményeiről számolok be, különös tekintettel anyagleválasztásra, a gazdaságosan leválasztható ráhagyásra.

2. FURATKÖSZÖRÜLÉS VAGY DÖRZSKÖSZÖRÜLÉS?

A technológus sok esetben kell, hogy döntsön, illetve meg kell válaszolni a fenti kérdést. Feltételezve, hogy rendelkezésre áll mindkét alkalmas szerszámgép. A furatköszörülés nehézségeit ismerjük, itt a köszörűorsó kis merevsége jelenti a fő gondot, ami pontosságot és anyagleválasztást korlátozza [1].

A két eljárás egyszerűsített összehasonlítását 1. táblázat foglalja össze. Táblázatban előforduló jelölések: d_f és d_s – furat és szerszám átmérő; B_s – korong szélessége; L_h – hasáb hossza; l_f – furat hossza; a – fogás; d_{eq} – ekvivalens furatátmérő; n_h – hasábok száma; B_h – hasábok szélessége; d_s – köszörűkorong átmérője. Furatköszörülésnél az ekvivalens furatátmérő: $d_{eq}=(d_s + d_f)/(d_f - d_s)$.

A válasz az 1. táblázatból is következik, hogy a dörzsköszörülés kis forgácsolósebességgel, alacsony forgácsolási hőmérsékleten, a szerszám kialakításából következően kiegyenlített, egyensúlyi helyzetű, radiális mélyítőirányú forgácsolóerőkkel dolgozik. Előzőek következménye: roncsolt, metallográfiailag átalakult felületi réteg eltávolítására alkalmas, illetve hasonló jellegű felületi rétegváltozásokat érdemben nem okoz. Ha az $l_f/d_f > 1$ akkor célszerű a dörzsköszörülés mellett dönteni, amennyiben más korlátozás nem zárja ki.

1. táblázat. Eljárások összehasonlítása

| Jellemzők | Furatköszörülés | Dörzsköszörülés |
|---|---|---|
| Forgácsoló sebesség | $v_c \geq 25$ m/s | $v_c \geq 45$ m/min |
| Szerszám átmérő | $d_f > d_s$ | $d_f = d_s$ (állítható) |
| szerszámhossz | $l_f <$ vagy $> B_s$ | $l_f \geq L_h$ (lökethossz állítható) |
| Furat hossz- és átmérő hányadosa | $l_f/d_f \leq 1,5$ | 1,0...20 |
| Szerszám és furat érintkezési ívhossza | $i = (a \cdot d_{eq})^{0,5}$; (kicsi) | $i = n_h \cdot B_n$; (nagy) |
| Forgácsolási hőmérséklet | $> 700^\circ\text{C}$ | $< 120^\circ\text{C}$ |
| Leválasztott forgács jellemzői: hossza, alakja, hőmérséklete | rövid, „bajusz” alakú, izzó állapotú (olvadás, oxidáció) | öv., edzett acél: tört, rövid lágú, szívós anyagok: folyó-, hosszú, hideg |

3. ELŐDÖRZSKÖSZÖRÜLÉS ANYAGLEVÁLASZTÁSI SEBESSÉGÉNEK NÖVELESE

Ha a dörzsköszörülés előtti forgácsolás pontatlanságai miatt a dörzsköszörülési ráhagyást meg kell növelni, akkor a dörzsköszörülést kétfokozatúra tervezzük. Elődörzsköszörülés biztosítja a ráhagyás nagy részének leválasztását, ehhez az anyagleválasztási sebességet növelni kell. Ezt követi a befejező- vagy finom dörzsköszörülés. Ha közvetlenül a furatátmérő Δ növekedését mérjük üzemben vagy kísérleteknél azonnal használható adatokat kapunk. A pontos furatátmérő mérése többféle módon történhet: 1) 3 ponton mérő mikrométerrel; 2) pneumatikus idomszerrel; 3) megmunkálás közben a dörzsköszörülő szerszámába épített pneumatikus fűvőkákkal.

Kísérleteknél az első és a harmadik módszert alkalmaztuk.

A dörzsköszörülés anyagleválasztási teljesítményének növelése többféle úton lehetséges. A növelés fontosabb kiválasztási szempontjai:

- Szerszámgepnél:
 - gépválasztásnál annak tisztázása, hogy erőzáró- vagy alakzáró legyen a szerszámnyomás állítása, szabályozása;
 - v_c forgácsolósebesség és p szerszámnyomás állítási tartománya;
 - kettő – (elő- és finomdörzsköszörülés) vagy többorsós szerszámgépek igénye;
- Szerszámoknál:
 - munkadarabhoz legkedvezőbb szerszám konstrukció kiválasztása;
 - szerszám – dörzsköszörű hasáb – működő méreteinek (felületének) kedvező megválasztása, figyelemmel a megmunkálandó anyagminőségre, forgácsképződésre;
 - szuperkemény szemcseanyag alkalmazása;
 - szemcseméret növelése, szemcsekoncentráció, kötőanyag; stb.
- Technológiai adatok megválasztásánál:
 - p szerszámnyomás növelése a megengedett, gazdaságos szerszámkopási értékéig;

- v_c forgácsolósebesség; v_t tangenciális és v_a axiális összetevőinek helyes megállapítása, lehetőség szerinti növelése;
- t dörzsköszörülési idő beállítása a leválasztandó ráhagyás figyelembevételével;
- hűtő- kenő folyadék (honolóolaj) kiválasztása, kívánt szállítási teljesítmény és szűrés biztosítása, folyadék csereidő betartása.

Az optimális megoldás – sorozat és tömeggyártáskor – konkrét esetben közelíthető meg a munkadarab, szerszám, szerszám és technológiai adatok tervezett összhangja mellett. Az ún. univerzális dörzsköszörűgépek egyedi és kissorozatgyártás igényeit elégítik ki, kompromisszumok mellett.

4. KÍSÉRLETI VIZSGÁLATOK

A technológiai adatok kedvező behatárolása céljából dörzsköszörülési kísérleteket végeztem az ME Gépgyártástechnológiai Tanszéken SzFS 63x315B típusú gépen. A gép adottságai a vizsgálati tartományt behatárolták. A kísérletek célja anyagleválasztási sebesség vizsgálata. A mért jellemzők: Δ leválasztott ráhagyás (átmérőre); R_a átlagos érdesség és más érdességi jellemzők; H – köralak hiba; Δ_s szerszámkopás (radiális irányú); F_a axiális forgácsolóerő, M_c forgácsoló nyomaték.

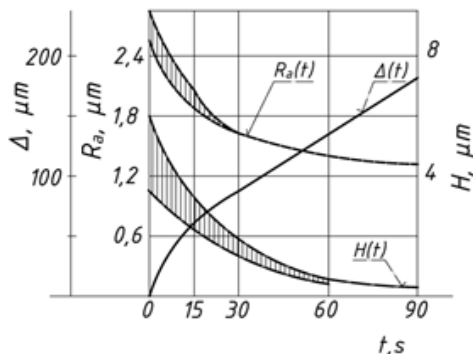
A kísérleti vizsgálatoknál v_c forgácsolósebességet, p szerszámnyomást és t megmunkálási időt változtattam különféle szintetikus, szuperkemény szemcsézett szerszámok alkalmazásával. A kísérleti munka részeredményeit az 1. és 2. ábrák mutatják.

A kísérletek öntöttvas anyagú (Öv. 25, HB=170...240) furatokon történtek. A szerszámnyomás növelése lineáris összefüggés szerint növelte az anyagleválasztási sebességet.

Az 1. ábra ACB 160/125-100 %-M1 szintetikus gyémánt szemcsézett szerszámmal (hasábok 8 x 100 mm, 3 db) végzett elődörzsköszörülés mérési eredményeit mutatja, a t dörzsköszörülési idő függvényében. A $\Delta(t)$ leválasztott ráhagyás (átmérőre) 10-15 s után gyakorlatilag lineárisan nő. Növekedése jelentős.

A nemlineáris szakaszt a gondos, simító előmunkálás viszonylag nagy érdessége, érdességi csúcsok intenzív leválasztása okozta.

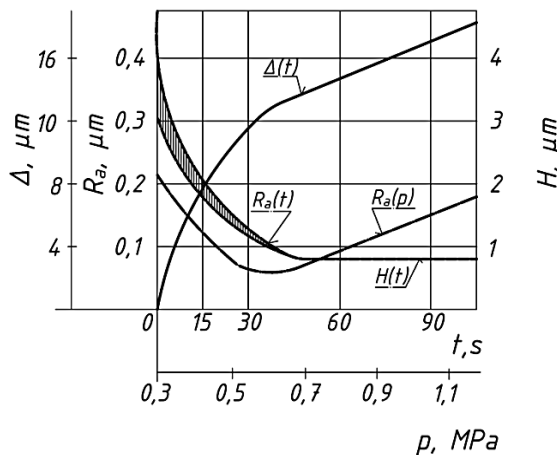
A $H(t)$ kör alakhiba és $R_a(t)$ átlagos érdesség rohamosan csökkent.



1. ábra. Elődörzsköszörülés: t megmunkálási idő függvényében a fontosabb jellemzők változása.

Adatok: $v_i=44$ m/min; $v_a=14$ m/min; $p=0,9$ MPa; hűtő-kenő anyag: honilo 460.

A 2. ábra ACM 28/20-100%-M1 szerszámnál mutatja t dörzsköszörülési idő és p szerszámnnyomás függvényében $\Delta(t)$ leválasztott ráhagyás (átmérőre), $R_a(t)$ és $R_a(p)$ átlagos érdesség változásait. Anyagleválasztási sebesség nagyságrenddel csökkent. A felületi érdesség $R_a=0,09$ μm alá csökkent $t=40-45$ s után. A $R_a(p)$ görbe minimum helye $t=32-36$ s között alakult ki, ahol az $R_a=0,07-0,08$ μm értéket mutat. Ez az érték befejező vagy finom dörzsköszörülés céljára kedvező mutató.



2. ábra. Befejező- vagy finom-dörzsköszörülés: t megmunkálási idő és p szerszámnnyomás függvényében a fontosabb jellemzők változása. A t -től függő görbénél az adatok: $v_i=40$ m/min; $v_a=12$ m/min; $p=0,5$ MPa.

A p -től függő görbénél: $t=60$ s; egyéb adatok az előzőek szerint

A további kísérleti vizsgálatok néhány fontosabb eredménye a következő.

Optimalizált technológiai feltételek mellett öntöttvas megmunkálásánál a fajlagos gyémántfelhasználásra (ACB 160/125 és ACP 125/100, ACP 100/80, ACM 28/20 szemcseméreteknél (-100 %-M1) 0,05-0,07; 0,03-0,04; 0,02-0,07 mg/g értékeket kaptam. Ezek az értékek a külföldi normákkal összehasonlítva is igen kedvezőek.

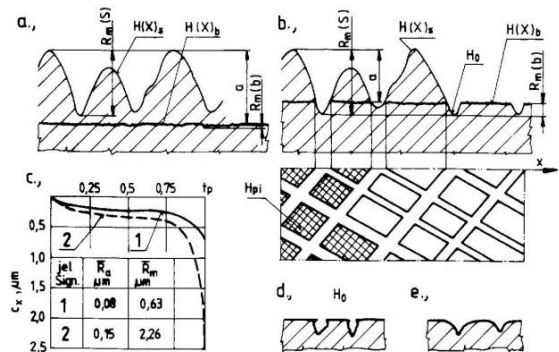
Kísérleti tapasztalataim alapján megállapítható néhány fontosabb következtetés.

Öntöttvason ACP 125/100; ACB 160/125 stb. szemcseméretű szerszámokkal végzett dörzsköszörülésnél nagy forgácsleválasztási teljesítmények érhető el, pl. ACB 250/200-100 % - M1 minőségű hasábokkal (3 db, 100x8 mm) $\varnothing 42 \times 65$ mm furatban 1 perc alatt 0,4-0,5 mm (kétoldali) ráhagyás választható le.

A felületminőség javítása – érdesség csökkentése $R_a=0,06-0,04$ μm alá – finom szemcsezetű hasábokkal (pl. ACM 28/20; 20/14-100 %-M1) biztosítható.

Edzett acéloknál (pl. G03, HRC=60±2) az előzőekhez képest kisebb a forgácsleválasztási teljesítmény, de még így is helyettesítheti a furatköszörülést.

A kétlépcsős (elő- és finom-) dörzsköszörülés alkalmazása teherviselési-, tribológiai- és kenéstechnikai szempontból igen kedvező plató- vagy dörzsköszörülési eljárás. Elődörzsköszörülés nagyobb szemcsezetű szerszámmal történik és a kialakult magas érdességi csúcsok finom dörzsköszörüléssel, -szuperkemény mikroporból készült szerszámmal való lemunkálása a platók kialakítását célozza (3. ábra). A mikropor szemcsemérete 63...10 μm tartományba választandó. Az így megmunkált alkatrészek felületén visszamaradt keresztveződő mikrokarc „völgyek” kiváló kenőanyag tárolók, a platók finom, keresztvező karcrendszere hidrodinamikai kenést, tartós olajfilm kialakulását biztosítják [7]. A 3. ábra a munkadarab felületének plató-dörzsköszörüléssel történő mikrosemetriai alakítását szemlélteti.



3. ábra. Plató-dörzsköszörüléssel készült felület

A 3. ábra a, és b, részlete érdességi profil változását mutatja. A $H(x)_s$ érdességi profil elődörzsköszörülés lenyomata. A $H(x)_b$ profil a befejező dörzsköszörülés hozza létre. Az a, esetben teljesen, a b, esetben csak részben választandó le az elődörzsköszörülés nyomai, a H_0 olajtároló kettőskarc-rendszer („völgyek”) és H_{pi} platók így alakítandók ki. A d, és e, részlet a H_0 karcok-

peremét mutatja merev fémkötés, illetve rugalmas (műanyag, gumi) kötésű szerszám alkalmazása után. A d, esetben (fém kötőanyag) karcok széle sorjás, e, esetenél (rugalmas kötés) lekerekített. A 3/c. ábra műszerrel mért t_p viszonylagos fajlagos hordozó görbéket és a hozzájuk tartozó R_a és R_m értékeket mutatja. A 2. jelű görbe elődörzsköszörülés után az 1. görbe plató-dörzsköszörülés után a t_p fajlagos hordozóhossz változása. A mérőműszer: Perthometer 58 FOCODYN lézeres mérőfejjel.

5. ÖSSZEFOGLALÁS ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

Láttuk, hogy a dörzsköszörülés Q' fajlagos anyagleválasztási sebessége [4] több módon növelhető. Ez által nő a gazdaságosan leválasztható ráhagyás értéke is. A szuperkemény szemcseanyagú, nagyobb szemcseméretű szerszámok jelentős termelékenységi- és pontosság növekedést biztosítanak a hagyományos szemcseanyagú szerszámokhoz képest.

Nagy a szerszámok élettartama és stabilitása. Sorozat- és tömeggyártásban alkalmazásuk gazdaságos. További fajlagos anyagleválasztási sebesség emelkedés a forgácsolási sebesség és szerszámnyomás növelésével valósul meg.

Célszerű kétfokozatú dörzsköszörülés alkalmazása. Elődörzsköszörülés viszonylag jelentős ráhagyást választ le, a finom dörzsköszörülés az érdességet csökkenti, felületminőséget javítja és az előző kettő kombinációja adja a plató-dörzsköszörülést.

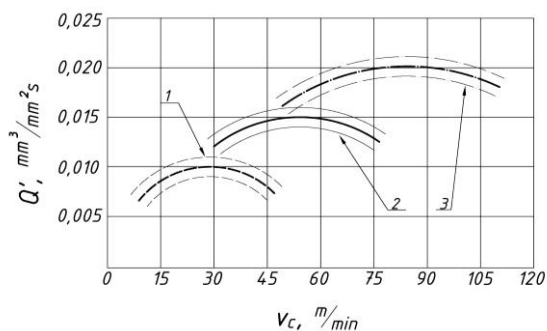
Hosszabb kutatási munkám eredményi és szakirodalom adatainak (l. a hivatkozott cikkek, azok irodalom jegyzékei, De Beers adatai, stb.) feldolgozása lehetővé tette közelítő jelleggel a 1 – hagyományos (Al_2O_3 , SiC, stb.), 2- gyémánt, 3 – kőbős bórnitrid – szemcseanyagú dörzsköszörüléssel elérhető Q' fajlagos anyagleválasztási sebességek egyszerűsített feltérképezését a v_c forgácsolósebesség függvényében. Ezt szemlélteti a 4. ábra.

A CBN szemcsézettel termelékenyebb az anyagleválasztás, mint a gyémánt szemcsézettű szerszámmal. A szemcseméret növelése, fokozza az anyagleválasztási teljesítményt.

A munkadarab anyagminősége, technológiai adatok és megmunkálás körülményei eltérőek, ezért a Q' szórása nagy, amit jelez az ábra. A v_c forgácsolósebesség tartománya korszerű gépeken a nagyobb sebességek irányába jelentősen megnőtt [6].

Természetesen a beállítható p szerszámnyomás értékek is nagyobbak. Ezt is a szuperkemény szemcseanyagok és azokhoz kifejlesztett fém kötések (ónbronz, nikkel, stb.) teszik lehetővé.

Ehhez szükségesek: nagy forgácsolósebességeket és nagyobb szerszámnyomást biztosító dörzsköszörűgépek, autóiipari dörzsköszörűgépek, új szerszámkonstrukciók és eljárások [3, 5, 6].



4. ábra. A különféle szemcseanyagú dörzsköszörülő szerszámokkal elérhető Q' fajlagos forgácsolási sebességek a v_c forgácsolósebesség függvényében. Jelölések: 1- Al_2O_3 , SiC; 2 – gyémánt; 3 – CBN

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutató-fejlesztő munka OTKA T048760 sz. és TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

6. IRODALOM

- [1] KÖNING W., KLOCKE F.: Fertigungsverfahren, Schleifen, Honen, Läppen, Band 2, VDI-Verlag, Düsseldorf, 1996.
- [2] KUNDRÁK J.: Hard Boring of Gears, Journal of Production Processes and Systems, V.6.No.1. (2012), Miskolc University Press, pp. 61-70. HU ISSN 1786-7983.
- [3] SZABÓ O.: Optimisation of Technology and Quasi Honing of Polygon Bores. Journal of Materials Processing Technology, ELSEVIR, Dublin, 2002. 119. pp. 117-121.
- [4] SZABÓ O.: Dörzsköszörülés jósági mutatói és technológiai optimalálása, Miskolci Egyetem, Multidiszciplináris tudományok, 1. kötet (2011) 1. szám, Miskolci Egyetemi Kiadó, pp. 189-196. HU ISSN 2062-9737.
- [5] BURKHARD G., REHSTEINER F.: High Efficiency Abrasive Tool for Honing, Annals of the CIRP V. 51/1/2002. pp. 271-274.
- [6] DEGEN, W.: Honen in High-Speed, WB Werkstatt-Betrieb Zeitschrift für spanende Fertigung, 7-8 (2010) 143. Jahrgang pp. 63.
- [7] SZABÓ O.: Optimization of the Tool-Pressure at Honing, Journal of Production Processes and Systems, V.6.No.1. (2012), Miskolc University Press, pp. 39-44. HU ISSN 1786-7983.
- [8] VARGA G., DUDÁS, I.: Examinations of Sliding Burnishing Using for Improving the Surface Quality of External Cylindrical Surfaces, 15th World Conference on Non-Destructive Testing, Roma, Italy, October 15-21, 2000, CD Proceeding.