

SZUPERKEMÉNY SZEMCSÉZETŰ DÖRZSKÖSZÖRÜLÉS ANYAGLEVÁLASZTÁSI TELJESÍTMÉNYÉNEK VIZSGÁLATA

Dr. Szabó Ottó

c. egyetemi tanár, CSc

Miskolci Egyetem, Gyártástudományi Intézet,

3515. Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, otto.szabo@uni-miskolc.hu

Összefoglalás

A befejező megmunkálásoknál (pl. köszörülés, dörzsköszörülés, tükörsimítás vagy tükrösítés új lehetőségeket adnak a termelékenység és minőség (pontosság, felületminőség) területén a szuperkemény szemcsanyagok (gyémánt, kőbős bórnitrid) és azokból készített szerszámok. A szerző dörzsköszörülésnél elméletileg és kísérletileg vizsgálta viszonylag nagyméretű szemcsékből gyártott szerszámok esetén a dörzsköszörülést. Jelentős termelékenység növekedés érhető el és gazdaságosan és pl. a furatköszörülés kiváltható, ami igen sok hibával és kis termelékenységgel dolgozik. Ugyanakkor a felületminőség is jobb lehet, ha két fokozatú (elő- és befejező) dörzsköszörülést alkalmazunk.

A dörzsköszörülés technológiai folyamatának átértékelése és újratervezése szükséges.

Kulcsszavak: *hosszú és rövidlökötű dörzsköszörülés (honorás, szuperfiniselés), anyagleválasztás, termelékenység.*

Abstract

In case of finishing (eg. grinding, honing, superfinishing or lapping) the superhard grain materials (diamond, cubic boron nitride) and tools made of them give new possibilities in productivity and quality.

The author examines machining with tools made of relatively big-sized granules theoretically and experimentally in case of honing. Considerable productivity can be achieved and can be replaced economically eg. internal grinding, what works with plenty of inaccuracy and low productivity. At the same time surface quality can be better, if multistep (roughing, smoothing and finishing) honing is applied. Consideration of technological design and process are needed.

Keywords: *honing, superfinish, material removal, productivity*

1. Bevezetés

A szintetikus szuperkemény anyagok forradalmian megváltoztatták a forgácsoló eljárásokat [2] és a felületminőség javító technológiákat [5, 10].

A precíziós gyártás egyik fontos technológiája a hosszú- és rövidlökötű dörzsköszörülés (honing, superfinish). A dörzsköszörülés elsősorban felületminőség javító technológia. A sorozat- és tömeggyártásban nélkülözhetetlen befejező megmunkálás. Belsőégésű

motorok hengerfuratainak, hidraulikus hengerek és kompresszorok precíz furatainak, csapágyak gördülópályáinak, stb. finommegmunkálási eljárása [1].

Átlagos gyártási pontosság IT6...IT4 és az átlagos érdesség $R_a = 0,09...0,02 \mu\text{m}$ tartományban mozog.

Más befejező megmunkálási eljárásokhoz képest fontos megemlíteni azt, hogy a megmunkált felületen olyan mikrokarcc-rendszer alakítható ki, ami tribológia szempontból rendkívül kedvező. Az alkatrészek közötti kenőolaj tárolást, illetve kedvező hidrosztatikus vagy hidrodinamikus kenést biztosít és a gépelemek élettartamát megnöveli [1,5,7]. A klasszikus dörzsköszörülést finomszemcsézetű, hagyományos szemcseanyagú (pl. SiC, Al_2O_3) szerszámokkal végzik. Ezeket a nagysorozat- és tömeggyártásban a szuperkemény szemcseanyagokból (szintetikus gyémánt, köbös bórnitrid) készült szerszámok termelékenység, minőségi és gazdasági mutatói az iparból kiszorítják.

2. Az elődörzsköszörülés anyagválasztási sebességének vagy teljesítményének növelése

A dörzsköszörülés kutatásai a felületminőség vagy felületintegritás vizsgálatára koncentrálnak [1,4], kevésbé az anyagválasztási sebesség vagy teljesítmény elemzésére, illetve az itt rejlő tartalékokra.

Felvetődik a kérdés: milyen nagyságú ráhagyás választható le dörzsköszörüléssel, illetve növelhető-e az anyagválasztási teljesítmény?

A bevezetésben megadott pontossági és felületminőségi jellemzők un. befejező- vagy finom dörzsköszörülésre érvényesek. Gyakorlatilag a dörzsköszörülést gondos előmunkálás (pl. furatoknál nagy pontosságú fűrés (finomfűrés), külső felületeknél gondos köszörülés, stb.) előzi meg, ami munkadarab anyagminőségének is függvénye [1].

Ilyen esetben a dörzsköszörülés elsődleges célja: az előző forgácsoló műveleteknél kialakult mikrogeometriai egyenetlenségek, illetve a jelentős forgácsolóerők és a forgácsolásnál fellépő hőhatások következtében roncsolt, metallográfiai átalakulásokat szenvedett felületi réteg eltávolítása, felületi érdesség csökkentése, tribológiai, vagy kenéstechnikai szempontból kedvező, felületi mikrokarcc-rendszer kialakítása.

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

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 művelettel létrehozott maximális felületi egyenetlenség.

Ha a dörzsköszörülés előtti forgácsolás pontatlanságai miatt a dörzsköszörülési ráhagyást meg kell növelni, akkor a dörzsköszörülést kétfokozatúra, két műveletben tervezzük. Ez az elődörzsköszörülés biztosítja a ráhagyás nagy részének leválasztását, ehhez az anyagválasztási sebességet növelni kell. Ezt követi a befejező- vagy finom dörzsköszörülés. Így már a dörzsköszörülés már kétfokozatú.

A dörzsköszörülés anyagválasztási sebességének vagy teljesítményének növelése többféle úton lehetséges. A növelés legfontosabb lehetőségei:

1. Szerszámoknál:

- munkadarabhoz legkedvezőbb szerszám konstrukció kiválasztása;

- szerszám – dörzsköszörű hasáb – működő méreteinek (felületének) kedvező megválasztása, figyelemmel a megmunkálandó anyagminőségre, forgácsolóképződésre;
 - szuperkemény szemcseanyag alkalmazása;
 - szemcseméret növelése;
 - szemcsekonzentráció, kötőanyag jobb megválasztása, stb.
2. Technológiai adatok megválasztásánál:
- v_c forgácsolósebesség; v_t tangenciális és v_a axiális összetevőinek helyes megállapítása, lehetőség szerinti növelése;
 - p szerszámnyomás növelése a megengedett, gazdaságos szerszámkopási értékig;
 - t dörzsköszörülési idő beállítása a leválasztandó ráhagyás figyelembevételével;
 - hűtő- kenő folyadék (honolóolaj) kiválasztása, kívánt szállítási teljesítmény és szűrés biztosítása, folyadék csereidő betartása stb.
3. Szerszám gép választásánál (pl. beruházáskor):
- annak tisztázása szükséges, hogy erőzáró- vagy alakzáró legyen a szerszámnyomás állítása, szabályozása a szerszámon;
 - v_c forgácsolósebesség és p szerszámnyomás állítási tartományának növelése;
 - kettő – vagy többsörös szerszám gép igénye;
 - automatikus munkadarab kezelés, csere;
 - szerszámba épített mérés, aktív méret vezérlés;
 - CNC vezérlés, stb.

Az optimális megoldás – nagysorozat és tömeggyártáskor – konkrét esetben közelíthető meg a munkadarab, szerszám gép, szerszám és technológiai adatok tervezett összhangja, illetve költséganalízis mellett. Az un. univerzális dörzsköszörűgépek elsősorban kis- és közép sorozatgyártás igényeit elégítik ki, kompromisszumok mellett.

Az előzőekben felsorolt anyagleválasztási sebesség növelési lehetőségek közül néhány lehetőséget mutat be a szerző elméleti és kísérleti vizsgálatai alapján, amelyek üzemi körülmények között is könnyen megvalósíthatók, reprodukálhatók.

Egyik lehetőség: nagy forgácsolóképeségű abrazív szemcseanyag - szintetikus gyémánt vagy kőbősbórnitrid (CBN) – választása, alkalmazása.

Másik lehetőség: elődörzsköszörüléshez nagyobb szemcseméretű szerszám választása. Az előző két megoldás a hagyományos szemcsészetű dörzsköszörűlő hasábok leváltását jelentik.

A harmadik lehetőség: dörzsköszörülés technológiai adatainak maximális anyagleválasztási sebességet biztosító beállítása. Ebben az esetben p – szerszámnyomás; v_c – forgácsolósebesség (elsősorban v_t - tangenciális sebesség; v_a - maximális értéken tartandó), valamint t – dörzsköszörülési idő hatása vizsgálandó az üzemben rendelkezésre álló gépen [3, 6, 8].

3. Kísérleti vizsgálatok

A technológiai adatok kedvező behatárolása céljából dörzsköszörülési kísérleteket végeztünk az ME Gyártástudományi Intézet SzFS 63x315B típusú dörzsköszörű - gépén. A gép adottságai a vizsgálati tartományt behatárolták. A kísérletek célja anyagleválasztási sebesség vizsgálata. A mért jellemzők: Δ átmérőben leválasztott ráhagyás (mért furatátmérő

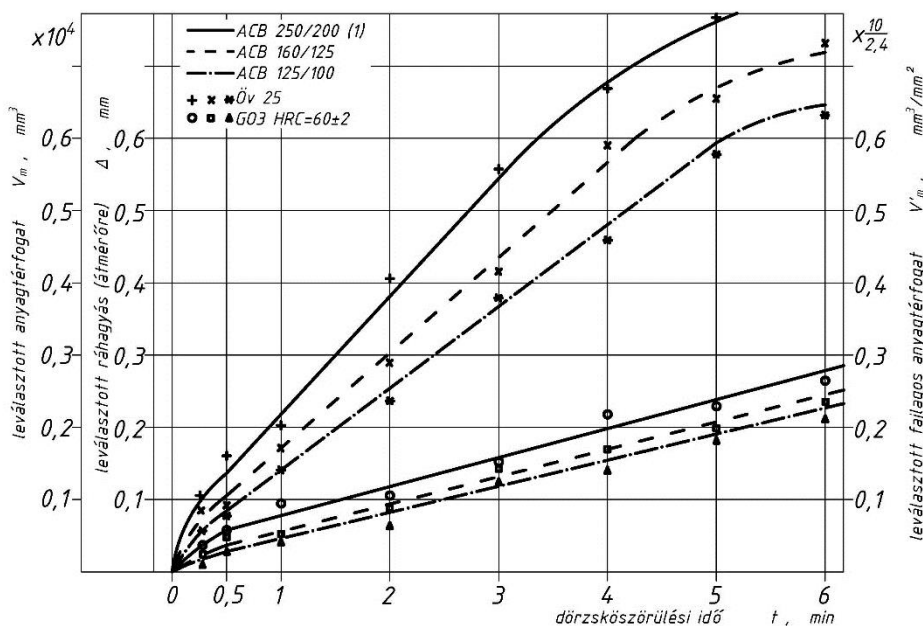
növekedés); R_a átlagos érdesség és más érdességi jellemzők; Δ_s szerszámkopás (radiális irányú).

A kísérleti terv szerint a v_c forgácsolósebesség, p szerszámnyomás és t megmunkálási idő változtatása történt különféle szemcseméretű gyémánt szerszámok alkalmazásával. A kísérleti munka részeredményeit a következő ábrák mutatják.

A kísérletek öntöttvas (Öv. 25, HB=170...240) és edzett csapágyacél (GO3, HRc = 60-62) anyagú furatos ($\varnothing 40 \times 80$) alkatrészeken történtek. A felhasználás gyakorisága szerint ezek a célszerű modellanyagok.

A kísérleteknél (1. – 4. ábrák) alkalmazott szintetikus gyémántszemcsézettű dörzsköszörű szerszámok a következők: ACB 250/200-100-M1; ACB 160/125-100-M1, ACB 125/100-100-M1, amelyeknél az abrazív szemcsék főfrakció méretei 250...200 μm , 160...125 μm , 125...100 μm . A szemcsék koncentrációja 100%, kötőanyag M1 minőségű bronz. Megjegyzés: a finom dörzsköszörüléshez gyémánt mikroporból készült 28/20, 20/15 μm vagy finomabb szerszámok szükségesek. Szerszámon lévő dörzsköszörű betétek (3 db/szerszámtest) mérete: 8 x 100 x 3 mm.

Alkalmazott hűtő-kenőfolyadék: Honilo 460, kereskedelmi termék.



1. ábra. Anyagleválasztás változása a dörzsköszörülési idő függvényében
($v_t = 44 \text{ m/min}$; $v_a = 18 \text{ m/min}$; $p = 0,9 \text{ MPa}$)

Ha a megmunkálásnál közvetlenül a furatátmérő Δ növekedését mérjük, akkor az üzemben vagy kísérleteknél azonnal a leválasztott ráhagyás értékét kapjuk. A pontos furatátmérő mérése többféle módon történt:

- 3 ponton mérő mikrométerrel;

- pneumatikus idomszerrel;
- megmunkálás közben a dörzsköszörülő szerszámba épített pneumatikus fűvókákkal. Elsősorban az első és második megoldást alkalmaztuk.

A felületi érdesség mérések Perthometer 58 műszeren FOCODYN lézeres mérőfejjel történtek.

A szintetikus gyémánt szemcsék méretének (mérettartományának) hatását a dörzsköszörülési idő és a szerszámnyomás függvényében a

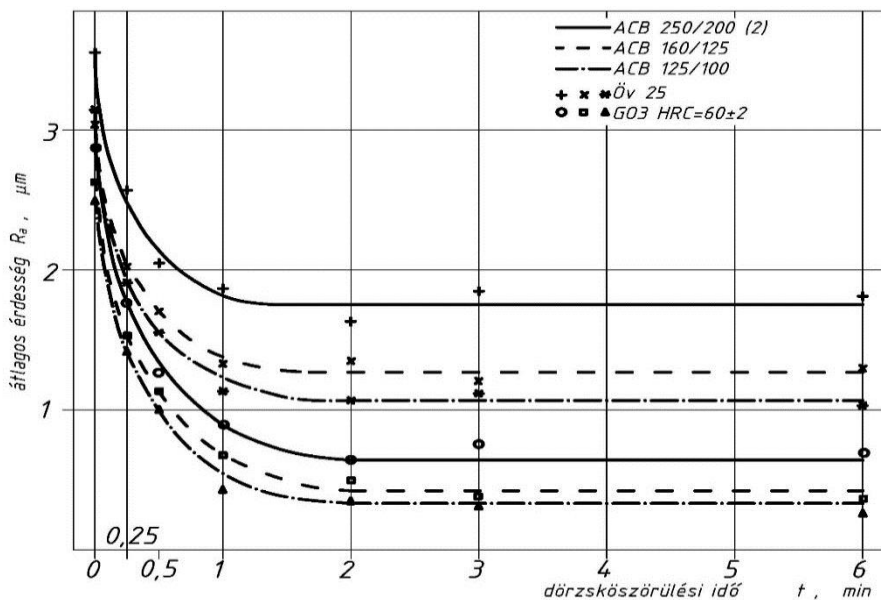
- leválasztott ráhagyásra (átmérőben),
- leválasztott anyagterfogaatra,
- leválasztott fajlagos anyagterfogaatra és
- átlagos érdességre

az 1., 2., 3. és 4. ábrák mutatják.

A leválasztott ráhagyás a dörzsköszörülés előtti (d_{de}) és utáni (d_{du}) mért furatátmérőkből számítható:

$$\Delta = \bar{d}_{du} - \bar{d}_{de} \text{ mm} \quad (1)$$

A furatátmérők átlag értékét öt mérésből számítottuk.



2. ábra. Átlagos érdesség változása a dörzsköszörülési idő függvényében

Anyagválasztás növekedik, majd kb. 0,3 perctől lineárisan emelkedik. Öntöttvasnál 3...4 perc után az abrazív szemcsék a kötőanyag és a megmunkált felület közötti terek részben

forgáccsal telítődnek. Jelentős az anyagleválasztási sebesség és a leválasztott ráhagyás értéke. Telítődéshez közeledve célszerűtlen a megmunkálás folytatása.

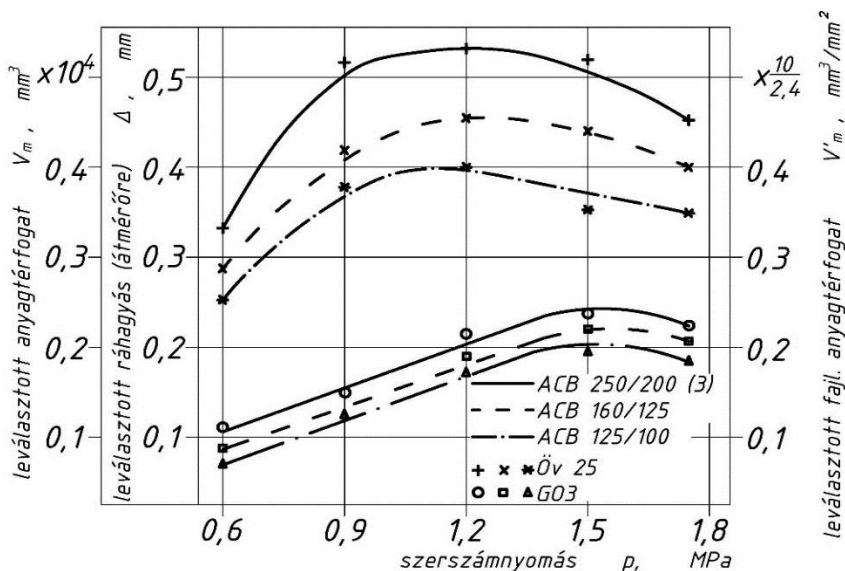
A hűtő-kenő folyadék öblítő hatása visszaesik. Munkadarab csere után újra indítva a folyamatot, (a gépen automatikus főorsó forgásának irányváltása) megszűnik a telítődés. Edzett acélnál lényegesen kisebb az anyagleválasztási sebesség, azonos idő alatt kisebb a leválasztható ráhagyás értéke.

Anyagleválasztás lineárisan folytatódik, az abrazív szemcsék, kötőanyag és dörzsköszörült felület közötti terek nem telítődnek, illetve a mikroforgácsokat jobban kiöblíti a hűtő-kenő folyadék. A kezdeti nem lineáris szakasz magyarázata az, hogy a dörzsköszörülést megelőző megmunkálás utáni érdességi csúcsok intenzíven választódnak le. A kontakt nyomás megnő a forgácsoló szemcsék és érdességi csúcsok között. Valójában kis anyagterfogat kerül eltávolításra.

A dörzsköszörülési idő függvényében az átlagos érdesség meredek, exponenciális csökkenése, majd 1...2 perc után állandósulása figyelhető meg (2. ábra). A gyémánt szemcsék átlagos méretével arányosan alakul az állandósult átlagos érdesség, illetve más hasonló érdességi mérőszámok (pl. R_z , R_m , R_q , t_p , amit esetenként mértünk).

A szerszámnyomás hatását az anyagleválasztásra és a munkadarab felületi érdességére szintén kétféle anyagminőség, illetve háromféle szerszám esetén vizsgáltuk. A szerszám axiális sebességét maximális értéken tartottuk, a kerületi sebesség értéke $v_t = 44$ m/min volt, az előkísérletek alapján.

A szerszámnyomás hatása az anyagleválasztási sebesség és átlagos érdesség alakulására a 3. és 4. ábráról olvashatók le.

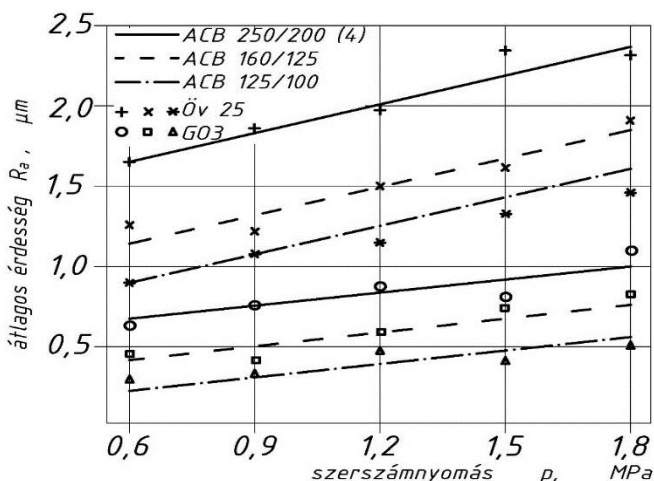


3. ábra. Szerszámnyomás függvényében az anyagleválasztás változása ($v_t = 44$ m/min; $v_a = 18$ m/min; $t = 3$ min)

A maximális anyagleválasztási értékig a gyémánt szemcsék átlagos fogásmélysége a beállított szerszámnyomással közelítőleg egyenes arányban és a munkadarab keménységével fordított arányban változik. A maximum elérése után az anyagleválasztási mutatók csökkennek (3. ábra). Öntöttvasnál a maximális leválasztott anyagterefogat (ráhagyás) $p = 1,1 \dots 1,3$ MPa – nál, edzett acélnál $p = 1,5 \dots 1,6$ MPa – nál adódott.

Tovább növelni a szerszám nyomást nem célszerű, mert a szerszámkopás fokozottan emelkedik. A kétféle munkadarab anyag és keménység hatása itt is élesen elválík. Az átlagos érdesség a szerszámnyomás függvényében (a vizsgált szakaszon) lineárisan növekszik (4. ábra).

A pillanatnyilag forgácsolást végző gyémánt szemcsék átlagos fogásmélységgel dolgoznak, aminek hatására alakul ki a felületi karrendszer. Az "átlagos fogásmélység" a sokszemcsés szerszámfelület alapján értelmezhető.



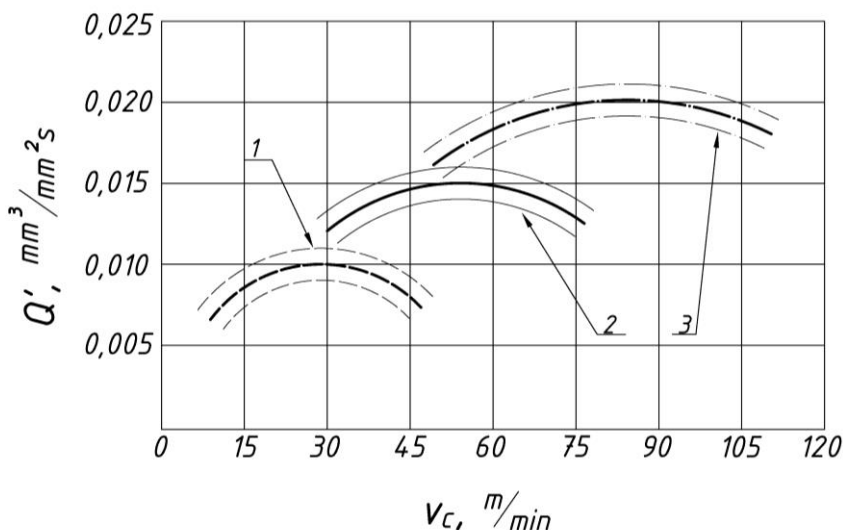
4. ábra. Szerszámnyomás függvényében az átlagos érdesség változása

A leválasztott ráhagyás és a kialakult érdesség az 1. - 4. ábrák alapján összehasonlíthatók. Öntöttvas esetén jelentős a leválasztott ráhagyás, edzett acélnál kisebb, amit a munkadarab nagyobb keménysége indokol. Nagy felületi érdesség maradt a felületeken amit a viszonylag durva szemcsézetű szerszámok hagytak hátra.

4. Szemcseanyag hatása a fajlagos anyagleválasztási teljesítményre

Hosszabb kutatási munka eredménye és a szakirodalom adatainak (de Beers adatai, stb.) feldolgozása lehetővé tette közelítő jelleggel a 1 – hagyományos (Al_2O_3 , SiC , stb.), 2 – szintetikus gyémánt, 3 – köbös bórnitrid – szemcseanyagú dörzsköszörüléssel elérhető Q ($\text{mm}^3/\text{mm}^2 \cdot \text{min}$) fajlagos anyagleválasztási sebességek egyszerűsített feltérképezését a v_c forgácsolósebesség függvényében. Ezt szemlélteti a 5. ábra.

A CBN szemcsézettel termelékenyebb az anyagleválasztás, mint a gyémánt szemcsézettű szerszámmal. Ezt a szakirodalom is az élesebb CBN – szemcsékkel magyarázza. A szemcseméret növelése, fokozza az anyagleválasztási teljesítményt.



5. ábra. A különféle szemcseanyagú dörzsköszörülő szerszámokkal elérhető Q' fajlagos anyagleválasztási sebességek a v_c forgácsolósebesség függvényében. Szemcseanyagok: 1 - Al_2O_3 , SiC; 2 – szintetikus gyémánt; 3 – köbös bórnitrid (CBN)

A munkadarab anyagminősége, technológiai adatok és megmunkálás körülményei eltérőek, ezért a Q' szórása nagy, amit mutat az 5. ábra. A v_c forgácsolósebesség tartománya korszerű gépeken a nagyobb sebességek irányába jelentősen megnőtt [9]. Növekedésével emelkedik az anyagleválasztási teljesítmény egy maximális értékig.

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

Szuperkemény szemcsézettű szerszámokhoz szükséges: nagy forgácsolósebességet és nagyobb szerszámnyomást biztosító dörzsköszörűgép, új szerszámkonstrukció és megfelelő technológiai adatok beállítása [3, 6, 8].

5. Összehasonlításhoz az anyagleválasztási sebesség fajlagos mutatói

A felsorolt anyagleválasztási jellemzők segítségével definiálni és számszerűsíteni lehet az anyagleválasztási sebességet vagy teljesítményt. Az ábrákon a függő változó az előző ábrákon $V_m = V(t)$ – a munkadarabról leválasztott anyag térfogata (mm^3) a t – megmunkálási idő (min) függvényében. Az anyagleválasztási sebességet következő összefüggés adja:

$$Q = Q(t) = \frac{(dVt)}{dt} \text{mm}^3/\text{min} . \quad (2)$$

A kísérleti úton felvett diagramok lineáris vagy jó közelítéssel annak tekinthető szakaszához tartozó t_{lin} – megmunkálási idő és az alatt $V_{\text{m lin}}$ leválasztott anyagterefogat ismeretében írható:

$$Q_{\text{lin}} = \frac{V_{\text{mlin}}}{t_{\text{lin}}} \text{mm}^3/\text{min} . \quad (3)$$

Ez az anyagleválasztási sebesség egy konkrét felületű munkadarab és szerszám párnál. Az ábrákról leolvasható a V'_m - leválasztott fajlagos anyagterefogat (mm^3/mm^2), ami kifejezi a szerszám felületegysége által leválasztott anyagterefogatot, tehát:

$$V'_m = \frac{V_m}{A_s} \text{mm}^3/\text{mm}^2 . \quad (4)$$

Analógiával élve írható a fajlagos anyagleválasztási sebesség a lineáris szakaszon:

$$Q'_{\text{lin}} = \frac{Q_{\text{lin}}}{A_s} = \frac{V_{\text{mlin}}}{A_s \cdot t_{\text{lin}}} \frac{\text{mm}^3}{\text{mm}^2 \cdot \text{min}} , \quad (5)$$

ahol: A_s – a szerszám forgácsoló névleges felülete (mm^2). A (4) és (5) képletek a megmunkált furat és az alkalmazott szerszám geometriai méreteitől az adatok összehasonlítását függetlenítik. A számítás konkrét esetben elvégezhető. Jelenleg a mennyiségi és minőségi különbségek az 1. - 4. ábrákról is leolvashatók, azok elemezhetőek.

Amennyiben a megmunkálandó munkadarab furatának méretei a kísérleti daraboktól eltérnek, akkor hasonló anyagú alkatrészek és szerszámok esetén az előző kísérleti eredmények felhasználásával átszámítások végezhetőek az előző összefüggésekkel.

A fajlagos szerszámkopás az anyagleválasztási folyamatot is jellemzi. A szerszámkopás megállapítása a dörzsköszörülő fejből kiserelt szerszámokon analitikai súlymérlegesen történt mg-ban, öt-öt munkadarab megmunkálása után. Az öt-öt munkadarabról leválasztott anyagterefogat- és a megmunkált anyag fajsúlyának szorzatából adódik a leválasztott anyag súlya g-ban. A két súlymennyiség hányadosa adja a fajlagos szerszámkopást mg/g mértékegységben.

A fajlagos szerszámkopás öntöttvasnál 0,03...0,06 mg/g és edzett acélnál 0,07...0,09 mg/g tartományban változik. Ezek a tapasztalati értékek megmunkált anyagminőség és beállított technológiai adatok mellett erősen kötőanyag minőségtől is függenek. Hasonló értékek mellett a dörzsköszörülés gazdaságossága biztosítható.

6. A plató-dörzsköszörülés kapcsolata az elődörzsköszörüléssel

Az alkatrész elő- és befejező- (vagy finom-) dörzsköszörülésének ismeretében a felületi topográfiának két jellegzetes kialakítása tervezhető a felületi funkció figyelembe vételével:

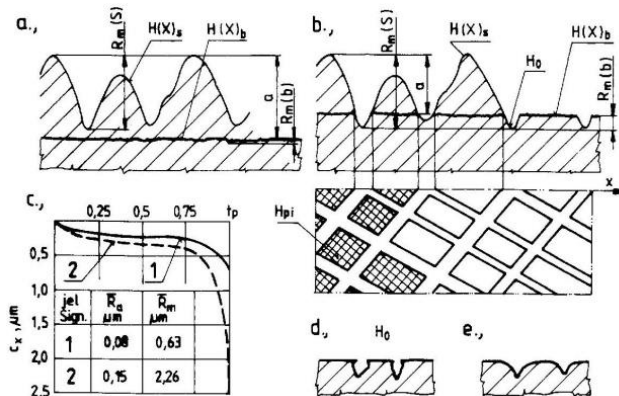
- a, eset: homogén dörzsköszörült felület, vagy
- b, eset: plató-dörzsköszörüléssel készült felület .

Vizsgáljuk meg a kétféle esetet.

a, Homogén dörzsköszörült felület előállítása:

A felület profilogramja 6. ábra a, részlete szerinti. A $H(X)_s$ dörzsköszörülés előtti profil nagy felületi egyenetlenségeket mutat, a $H(X)_b$ dörzsköszörülés utáni profil kis értékű érdességgel. Az így kialakult hordozó felületet jellemzi: az α_x metszésszögű finom, felületi mikrokarcrendszer, ami kenéstechnikai szempontból előnyös. Ehhez tapad a kenőanyag film működés közben. A befejező dörzsköszörülés előtti művelet pl. nagy pontosságú fúrás (finom fúrás), vagy furatköszörülés, vagy durvaszemcsés dörzsköszörülés (elő dörzsköszörülés), amely után $H(X)_s$ érdességi profil marad. A befejező dörzsköszörülés „a” – nagyságú anyagleválasztást végez. Ezen a felületen a kialakult érdesség értéke igen kicsi. További jellemzője a felületnek: az előző megmunkálás minden nyoma leválasztásra került, mondhatjuk, hogy a felület „tisztára” lett megmunkálva.

Itt a befejező dörzsköszörülés részleteire nem térünk ki [6]. Például ipari célra ACM 28/20-100%-M1 finomszemcsés szerszámmal végeztük a dörzsköszörülést. Technológiai adatok változtatásával el tudtuk érni az $R_a = 0,08 \dots 0,05 \mu\text{m}$ értéket. Ez az érték befejező vagy finom dörzsköszörülésnél kedvező mutató. Nyilván az anyagleválasztási sebesség igen kis értékű volt, egy oldalon leválasztott anyagréteg nagysága 3 - 4 μm -re adódott, az előmunkálás utáni R_m – maximális egyenetlenségtől függően.



6. ábra. Dörzsköszörülés utáni felületi mikrogeometria: a, homogén befejező dörzsköszörülés után; b, plató-dörzsköszörülés után; c, t_p viszonylagos hordozó görbék; d, és e, H_0 „hornyok” sorjás és sorjás nélküli pereme

b, Plató-dörzsköszörüléssel megmunkált felület: Ezt a 6. ábra b, részlete mutatja: profilogram és alatta a felületi mikrotopográfia képe. Ebben az esetben az elődörzsköszörülés előtti $H(X)_s$ profilogramról finomszemcsés szerszámmal (befejező dörzsköszörülés) egy kisebb „a” anyagréteget (pontosabban az érdességi csúcsokat) választjuk le. A leválasztás úgy történik, hogy az elődörzsköszörülési műveletből a megmunkálási nyomok – „hornyok” a tervezett technológia szerint megmaradnak. A H_0 hornyok H_{pi} mikro-platókat (kettős sraffozású mikro felületek) határolják. A mikro-platókon lévő α_x – metszésszögű mikrokarc-rendszer az előző a, esettel azonos paraméterekkel rendelkezik. Ezek a mikro-platók összességében teherhordozó felületek és

ehhez tapad az olajfilm. A mikro-platókat „határoló” finom H_o hornyok kenőolaj tároló és szállító csatornák. Ezek a hidrodinamikai kenés lehetőségét biztosítják.

A 6. ábra d, és kis e, részlete H_o hornyok peremét mutatja merev fémkötés, illetve rugalmas (műanyag, gumi) kötésű szerszám alkalmazása után. A d, esetben (fém kötőanyag) H_o hornyok széle sorjás; e, esetről (rugalmas kötés) a hornyok széle lekerekített.

A 6. ábra c, részlete műszerrel mért és felrajzolt 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 alakulását ábrázolja.

Az előzőeket figyelembe véve a működési- és tribológiai követelményeket ismerő konstruktor választhat a kétféle: a, és b, felület kialakítás között.

7. Összefoglalás

A kísérleti és elméleti vizsgálatok bizonyították, hogy a dörzsköszörülés Q'_{lin} fajlagos anyagleválasztási sebessége több módon növelhető. Ez által nő a leválasztható ráhagyás értéke is. A szuperkemény szemcseanyagú (szintetikus gyémánt pl. szintetikus gyémánt), nagyobb szemcseméretű szerszámok jelentős termelékenység- és pontosság növekedést biztosítanak a hagyományos szemcseanyagú szerszámokhoz képest.

Ezeknek a szerszámoknak nagy az élettartama és stabilitása. Sorozat- és tömeggyártásban alkalmazásuk gazdaságos. További fajlagos anyagleválasztási sebesség emelkedés például szerszámnyomás növelésével valósul meg.

Célszerű kétfokozatú – két műveletből álló - dörzsköszörülés alkalmazása. Az első fokozat – elődörzsköszörülés – nagy szemcsézetű, szuperkemény szerszámmal, viszonylag jelentős ráhagyás leválasztása lehetséges. A második megmunkálási fokozatban alkalmazott finomszemcsés dörzsköszörű szerszám az érdességet csökkenti, felületminőséget javítja, kedvező felületi topográfiát alakítja ki. A kétfokozatú dörzsköszörülés valósítja meg az ún. plató-dörzsköszörülést.

Megállapítható, hogy a bemutatott megoldásokkal olyan nagy ráhagyás választható le amellyel például a problematikus (kis anyagleválasztási teljesítmény és korlátozott pontosság) furatköszörülési műveletek termelékenyen és gazdaságosan kiválthatók.

Előzőek figyelembevételével a technológiai megoldási láncot konkrét esetben át kell tervezni.

Érdekes lehet megfelelő célgép kialakítással olyan kombinált eljárás, ahol az előmunkálás esztergálás nagy teljesítményű CBN esztergalapkákkal, majd a kívánt felületi textúra és érdesség szuperkemény szemcsézetű dörzsköszörüléssel valósul meg.

8. Köszönetnyilvánítás

A szerző ez úton is köszöni az OTKA T048760 sz. projekt támogatását. A kutató munka a Miskolci Egyetem stratégiai kutatási területén működő Innovációs Gépészeti Tervezés és Technológiák Kiválósági Központ keretében valósult meg.

9. Irodalom

- [1] Köning, W.: Klocke, F: *Fertigungsverfahren. Schleifen, Honen, Läppen*, Band 2, VDI-Verlag, Düsseldorf, 1996.
- [2] Kundrák, J.: *Alternative Machining Procedures of Hardened Steels*, Manufacturing Technology Vol. 11, December 2011, ISSN 1213-2489 pp. 32-39.
- [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] Puente Leon, F.: *Evaluation of Honed Cylinder Bores*, Annals of the CIRP V. 51. 1. 2002. pp. 503-506.
- [5] Takács, J.: *Korszerű technológiák a felületi tulajdonságok alakításában*, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2004. ISBN 963 420 789 8.
- [6] 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.
- [7] Szabó, O.: *Precision Microcutting by Means of Superhard Abrasive Tools of Elastic Bond*. Mechatronics, Joint Hungarian – British International Mechatronics Conference, Budapest, Editor: Acar, M. Computational Mechanics Publications, Southmpton Boston, 1994. pp. 115-120. ISBN 1 853112 3676, ISBN 1 56252 2914, LCCCN 94-68176.
- [8] Burkhard G., Rehsteiner F.: *High Efficiency Abrasive Tool for Honing*, Annals of the CIRP V. 51/1/2002. pp. 271-274.
- [9] Degen, W.: *Honen in High-Speed*, WB Werkstatt-Betrieb Zeitschrift für spanende Fertigung, 7-8. 2010 143. Jahrgang pp. 63.
- [10] Varga, Gy.-Szigeti, F.-Dezső,D.: *Examination of Surface Roughness of Burnished Workpieces*, Stientific Buletin, Seria C, Fasc: Mechanics. Volume 2015 No XXIX. pp.94-99.