

KEMÉNYMEGMUNKÁLT FURATOK ÉRDESSÉGÉNEK VIZSGÁLATA

Szakács Katalin¹, Kundrák János²

¹PhD hallgató, Miskolci Egyetem, Gépgyártástechnológiai Tanszák
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: szakacs.katalin1@gmail.com

²Professzor, Miskolci Egyetem, Gépgyártástechnológiai Tanszák
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: janos.kundrak@uni-miskolc.hu

Összefoglalás

Napjainkban jelentős kutatások folynak a precíziós megmunkálások korszerűsítésére. A korszerű gyártástechnológia a pontos alkatrész megmunkálását és az előírt érdességi kritériumok elérését célozza meg, ezek teljesítése mellett hatékony és gyors eljárások fejlesztését és kutatását sürgeti. A precíziós megmunkálások közül a legelterjedtebb a köszörülés, amellyel nagy pontosságú és kis érdességű felület állíthatók elő, viszont a hátrányai közé sorolandó a megmunkálás időigényesség. A köszörülés alternatív eljárásaként kifejlesztett keményszerűgátlás és a kombinált eljárás kevésbé időigényes megmunkálás, és az elért felületminősége hasonló a köszörüléséhez. Ebben a cikkben ezen utóbbi két precíziós megmunkálás – a keményszerűgátlás és a kombinált eljárás- érdességi változásait vizsgálom tárcsaszzerű alkatrészek furatának megmunkálásakor. Összehasonlítás alapján bemutatom a két eljárás közti jellegzetes különbségeket.

Kulcsszavak: keményszerűgátlás, felületi érdesség, topográfia

Abstract

Nowadays significant researches are in progress aiming at the modernization of precision finishing methods. Advanced production engineering developments have aimed to reach the high accuracy of machining different parts and the prescribed surface roughness criteria. Along with these parameters scientists push on the development and research of efficient and fast methods. Among the precision machining methods grinding is the most widespread, which can be described with high accuracy and low roughness of the surface, however, one of its main disadvantages is the need of high machining time. Hard turning and combined machining – which are developed to provide alternative methods for grinding – are less time consuming than grinding, however, their accuracy and the surface roughness parameters are about the same. In this article we investigate the fluctuation of surface roughness parameters of the above mentioned methods (hard turning, combined machining) when machining the bore holes of disc-like components. On the basis of comparison, the main differences between the two methods are presented.

Keywords: hard turning, surface roughness, topography

1. Bevezetés

Az utóbbi évtizedekben a korszerű megmunkálási eljárások vizsgálatára sok kutatás irányult, melyek egyik kiemelt területe a keménymegmunkálás elemzése. Eddig a keménymegmunkálásokat döntően köszörüléssel végezték, de kialakultak azok a technikai és technológiai feltételek, amelyek lehetővé tették a határozott élű szerszámokkal végzett keményforgácsolást. A kutatási munkák eredményeként, egyértelművé váltak az abrazív és határozott éllel végzett megmunkálások előnyei és hátrányai. Jelenleg az egyik legkorszerűbb alkalmazás ezen két eljárás előnyeire épülő kombinált megmunkálás.

2. Alkatrészek keménymegmunkálása

A keménymegmunkálás összefoglaló neve azon megmunkálási (abrazív és határozott élű szerszámok) eljárásoknak, amelyekkel a 40-45 HRC-nél keményebb felületek állíthatók elő [1][2].

Edzett felületek napjainkban is legelterjedtebb befejező megmunkálása a köszörülés. Ez a határozatlan forgácsoló élekkel végzett forgácsolás a legrégebbi megmunkáló eljárás, amit az emberiség alkalmazott. A szerszám mikro szerkezete rendkívül összetett, az éleknek nem meghatározott sem a számuk sem a geometriájuk, sem a munkadarabhoz viszonyított helyzetük. Egy időben nagyszámú abrazív szemcse érintkezik a munkadarabbal, a teljes anyagleválasztás nagyon sok egyedi forgácsolási mechanizmus összegeként adódik [3][4].

Az utóbbi évtizedekben kifejlesztett keményszergálás olyan anyagleválasztó eljárás, amely edzett felületek készre munkálására alkalmazható, precíziós pontossági- és felületminőségi követelmények mellett. Néhány ezred vagy század mm² keresztmetszetű forgács eltávolítása, hűtő-, kenőfolyadék alkalmazása nélkül, ún. „száraz” anyagleválasztással történik. A köszörüléssel ellentétben környezetbarát tiszta technológia, mert nem igényel hűtő-, kenőfolyadékot. Az alkatrészek készre munkálásánál a köszörülés alternatív eljárása lett. A keményszergálás szerszámanyaga a polikristályos kőbős bórnitrid (PCBN), amely nagy keménysége miatt alkalmas kemény-esztergálásra. [5][6][7].

Az esztergálást és a köszörülést együttesen is alkalmazhatjuk a befejező műveletben. Hagyományos módon, ahol először a keményszergálás, majd a köszörülés műveletét végezzük el. A másik lehetőség egy korszerű eljárás, ahol a két eljárás (esztergálás majd köszörülés) összekapcsolásából jön létre a fogaskerék-furat készre munkálásának újabb változata [8].

A kombinált megmunkálás lényege, hogy mindkét eljárás előnyeit maximálisan kihasználjuk, a hátrányait pedig nem hagyjuk érvényesülni. Kihhasználjuk a keményszergálás rugalmasságát és nagy anyagleválasztási sebességét, valamint a köszörülés folyamatbiztonságát és megbízható minőségbiztosító képességét [10]. A kombinált eljárások lényege, ugyanazon szerszámgépen, a munkadarab ugyanazon befogása mellett először egy keményszergálási művelet történik. Ezt követően abrazív megmunkálás következik, amikor már csak egy nagyon csekély, néhány század mm anyagréteg leválasztása történik [8].

3. Kísérletek különböző módon megmunkált felületek érdességének elemzésére

A kísérletek célja, keménymegmunkálással előállított edzett felületek érdességi vizsgálata. A forgácsolási kísérleteket a PCC Pittler nagymerevségű keményesztergán, köbös-bórnitrid szerszámmal, a kombinált megmunkálást az EMAG VSC 400 DS gépen végeztük. Az alábbiakban ennek a kutatási feltételeit ismertetem.

3.1. A vizsgált munkadarab

A kísérleteknél edzett fogaskerék furatát munkáltuk meg. A munkadarab jelölését az 1. táblázatban foglaltuk össze. A fogaskerek geometriai és a technológiai adatait a 2. és a 3. táblázatban tüntettük fel.

1. táblázat. Jelölésrendszer bemutatása

Jelölés	Alkalmazott technológia és az előírt érdességi jellemező
KE3	Keményesztergált furat R _z 3 előírással
KE6	Keményesztergált furat R _z 6 előírással
KO3	Kombinált eljárással megmunkált furat R _z 3 előírással
KO6	Kombinált eljárással megmunkált furat R _z 6 előírással

2. táblázat. Geometriai adatok

Jelölés	Eljárás	Átmérő, d [mm]	Hossz, L [mm]	Falvastagság, k [mm]	Jelölés	Eljárás	Átmérő, d [mm]	Hossz, L [mm]	Falvastagság, k [mm]
KE3	Keményesztergálás	60 ^{+0,023} _{+0,010}	45	20	KO3	Kombinált eljárás	50 ^{+0,025} _{+0,009}	45	20
KE6	Keményesztergálás	61 ^{+0,015} _{+0,0}	75	45	KO6	Kombinált eljárás	50 ^{+0,015} _{-0,0}	50	45

3. táblázat. Technológiai adatok

jelölés	megmunkálási fokozata	v _c [m/min]	n _w [1/min]	a _p [mm]	f [mm/ford]	v _c [m/s]	v _w [m/min]	Z [mm]	v _{fr} [m/s]
KE3	nagyolás	160	850	0,25	0,16	-	-	-	-
	simítás	160	850	0,05	0,07	-	-	-	-
KE6	nagyolás	160	850	0,3	0,16	-	-	-	-
	simítás	160	850	0,05	0,08	-	-	-	-
KO3	nagyolás	140	890	0,12	0,24	-	-	-	-
	nagyolás	-	-	-	-	45	60	0,42	0,004
	simítás	-	-	-	-	45	60	0,008	0,003
KO6	nagyolás	140	902	0,1	0,24	-	-	-	-
	nagyolás	-	-	-	-	35	80	0,055	0,003
	simítás	-	-	-	-	35	80	0,006	0,001

3.2. Alkalmazott szerszámgépek

Keményesztergáláskor alkalmazott PCC Pittler- CNC- vertikális esztergagép, PV SL 2 /1 -1 modell egy motoros orsóval és egy keresztzánnal. A gépnél a legnagyobb pontossággal elkészített, különösen stabil blokk állvány alkotja a gépállványt, amely nagy statikus és dinamikus merevséggel, optimális rezgéscsillapítási tulajdonságokkal, és termikus stabilitással rendelkezik. Közvetlenül a gépállványra van felszerelve az X- tengely irányú mozgás megvezetése, ez gondoskodik a legnagyobb esztergálási pontosságról. A zajszint 75 dB alatt marad normál megmunkálási feltételek mellett.

A kombinált eljárásnál használt EMAG VSC 400 DS gépállványa rendkívül merev, optimális rezgéscsillapítási tulajdonságokkal valamint termikus stabilitással rendelkezik. Munkateret függőleges falakkal határolt, mely a forgácskiszóródástól jól védett. Keresztzánya görgős csapágyazású valamint játégmentes, lineáris mozgású. Automatikus központi olajkenés van a szánokhoz, kis mennyiségű olajköd kenés a forgó orsó csapágái számára. Hűtő aggregát van beépítve a főorsó motorjának hűtésére. Az esztergálási és köszörülési műveletek különböző főorsó egységről történnek [11].

3.3. Szerszámbe fogások

Keményesztergálásnál a szerszámbe fogásra 8 férőhellyel ellátott nagy merevségű dobrevolvert alkalmaznak, a fej elfordítása extrém rövid idő alatt megvalósul, háromfázisú szervomotor által, amelynél mindkét elfordítási irány programozható, átfordulás után pedig a fejet hidraulikus reteszeléssel a gép rögzíti

Kombinált eljárásnál a revolverfej a gépállványra szerelt, 50 mm-es hengeres szárú esztergakéstartók be fogadására alkalmas, DIN 69 880 szerinti csatlakozásokkal. Központi hűtőközeg hozzáfűtés van kialakítva. Kombinált eljárásnál a nagyoló megmunkálás forgácsoló lapkával, keményesztergálással történik, míg a simítás egy köszörűlési művelet. A köszörűlési műveletben a beégés veszélye miatt feltétlenül szükséges a hűtő-kenés alkalmazása, ezért keletkezik némi köszörűiszap, amely mennyisége a konvencionális értelemben vett köszörűléshez képest (nagyoló + simító köszörűlés) elhanyagolható mennyiségű [11].

3.4. Munkadarab be fogás

Keményesztergálásnál a három pofás pneumatikus működésű gyorstokmány szolgálja a munkadarab biztonságos szorítását a szerszámgépen. A fogaskerekeket fejkörön fogják be, szerelhető ütközőkkel van ellátva, valamint a munkadarab felfogását ellenőrző berendezéssel. A szorítóerő állítható a pofákon így a körkörösségi hiba nagyságát is be tudjuk állítani. A szorítóerő mind axiális, mind radiális irányban változtatható. A felfogást kemény pofák teszik lehetővé.

Kombinált eljárásnál hidraulikus szorító henger szolgál a belső- és külső szorításhoz, biztonsági berendezéssel és programozható útmérő rendszerrel van kiépítve. A henger szorítóereje beállítható. A munkadarab be fogás a kombinált eljárás esetén sarkalatos műveletelem, ugyanis az egy be fogásban végzett keményesztergálás és köszörűlés biztosítja a nagy alak- és helyzetpontosságot. Ezért nagyon fontos a megfelelő be fogás és központosítás tervezése. [11]

3.5. Alkalmazott szerszámok

Keményesztergálás esetében a nagyoló és a simító megmunkálás is esztergálás. Hűtőkenőfolyadékot a PCBN bevonatú lapka hőszokk-érzékenysége miatt nem alkalmaznak.

4. táblázat. Forgácsoló lapkák [12][13]

KE3	nagyoló lapka	4NC -CNGA120408TA2
	simító lapka	4NC-CNGA120408GSW2
KE6	nagyoló és simító lapka	CNGA120408S01030A 7015
KO3	nagyoló lapka	4NC -CNGA120408TA2
KO6	nagyoló lapka	4NC -CNGA120408TA2
KO3, KO6	köszörű korong	97A 60 K 6 V112

3.6. Mérési módszerek és mérőeszközök

A vizsgálataink során elsősorban a keménymegmunkálással készre munkált fogaskerék furatok érdességi mérőszámait vizsgáltuk olyan módon, hogy a sorozatban futó kerek között minden tízedik kiemelésre került, ezekből minden ötödiket kilencszer, az összes többit háromszor mértük. A felületi érdességi mérőszámokat a Mahr PGK 120 Perthometer mérőállomáson végeztük, mérőszobai körülmények között.

4. Mérési eredmények

A konvencionális keményesztergálással és a kombinált eljárással megmunkált fogaskerek felületérdességi mérőszámainak a kiértékelő szoftver (Mahr Surf XR20) által szolgáltatott értékeit vettük figyelembe.

Az 5. és 6. táblázatban a mintavételezett fogaskerek furatainak mért érdességi paraméterek átlagait foglaltuk össze.

5. táblázat. Mérési eredmények

KE3				
fogaskerék száma	R _a [μm]	R _q [μm]	R _z [μm]	R _m [μm]
1	0,316	0,364	1,279	1,34
10	0,339	0,385	1,529	1,58
20	0,4	0,443	1,594	1,64
30	0,409	0,451	1,68	1,74
40	0,425	0,491	1,893	1,93
50	0,378	0,444	1,823	1,89
60	0,338	0,389	1,551	1,61
70	0,234	0,27	1,191	1,23
80	0,21	0,259	1,281	1,49
90	0,276	0,328	1,452	1,51
100	0,327	0,371	1,623	1,72
110	0,34	0,373	1,356	1,4
120	0,369	0,406	1,462	1,53

KE6				
fogaskerék száma	R _a [μm]	R _q [μm]	R _z [μm]	R _m [μm]
1	0,448	0,547	2,123	2,24
10	0,419	0,532	2,317	2,38
20	0,438	0,596	2,712	2,78
30	0,505	0,681	3,022	3,06
40	0,634	0,797	3,432	3,52
50	0,779	0,934	3,615	3,73
60	0,932	1,111	4,39	4,45
70	1,094	1,262	4,446	4,51
80	1,252	1,467	5,381	5,5
90	1,335	1,563	5,78	5,92
100	1,163	1,333	5,081	5,37
110	1,385	1,582	5,512	5,64
120	1,445	1,646	5,544	5,64

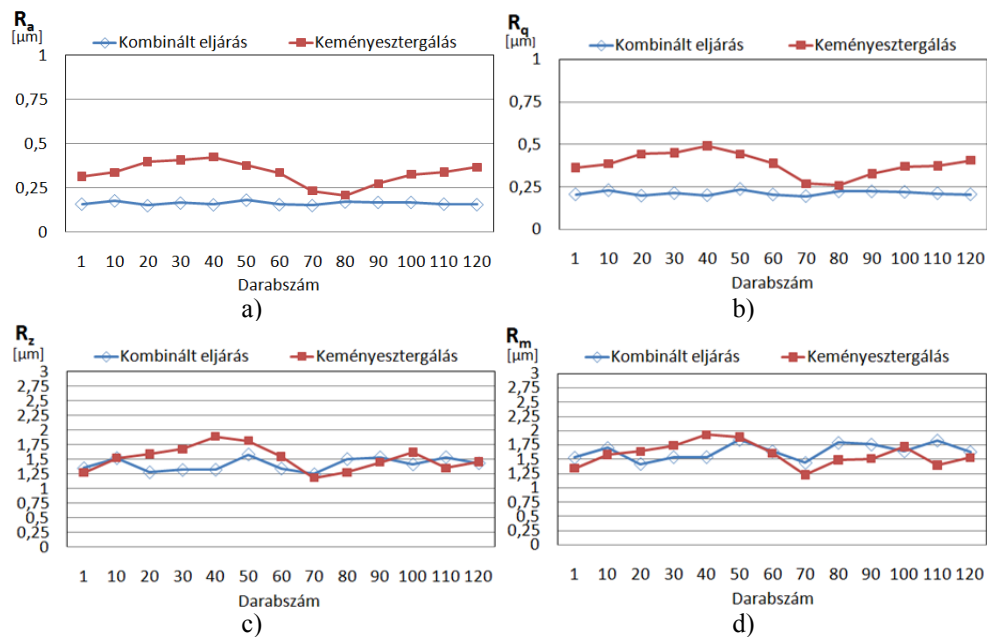
6. táblázat. Mérési eredmények

KO3				
fogaskerék száma	R_a [μ m]	R_q [μ m]	R_z [μ m]	R_m [μ m]
1	0,161	0,206	1,353	1,53
10	0,18	0,23	1,523	1,7
20	0,152	0,198	1,285	1,42
30	0,167	0,213	1,324	1,54
40	0,157	0,201	1,327	1,54
50	0,184	0,237	1,584	1,84
60	0,158	0,205	1,348	1,64
70	0,153	0,195	1,252	1,44
80	0,173	0,223	1,507	1,79
90	0,171	0,223	1,536	1,76
100	0,171	0,22	1,416	1,64
110	0,161	0,212	1,538	1,83
120	0,158	0,206	1,437	1,63

KO6				
fogaskerék száma	R_a [μ m]	R_q [μ m]	R_z [μ m]	R_m [μ m]
1	0,163	0,213	1,469	1,89
10	0,158	0,211	1,572	1,92
20	0,18	0,233	1,723	2,07
30	0,189	0,247	1,806	2,07
40	0,15	0,197	1,408	1,63
50	0,149	0,191	1,332	1,56
60	0,158	0,203	1,321	1,55
70	0,188	0,243	1,634	1,94
80	0,208	0,272	1,896	2,18
90	0,211	0,273	1,864	2,17
100	0,202	0,262	1,803	2,01
110	0,207	0,26	1,765	2,07
120	0,188	0,245	1,754	2,13

5. Kísérleti eredmények kiértékelése

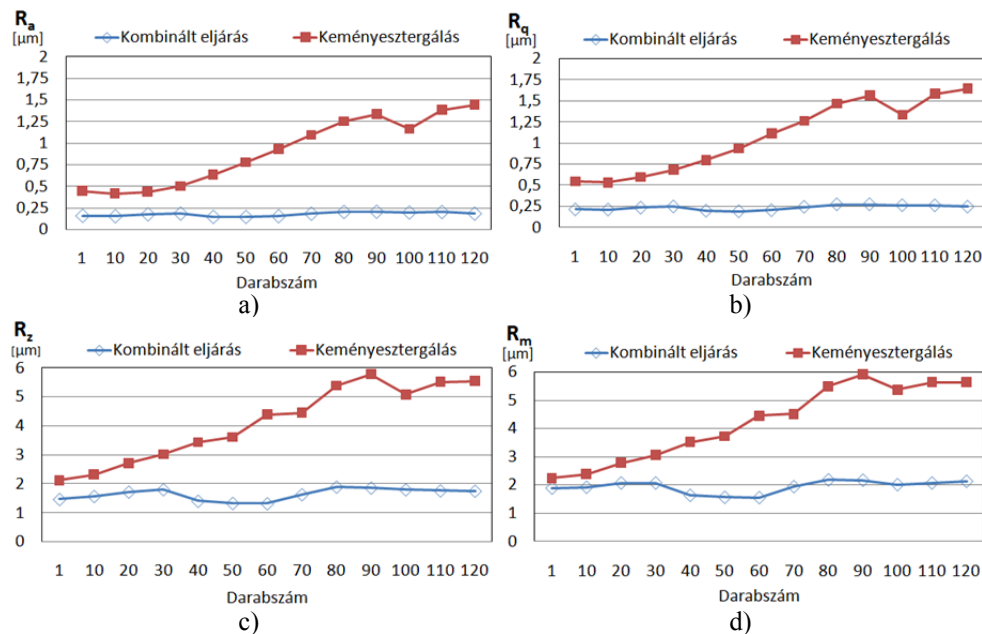
Az 1. ábrán együtt tüntettük fel és összehasonlítottuk a keményesztergálással és a kombinált eljárással megmunkált furatok különböző érdességi mérőszámait.



1. ábra Felületi érdességek összehasonlítása R_z előírásnál

Az 1. ábra alapján megállapítható, hogy a megmunkált érdességi paraméterek értékeinek a darabszám növekedésével az első keményesztergált sorozat esetén jelentős hullámzása tapasztalható, de valamennyi érték az előírt határérték alatt maradt. A kezdeti darabszámnál az érdesség növekedés a szerszám kezdeti bekopásának tudható be. Ez után az egyenletes

kopás szakaszán érdesség csökkenés tapasztalható a keményesztergálásnál az ingadozás a forgácsleválasztást kísérő jelenségek közül az alábbiak miatt következnek be. A szerszám polikristályos jellege miatt, a kopott szemcsék eltávoznak és új részek lépnek be az anyagleválasztásba. A szerszám homloklapfelületén nagyon vékony réteg fém feltapadás jön létre, amelynek a stabilitásának az érdesség változása. Emellett a szerszám fogásba lépéskor az éles sarok nem kívánt anyagleválasztásokat okozhat a szerszám élén. A felsorolt tényezők azonban az R_z és R_m értékeiben sem okoznak nagyobb ingadozást 1 μm -nél egy 120 darabos sorozatnál. Az érdesség csökkenést követő 20-30 darab után újra erőteljes növekedés figyelhető meg, ami a szerszámon további adhéziós kopásnak köszönhető. A 2. ábrán ábrázolt mérőszorozatoknál a darabszám növekedésével közel egyenletesen növekednek az érdességi mérőszámok értékei, kivéve a 100. darabnál.



2. ábra Felületi érdességek összehasonlítása R_{z6} előírásnál

A kombinált eljárás esetében mindkét mérési sorozat esetén egyértelmű azonosságot lehet felfedezni, a szerszámkopás hatása itt nem jelentkezik. Mivel a simító fokozatban alkalmazott köszörüléskor a szerszám mind a két esetben három darabonként szabályozásra kerül, ezért a vizsgált értékek tekintetében alig észlelhető változás.

6. Összefoglalás

A keményesztergálással és kombinált eljárással előállított felületi érdességi mérőszámok között jelentős különbségeket tapasztaltunk a darabszám függvényében. Keményesztergálás esetén jelentős ingadozás figyelhető meg az érdességi jellemzők tekintetében, amely bizonytalanabbá teszi az előállított érdesség tervezhetőségét. Ez a jelenség bizonyos gépelemek gyártása során hátrányos lehet. Ez magyarázható a határozott élű PCBN szerszám

kopási mechanizmusával, valamint azzal, hogy az egy ponton forgácsoló szerszám dolgozó részének geometriája belemásolódik a munkadarab, így annak geometriai hibái is. A kutatás eredményei rámutattak arra is, hogy az esztergált felület a kis érdességi értékek mellett is periodikus topográfiát ad. Ezért ha az alkatrész működő felületén ez nem kívánatos, akkor is célszerű a köszörült topográfit létrehozni. A kombinált eljárás esetén keménysztergálásal nagyolt felület érdességi csúcsai leköszörülésre kerülnek a három munkadarabonként szabályozott köszörű szerszámmal. Ezzel egyenletessé, tervezhetővé válik az előállítható felületi érdesség. Bár keménysztergálás hűtő-kenő folyadék alkalmazásának mellőzése miatt kvázi környezetbarát, az elérhető felületi érdesség ingadozása valamint a topográfia jellege miatt, meghatározott működési feltételek esetén, kiváltása javasolt a minimális környezeti terhelést jelentő kombinált eljárásra.

7. Köszönetnyilvánítás

A kutató munka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 és a TÁMOP-4.2.2.B-10/1-2010-0008 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

8. Irodalom

- [1] Klocke, F., Brinkmeier, E., Weinert, K.: *Capability Profile of Hard Cutting and Grinding Process*, Annals of the CIRP Vol.54/2/2005. pp.22-54
- [2] AB Sandvik Coromant: *Forgácsolói Műszaki Kézikönyv*, SE-811 Sandviken, Sweden, 2010, p. H9
- [3] H. K. Tönshoff, C. Arendt; R. Ben Amor: *Cutting of hardened steel*, Annals of the CIRP Vol.49/2/2000. pp.547-564.
- [4] Wilfried König: *Köszörülés, dörzsköszörülés, tükrösítés*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983.
- [5] Kundrák J., Bana V.: *Investigation of surface roughness in turning of hardened and cylindrical surfaces*. Cutting and tool in manufacturing systems No63, pp.88-94, 2002.
- [6] Szakács György- Dévényi Miklós: *Keményfémek és szuperkemény anyagok alkalmazása*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978, p.:603
- [8] Gégey János: *Precíziós megmunkálások gyémánt és kőbős bórnitrid szerszámokkal*, Biomed Center Bt. 2006
- [9] Sztankovics I: *Rotational Turning in Precision Finishing*, Hungarian Journal of Industrial Chemistry Vol. 39/2, 2011, pp. 309-312
- [10] J. Kundrák: *Comparison of Processes in Machining of Hardened Surfaces*, The Journal of the Advanced Materials and Operations Society, Vol. 1, Is. 1, 2009, pp.61-64.
- [11] Internet: <http://www.emag.com>
- [12] AB Sandvik Coromant: *Sandvik Coromant szerszámkatalógus*, Elanders, Svédország 2010
- [13] http://http://www.mitsubishicarbide.net/mhg/enuk/turning_inserts/