



MISKOLCI EGYETEM
GÉPÉSZMÉRNÖKI ÉS INFORMATIKAI KAR



TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

Megmunkálás hatékonyság vizsgálata kombinált eljárással

Pap Gábor

IV. éves Bsc. gépészmérnök hallgató

Konzulens:

Dr. Kundrák János

egyetemi tanár

Gépgyártástechnológia Tanszéke

Miskolc 2011

Tartalom

Bevezetés	3
1. Keménymegmunkálás	3
1.1 Keménysztergálási eljárás ismertetése	3
1.2 Kösörülési eljárás ismertetése	6
1.3 Kombinált eljárás ismertetése	8
2. Kísérletetek anyagleválasztási teljesítmény, felületképzési sebesség, megmunkálási idők meghatározására furat keménymegmunkálásánál.....	11
2.1 Vizsgálati feltételek	11
2.1.1 Keménysztergálási vizsgálatok feltételei	12
2.1.2 Kombinált eljárás vizsgálati feltételei.....	16
3. Keménysztergálás és a kombinált eljárás összehasonlítása az anyagleválasztási teljesítmény és felületképzési sebesség alapján	23
4. Kapott eredmények kiértékelése	31
Összefoglalás	36
Irodalomjegyzék	37

Bevezetés

A műszaki gyakorlatban számos esetben kell nagykeménységű alkatrészeket beépíteni a gyártmányba abból a célból, hogy megnöveljük azok kopással szembeni ellenállását. A gyártási láncban az edzést általában befejező megmunkálás követi, melynek eredményeképp kialakul az alkatrész végső geometriája [1], [2].

Napjainkban a keményfelületek megmunkálásának vizsgálatára egyre több kutatást végeznek.

A cél olyan eredmények felmutatása, amelyek közvetlenül átvihetők az iparba. Egyre több olyan kutatási hely alakul ahol a köszörülési és keménysztergálási technológia bővítésével és fejlesztésével az ipari igényeket kielégítő eredmények születnek.

Köszörülést és keménysztergálást egyaránt alkalmaznak edzett felületek megmunkálására. Az eddigi vizsgálati eredmények rávilágítottak az eljárások előnyeire és hátrányaira. Jelenleg az újabb vizsgálatok arra irányulnak, hogyan lehet a két eljárást együttesen alkalmazni úgy, hogy azok előnyös tulajdonságai minél jobban érvényesüljenek.

TDK dolgozatomban két keménymegmunkálási eljárás vizsgálatával foglalkozom. Részletesen elemezem e két eljárást a felületképzési sebesség és az anyagleválasztási sebesség alapján. TDK dolgozatomat a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt "Befejező precíziós megmunkálások kutatása" elnevezésű részprojekt támogatta.

1. Keménymegmunkálás

Keménymegmunkálásnak nevezzük azokat a megmunkálásokat mikor a megmunkált felület keménysége legalább 45 HRC [3]. A keménymegmunkálást határozatlan (abrazív) és határozott élgeometriájú szerszámokkal is végezhetik.

1.1 Keménysztergálási eljárás ismertetése

A nagypontosságú keménysztergálás fejlődése a kilencvenes évek elején indult meg annak következtében, hogy új szerszámanyagok (CBN alapú) jelentek meg a piacon, ezen kívül a nagypontosságú esztergák konstrukciói is biztosították a

kielégítő szilárdságot, stabilitást és pontosságot a keménysztergálás sikeréhez. A fejlesztések eredményeként a nagy pontosságú keménysztergálás, mint precíziós finommegmunkálás, egy teljes értékű alternatívát képvisel a köszörüléssel szemben. [4]

Keménysztergálás olyan sztergálási művelet, amelyet az előírt alak és felületi érdesség elérése céljából, a legtöbb esetben a köszörülési műveletek kiváltására, hőkezelt munkadarabokon, polikristályos köbös bórnitrid vagy kerámia anyagú lapkás szerszámokkal, többnyire CNC-gépeken vagy nagy merevségű, keménysztergákon végeznek el.

Keménysztergálás során néhány század vagy ezred mm^2 keresztmetszetű forgács eltávolítása történik.

Keménysztergálás szerszámanyagának követelményei:

- magas termostabilitás,
- magas élettartam,
- megmunkálendő anyagnál legalább 3x nagyobb keménység,
- megfelelő szívósság, megszakított felületek megmunkálásához,
- nem lép reakcióba az acéllal magas hőmérsékleten,
- magas hőelvezető képesség.

A megfelelő keménységet a természetes vagy szintetikus gyémánt egyaránt biztosítani tudja, viszont magas hőmérsékleten 500-600 C fok felett a vassal reakcióba lép „elég”, ami a karbon diffúzióját jelenti a gyémánt rácsba, így nem jöhet szóba az acélok megmunkálása. A gyémánt helyett a bórnitrid köbös kristályszerkezete jelentette a megoldást, mivel a keménységi értékei a gyémánt közelébe esnek. A köbös bórnitrid keménysége a gyémánt után a második, termostabilitása viszont meg is haladja azt. Mivel a CBN egykristályban való alkalmazása nagyon ritka, előállítása nagyon költséges, ezért polikristályos formában alkalmazzuk. A nagy pontosságú keménysztergáláshoz viszonylag alacsony CBN tartalmú szerszámanyagra van szükség, (kb. 50%), míg a maradékot keramikus kötőanyagok teszik ki. [4]

Az alacsony CBN tartalmú anyagokat inkább simításra, míg a magas CBN tartalmút nagyolásra használják. Alapvetően TiC, TiN, és különböző fémeket (wolfram, kobalt) alkalmaznak kötőanyagként. Gyakran alkalmaznak a lapkán bevonatot is, amely tovább növeli a szerszám élettartamát és a forgácsolási tulajdonságait [5].

Néha úgynevezett pszeudó-monó-kristály CBN nyer gyakorlati alkalmazást, mely lényegében egy többkristályos finomszerkezetű anyag, és nem tartalmaz kötőanyagot. Ez az anyag igen alacsony kopásállósággal rendelkezik, ezért elsősorban a rendkívül magas pontossági követelmények esetében nyer felhasználást.[4]

Keményesztergálást a legtöbb esetben negatív homlokszögű szerszámmal végezzük. Ennek az élkialakításnak egyik következménye, hogy a folyamat során fellépő nagy negatív Fp passzív erő, ami az él homlokfelületére hat az anyagot betömöriti. Ez a passzív erő a forgácsoló erő többszörösét is elérheti.

A negatív élkialakítás megkövetelt kemény felületek esztergálásakor, ezzel biztosított a lapka megfelelő mechanikai szilárdsága. A homlokszög további csökkentésével a passzív erő is fokozatosan növekszik, ami egy határon túl („optimális homlokszög”) az élettartam csökkenését vonja maga után.

A legegyszerűbb geometriájú esztergáló lapka a fazetta és éllekerekítés nélküli lapka. A gyakorlatban általában ez a lapka bizonyul a legsérülékenyebbnek. A fazettával rendelkező lapkának nagyobb az élstabilitása. A fazettával rendelkező élt néha lekerekítéssel egészítik ki [4].

A keményesztergálás legfontosabb előnyei a köszörüléssel szemben:

- bonyolultabb geometriájú munkadarab munkálható, meg mint köszörülésnél;
- kisebb energiaigényű —————> kiküszöbölhető a hűtő-kenő folyadékok alkalmazásával járó többlet energiafogyasztás, mivel a keményesztergálás lényegében száraz forgácsolásnak tekinthető;
- megmunkálási idő töredéke a köszörüléséhez viszonyítva;
- kisebb a hőfejlődés —————> érintkezés pontszerű;
- a felületi réteg károsodása kisebb, mint köszörüléskor.

1.2 *Köszörülési eljárás ismertetése*

A köszörülési technológia alkalmazásakor a munkadarab alacsony fordulatszámon forog, a megmunkálási sebesség a köszörűkorong kerületi sebessége. Esztergálási technológia alkalmazásakor a munkadarab fordulatszáma határozza meg a forgácsolási sebességet, a szerszám feladata a munkadarab alakjának kialakítása. Következésképpen a köszörűkorong magas fordulatszáma és a forgácsoló élek nagy száma miatt, nagy mennyiségű kisméretű forgács keletkezik, míg esztergáláskor folytonos forgácsleválasztás történik, amely azonban könnyen kezelhető. [4]

Köszörüléskor abrazív és kötőanyag részecskék válnak le a megmunkálás és a szabályozás műveletek során. Ezek a kis részecskék keverednek a hűtő-kenő folyadékkal, a kisméretű forgáccsal, az egyéb szűrt részecskékkel köszörülési iszap keletkezik. Ezt szétválasztani lehetetlen, valamint az egészségre és a környezetre ártalmas anyagokat tartalmaz, ezért kezelése kiemelkedő fontosságú. A köszörülés a környezet védelem szempontjából veszélyes technológia, de alkalmazása sajnos gyakran nem kiváltható, erre jelent részleges megoldást a kombinált eljárás alkalmazása.

A köszörűszerszám forgácsolóéleit a köszörűszemcsék alkotják, melyek alakja és elhelyezkedése sztochasztikus. Ezekből a tényekből következnek a forgácsolási folyamat eltérései a szabályos élű szerszámmal végzett forgácsolási folyamattól. A köszörülési folyamat további sajátosságai a felhasznált szerszám és a forgácsoló anyag sajátosságaiból következnek. Ezek a következők:

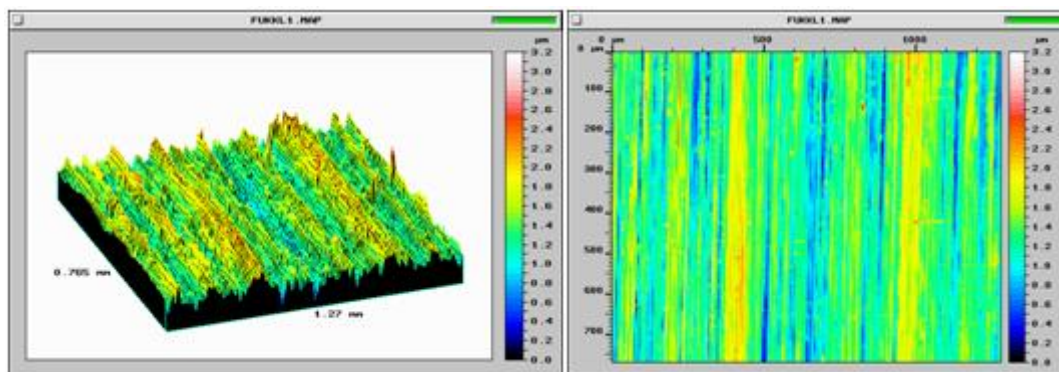
1. A forgácsoló élek alakja szabálytalan, szabályos geometriai alakkal csak közelíteni lehet őket. A homlok és hátszög igen széles tartományban változik, az $\alpha=0^\circ$ erős súrlódás, hőképződés és szikra keletkezhet.
2. A forgácsolóélek különböző R_i sugarakon dolgoznak és az osztásuk r_i is szabálytalan. Ezért a fogásban lévő szemcsék (forgácsolóélek) száma az előtolástól függ. A mélyebben elhelyezkedő szemcsék (az előző szemcsék árnyékában lévő szemcsék) nem forgácsolnak. Csak az aktív felületi rétegen elhelyezkedő szemcsék forgácsolnak.

3. Az egyes szemcsék leválasztandó rétege különböző szélességű és vastagságú. Ezért különbözőek az egyes szemcsékre ható forgácsolóerők is.
4. A forgácsolási folyamatban résztvevő szemcsék töredeznék és kiperegnek. Így állandóan új forgácsolóélek lépnek munkába.
5. A forgácsolt felület az egyes szabálytalanul elhelyezkedő szemcsék szabálytalan forgácsolóéleinek nyomaiként jön létre.
6. A forgácsolási sebességek a befejező köszörülési módszereket kivéve egy nagyságrenddel nagyobbak, mint más forgácsolási módoknál. Az előtolások a köszörűszerszám méreteitől függenek, a fogásmélységek legfeljebb néhány tized mm-esek.

Fentiekből megállapítható tehát, hogy a köszörülési technológia alkalmazása fajlagos forgács térfogatra számítva több energiát és időt igényel, mint az esztergálás. [6].

Köszörülés során tulajdonképpen a meglévő érdességet forgácsoljuk., miközben a szemcséknek megközelítőleg a 12%-a aktív.

Az így megmunkált felület topográfiája szabálytalan, amely a 1.1 ábrán jól megfigyelhető.

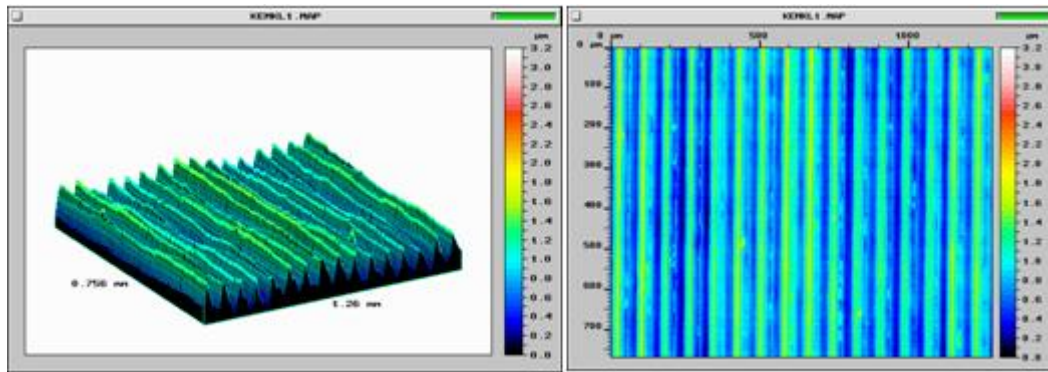


1.1. ábra

Köszörüléskor keletkező felületi topográfia

Bizonyos esetekben, mint például futó fogaskerekeknél, tömítéseknél az elvárt követelmény a szabálytalan mikro geometria.

Abban az esetben, ha a köszörülési műveletet keményszertergálással helyettesítjük, a felület az 1.2 ábrán látható szabályos geometriát eredményezne.



1.2. ábra

Keményesztergáláskor keletkező felületi topográfia

A kapott felületi geometria megfelelőségét amelyet keményesztergálás vagy köszörüléssel hozunk létre a működés szempontjából is vizsgálunk kell.

Ha a feladatomban szereplő fogaskerék furatának készre munkálása keményesztergálással történne az alábbi problémák jelentkeznenek:

A kúpörgők amelyek a felülettel közvetlenül érintkeznek képesek berágódni működés közben, amely először a kosz felhordódását jelentené majd, majd a görgők elvándorlása következtében a csapágy berágódását is előidézheti.

Tehát a megmunkálás tervezésekor figyelembe kell vennünk a két megmunkálás sajátosságait. Ezeket a tulajdonságokat ötvözi a kombinált eljárás amely mind gazdasági mind technológiai szempontból egy kedvező kompromisszumot jelenthet a tervező mérnökök számára.

1.3 Kombinált eljárás ismertetése

Kombinált megmunkálás egy olyan eljárás ahol a határozott élű megmunkálás mellett a felület megmunkálására határozatlan élű (abrazív) szerszámmal végzett eljárások is jelen vannak. Ez akár egy koncentrált műveletben is megvalósulhat, mert létrehozták azokat a szerszámgépeket, amelyeken mind a két típusú eljárás elvégezhető. A köszörülés, mint abrazív megmunkálás viszonylag drága, kis termelékenységgű és környezetszennyező művelet, ezért törekednek a teljes vagy részleges kiváltására. Erre legalkalmasabb eljárás a keményesztergálás, amely kiiktatja a köszörülés hátrányait, emellett biztosítja az előírt pontossági, érdességi és felületminőségi előírásokat. Előnyei mellett van azonban néhány

hátránya is, amely korlátozza alkalmazását, vagy abrazív kiegészítő műveletek (szuperfinis, honolás, köszörülés) alkalmazását teszik szükségessé. [6]

Kombinált eljárás alkalmazásakor figyelembe kell vennünk több szempontot is. Az elkészült munkadarabok tulajdonságait, és a műveletek gazdaságosságát egyaránt nagymértékben befolyásolja, hogy a leválasztandó anyagrészt milyen arányban és milyen technológiai paraméterekkel munkáljuk meg keménysztergálással és köszörüléssel. Keménysztergálásnál a megmunkálás főidejét jelentősen tudjuk csökkenteni, de az ekkor alkalmazott esetlegesen nagyobb előtolás megnöveli a felületi érdességet, így nagyobb anyagmennyiséget (hibás felületi réteget) kell eltávolítanunk. Optimálisan esetben, ha az előtolást megfelelő értékre választjuk, akkor az érdesség is megfelelő lesz így a köszörüléskor kisebb anyagrészt kell eltávolítanunk rövidebb időszükséglettel.

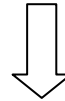
A kombinált eljárás előnyei összefoglalva a 1.3-as ábrán láthatóak.

Köszörülés előnyei

- Működési szempontból megkívánt szabálytalan felület struktúra
- Kis fogásmélység révén biztosítható szigorú méretpontosság
- Megmunkált felület minősége nagy
- Nagy folyamatbiztonság (nincs élcsorbulás)

Keményesztergálás előnyei

- Környezetbarát, nem alkalmaznak hűtő-kenő folyadékot, így szárazmegmunkálásnak minősül.
- Az előkészítési, darab és a műveleti idők rövidebbek, mint köszörülésnél
- Nagy rugalmasság (egy szerszámmal akár több felület is megmunkálható)
- Nagy anyagleválasztási teljesítmény

**A kombinált eljárás előnye, hogy egyesíti a keményesztergálás és a köszörülés előnyeit.**

- Komplet megmunkálást eredményez egy felfogásban, nincs új felfogás, ezzel kiküszöbölhető az újbóli felfogás esetén esetleges jelentkező hiba.
- Magasabb munkadarab minőség és nagyobb termelékenység
- Kevesebb köszörű iszap → környezetkímélőbb továbbá kevesebb a keletkezett hulladékkezelési költség
- Csökkenek a mellékidők

1.3. ábra
Kombinált eljárás előnyei [8]

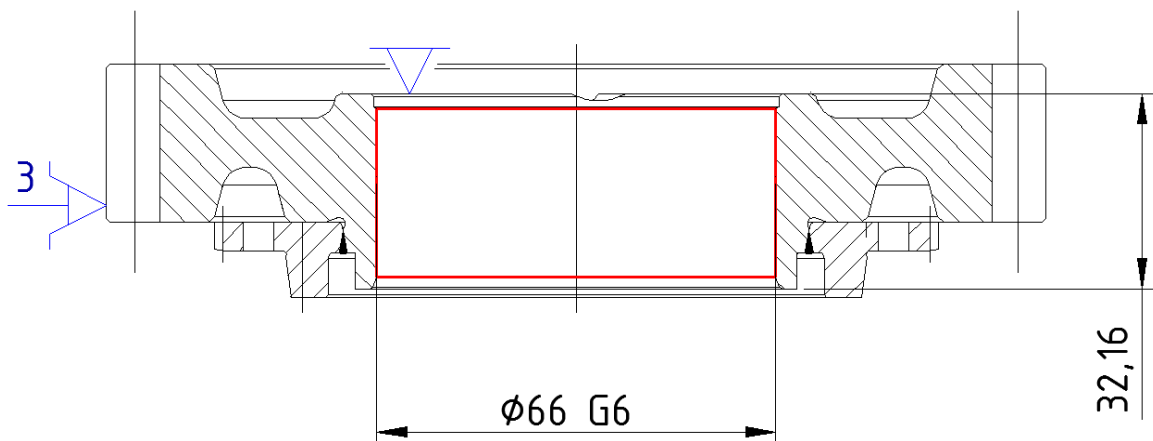
2. Kísérletetek anyagleválasztási teljesítmény, felületképzési sebesség, megmunkálási idők meghatározására furat keménymegmunkálásánál

Kísérlet célja az anyagleválasztási sebesség, és a felületképzési sebesség, összehasonlítása műveleti idő alapján. A vizsgált eljárásokra a kapott eredményekből megfelelő következtetések levonása.

2.1 Vizsgálati feltételek

- **Vizsgált munkadarab jellemzői**

A vizsgált munkadarab egy betétedzett fogaskerék, anyagminősége a 2.1-es táblázatban olvasható. A fogaskerék funkcióját tekintve futókerék. A furatmegmunkálás előírt pontossága kombinált eljárás esetében IT6-os tűrésosztályba tartozik, és az elvárt felületminőség R_z3 $R_{max}4$, a geometriai adatai a 2.1-es ábrán láthatóak.



2.1. ábra

Vizsgált munkadarab geometriai adatai és befogás helyei kombinált eljárásnál

2.1. táblázat
Anyagminőség [9]

A Munkadarab vegyi összetétele	
%	ZF7B
C	0,15-0,20
Si	max.0,40
Mn	1,10-1,30
P	max.0,025
S	0,020-0,035
Cr	1,00-1,30
Mo	max.0,12
Ni	max.0,30
B	0,001-0,003
Cu	max.0,3
Al	0,02-0,05
N	min.0,009
Sn	max.0,03
Ti	max0,005
Ca	max.0,003
Sb	max.0,005
O	max.0,0025

2.1.1 Keményesztergálási vizsgálatok feltételei

- **Alkalmazott szerszámgép**

A szerszámgép típusa PVSL 2/1-1 R, SIEMENS SINUMERIK840 C vezérléssel ellátva. A Pittler keményeszterga egy függőleges orsóval rendelkező önadagolós 8 tároló helyes revolverfejjel ellátott szerszámgép, ahol a kiszolgálás magazinós rendszerű, ami azt jelenti, hogy a munkadarab cseréje nem a munkatérben történik, hanem egy külön szállítószalagon. A motor maximális teljesítménye 33 kW. Fordulatszám tartománya 11,2 - 5400 1/min. Legnagyobb

forgatható munkadarab átmérő max. 380 mm. A munkadarab szorítása hidraulikus működésű.

Keresztszán

• Terület(X irány), X1	310 mm munkaút
• Terület(X irány), X2	850 mm rakodóút
• Teljes út (Z- irány)	280 mm
• Mozgatási erő(X-tengely)	10 kN 40%-nál
• Mozgatási erő(Z-tengely)	12 kN 40%-nál
• Szán előtolás (X-irány)	0 - 40 m/min
• Szán előtolás (Z-irány)	0 – 24 m/min

A szerszámtartó STR Fa. PITTLER, 8 szerszámférőhelyes átmérő 50 mm DIN 69880. A gépen lévő adagolóra általában 15 munkadarabot helyeznek, de mód van akár 30 munkadarab elhelyezésére is.

- **Szerszám és munkadarab befogása**

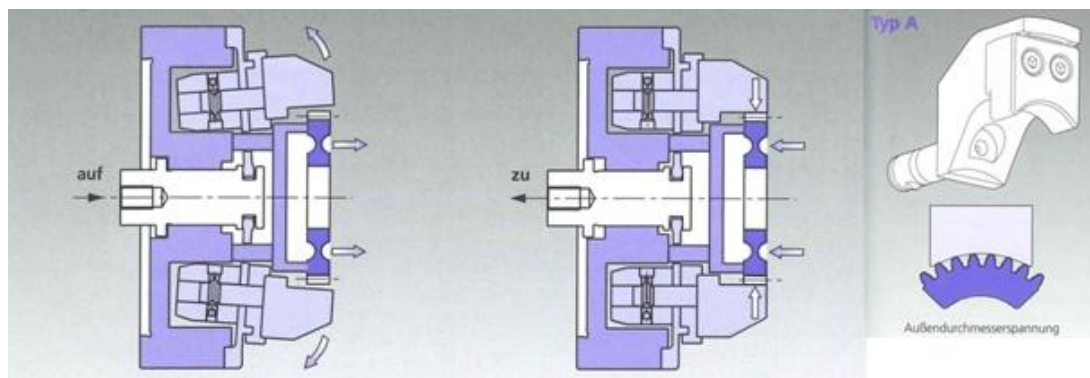


1. kép
Szerszám és munkadarab befogása

Munkadarab befogás

A munkadarab befogása a függőleges helyzetű SMW DFR ABS 315 típusú három pofás hidraulikus tokmánnal történik. A tokmány felépítése és

működése a 2.2 ábrán és az 1. képen látható. A szorítás a fogaskerék fejkörén történik, a mértéke állítható.



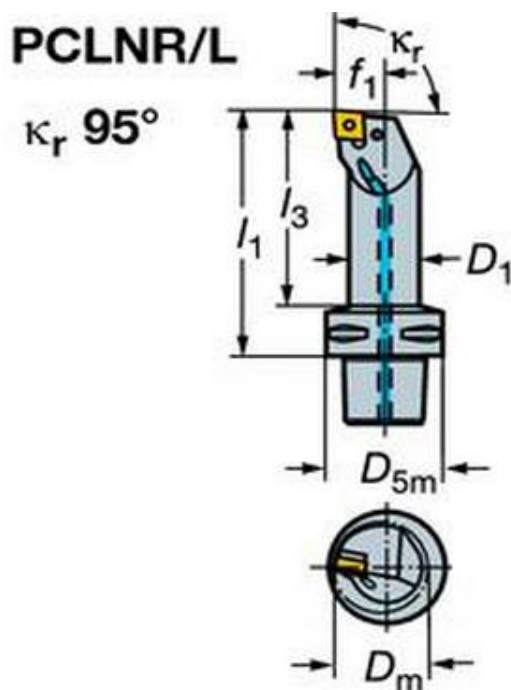
2.2 ábra
Hidraulikus tokmány [10]

Szerszámbefogás

A késszárazakat a PCC Pittler 8x-os revolverfejbe lehet rögzíteni. A készülék 50 mm-es hengeres szárú késtartók befogadására alkalmas, DIN 69 880 szerinti csatlakozásokkal. Központi hűtőközeg hozzávezetés van kialakítva. A revolverfej csupán beforgatja a szükséges kést, egyéb mozgást nem végez, programozható, átfordulás után pedig a fejet hidraulikus reteszeléssel a gép rögzíti. A jobboldali ábra magát a fejet mutatja. A revolverfej 8 tároló hellyel rendelkezik.

Alkalmazott késtartó típusa és adatai, nagyoláshoz és simításhoz egyaránt a 2.2-es táblázatban olvashatóak.

2.2 táblázat
Késtartó adatai [11]

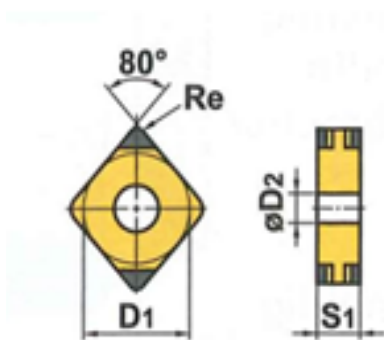


C5PCLNR-17090-	
Kés szár típus	12
Gyártó	Sandvik
$D_{m \min}$	32
D_1	25
D_{5m}	50
f_1	17
l_1	90
l_3	67
r_ϵ	0,8
K_r	95°

Választott forgácsolószerszámok

A nagyoláshoz használt lapka adatai a 2.3 táblázatban találhatóak.

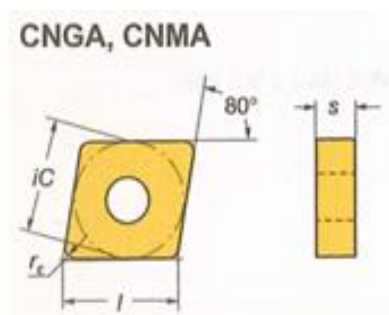
2.3. táblázat
Lapka típusa és főbb jellemzői [12]



Lapka típusa	CNGA 120408 TA4 MB8025
Gyártó	MITSHUBISHI
Bevonat	PCBN
Él kialakítás	Normál
D1	12,7
Re	0,8
S1	4,76
D2	5,16

Simításhoz használt lapka adatai a 2.4 táblázatban találhatóak.

2.4. táblázat
Lapka típusa és főbb jellemzői [11]



Lapka típusa	CNGA 120408 S01030A 7015
Gyártó	Sandvik
Bevonat	PCBN
Élkialakítás	Normál
I_a	2,7
I	12
Ajánlott v_c	100-200 m/min
Ajánlott f	0,1-0,25 mm/ford
Ajánlott a_p	0,05-0,4 m

2.1.2 Kombinált eljárás vizsgálati feltételei

Kombinált eljárású kísérleteket nagymerevségű, szimmetrikus gépágy kialakítású kombinált köszörű és eszterga központon végeztük.

Alkalmazott szerszámgép változat és főbb tulajdonságai



2.3. ábra
EMAG VSC 250 DS [13]

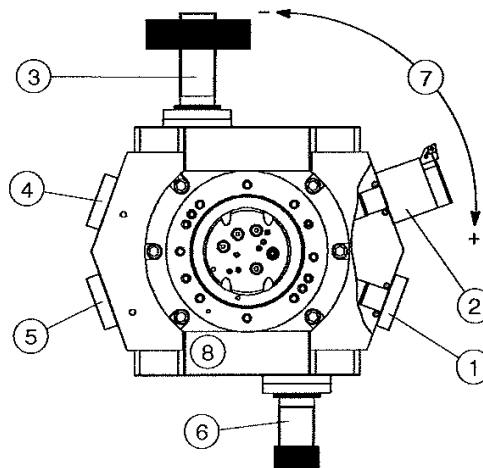
A szerszámgép típusa EMAG VSC 250 DS/DDS kombinált eszterga- és köszörűközpont 2.3. ábra, amely egyesíti a függőleges keményesztergálás előnyeit a köszörülés előnyeivel egy gépben, és egy felfogásban. A gépágy szimmetrikus kialakítású, a jobb- és baloldali erők két hurokban történő záródása nagy statikus és dinamikus merevséget biztosít. A gépágy anyaga polimer-gránit (Mineralit®), amely kiváló rezgéscsillapító képességgel és nagyfokú termikus stabilitással rendelkezik. A két

eljárásra vonatkozó kritériumok a 2.5 ábrán láthatóak.

A gépállványa rendkívül stabil, kiváló rezgéscsillapítási tulajdonságokkal rendelkezik. Keresztszánja görgős csapágyazású valamint játégmentes és lineáris mozgású. A gépállványon található az X-tengely. A szánokon automatikus központi olajkenés van, kis mennyiségű olajködkenés a forgó orsó csapágysai számára.

A főorsó motorjának hűtésére külön aggregát van beépítve. A gép szánhajtásai a munkatér tetején kaptak helyet. [13]

- **Szerszám befogás és munkadarab befogás**



2.4. ábra
Eszterga és köszörű revolver fej [14]

Az EMAG VSC 250 DS 8x eszterga és köszörű revolver fejjel van felszerelve amelynek felépítése a 2.4-es ábrán látható. A szerszám tartóban található 4 nem meghajtott szerszám pozíció és 2 meghajtott köszörű orsó pozíció. A revolver fej a függőleges tengely körül 320°-ban képes elfordulni. A revolverfej a gépállványra szerelt, 50 mm-es hengeres szárú késtartók befogadására alkalmas, DIN 69 880 szerinti csatlakozásokkal. Központi hűtőközeg hozzáfűzés van kialakítva. A revolver fej kialakítása robosztus rendkívül stabil és merev konstrukció, valamint Z irányban hidrosztatikus megvezetésű, ami tovább növeli a szerszám gép rezgésmentességét.

A munkadarab befűgása DFR ABS 215 SMW hidraulikus 3 pofás tokánnal történik, amelynek felűpítése megegyezik a keménysztergán használttal, csak méreteiben különbűzik.

Keményesztergáláshoz használt lapka és késtartó megegyezik a Pittler keményesztergán alkalmazottal a nagyolási műveletben.

Kés szár típus C5-PCLNR-17090-12

Lapka típusa CNGA-120408-TA4 MB8025

Köszörülési műveletben alkalmazott köszörűkorong adatai a 3.5-ös táblázatban találhatóak.

2.5. táblázat
Furatköszörűkorong adatai

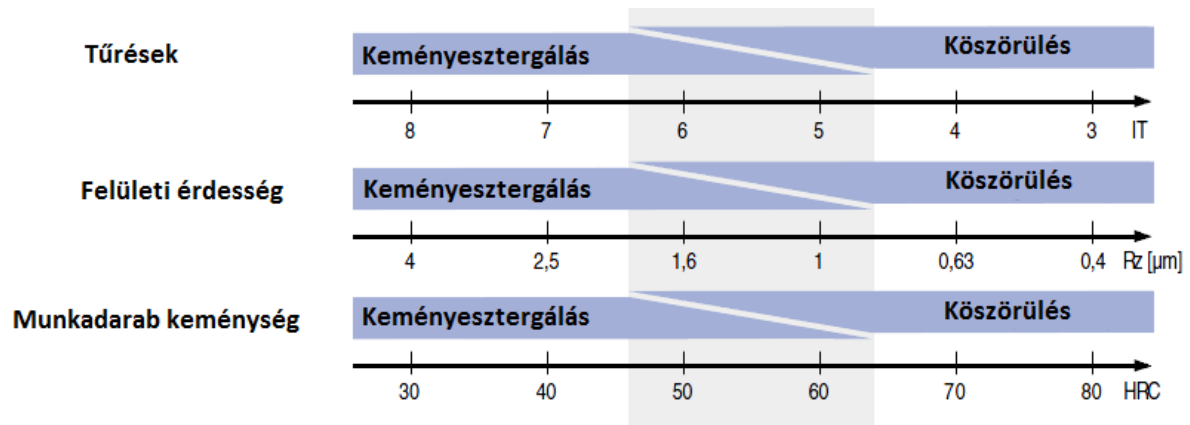
Köszörűkorong	36x40x13 A80I10V
Gyártó	Tyrolit
Szemcseanyag	Elektrokorund (A)
Szemcseméret	Finom (80)
Keményiség	közepes lágy (I)
Szerkezetszám	10
Kötőanyag	keramikus (V)

A gép technikai adatai

VSC 250 DS Szerszámgép főbb jellemzői

Legnagyobb befogható munkadarab átmérő	250mm
Főorsó maximális fordulatszáma	3500 1/min
Köszörűorsó maximális fordulatszáma	45000 1/min
Legnagyobb teljesítmény	39 kW
Legnagyobb Nyomaték	460 Nm
Szerszámgép tömege	8 t
X/Z irányú maximális előtoló erő	5,5/11 kw
X/Z irányú gyorsjáratú mozgás sebessége	45/30 m/min

[12]



2.5. ábra
Gépjellemzők [13]

Korongszabályozás ismertetése

Minden 3. elkészült munkadarab után korongszabályozás következik.

1. lépés

A gép beváltja a kőszörűkövet, majd a korongszabályzó gyűrűvel hozzááll, a szerszámmal lelépi a fogást és a korong bemért pontjától 1,5 mm-re meg áll.

Korong szabályzó gyűrű:

Cserélhető alkatrész, amelyet a gép bemért szerszámnak kezel. A korong palástján van egy kőszörült felület, ami egytengelyű a lehúzó gyűrűvel (megmunkáláskor egy felfogásban készítik el). A kőszörült felületre azért van szükség, mert a lehúzó gyűrű éle nem sima nem mérhető be mérőórával, így bázisként a használható a kőszörült felület, a lehúzó gyűrűt pedig egy viszonylag szabályos körnek tekintjük. A korong 12 csavarral van rögzítve, ezeknek az oldásával biztosítható az a relatív kis mozgás szabadság, amely a beállításhoz szükséges.

2. lépés

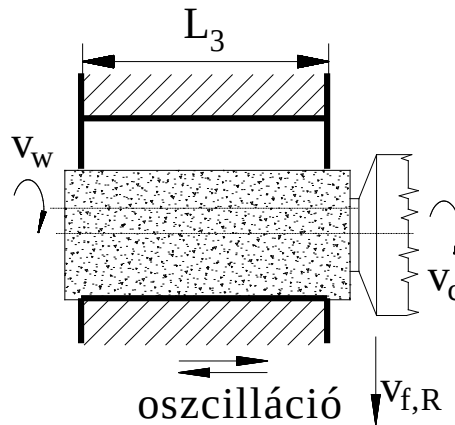
A szabályzó korong végig halad a szerszámon 1,5mm –es túlfutással. Amit a fogással eltávolított a kőszörűkorongon azt a gép a paramétertárban a nullponteltolás vektorban x irányban korrigálja, így biztosítva hogy a következő megmunkálendő darab hozza ugyanazt a méretet, mint az azt megelőző.

Alkalmazott technológiai adatok:

- $a_p = 0,03 \text{ mm}$
- $v = 40 \text{ m/s}$
- $n: 825 \text{ 1/min}$
- $f: 300 \text{ mm/min}$
- $t = 11,31 \text{ sec}$

Alkalmazott köszörülési technológia ismertetése

A furatköszörülést nem hagyományos módon, hanem beszúró módszerrel hatja végre a szerszámgép, amely a 2.6-es ábrán látható.



2.6. ábra
Beszúró palástköszörülés

➤ *Oscillációs mozgás*

A forgácsoló folyamat alatt a köszörűkorong a furat tengelyével párhuzamosan jobb és bal irányban meghatározott kitéréssel ingázó mozgást végez.

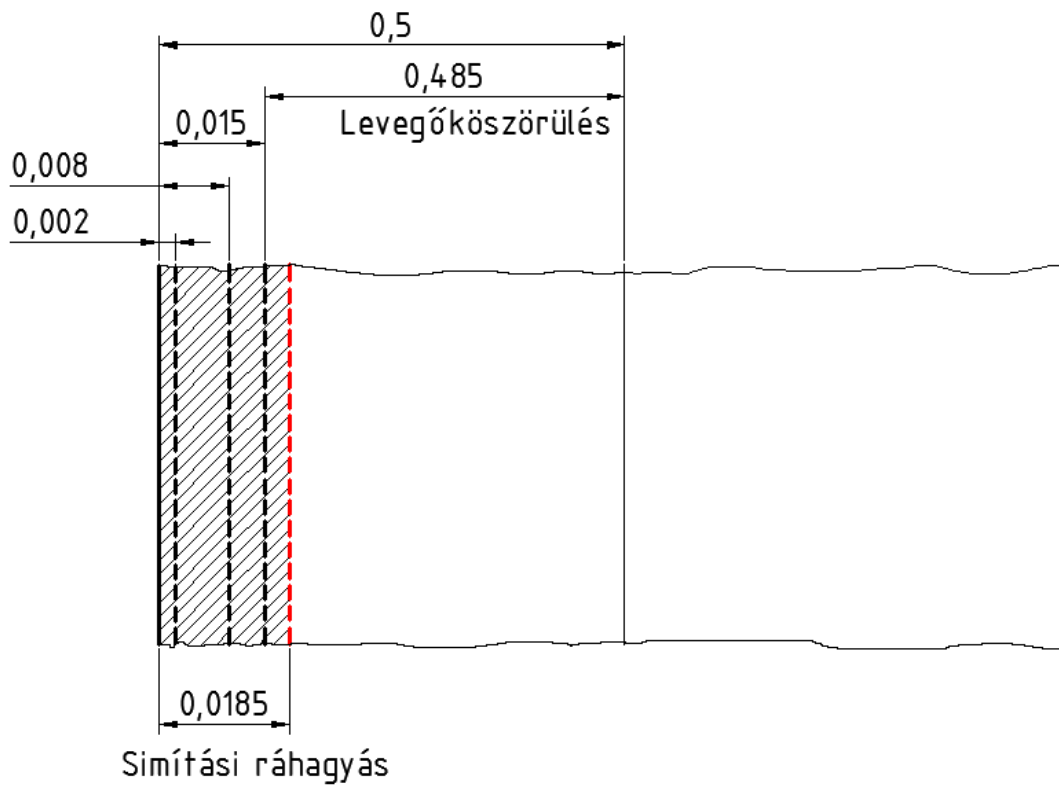
Az oszcillációs mozgást leíró paraméterek:

- $L_o \rightarrow$ az oszcilláció nagysága [mm]
- az oszcilláció sebessége [mm/sec]

Fő tulajdonsága az oszcillációnak az általa biztosított felületstruktúra. A forgácsoló mozgás és a kitérő mozgás eredőjeként kapott mozgás pálya biztosítja azt, hogy még szabálytalanabb felületi struktúrát kapjunk és az érdességet még jobban tudjuk csökkenteni.

➤ *Levegőkösörülés*

A levegőkösörülés a furatkösörülés első fázisa. A furatkösörű szerszám bepozicionál egy a gépkezelő által megadott értékre (behatolási átmérő) amely a gyakorlatban 0,5-el kisebb a névleges mérettől, amelyre a kész furat elkészül. Ezt követően „gyorsjárat” (gyorsjárat értéket megközelítő technológiai paraméterrel) megkezdődik a levegőkösörülés, a folyamat megértésében a 2.7-es ábra segít.



2.7. ábra

Kösörülési technológia

A szerszámgépbe egy beépített funkció a "PCT" egy felügyeleti eszköz, amely a felvett teljesítményt figyeli, az áramfelvétel alapján. Amikor a kösörű szerszám a munkadarab anyagához ér hirtelen jelentős ugrást jelentkezik a felvett teljesítményben, ekkor a gép befejezi a levegőkösörülési műveletet, és átvált a programozott előtolás és fogásmélységekre melyek már lényegesen kisebbek a levegőkösörülési paraméterektől. Levegőkösörülés során az ábráról is leolvasható valamennyi csekély mennyiségű anyagleválasztás történik, amely függ még a furat méretszóródásától is.

➤ **Köszörülés programozott előtolással**

A tényleges köszörülés a levegőköszörülést követi programozott előtolás és fogásmélységi értékekkel. A ráhagyás eltávolítását a 2.8-as ábrán szemléltetem:

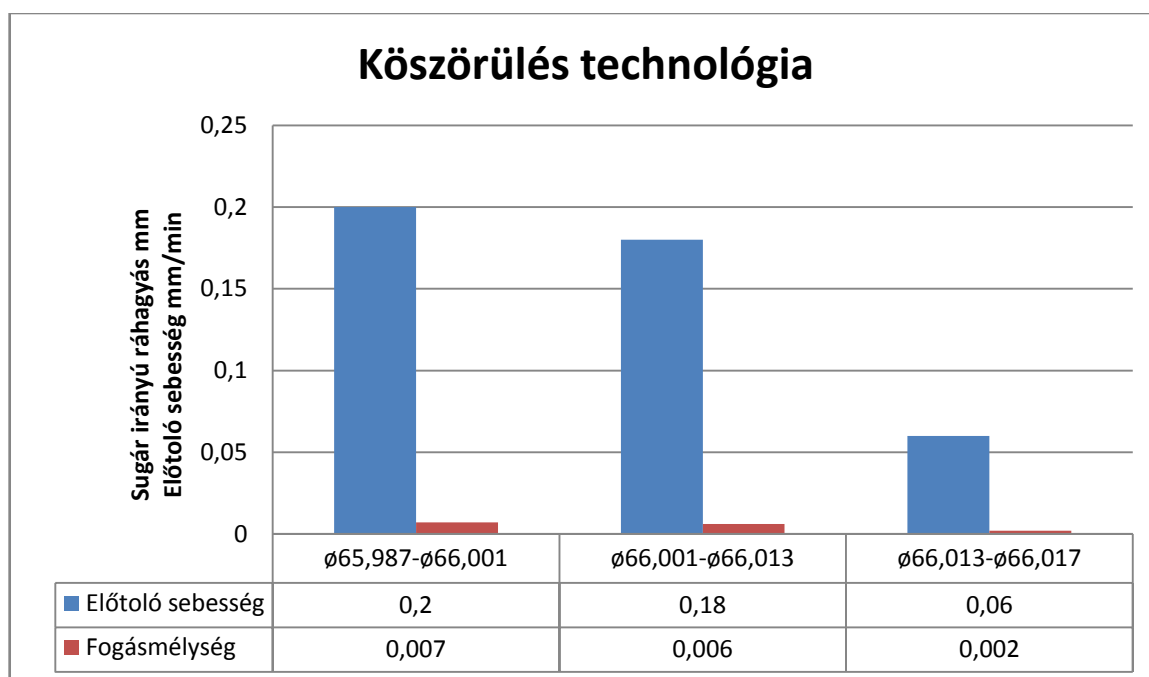
Köszörüléssel elkészítettendő néveleges méret: $\varnothing 66,017$ mm

Előesztergált simított furatátmérő: $\varnothing 65,98$ mm

A levegőköszörülés során körülbelül $3,5 \mu\text{m}$ ráhagyás leválasztódik egy oldalra számítva.

A köszörülés kész méretre egy lépésben történik, de ez alatt a sugárirányú előtoló sebesség a $V_{f,R}$ és a fogásmélység a_e több lépcsőben változik, mely a külső szemlélő számára nem érzékelhető.

1. szakasz $\varnothing 65,987$ mm $\rightarrow$ $\varnothing 66,001$ mm $V_{f,R}=0,2$ mm/min $a_e=0,007$ mm
2. szakasz $\varnothing 66,001$ mm $\rightarrow$ $\varnothing 66,013$ mm $V_{f,R}=0,18$ mm/min $a_e=0,006$ mm
3. szakasz $\varnothing 66,013$ mm $\rightarrow$ $\varnothing 66,017$ mm $V_{f,R}=0,06$ mm/min $a_e=0,002$ mm



2.8 ábra
Köszörülés folyamata

A 2.8-as ábrán látható hogy az egyes szakaszokban folyamatosan csökken az előtoló sebesség és a fogásmélység értékei, ezek nem véletlenül vannak így minden megmunkálásnál hasonló a tendencia. Az első szakaszt nevezhetnénk nagyolásnak, a másik két szakaszt pedig simításnak, de ezek egyértelműen nem különülnek el.

Ezzel az eljárással csökkenthető a beégés veszélye és biztosítható az előírt méretpontosság és felületi érdesség.

3. Keménysztergálás és a kombinált eljárás összehasonlítása az anyagleválasztási teljesítmény és felületképzési sebesség alapján

A két eljárás összehasonlításának alapja a futó fogaskerék furatának keménymegmunkálása. A keménysztergálási eljárás vizsgálatát és a kombinált eljárás vizsgálatát a fogaskerék furatának befejező megmunkálására végeztük el.

Az eljárások hatékonyságát a következő mérőszámok alapján hasonlítottuk össze:

- Az anyagleválasztási sebesség Q_w (mm³/s)
- A felületképzési sebesség A_w (mm²/s)

A mérőszámok elméleti értékei az alkalmazott eljárás technológiai adataiból egzakt módon számíthatók.

Esztergálás esetén:

$$Q_w = a_p \cdot f \cdot v_c \text{ (mm}^3\text{/s)} \quad A_w = f \cdot v_c \text{ (mm}^2\text{/s)}$$

Beszúró palástkőszörülés esetében:

$$Q_w = a_p \cdot d_w \cdot \pi \cdot v_{f,R} \text{ (mm}^3\text{/s)} \quad A_w = a_p \cdot v_w \text{ (mm}^2\text{/s)}$$

ahol:	v_w – munkadarab sebesség (mm/s)
a_p – fogásszélesség (mm);	v_c – forgácsoló sebesség (mm/s).
(beszúró kőszörülés)	$v_{f,R}$ – beszúró sebesség (mm/s).
a_p – fogásmélység (mm); (esztergálás)	f – előtolás (mm/mdb.ford.);
	d_w – munkadarab átmérő (mm);

Mivel az elméleti értékek nem mutatnak sem értékeikben, sem tendenciájukban érdemi kapcsolatot a megmunkálási idővel, ill. a költségekkel, ezért a tényleges arányokat jobban tükröző paramétereket, az anyagleválasztás gyakorlati értékeit határoztuk meg.

A Q_{wp} anyagleválasztási paraméter gyakorlati értékét Q_{wp} úgy számoljuk, hogy a ráhagyás anyagtérfogatát osztjuk a leválasztásához szükséges idővel.

Ez az idő lehet az ipari gyakorlatban alkalmazott valamely üzemgazdasági időadat, így pl. a gépi főidő, a darabidő, a műveleti idő, a személyi (norma) idő. Az anyagleválasztási sebesség megmutatja az 1 másodperc alatt leválasztott anyag térfogatát.

$$Q_{wp} = \frac{d_1 \cdot \pi \cdot L_3 \cdot Z}{t_x \cdot 60} \text{ (mm}^3\text{/s)},$$

ahol: d_1 - a furat átmérője, (mm);

L_3 - a furat hossza (mm);

Z – sugárirányú ráhagyás (mm)

t_x - amely lehet:

t_m - gépi főidő, (min);

t_p - műveleti idő, (min);

t_{op} - darabidő, (min)

t_s - személyi (norma) idő, (min).

A vizsgálatokat a műveleti idő alapján határoztuk meg.

Az A_w felületképzési paraméter gyakorlati értékét (A_{wp}) úgy számoljuk, hogy az elkészítendő felület nagyságát, osztjuk az elkészítéshez szükséges idővel: A felületképzési sebesség megmutatja az egy másodperc alatt elkészített felület nagyságát.

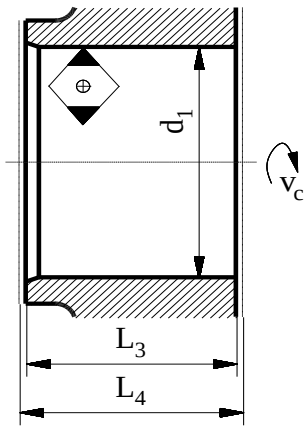
$$A_{wp} = \frac{d_1 \cdot \pi \cdot L_3}{t_x \cdot 60} \text{ (mm}^2\text{/s)}$$

A jelölések értelmezése a Q_{wp} képletnél található.

A keménysztergálási eljárás kidolgozása

Keménysztergálás során alkalmazott technológiai paraméterek és geometriai adatok a 3.1-es táblázatban olvashatóak.

3.1. táblázat
Geometriai és technológiai adatok keménysztergáláshoz

Vázlat	d_1 mm	L_3 mm	L_4 mm	v_c m/min	n_w 1/min	a_p mm	f mm/ford.
	65,95	32,16	34,16	184	N:887	N:0,07	N:0,24
	66,017			155	S:747	S:0,0335	S:0,16

Nagyoláshoz szükséges forgácsoló sebesség és fogásmélység számítása:

$$v_{c \text{ nagyolás}} = \frac{d \cdot \pi \cdot n}{1000} = \frac{65,95 \cdot \pi \cdot 887}{1000} \cong 184 \frac{m}{min}$$

$$a_p = \phi 65,81 \rightarrow \phi 65,95 \text{ így } a_p = 0,07 \text{ mm}$$

Simításhoz szükséges adatok számítása:

$$v_{c \text{ simítás}} = \frac{d \cdot \pi \cdot n}{1000} = \frac{66,017 \cdot \pi \cdot 747}{1000} \cong 155 \frac{m}{min}$$

$$a_p = \phi 65,95 \rightarrow \phi 66,017 \quad \text{így}$$

$$a_p = 0,0335 \text{ mm}$$

Gépi idő, meghatározása furatesztergálásra

A rendelkezésre álló adatok alapján meghatározható a gépi főidő mindkét műveletre, amely szükséges lesz a további számításaink során.

$$\text{Nagyolási gépi főidő} \quad T_{\text{gépi,nagyolás}} = \frac{L_4}{f \cdot n_w} = \frac{34,16}{0,24 \cdot 887} = 0,16 \text{ min}$$

$$\text{Simítási gépi főidő} \quad T_{\text{gépi,simítás}} = \frac{L_4}{f \cdot n_w} = \frac{34,16}{0,16 \cdot 747} = 0,286 \text{ min}$$

$$\text{Összesített gépi főidő} \quad T_{\text{gépi},\Sigma} = T_{\text{gépi,nagyolás}} + T_{\text{gépi,simítás}} = \mathbf{0,446 \text{ min} = 26,76 \text{ sec}}$$

Alapidő és darabidő meghatározása

$$\text{Alap idő:} \quad T_{\text{alap}} = T_{\text{gépi},\Sigma} + T_{\text{csere}} + T_{\text{egyéb}} = 0,446 \text{ min} + 0,2 = 0,646 \text{ min}$$

$$\text{Csereidő a mért értékek alapján} \rightarrow T_{\text{csere}} \approx 0,2 \text{ min}$$

$$\text{Egyéb időt 0-ának vesszük} \rightarrow T_{\text{egyéb}} = 0$$

$$\text{Darab idő:} \quad T_{\text{darab}} = T_{\text{alap}} + T_{\text{pótlék}} = 0,646 \text{ min} + 0,1292 \text{ min} = 0,775 \text{ min}$$

$$T_{\text{pótlék}} = 0,2 \cdot T_{\text{alap}} = 0,1292 \text{ min}$$

Műveleti idő meghatározása

$T_{\text{elők}} = 35 \text{ min}$ Meo elsődarabos ellenőrzés megnöveli az előkészítési időt
 $n = 360 \text{ db}$ sorozatszám

$$T_{\text{műveleti}} = \frac{T_{\text{előkészületi}}}{n} + T_{\text{darab}}$$

$$T_{\text{műveleti}} = 0,0972 + 0,775 \text{ min} = \mathbf{0,8724 \text{ min} = 52,34 \text{ sec}}$$

A keménysztergálásra számított időket a 3.2-es táblázatban összegeztük.

3.2. táblázat
Keménysztergálás idői

T _{gépi} min		T _{csere, egyéb} min	T _{alap} min	T _{darab} min	T _{elők} min	T _{műveleti} min
külön	összesen					
N:0,16 S:0,286	0,446	0,2	0,646	0,775	35	0,8724

A keménysztergálásra vonatkozó hatékonysági mutatók a 3.3-as táblázatban kerültek meghatározásra.

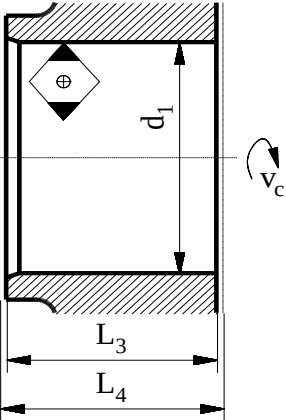
3.3 táblázat
Keménysztergálásra számított jellemzők

Számított jellemzők	Képlet	Eredmények
Anyagleválasztási sebesség gyakorlati értéke	$Q_{wp} = \frac{d_1 \cdot \pi \cdot L_3 \cdot Z}{t_{m,kem} \cdot 60}$	$Q_{wp} = \frac{66,017 \text{ mm} \cdot \pi \cdot 32,16 \text{ mm} \cdot 0,1035 \text{ mm}}{0,8724 \text{ min} \cdot 60} = 13,2 \text{ mm}^3/\text{sec}$
A felületképzési sebesség gyakorlati értéke	$A_{wp} = \frac{d_1 \cdot \pi \cdot L_3}{t_{m,kem} \cdot 60}$	$A_{wp} = \frac{66,017 \text{ mm} \cdot \pi \cdot 32,16 \text{ mm}}{0,8724 \text{ min} \cdot 60} = 127,4 \text{ mm}^2/\text{sec}$

A kombinált eljárás műveletek kidolgozása

A kombinált eljárás első lépése a nagyolási ráhagyás eltávolítása keménysztergálással. A művelet technológiai paraméterei és a szükséges geometriai adatok a 3.4-es táblázatban olvashatóak.

3.4. táblázat
Keménysztergálás geometriai és technológiai adatai

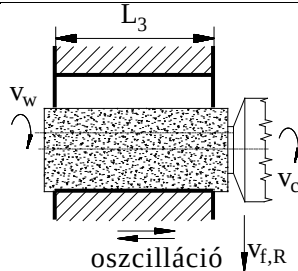
Vázlat	d_1 mm	L_3 mm	L_4 mm	v_c m/min	n_w 1/min	a_p mm	f mm/ford.
	65,98	32,16	34,16	180	N:869	0,085	0,24

Munkadarab fordulatszám és a fogásmélység számítása:

$$n_w = \frac{1000 \cdot v_c}{d_1 \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 180}{65,98 \cdot \pi} = 869/\text{min} \quad a_p = \phi 65,81 \rightarrow \phi 65,98 \text{ így } a_p = 0,085 \text{ mm}$$

Kombinált eljárás során a keménysztergálást követően köszörüléskor szinte már csak az előző eljárás által létrehozott felületi érdességet távolítjuk el. Az eljárás akkor a leghatékonyabb, ha a lehető legkevesebb ráhagyást távolítjuk el, amellyel még biztosítható az előírt felületi minőség és felületi topográfia. A szükséges technológiai adatok és geometriai méretek a 3.5-ös táblázatban találhatóak.

3.5. táblázat
Köszörülés geometriai és technológiai adatai

Jelölés	Vázlat	d_1 mm	L_3 mm	v_c m/s	v_w m/min	n_w 1/min	n_k 1/min	t_{kisz} s	$v_{f,R}$ mm/min	$a_e=Z_x$ mm sugár	$Z_{össz}$ mm sugár	L_o mm	v_o mm/min
		66,017	32,16	40	77,77	375	11572	6	0,2 0,18 0,08	0,007 0,006 0,002	0,015	4	600 600 600

Levegőköszörülés ráhagyása sugárirányban: $Z_\ell=0,5$ mm,

Levegőköszörülés beszúró sebességei: $v_{f,R,L1}=5\text{mm/min}$, $v_{f,R,L2}=2\text{mm/min}$, átlagosan $v_{f,R,LA}=3,5\text{ mm/min}=0,058\text{ mm/s}$

Munkadarab fordulatszámának és a köszörűkorong forgácsolási sebességének meghatározása:

$$v_w = \frac{d \cdot \pi \cdot n}{1000} = \frac{66,017 \cdot \pi \cdot 375}{1000} = 77,77 \frac{\text{m}}{\text{min}} \quad n_k = \frac{1000 \cdot v_c}{d_1 \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 2400}{66,017 \cdot \pi} = 11572 \text{ 1/min}$$

Fogásmélység meghatározása: $Z=\emptyset 65,98 \rightarrow 66,017$ $a_{e,össz}=0,0185\text{mm}$

Gépi idő, meghatározása kombinált eljárásra

Keményesztergálás gépi ideje:

$$T_{g\acute{e}pi,N_1} = \frac{L_4}{f \cdot n_w} = \frac{34,16}{0,24 \cdot 869} = 0,164 \text{ min}$$

Köszörülés gépi ideje:

$$\text{Nagyolási szakasz: } T_{g\acute{e}pi,N_2} = \frac{Z_{leveg\acute{o}}}{V_{f,R,LA}} + \frac{Z_1}{V_{f,R,1}}$$

$$= \frac{0,485}{0,058} + \frac{0,007}{0,0033} = 10,48 \text{ sec} = 0,175 \text{ min}$$

$$\text{Simítási szakasz: } T_{g\acute{e}pi,S} = \frac{Z_2}{V_{f,R,2}} + \frac{Z_3}{V_{f,R,3}} + t_{kisz} =$$

$$T_{g\acute{e}pi,S} = \frac{0,006}{0,003} + \frac{0,002}{0,0013} + 6 \text{ s} = 9,54 \text{ sec} = 0,158 \text{ min}$$

A köszörűkorong lehúzási idejét 10 mérés alapján átlagoltuk ki majd kiszámoltuk az egy darabra eső lehúzási időt.

Összesített gép főidő köszörülésre:

$$\Sigma T_{g\acute{e}pi \text{ kösz.}} = T_{g\acute{e}pi,N} + T_{g\acute{e}pi,S} = 0,175 + 0,158 = 0,334 \text{ min}$$

Kombinált eljárásra:

$$\Sigma T_{g\acute{e}pi,kombin \acute{a}lt} = T_{g\acute{e}pi,nagyol \acute{a}s} + T_{g\acute{e}pi,N} + T_{g\acute{e}pi,S}$$

$$\Sigma T_{g\acute{e}pi,kombin \acute{a}lt} = 0,164 + 0,334 \text{ min} = \mathbf{0,498 \text{ min} = 29,88 \text{ sec}}$$

Alapidő és darabidő meghatározása

Alap idő meghatározása:

$$T_{alap} = T_{g\acute{e}pi,\Sigma} + T_{csere} + T_{egy \acute{e}b} = 0,498 \text{ min} + 0,2 \text{ min} + 0,063 \text{ min} = 0,761 \text{ min}$$

$$\text{Csereidő a mért értékek alapján} \rightarrow T_{csere} \approx 0,2 \text{ min}$$

Egyéb időnek a köszörűkorong 1 darabra eső lehúzási idejét vettük, ami a mérések alapján $t_{kölehúzás/db} = 0,063 \text{ min}$: $T_{egy \acute{e}b} = 0,063 \text{ min}$

Darabidő meghatározása

$$T_{darab} = T_{alap} + T_{pótlék} = 0,761 \text{ min} + 0,1522 \text{ min} = 0,9132 \text{ min}$$

$$\text{Pótlék idő: } T_{pótlék} = 0,2 \cdot T_{alap} = 0,1522 \text{ min}$$

Műveleti idő meghatározása

$T_{elők}=35$ min Azonosan annyi, mint a keménysztergálási eljárásnál, mivel a két művelet megegyezik.

A sorozatszám is megegyezik: $n=360$ db.

$$T_{műveleti} = \frac{T_{előkészületi}}{n} + T_{darab} =$$

$$T_{műveleti} = 0,0972 \text{ min} + 0,91326 \text{ min} = \mathbf{1,0104 \text{ min} = 60,6 \text{ sec}}$$

3.6. táblázat
Kombinált eljárás időszükségletei

T _{gépi} min		T _{cseré, egyéb} min	T _{alap} min	T _{darab} min	T _{elők} min	T _{műveleti} min
külön	összesen					
N ₁ :0,164 N ₂ :0,175 S:0,158	0,498	0,2	0,761	0,9132	35	1,0104

A kombinált eljárásra meghatározott időszükségletek a 3.6-os táblázatban olvashatóak. Kombinált eljárás hatékonysági mutatóinak meghatározása a 3.7 táblázatban található.

3.7. táblázat
Kombinált eljárás hatékonysági mutatói

Számított jellemzők	Képlet	Eredmények
Anyagleválasztási sebesség gyakorlati értéke	$Q_{wp} = \frac{d_1 \cdot \pi \cdot L_3 \cdot Z}{t_{m, kom} \cdot 60}$	$Q_{wp} = \frac{66,017 \text{ mm} \cdot \pi \cdot 32,16 \text{ mm} \cdot 0,1035 \text{ mm}}{1,0104 \text{ min} \cdot 60} = \mathbf{11,39 \text{ mm}^3/\text{sec}}$
A felületképzési sebesség gyakorlati értéke	$A_{wp} = \frac{d_1 \cdot \pi \cdot L_3}{t_{m, kom} \cdot 60}$	$A_{wp} = \frac{66,017 \text{ mm} \cdot \pi \cdot 32,16 \text{ mm}}{1,0104 \text{ min} \cdot 60} = \mathbf{110 \text{ mm}^2/\text{sec}}$

A számított értékeket a 3.8-as táblázatban összegeztük.

3.8. táblázat
Vizsgálati eredmények

	Keményesztergálás	Kombinált eljárás
Q_{wp} [mm³/sec]	13,2	11,39
A_{wp} [mm²/sec]	127,44	110

4. Kapott eredmények kiértékelése

A számítások során használt technológiai paraméterek mind a ZF Hungária Kft.-nél használt megmunkáló programokból kerültek feldolgozásra. A számított jellemzők minden esetben csupán a fogaskerék furatának a megmunkálására vonatkoznak.

A műveleti idők alakulása

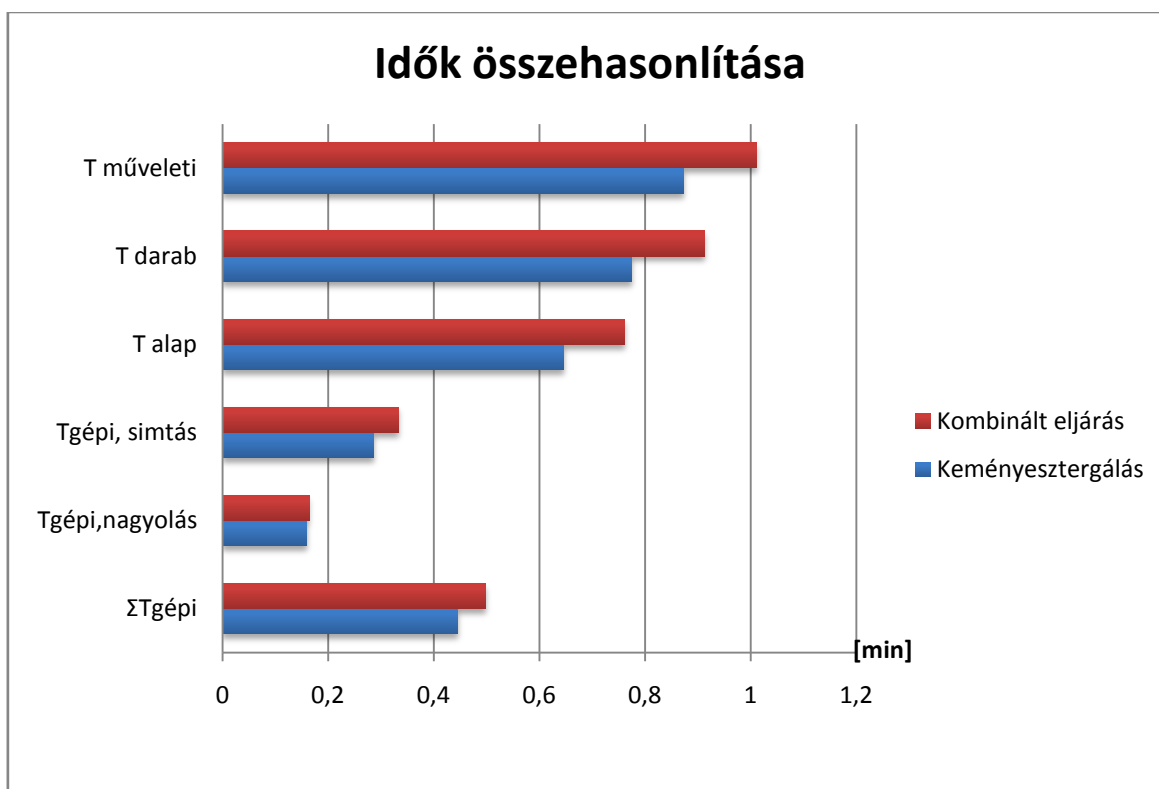
A számításokat a műveleti idők alapján végeztük el, így ezeknek az összehasonlítását százalékosan is feltüntettük a 4.1-es táblázatban. A kapott eredmények alapján az állapítható meg, hogy a kombinált eljárás időszükséglete több mint a keménysztergálásnak. A kombinált eljárás a műveleti idő alapján ~16%-al több időt vesz igénybe.

Ennek az eredménynek az oka abban kereshető, hogy a köszörülési eljárás időigényesebb, mint egy esztergálás. Köszörüléskor a tényleges megmunkálás időtartama, amelyben anyagleválasztás történik, jóval kisebb hányadot tesz, ki mint a mellékidők. A 4.1-es ábrán felsorolt alapidő, darabidő is követi a műveleti időnél látható tendenciát miszerint a kombinált eljárás időszükségletei nagyobbak.

Az ábráról leolvasható még hogy a nagyolás gépi ideje szinte megegyezik a két eljárásnál, viszont a simításnál már jelentkezik az előbbieken említett köszörülés időtöbblete.

4.1. táblázat
Műveleti idők összehasonlítása

	<i>Keménysztergálás</i>	<i>Kombinált eljárás</i>
$\Sigma T_{\text{műveleti}}$ [min]	100%	115,82%

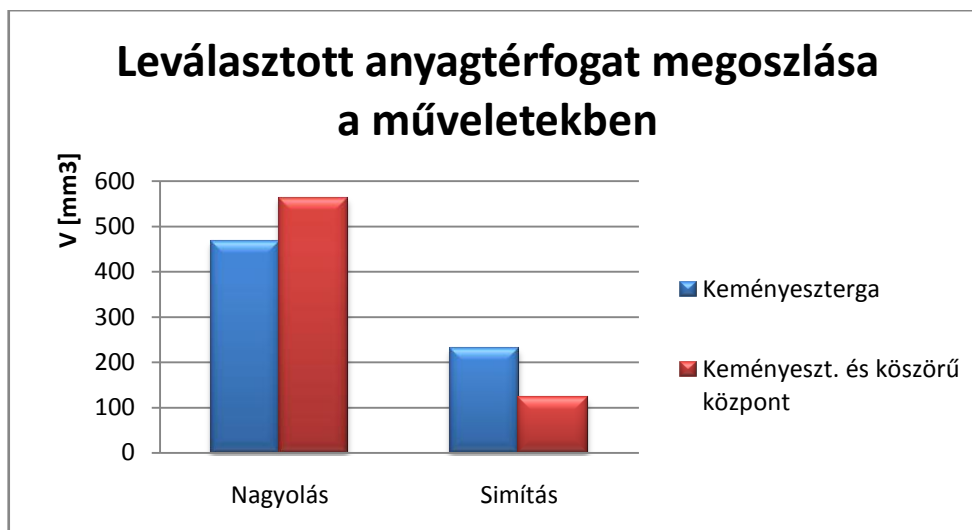


Két eljárás időszükségleteinek összehasonlítása

4.1. ábra

Leválasztott anyagtérfogat alakulása

Az 4.2-es ábráról leolvasható hogy a kombinált eljárás során a leválasztott anyagtérfogat jelentősen különbözik. Nagyolásnál közel 5x-ös mennyiséget választunk le a köszörüléshez képest, és ha a keménysztergálási simításhoz viszonyítjuk, akkor pedig közele fele, tulajdonképpen ekkor csak a meglévő érdességet munkáljuk meg. Köszörüléskor cél a lehető legkevesebb anyagleválasztása a legkevesebb ráhagyás mellett. Minél kevesebb anyagot választunk le úgy a megmunkálás ideje is rövidebb, ami számos előnnyel jár.



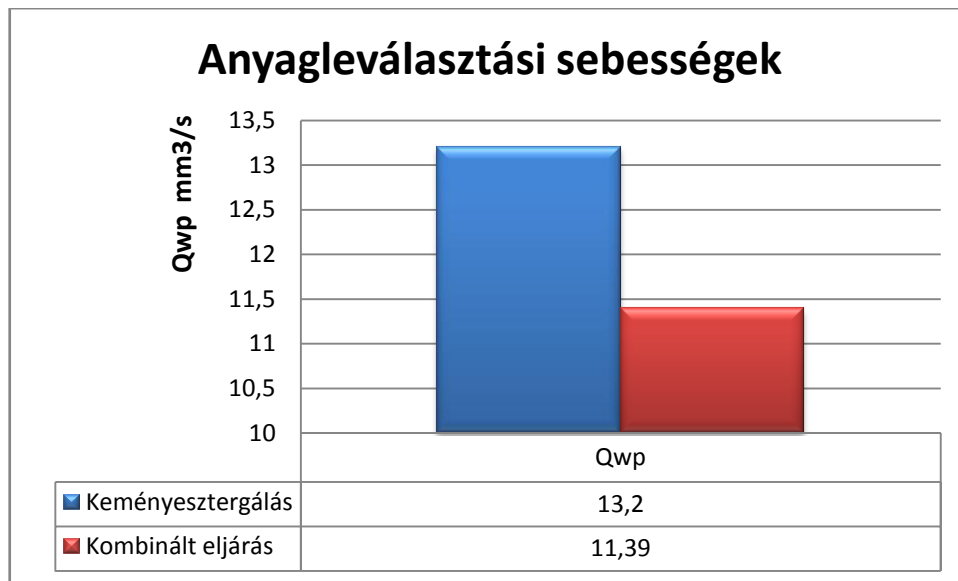
Leválasztott anyagterfogat

4.2. ábra

Hatékonysági mutatók kiértékelése

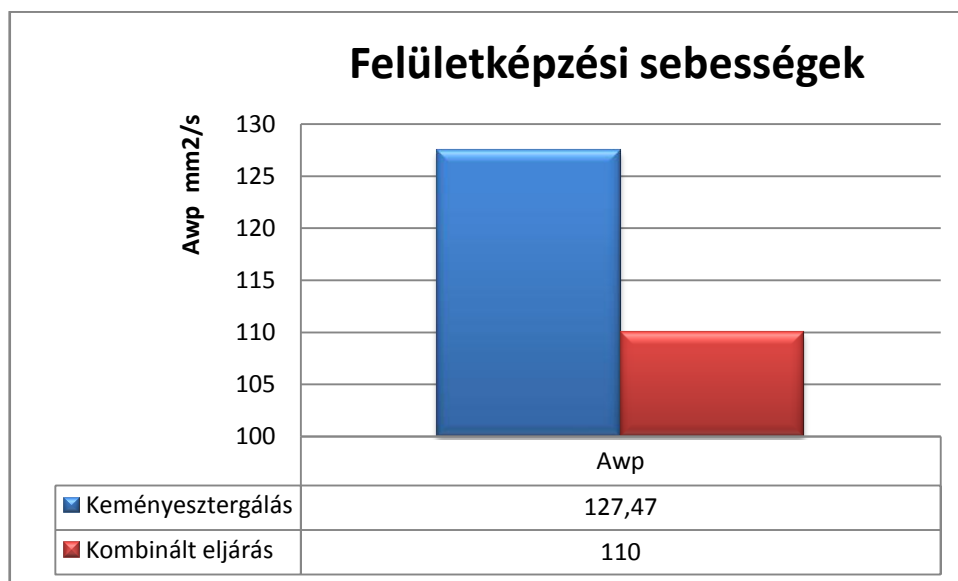
Az anyagleválasztási és a felületképzési sebesség gyakorlati értékét számítottuk ki, mivel ezek jóval pontosabbak és figyelembe veszik a megmunkálások időszükségleteit. A számított értékeket a 4.3-as és 4.4-es ábrán tüntettük fel.

Olyan kiélezett gyártási technológia esetében, mint a vizsgált munkadarab esetén, amely csoporttechnológia elvén kerül legyártásra, a ráhagyások mértéke, a technológia paraméterek mind azt a célt szolgálják, hogy a darab gyártása minél gazdaságosabban, és minél rövidebb idő alatt menjen végbe. Keménymegmunkálások esetén, amelyek már a finom megmunkálásokba sorolandók egészen kis ráhagyásokkal dolgozunk.



Anyagleválasztási sebességek alakulása

4.3. ábra



Felületképzési sebességek

4.4. ábra

A felületképzési sebességek és az anyagleválasztási sebességek esetén megállapítható hogy az eltérések nem számottevőek 15%-al hatékonyabbnak bizonyul a keményszertergálás, tehát a kombinált eljárás hatékonysági mutatóival nagyságrendben megegyeznek. A keményszertergálás bár hatékonyabb eljárás az anyagleválasztási sebesség és a felületképzési sebességek alapján viszont nem minden esetben használható befejező megmunkálásként.

Mivel a vizsgált munkadarab egy futókerék és a furata a tűgörgős csapágyazás külső gyűrűjeként szolgál így az esztergálás nem használható befejezési műveletként.

Esztergálás során az alkalmazott előtolás hatására barázdáltság jelentkezik a felületen, ami egy mikro menetként is tekinthető. A vizsgált munkadarabnál normál üzemi környezetben akár a tűgörgők berágódásához is vezethetne. Napjainkban a legkézenfekvőbb megoldás és egyben még a leggazdaságosabb is, ha ilyen esetben befejező műveletként köszörülést alkalmazunk. Abban az esetben, ha a köszörülést egy másik gépen egy új felfogásban végezzük, ami régen egyetlen megoldásként szolgált, számolnunk kellett az újbóli felfogásból eredő hibákkal.

A kombinált eljárás megjelenésével lehetőségünk adódott, hogy mindezt egy felfogásban megszüntessük, és egy viszonylag egyetlen szabályosságot kevésbé követő felületet állíthassunk elő.

A fentiek alapján elmondható hogy a kombinált eljárás annak ellenére, hogy hatékonyság alapján rosszabb eredményeket mutatnak, használata sok előnnyel jár:

- komplett megmunkálást eredményez egy felfogásban, nincs új felfogás, ezzel kiküszöbölhető az újbóli felfogás esetén esetleges jelentkező hiba.
- magasabb munkadarab minőség és nagyobb termelékenység
- kevesebb köszörű iszap → környezetkímélőbb továbbá kevesebb a keletkezett hulladékkezelési költség
- csökkenek a mellékidők
- kedvezőbb felületi struktúrát eredményez.

Összefoglalás

Napjainkban a megmunkáló eljárásoknak egyre több előírásnak és komplex kritériumoknak kell megfelelniük, hogy általuk a kívánt funkcionális rendeltetésű gyártmány előállítható legyen. Így nem minden esetben elegendő egy megmunkáló eljárást alkalmazni befejező műveletként.

Keményfelületek megmunkálására köszörülést és keményesztergálást egyaránt alkalmaznak, így kézenfekvő megoldásnak tűnt e két eljárást együttesen alkalmazni.

Az eddigi vizsgálati eredmények már rávilágítottak az egyes eljárások előnyeire és hátrányaira. Jelenleg az újabb vizsgálatok már arra irányulnak, hogyan lehet e két eljárást együttesen alkalmazni úgy, hogy azok előnyös tulajdonságai minél jobban érvényesüljenek. A cél olyan eredmények felmutatása, amelyek közvetlenül átvihetők az iparba.

A TDK dolgozatomban keményesztergálást és kombinált eljárást felületképzési sebesség és az anyagleválasztási sebesség alapján hasonlítottam össze.

A vizsgálati eredmények alapján megállapítottam, hogy a keményesztergálás még mindig hatékonyabb eljárásnak bizonyul a rövidebb mellékidők folytán, viszont az eltérés nem számottevő.

A technológia további tökéletesítésével a kombinált eljárás hatékonysága egyre jobban megközelíti majd a keményesztergálás hatékonyságát, nagyságrendben viszont már most is megegyezik azzal.

Irodalomjegyzék

- [1] Rowe, W.B., Li, Y., Chen, X., Mills, B., 1997 - An intelligent multi-agent approach for selection of grinding conditions, Annals of the CRIP, 46/1: 233.238
- [2] Gopal, A.V., Rao, P.V. - 2003, Selection of optimum conditions for maximum material removal rate with surface finish and damage as constraints in Sic Grinding, International Journal of Machine Tools and Manufacture, 43/13:1327-1336
- [3] Forgácsolási Műszaki Kézikönyv, AB Sandvik Coromant SE-811 Sandviken, Sweden, 2010, p. H9
- [4] Internet:
http://www.dldh.hu/kutatas---fejlesztes/temaink/ultrapreciziosmegmunkala/nagy_pontossagu-kemenyesz/eljaras
20.11.10.13
- [5] Dr. Mészáros Imre, Farkas Balázs Zsolt, Keszenheimer Attila -
Új élgeometria fejlődése PCBN szerszámokra Nemzetközi részvételű GTE konferencia Gyártás 2010. október 20-21. Budapest
- [6] Ján Békés - A fémforgácsolás tervezése Műszaki tankönyvkiadó 1984
- [7] Szabó Gergely - XIII. Fiatal műszakiak Tudományos Ülésszaka Kolozsvár, 2008. március 14-15
- [8] J. Kundrák, K. Gyáni, I. Deszpoth - Comparison and combination of hard turning with abrasive procedures, Acta Mechnaica Slovaca, 4-A/2008, pp.3-8, 2008, (ISSN 1335-2393)
- [9] C. W. Wegst - Stahlschlüssel Herausgabe und Vertrieb 1998
- [10] SMW Autoblock corporation - SMW katalógus
- [11] Sandvik Coromant szerszámkatalógus
- [12] Mitsubishi szerszámkatalógus
- [13] Internet:
<http://www.ceeindustrial.com/public/data/companyCatalogue1213974203.pdf>
2011.10.22
- [14] EMAG VSC 250 DS Gépkönyv