



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Anyagok és Technológiák Doktori Iskola

A geometriai tűrésezés és a gyártási képességek vizsgálata korszerű szerszámananyagokban

**Féléves kutatási
beszámoló (2. félév)**

2025.01.23

PhD hallgató neve:
Ráczai Viktor

Témavezető:
Dr. Mikó Balázs
egyetemi docens

Kutatás jelentősége és aktualitása

Korszerű **szerszámanyagok** és nehezen forgácsolható **ötvözetek** esetén egyre nagyobb az ipar igénye a szoros tűréssel ellátott geometriák forgácsolással történő gyártására.

A szerszámacélok olyan acélféleségek, amelyeket más fémes és nem fémes anyagok megmunkálására fejlesztettek ki. Karbontartalmukat és egyéb ötvözőtartalmukat a szerszámot érő igénybevételek határozzák meg.

Megmunkálási technológiák szerinti csoportosítás:

- hidegalakításra (1.2601, **1.2379**, **1.2842**),
- melegalakításra és fémöntésre (1.2365, 1.2714),
- forgácsolásra (1.3348, 1.3330)
- műanyagalakításra alkalmas acélok (1.2083, 1.4112).



Lyukasztó bélyeg



Hosszlyuk kivágó bélyeg és matrica




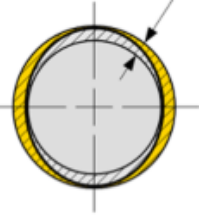

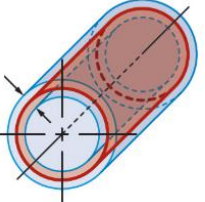
Fröccsöntő szerszám

Kutatás jelentősége és aktualitása

A gyártási eltérés szerves része a gyártásnak, viszont törekedni kell a méreteik minimalizálására.

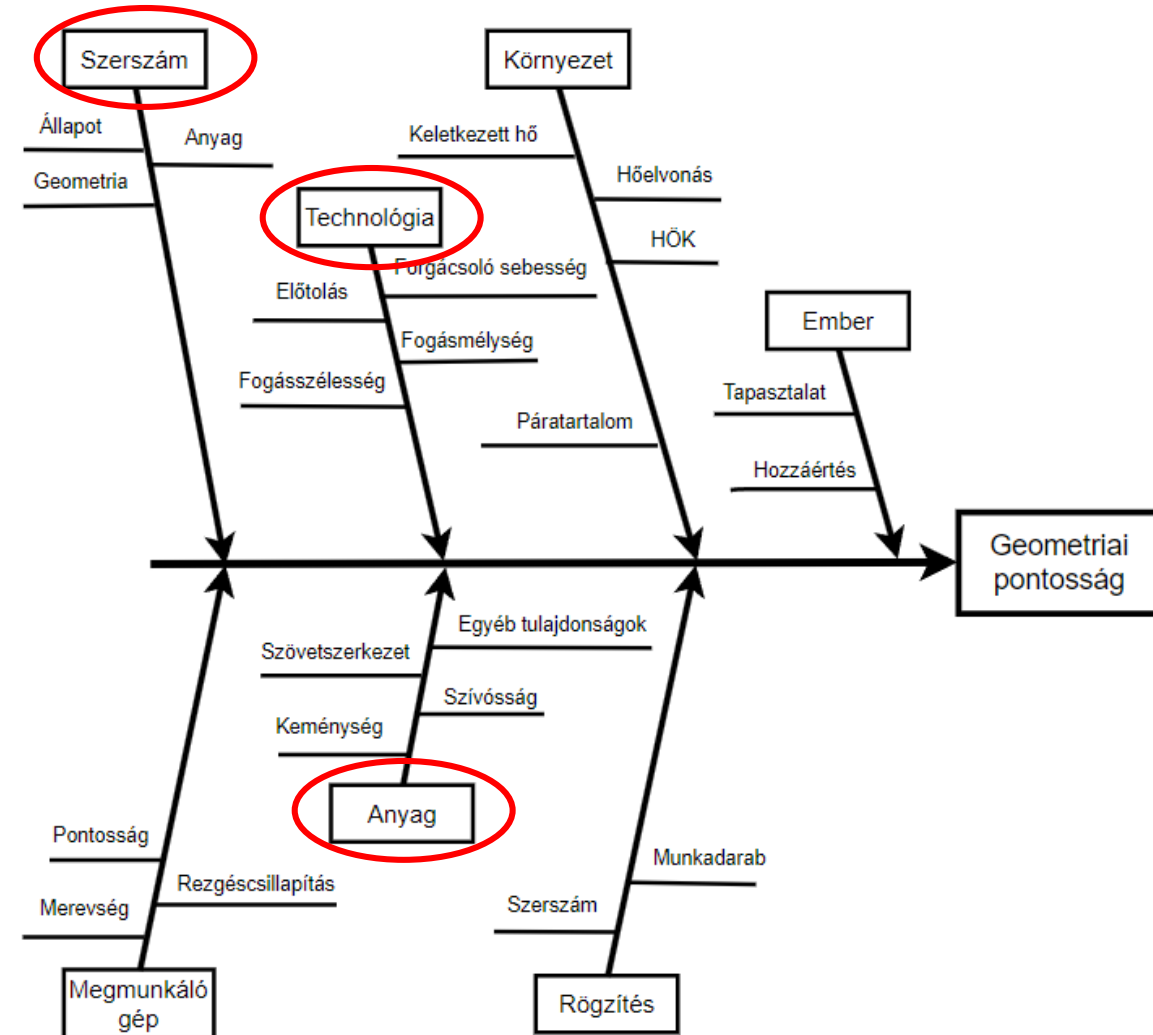
Kutatásaimnál vizsgált gyártási hibák megjelenési formái:

- **Mérethiba** (ISO 286:2010)
- **Geometriai hiba** (ISO 1101:2017)
 - Köralak hiba
 - Hengeresség
- **Felületi érdesség** (ISO 21920:2021)

Rajzjel:	Értelmezés:
	
	

Kutatási célok, azok jelentősége, aktualitása a tudományágon belül

Doktori kutatásom célja:
 Szerszámacélok megmunkálásánál kideríteni,
 hogy a folyamat paramétereit és a felület
 jellemzőit, hogyan befolyásolják a keletkező
 felület makropontosságát.



Kutatási célok, azok jelentősége, aktualitása a tudományágon belül

A kutatás kiterjed a geometriai hibák koordinátamérési technikákon alapuló vizsgálatára (CMM), valamint a mérési folyamat paramétereinek vizsgálatára (a kiértékelés matematikai módszerei, pontfelvételi stratégiák) és optimalizálására is.

Kutatás végső célja:

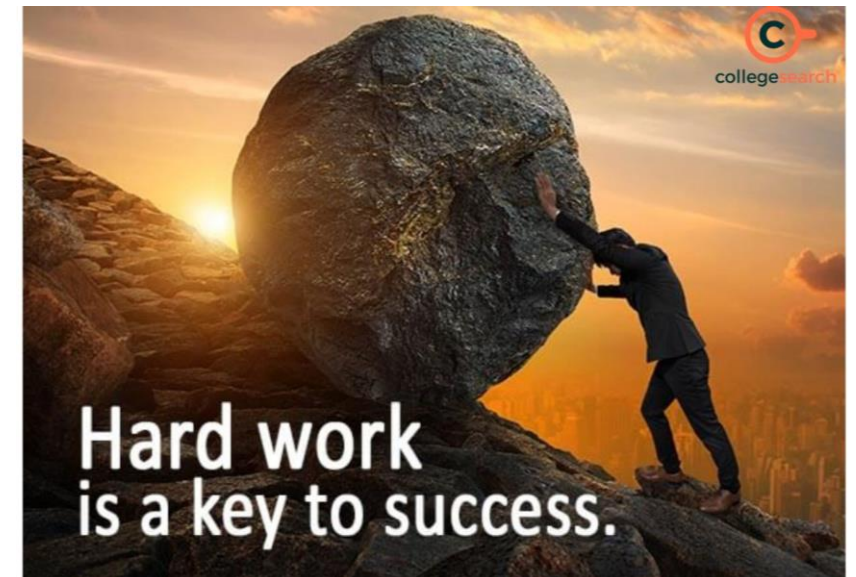
Olyan modell létrehozása (ANN), amely a megmunkálási körülményeket figyelembe véve képes megjósolni a forgácsoló megmunkálás során keletkező felület geometriai hibáját.



Doktori képzés II. félévében végzett feladatok

A II. féléves munkám öt témakör köré csoportosítható:

- megmunkáló gépek és mérőeszközök megismerése, használatuk elsajátítása
- kísérletek megtervezése, előkészítése és elvégzése
- eredmények feldolgozása
- irodalomkutatás
- kutatási eredmények publikálása



Doktori képzés II. félévében végzett feladatok

II. Félévben használt megmunkáló gépek és mérőeszközök

- Mahr MarSurf GD 120 érdességmérő
- Mazak Nexus 410A-II CNC marógép
- Elbo Controlli Hathor lézeres szerszámbemérő
- Kistler 9257B Háromkoordinátás piezzo elektromos erőmérő
- Mitutoyo CRYSTA-Apex V544 koordináta mérőgép



Doktori képzés II. félévében végzett feladatok

#0 kísérlet célja:

A további kísérleteknél alkalmazott előkészítési technológia meghatározása.

A kísérlet megtervezése, előkészítése és elvégzése:

- Alapanyagok kiválasztása
- Csiszolat készítés
- Keménységmérés
- Előgyártmány megtervezése
- Előgyártmány legyártása
- Kísérlet megtervezése
- Kísérlet elvégzése (erőmérés)
- Mérési vizsgálatok megtervezése
- Mérési vizsgálatok elvégzése (koordináta-, érdességmérés)
- Mérési adatok rendszerezése és feldolgozása

#0 kísérlet	
Alapanyag előkészítése	
Kísérleti eszközök előkészítése (gép, készülék, mérőeszköz, stb.)	
Kísérlet végrehajtása	
Kísérletet követő mérések elvégzése (koordináta-, érdesség mérés, stb.)	
Adatok összegzése	
Adatelemzés	
Következtetések	
Publikálás	

Alkalmazott anyag: C45 (1.0503): Általános rendeltetésű, ötvözetlen, szerkezeti nemesíthető szénacél

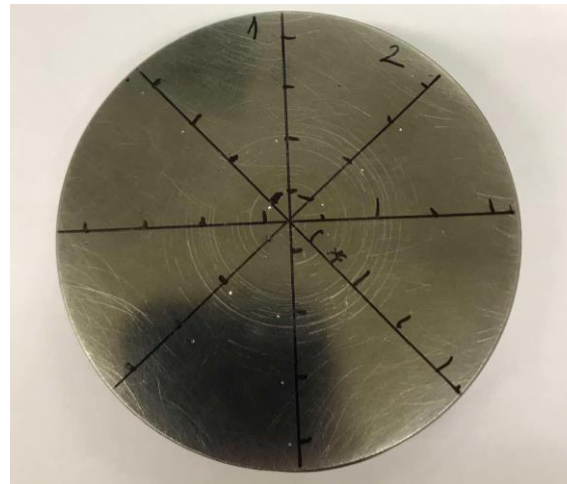
Csiszolat készítés és keménységmérés

1.0503-as szénacélon nemesítési hőkezelést végeztek. Az ábrákon látható, hogy a szulfidok finom eloszlásúak az alapanyagban, azonban az alapanyag zárványoktól nem mentes, de relatív egyenletes eloszlásúak.

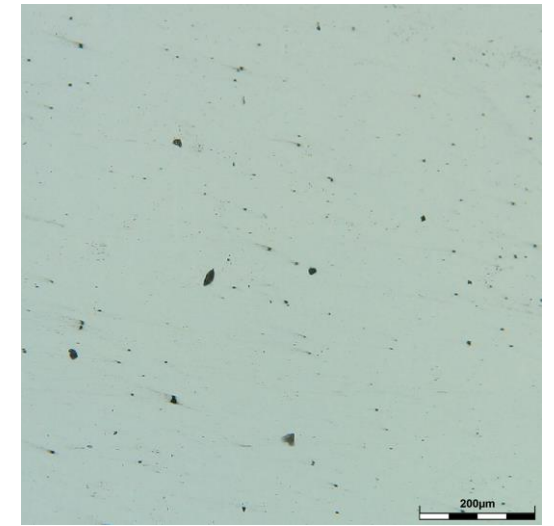
Vickers keménységmérés:

- 32 db mérési pont
- felcsiszolt felület

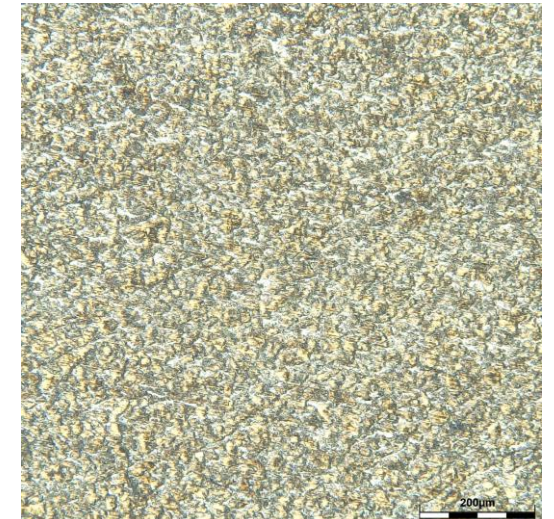
Az 1.0503-as mintadarab átlagos keménysége HV30 $185 \pm 7,3$ ($\sigma=3,65$). A kapott értékek alapján megállapítható, hogy az acél normalizált állapotban van.



1.0503-as szénacél keménységmérés pozíciói



1.0503-as szénacél 300-szoros nagyítású mikroszkópi képe



1.0503-as maratott szénacél 300-szoros nagyítású mikroszkópi képe

Előgyártmány és kísérlet megtervezése

Előgyártmány:

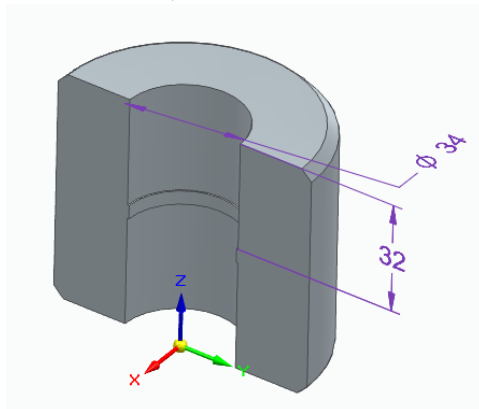
- C45 Ø80-as hengerelt rúd
- Nagyolás E400-as egyetemes esztergagépen
- Elősimítás: MAZAK SQT 10 MS (CNC megmunkálóközpont)
- Legyártás két felfogásból

Kísérlet:

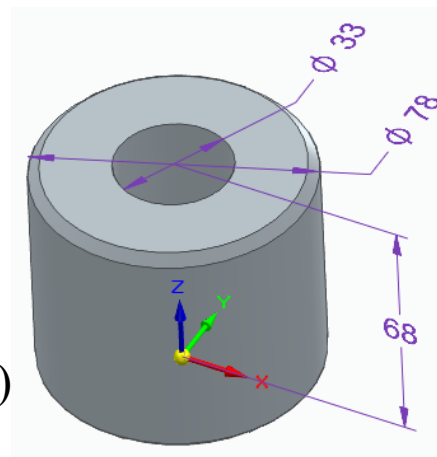
- 3 forgácsolási eljárás:
esztergálás, kiesztergálás és marás
- 6 mdb → 9+3 kísérlet (Taguchi)
- Nc programok tesztelése műfában (Necuron 651)



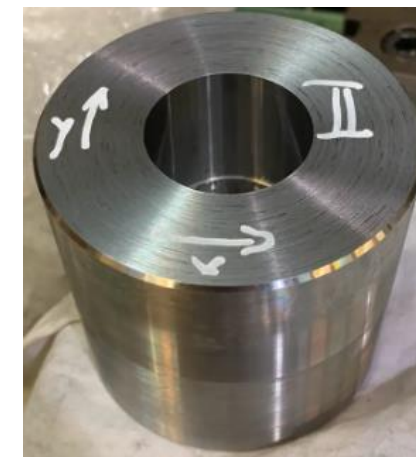
Műfába végzett előkísérlet



Kísérlet során készített méretek



Előgyártmány geometriai méretei



Kiesztergálással készített mdb

No.	Forg. Eljárás	Vc [m/min]	Fz [mm]
1	Esztergálás	180	0,05
2	Esztergálás	200	0,1
3	Esztergálás	220	0,15
2/2	Esztergálás	200	0,1
4	Kiesztergálás	180	0,1
5	Kiesztergálás	200	0,15
6	Kiesztergálás	220	0,05
5/2	Kiesztergálás	200	0,15
7	Marás	180	0,15
8	Marás	200	0,05
9	Marás	220	0,1
8/2	Marás	200	0,05

Kísérlet elvégzése

Kísérlet:

A forgácsolási eljárások összehasonlíthatósága érdekében az **anyagkihozatali tényező** (V' [cm^3/min]) egyenlő volt.

- Esztergálás

- Megmunkálógép: MAZAK SQT 10 MS
- Lapka: DCMT11T304-MP4-WPP20G

- Kiesztergálás

- Megmunkálógép: MAZAK Nexus 410A-II
- Lapka: TCMT06T104-FP4
- Szerszám: B4030G. T28. 33-41.Z



B4030G. T28. 33-41.Z

- Marás

- Megmunkálógép: MAZAK Nexus 410A-II
- Szerszám: H4021017-20
- Marási technológia: hagyományos
- a_p : 16 mm
- Szerszám fogainak ütés vizsgálata a kísérlet előtt



Kész munkadarab esztergálás után

Kész munkadarab kiesztergálás után



Kész munkadarab marás után

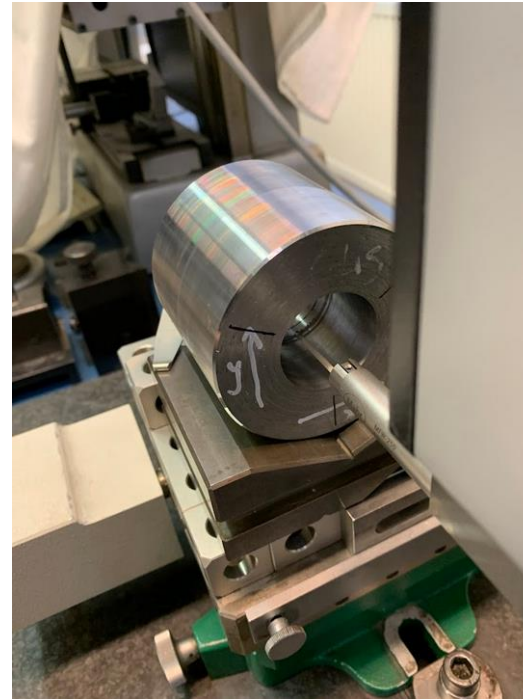


Szerszám fogainak radiális eltérés vizsgálata

Mérési vizsgálatok megtervezése és elvégzése

Mérési folyamatok:

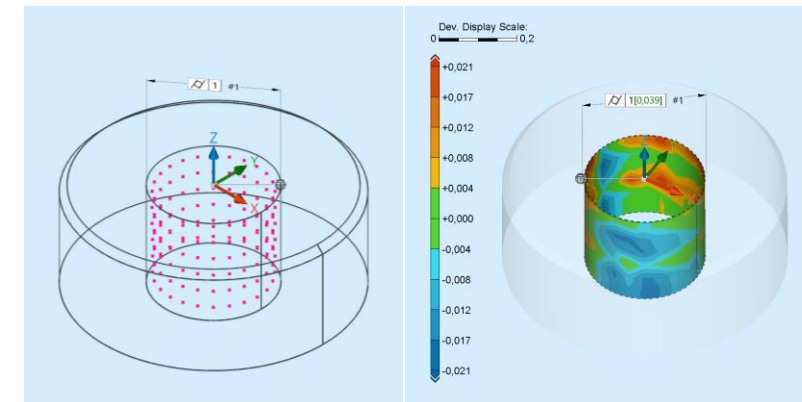
- **Erőmérés**
 - Mérőgép: Kistler 9257B
 - X, Y, Z irányú erők mérése és rögzítése
- **Koordinátamérés**
 - Mérőgép: Mitutoyo CRYSTA-Apex V544
 - **Körköröség** 6 szinten (h: 2, 7, 12, 17, 22, 27 mm), szintenként 24 pontból
 - **Hengeresség** 144 pontból
 - Kompenzálatlan és kompenzált mérés
 - Mérések ismétlése 38°-os mdb forgatással
 - Automatizált mérés (koordinátarendszer korrigálása)
 - Kiértékelés a mérőgép és Kotem szoftver alkalmazásával
- **Érdességmérés**
 - Mérőgép: Mahr MarSurf GD 120
 - 3 beállítási szögben (0°, 120°, 240°), felfogáson belül 3 vontatási hosszon (0, 9, 18 mm)
 - Ra, Rz, Rt, Rp, Rsk, Rku mérése



Munkadarab érdességének mérése érdességmérőgépen



Munkadarab pontosságának vizsgálata koordinátamérő gépen



Munkadarab pontosságának vizsgálata Kotem szoftverben

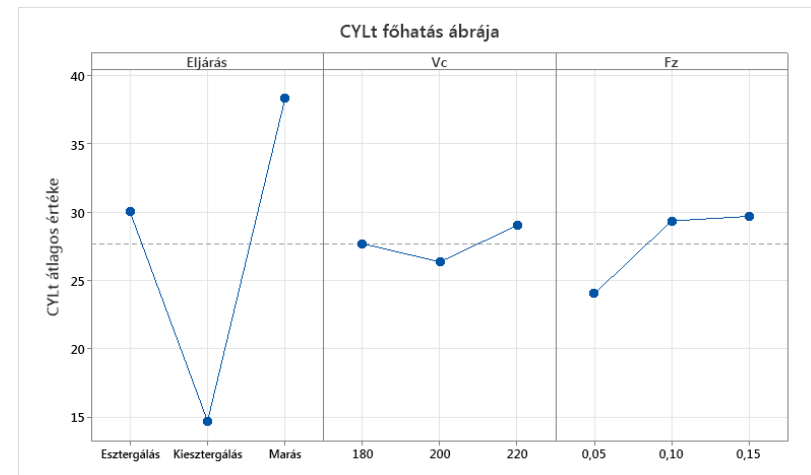
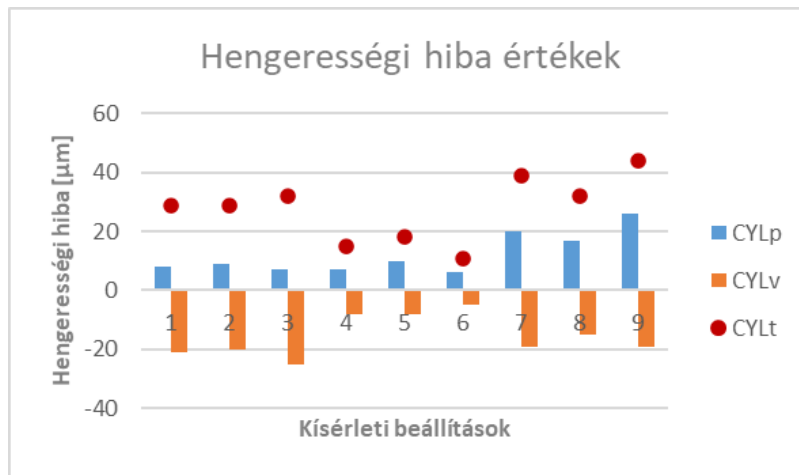
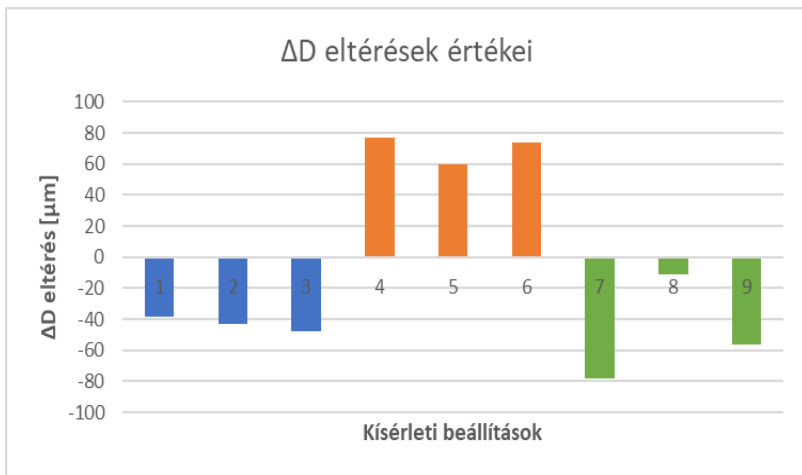
Mérési eredmények bemutatása

Mérési folyamán mért geometriai paraméterek:

- ΔD : elméleti átmérőtől való eltérés
- CYLt: a csúcs és a völgy közötti hengeresség eltérés
- CYLp: csúcs-referencia hengerességi eltérés
- CYLv: völgy-referencia hengerességi eltérés

Esztergálás					Kiesztorgálás					Marás				
No.	ΔD	CYLt	CYLp	CYLv	No.	ΔD	CYLt	CYLp	CYLv	No.	ΔD	CYLt	CYLp	CYLv
	[μm]	[μm]	[μm]	[μm]		[μm]	[μm]	[μm]	[μm]		[μm]	[μm]	[μm]	[μm]
1	-38	29	8	-21	4	77	15	7	-8	7	-78	39	20	-19
2	-43	29	9	-20	5	60	18	10	-8	8	-11	32	17	-15
3	-48	32	7	-25	6	74	11	6	-5	9	-56	44	26	-19

Kísérletnél mért értékek



ΔD elemzése:

- Kiesztorgálásnál $\Delta \bar{D}$ 67 μm (helytelen szerszámbeállítás)
- fz növelésével ΔD értéke javul

CYLt elemzése:

- Kiesztorgálás esetén a legkisebb
- v_c hatása kicsi
- fz növelése növeli CLYt értékét

CYLp elemzése:

- Kiesztorgálásnál és esztorgálásnál hasonló az eredmény
- Marásnál nagy az értéke
- v_c hatása kicsi
- fz növelése növeli CLYp értékét

CYLv elemzése:

- Kiesztorgálás esetén a legkedvezőbb
- Esztorgálás esetén a legkedvezőtlenebb
- v_c hatása kicsi
- fz növelése növeli CLYv értékét

Doktori képzés II. félévében végzett feladatok

#1 kísérlet célja:

Marásnál alkalmazható pályák vizsgálata.

A kísérlet megtervezése, előkészítése és elvégzése

- Alapanyagok kiválasztása
 - Csiszolat készítés
 - Keménységmérés
 - Előgyártmány megtervezése
 - Előgyártmány legyártása
 - Kísérlet megtervezése
 - Kísérlet elvégzése (erőmérés)
 - Mérési vizsgálatok megtervezése
 - Mérési vizsgálatok elvégzése (koordináta-, érdességmérés)
 - Mérési adatok rendszerezése és feldolgozása
- I. félévben elvégezve

Első kísérlet	
Alapanyag előkészítése	
Kísérleti eszközök előkészítése (gép, készülék, mérőeszköz, stb.)	
Kísérlet végrehajtása	
Kísérletet követő mérések elvégzése (koordináta-, érdesség mérés, stb.)	
Adatok összegzése	
Adatelemzés	
Következtetések	
Publikálás	

Alkalmazott anyagok:

1. acél (**1.0503**): Általános rendeltetésű, ötvözetlen, szerkezeti nemesíthető szénacél
2. acél (**1.2379**): Erősen ötvözött hidegalakító szerszámacél
3. acél (**1.2842**): Közepesen ötvözött hidegalakító szerszámacél

Előgyártmány és kísérlet megtervezése

Előgyártmány:

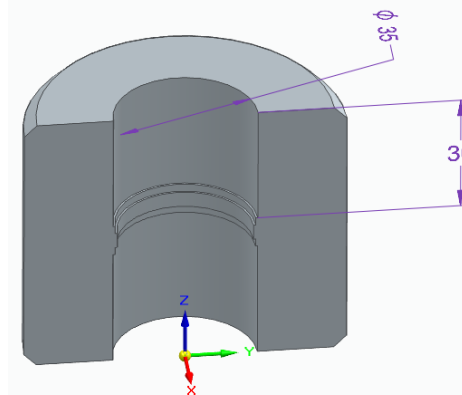
- Vizsgált anyagok: 1.0503 Ø80-as hengerelt rúd, 1.2379 Ø70-es húzott rúd, 1.2842 Ø60-as húzott rúd.
- Nagyolás E400-as egyetemes esztergagépen
- Elősimítás: MAZAK SQT 10 MS (CNC megmunkálóközpont)
- Legyártás két felfogásból
- 2. elősimítás: MAZAK Nexus 410A-II (CNC marógép)
- Kiesztergálás (B4030G. T28. 33-41.Z)

Kísérlet:

- Szerszám: MC230-10.0A4L-WK40TF
- 3 anyag és 3 stratégia alkalmazása
 - **hagyományos** (ap: 6mm),
 - **cirkuláris** (ap: 6mm),
 - **telibemaráss** (ap: 30 mm)
- Forgácsoló sebesség fix (vc: 230 m/min → n: 7321 1/min)
- 6 mdb → 9+3 kísérlet (Taguchi)
- Nc programok testelése műfában (Necuron 651)



MC230-10.0A4L-WK40TF



Kísérlet során készített
méretek



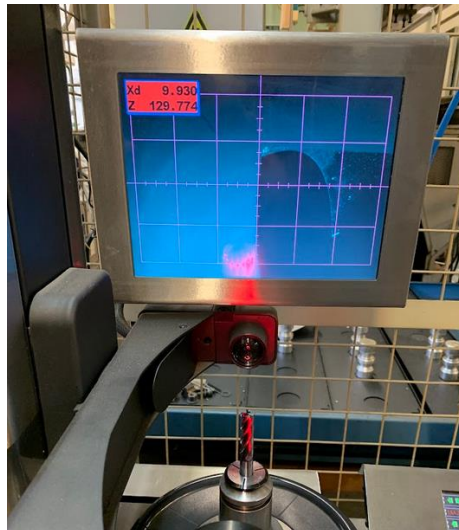
Kiesztergálással készített mdb

No.	Anyag	Stratégia	Fz [mm]
1	1.0503	Hagyományos	0,04
2	1.0503	Cirkuláris	0,08
3	1.0503	Egy fogásból	0,12
2/2	1.0503	Cirkuláris	0,08
4	1.2379	Hagyományos	0,08
5	1.2379	Cirkuláris	0,12
6	1.2379	Egy fogásból	0,04
5/2	1.2379	Egy fogásból	0,04
7	1.2842	Hagyományos	0,12
8	1.2842	Cirkuláris	0,04
9	1.2842	Egy fogásból	0,08
8/2	1.2842	Hagyományos	0,12

Kísérlet elvégzése

- Marás

- Megmunkálógép: MAZAK Nexus 410A-II
- Szerszám: MC230-10.0A4L-WK40TF
- Hidegsugoros szrk-be történő szerszám rögzítés
- Szerszám fogainak ütés vizsgálata a kísérlet előtt
- Árasztásos hűtés alkalmazása (MOL Emolin 420, 6%-os oldat) (hűtési rendszer hiba)
- Szerszám külső bemérése és állapot vizsgálata (Elbo Controlli Hathor)



Szerszám állapotának vizsgálata



Szerszám fogainak radiális eltérés vizsgálata

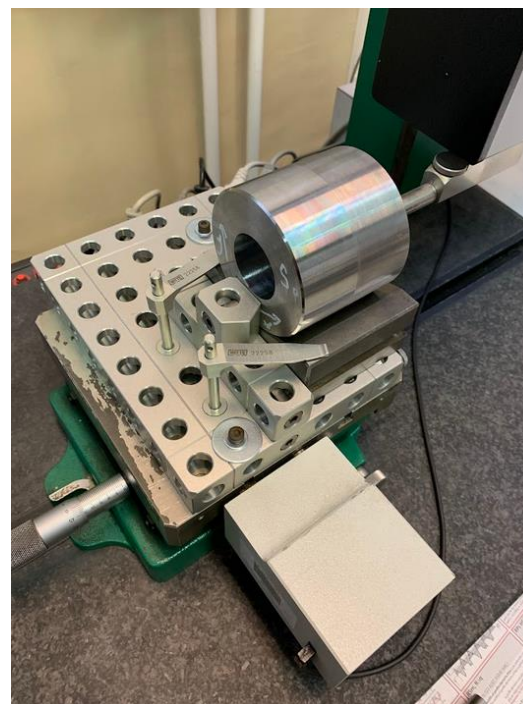


Kész munkadarab marás után (hagyományos stratégia)

Mérési vizsgálatok megtervezése és elvégzése

Mérési folyamatok:

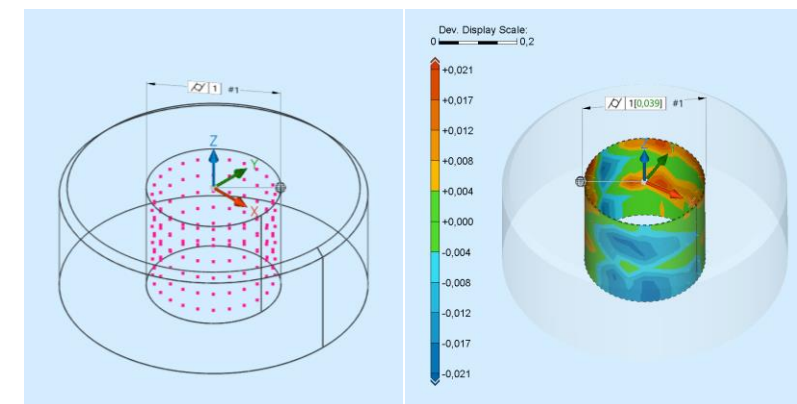
- **Erőmérés**
 - Mérőgép: Kistler 9257B
 - X, Y, Z irányú erők mérése és rögzítése
- **Koordinátamérés**
 - Mérőgép: Mitutoyo CRYSTA-Apex V544
 - **Körköröség** 6 szinten (h: 2, 7, 12, 17, 22, 27 mm), szintenként 24 pontból
 - **Hengeresség** 144 pontból
 - Kompenzálatlan és kompenzált mérés
 - Mérések ismétlése 38°-os mdb forgatással
 - Automatizált mérés (koordinátarendszer korrigálása)
 - Kiértékelés a mérőgép és Kotem szoftver alkalmazásával
- **Érdességmérés**
 - Mérőgép: Mahr MarSurf GD 120
 - 3 beállítási szögben (0°, 120°, 240°), felfogáson belül 3 vontatási hosszon (0, 9, 18 mm)
 - Ra, Rz, Rt, Rp, Rsk, Rku mérése



Munkadarab érdességének mérése érdességmérőgépen



Munkadarab pontosságának vizsgálata koordinátamérő gépen



Munkadarab pontosságának vizsgálata Kotem szoftverben

Az év során irodalomkutatást végeztem a témámmal összefüggésben, annak érdekében, hogy feltérképezsem milyen **szerszámanyagokat**-, milyen **forgácsolási stratégiákat** és milyen **geometriai tűréseket** vizsgálnak napjainkban világszerte a kutatók.

Eddig összegyűjtött cikkek száma a témakörben 83 db, melyek feldolgozása és a lista bővítése folyamatosan halad.

Cikkek keresése során használt kulcsszavak:

GD&T, GPS (Geometrical Product Specification), circularity, fine boring, end milling, metrology, tool steel, surface roughness, surface roundness, DIN 1.2379, DIN 1.2842, milling strategies, hole machining strategies, geometrical characteristics

A következő félévek kutatási iránya

- Irodalomkutatás folytatása és összegzése
- Forgácsolással végzett kutatások:
 - Szerszám geometria hatásának vizsgálata munkadarab hengeresség tűrésére
 - Cirkuláris bemerülési szög hatásának vizsgálata
 - Változó fogankénti előtolás (fz) hatásának vizsgálata cirkuláris pályán belül

Publikációk

- Sipos Sándor, Mészáros Béla, Ráczai Viktor, Mikó Balázs (2024) Az érdekesség-előállító képesség vizsgálata esztergálásnál. Bányai Közlemények 6(3):6-19
- Ráczai Viktor Gergely, Mikó Balázs: Furatmegmunkálási eljárások összehasonlító vizsgálata (2024), ESB 2024, (lektorálás alatt)

Felvett és teljesített tantárgyak

- Technológiai folyamattervezés (Dr. Mikó Balázs)
- Kísérletek tervezése és értékelése (Dr. Drégelyi-Kis Ágota)

Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar:

- CAD modellezés I. (BGXCM23BNF): 14 óra / hét
- CAD modellezés I. (BGXCM23BLF): 18 óra / félév
- Korszerű alkatrész gyártás és szerelés (BGXKA15BNE): 3 óra / hét
- Forgácsolás technológia alapjai (BGXFA13BLF): 12 óra / félév
- Forgácsoláskutatás (BGWFK16BNE): 0,5 óra / hét
- CAD technika (BGXCT95BNE): 4 óra / hét
- CAD technika (BGXCT95BLE): 12 óra / félév
- Virtuális technikák (BGWVT16BLE): 6 óra / félév

Egyéb:

- Projektmunka (BGPPM16BNE)
- Szakdolgozat (1)

Köszönöm a megtisztelő figyelmüket



Rácz Viktor Gergely

Óbudai Egyetem
Bánki Donát Gépész és
Biztonságtechnikai
Mérnöki Kar
Gépészeti és Technológiai
Intézet

Cím: H-1081 Budapest
Népszínház u. 8.

Tel.: +36 (1) 666-5470

E-mail:
raczi.viktor@bgk.uni-
obuda.hu