

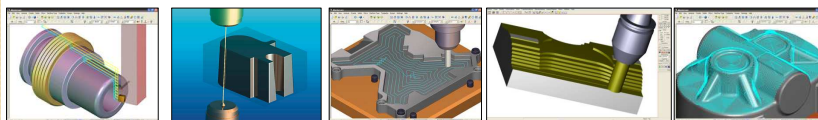


Forgácsolás technológia számítógépes tervezése II.

CAM rendszerek alapjai

Dr. Mikó Balázs

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



CAM rendszerek

- Computer Aided Manufacturing
- Feladatai:
 - Szerszámpálya tervezés
 - NC program generálás
- CAM rendszerek elemei:
 - Szerszámpálya számítás
 - Szerszámpálya szerkesztés
 - Szerszámpálya optimalizálás
 - Anyag és szerszám adatbázis
 - Megmunkálási idő számítás
 - NC posztprocesszor



CAM rendszerek

ProENGINEER
WILDFIRE

tebis

ESPRIT

ANVIL
EXPRESS
CAD/CAM Tools for the 21st Century

edgeCAM
Intelligent
manufacturing

SURFCAM
CAD/CAM SYSTEMS by SURFWARE

DS
CATIA

Cimatron
CAD/CAM Solutions for Manufacturing



unigraphics NX

Mastercam
CAD/CAM Systems

WorkNC

CAD/CAM
SYSTEM
PEPS

Alpha
CAM

Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 3

CAM rendszerek csoportosítása

- Alkalmazott technológia
 - Marás
 - Esztergálás
 - Kivágás (lézer, vízsugár, láng, plazma, huzal szikraforgácsolás)
 - Koordináta mérőgép
- Dimenzió szám

Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 4

Dimenzió szám

- Megmunkálás, vezérlés szabadságfoka
- Egész szám – egyidejűleg mozgatható tengelyek száma megmunkálás során
- Fél dimenzió – szakaszos fogásvételi mozgás

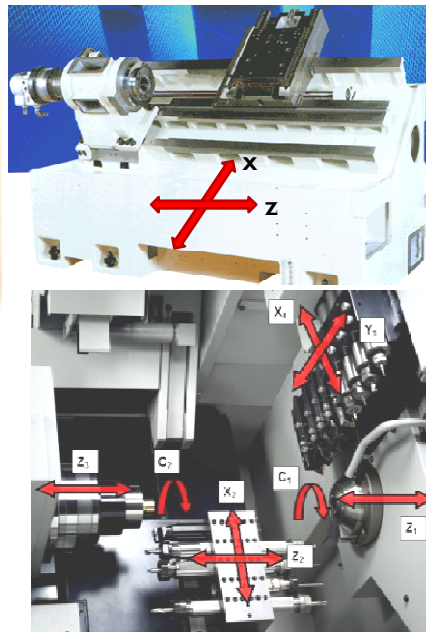
Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 5

- 1D – egy tengely menti elmozdulás
 - Fúrás
- 2D – két tengely menti egyidejű elmozdulás
 - Esztergálás
 - Síkbeli kivágás (lézer, plazma, vízsugár, huzal szikra stb.)
- 2.5D – síkbeli megmunkálás + fogásvételi mozgás
 - Marási feladatok egy része: nagyolás, teraszoló simítás

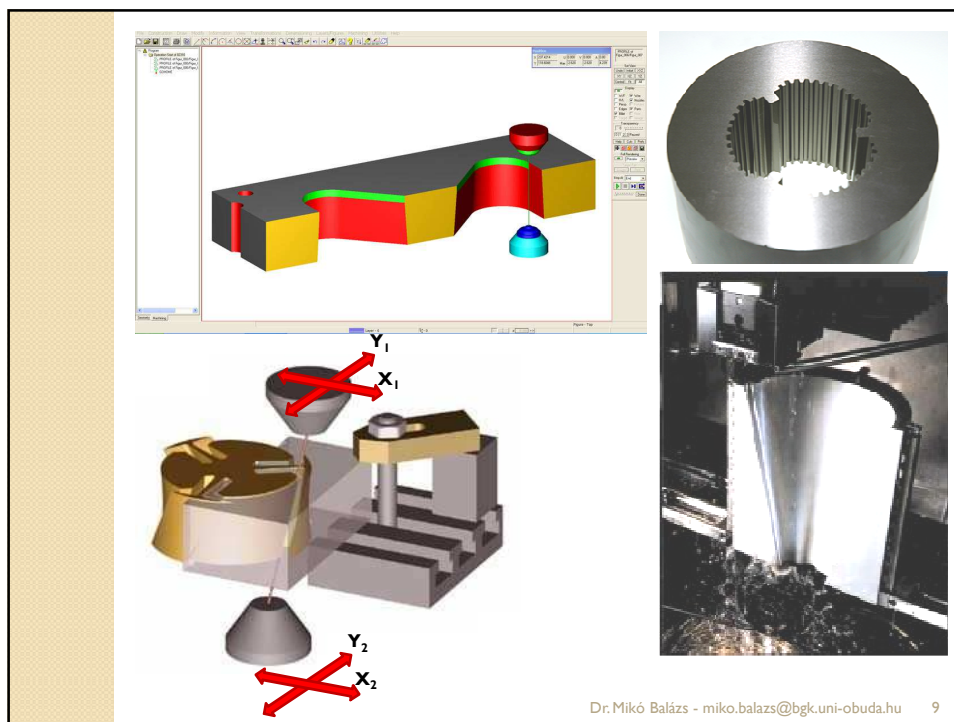
Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 6

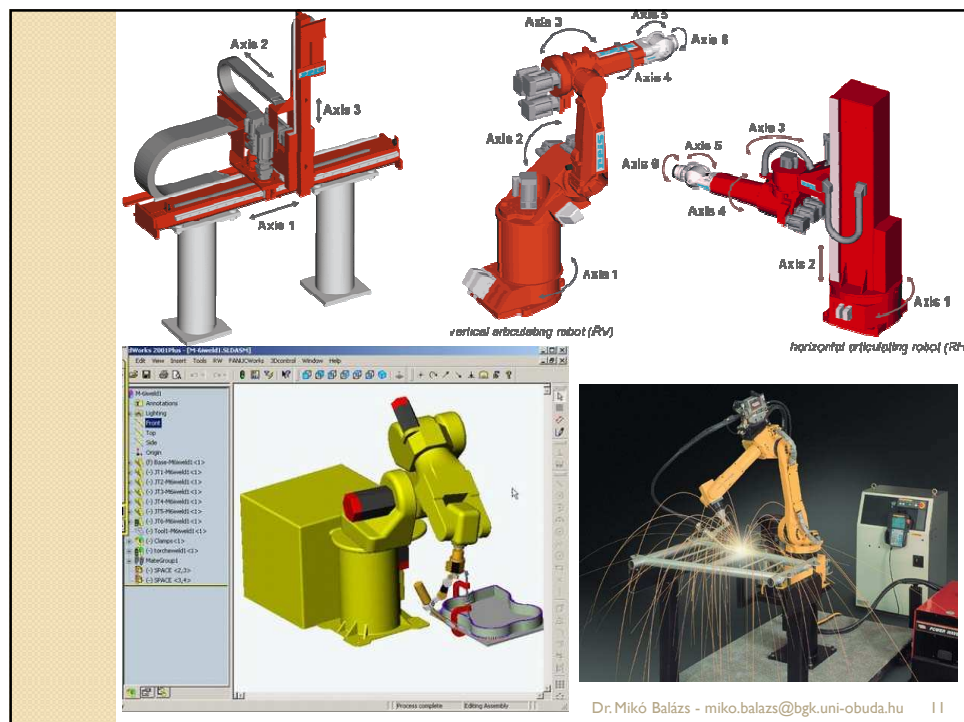
- 3D – 3 irányú szimultán elmozdulás
 - Szoborfelületek simító marása
 - Koordináta mérőgép
- 4D
 - Kivágás 2 síkon
 - Ikerorsós esztergálás
- 5D
 - Marás: 3 lineáris + 2 forgó mozgás
- 6D
 - Ipari robotok pályavezérlése
- xD
 - Söktengelyes szerszámgépek (pl. szerszám köszörű)

Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 7



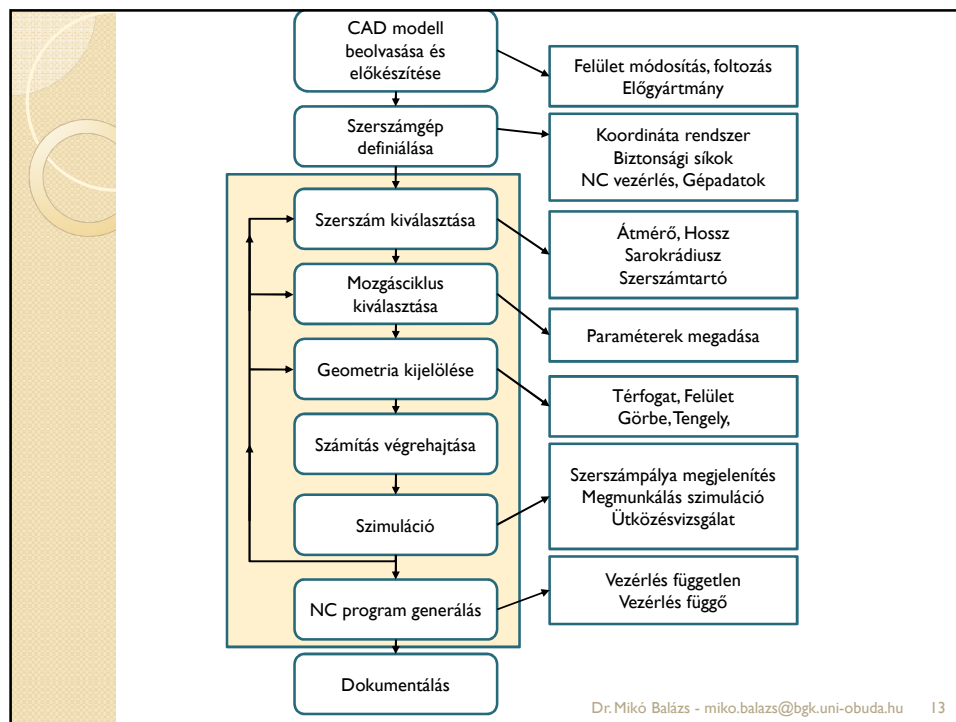
Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 8





CAM munkafolyamat

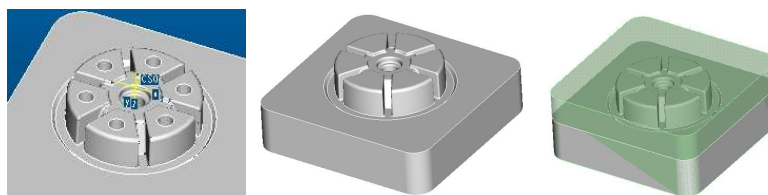
- A feladatok, lépések minden CAM rendszerben megtalálhatók
- Néhány feladat elhagyható, de ezzel sérül a funkcionalitás (pl. előgyártmány)
- A definíciók sorrendje lehet más



0. – Technológiai tervezés

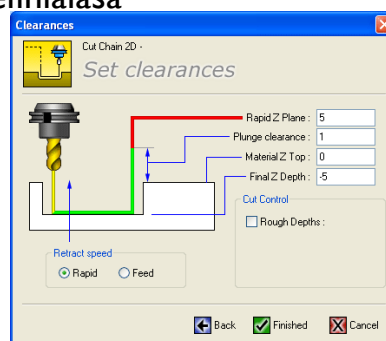
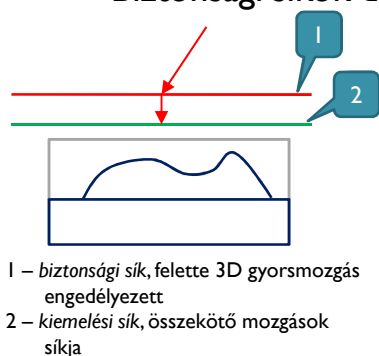
I. – CAD modell beolvasása és előkészítése

- Fájlformátumok, adatvesztés
 - Natív / Neutrális (dxf, step, iges, vda, stl stb.)
 - Parametrikusság / Modelltörténet / Felület hibák
- Geometria módosítása
- Felület foltozás (pl. furatok befedése)
- Előgyártmány definiálása



2. – Szerszámgép választás

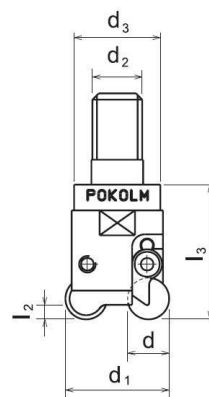
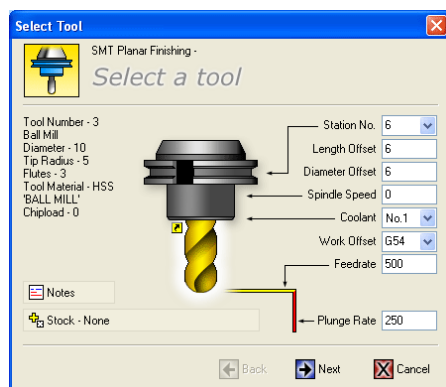
- Gépadatok (munkatér, forgácsolási paraméter határok, stb.)
- NC vezérlés típusa
- Koordináta rendszer kiválasztása
- Biztonsági síkok definiálása



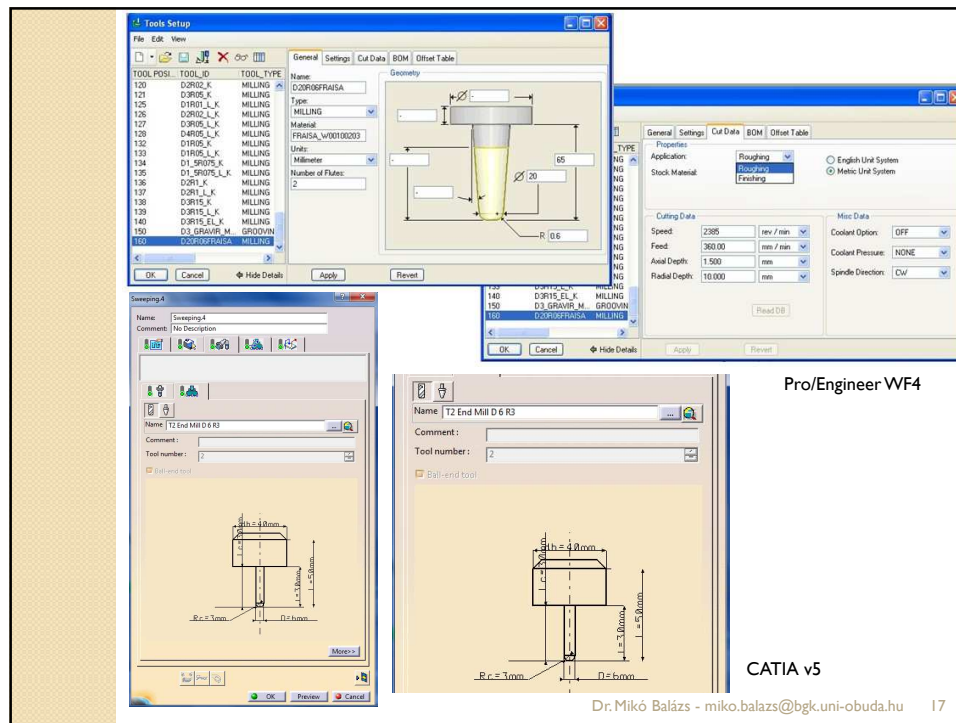
Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 15

3. – Szerszám kiválasztása, kijelölése

- Szerszámadatok megadása (D, L, R)
- Szerszám adatbázis
- Forgácsolási adatok: anyag, nagyol / simít, n (v_c), v_f

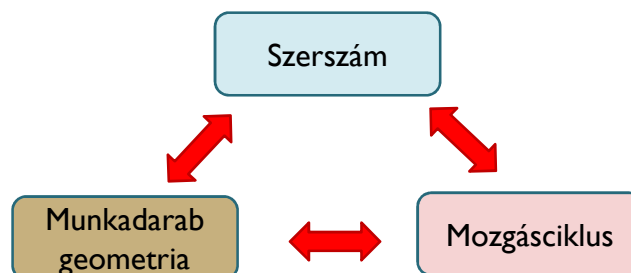


Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 16



4. – Mozgásciklus választás

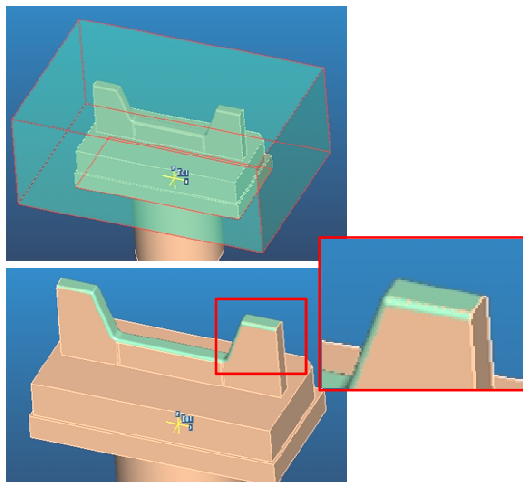
- Adott megmunkálási módhoz fejlesztett ciklusok
- Standard ciklusok
- Egyedi (CAM rendszer függő) ciklusok
- Egy feladat több módon is megoldható
- Szerszám – Geometria – Mozgáspálya



Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 18

5. – Geometria kijelölése

- Tengely, Görbe, Felület, Tértfogat
- CAD modelleken / Újra modellezve



Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 19

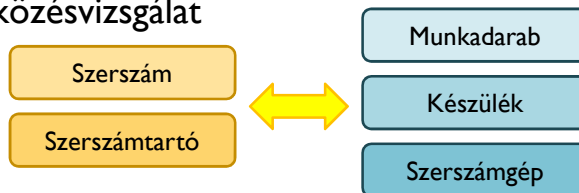
6. – Számítás végrehajtása



Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 20

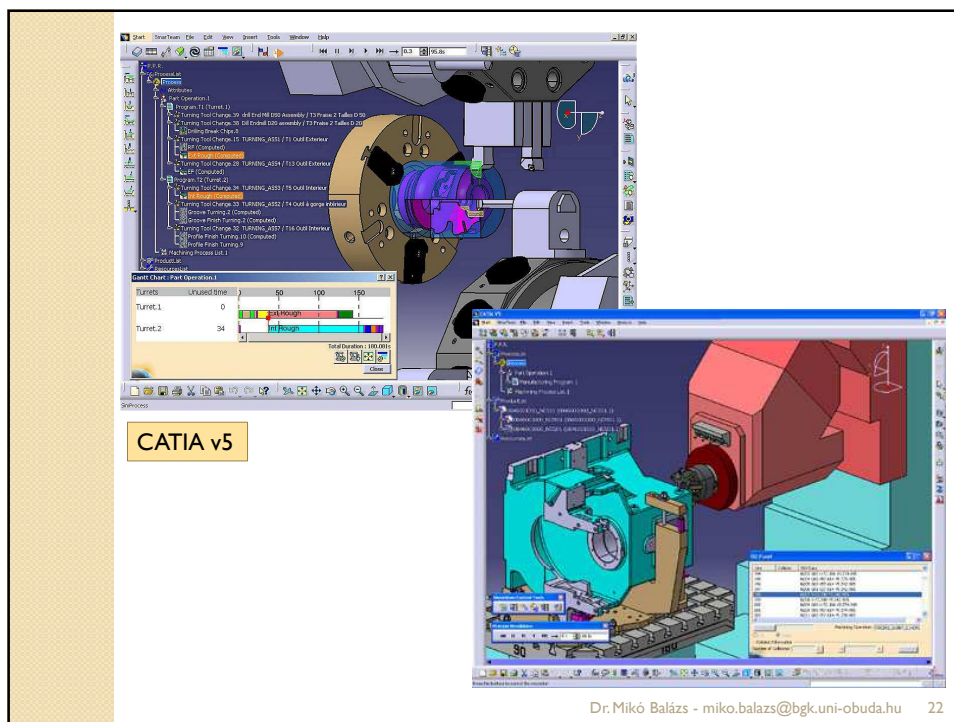
7.– Szimuláció

- Szerszámpálya megjelenítése
- Megmunkálás szimuláció (térfogati)
 - Munkadarab + Szerszám
 - Szerszámgép + Készülék
- Ütközésvizsgálat

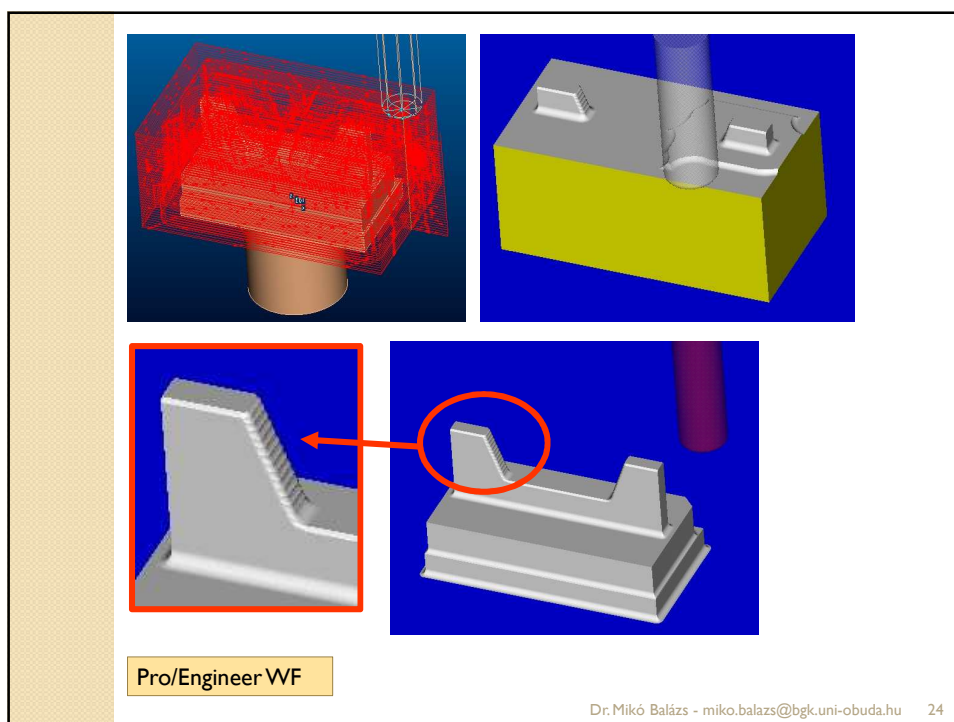
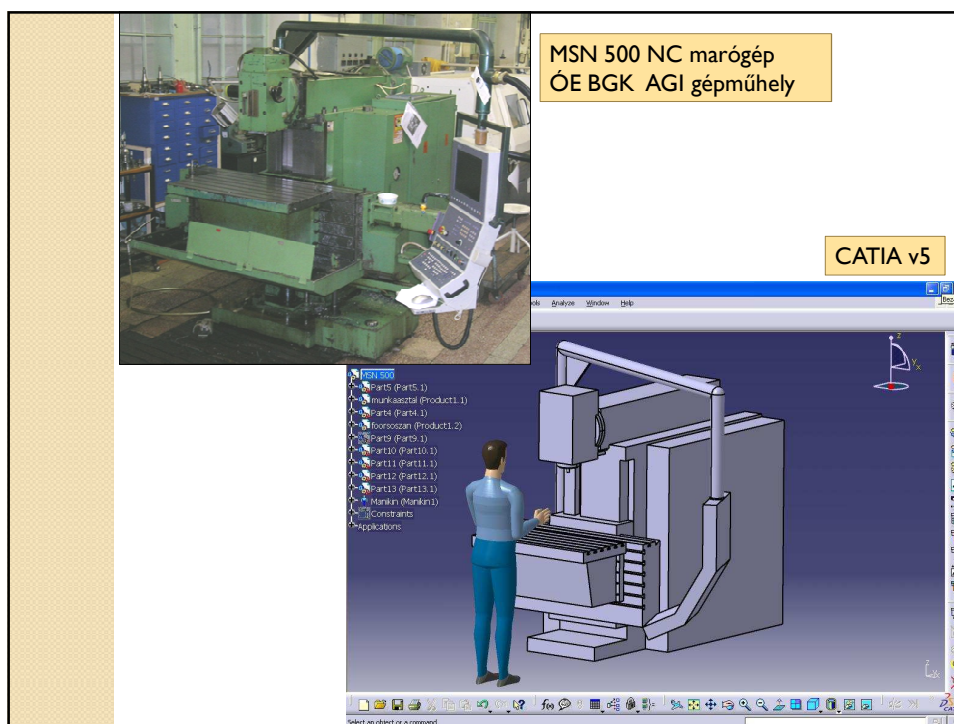


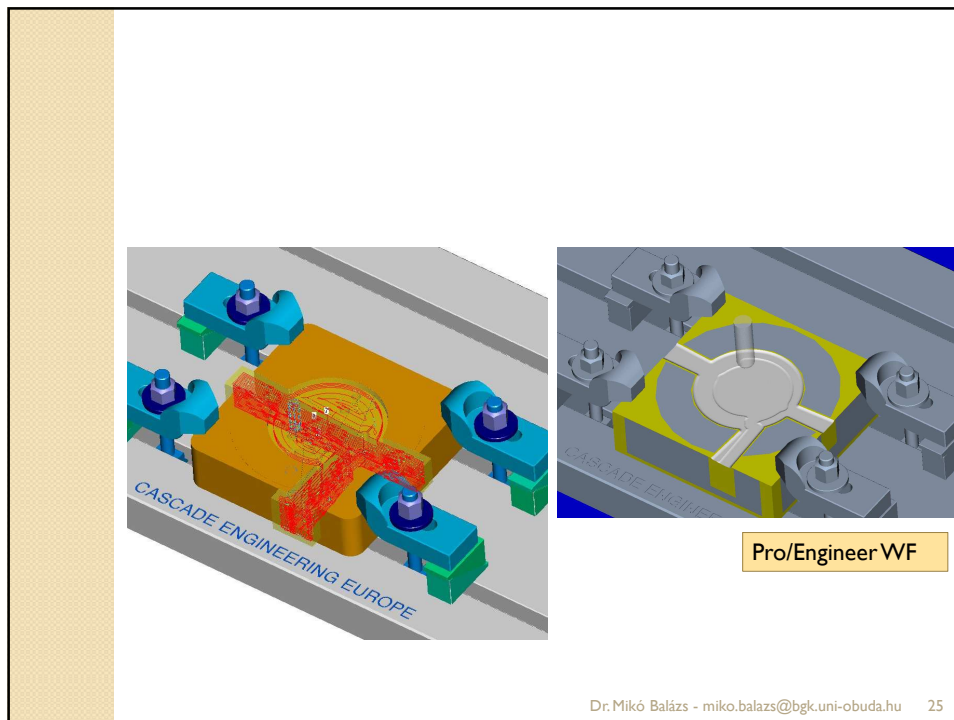
- Egyéb szimulációk
 - Megmunkálási idő
 - Gépteljesítmény

Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 21



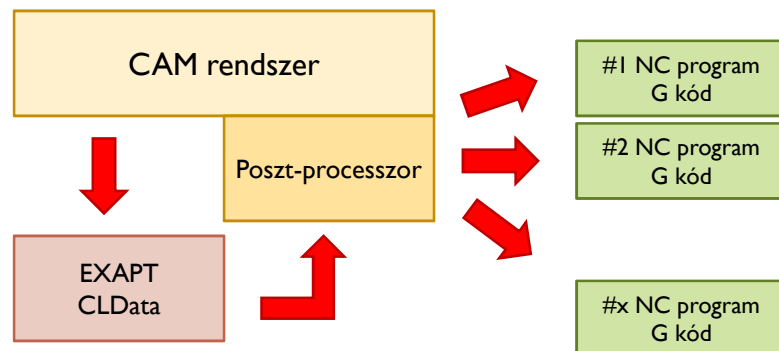
Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 22





8. – NC program generálása

- Vezérlés független program (APT / EXAPT)
- Vezérlés orientált NC program (posztprocesszálas)



Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 27

APT

- **A**utomatically **P**rogrammed **T**ool
- Douglas T. Ross, 1959.
- MIT
- Szerszámpálya leírása NC marógépekhez

EXAPT

- Extended APT
- 1964.
- Németország, EU

Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 28

<pre> \$\$* Pro/CLfile Version Wildfire 4.0 - C000 \$\$-> MFGNO / TET_SURF_MILLINGPARTNO / TET_SURF_MILLING \$\$-> FEATNO / 13MACHIN / MILL, 1 \$\$-> CUTCOM_GEOMETRY_TYPE / OUT- PUT_ON_CENTERUNITS / MMLOADTL / 160 \$\$-> D20 R0.6 Fraisa \$\$-> CUTTER / 20.000000 \$\$-> CSYS / 1.000, 0.000, 0.000, 0.000, \$ 0.000, 1.000, 0.000, 0.000, \$ 0.000, 0.000, 1.000, 0.000 SPINDL / REM, 2385.000000, CLW RAPID FROM / 110.300, 0.000, 10.000 \$\$-> SETSTART / 110.300, 0.000, 10.000 RAPID GOTO / 110.300, 0.000, -6.000 FEDRAT / 180.000000, MMFM GOTO / 110.300, 0.000, -9.500 FEDRAT / 360.000000, MMFM GOTO / 5.000, 0.000, -9.500 GOTO / 5.000, 7.200, -9.500 GOTO / -4.700, 7.200, -9.500 GOTO / -4.700, -7.200, -9.500 GOTO / 5.000, -7.200, -9.500 </pre>	<pre> N10 (=====) N20 (= cPost Standard PP for FANUC 11M =) N30 (=====) N40 G90 G17 G40 N50 (===== TOOL CHANGE =====) N60 (DESC :D20 R0.6 Fraisa) N70 (=====) N80 T030T0M6 N90 G91 G28 Z0. M6 N100 G0 G90 S2385 M3 N110 G0 X110.3 Y0.0 Z10.0 N120 G0 Z-6.0 N130 G1 Z-9.5 F180 N140 G1 X5.0 F360 N150 Y7.2 N160 X-4.7 N170 Y-7.2 N180 X5.0 </pre>
---	---

Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 29

9. – Dokumentálás

- NC program neve
- Szerszám azonosító
- Forgácsolási adatok, idő adatok
- Koordináta rendszer helye

Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 30

Sz. Nr.	Program nev Pr. name	T	Szerszám Tool	Típ. Type	Sz. hossz T. length	Rahagyas Ext. mat.	Idő Time	Fogás Step	Előtolás Feed	Ford.sz. Rotation	Megjegyzés Notes
1	S0101-1	T22	Ø25.000 r5.000	D25 R5 POKOLM POKOLM 3 25 200		0.300	28	d:0.800 o:12.500	2400	2700	
2	S0101-2	T14	Ø7.980 r0.500	D8 R0.5 FRAISA FRAISA 5250.388		0.300	2	d:0.300 o:	2150	3580	
3	S0101-3	T38	Ø16.000 r8.000	D16 R8 ISCAR (E) ISCAR CM D16-A-C16		0.300	8	d: o:0.500	1350	3150	nagyolás
4	S0101-4	T18	Ø11.980 r0.500	D12 R0.5 FRAISA FRAISA 5250.496		0.000	8	d:0.150 o:	6000	8000	
5	S0101-5	T14	Ø7.980 r0.500	D8 R0.5 FRAISA FRAISA 5250.388		0.000	2	d:0.100 o:	8000	12000	

Anyag
Material
1.2879
d: fogás, step depth
o: előtolás, step over

S 04-001

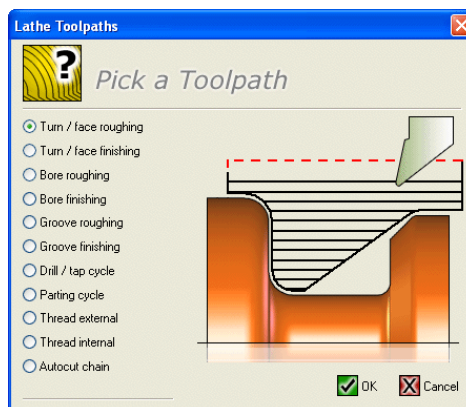
Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 31

Esztergálás CAM rendszerekben

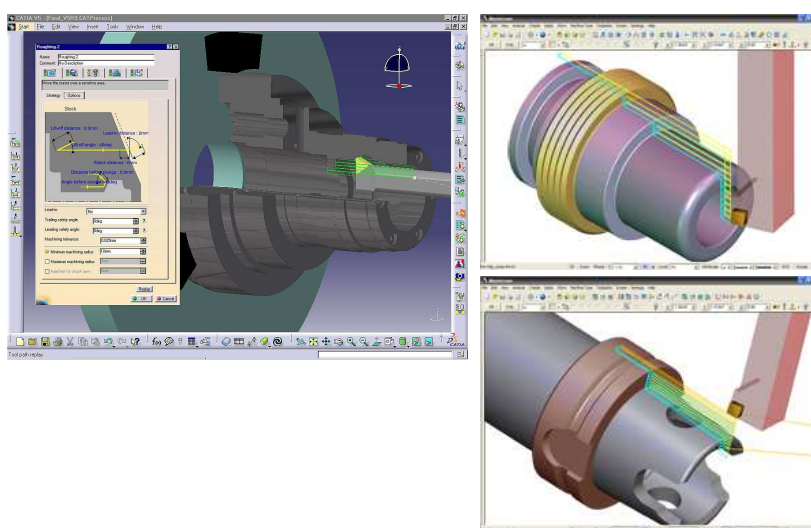
- 2D-s megmunkálás
- Geometria definiálás
 - Palást és homlokl felületek (külső / belső)
 - Egyszerű és alakos beszúrás
 - Alászúrás
 - Menet (külső / belső)
 - Élettörés, éllekerekítés
- Esztergálható kontúr generálása

Esztergálás CAM rendszerekben

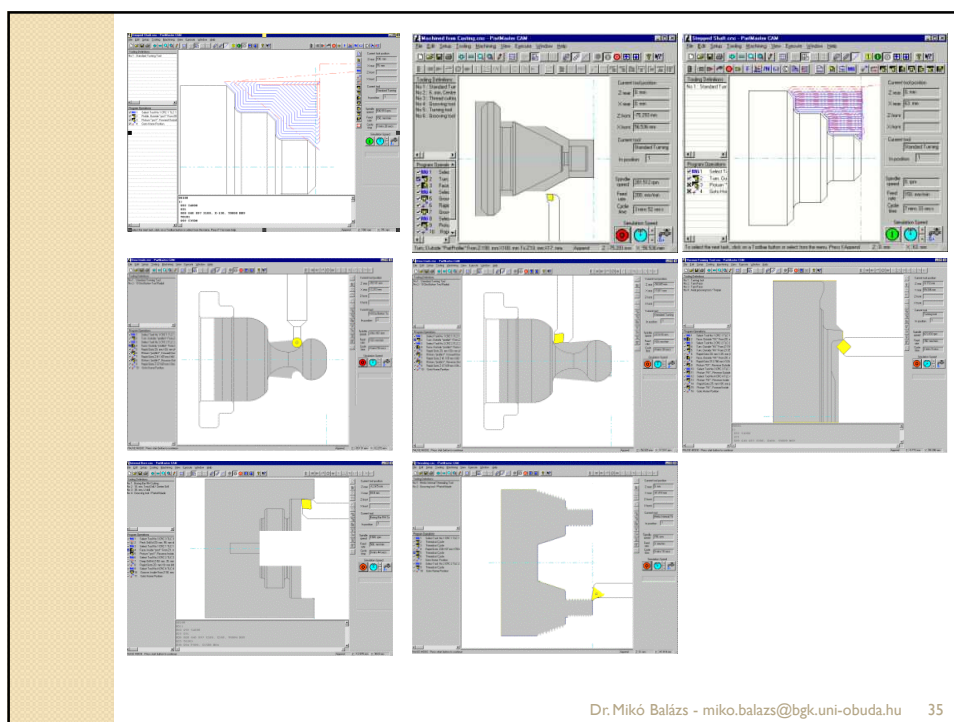
- Mozgásciklusok
 - Kontúr nagyolás
 - Hosszesztergálás
 - Keresztesztergálás
 - Kontúrsimítás
 - Furatesztergálás
 - Beszúrás
 - Alászúrás
 - Leszúrás
 - Menetesztergálás
 - Fúróciklusok



Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 33



Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 34



Marás CAM rendszerekben

- 2.5D-s marási stratégiák
- 3D-s marási stratégiák
- Különleges mozgásciklusok

2.5D-s marási stratégiák

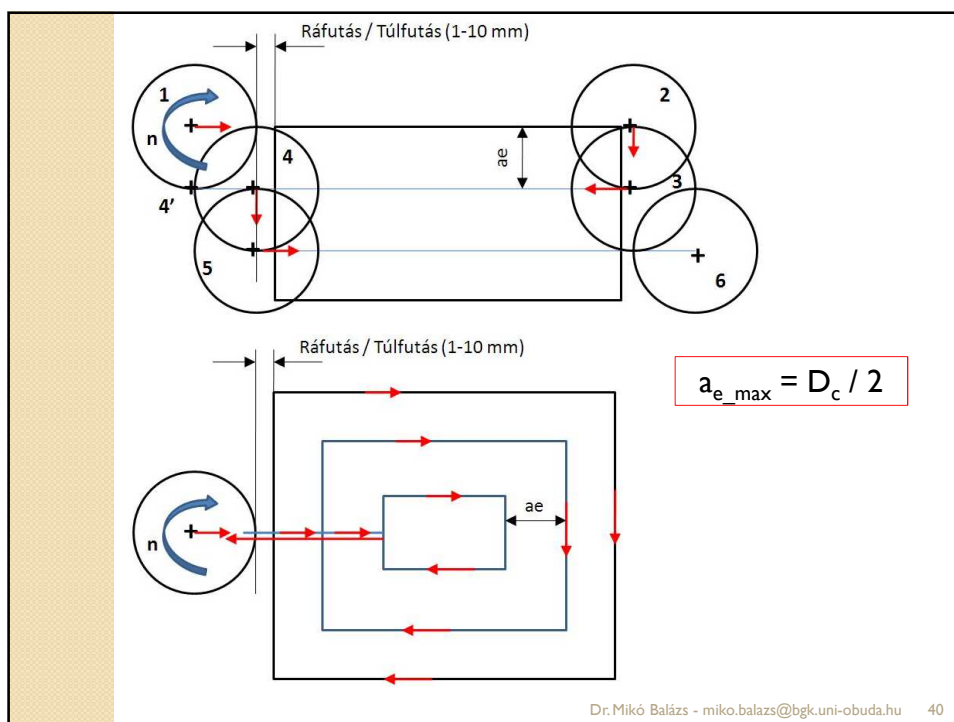
- Síkmarás
- Térfogat marás
- Teraszoló kontúrsimítás
- Zsebmarás
- Sarokmarás
- Fúrás

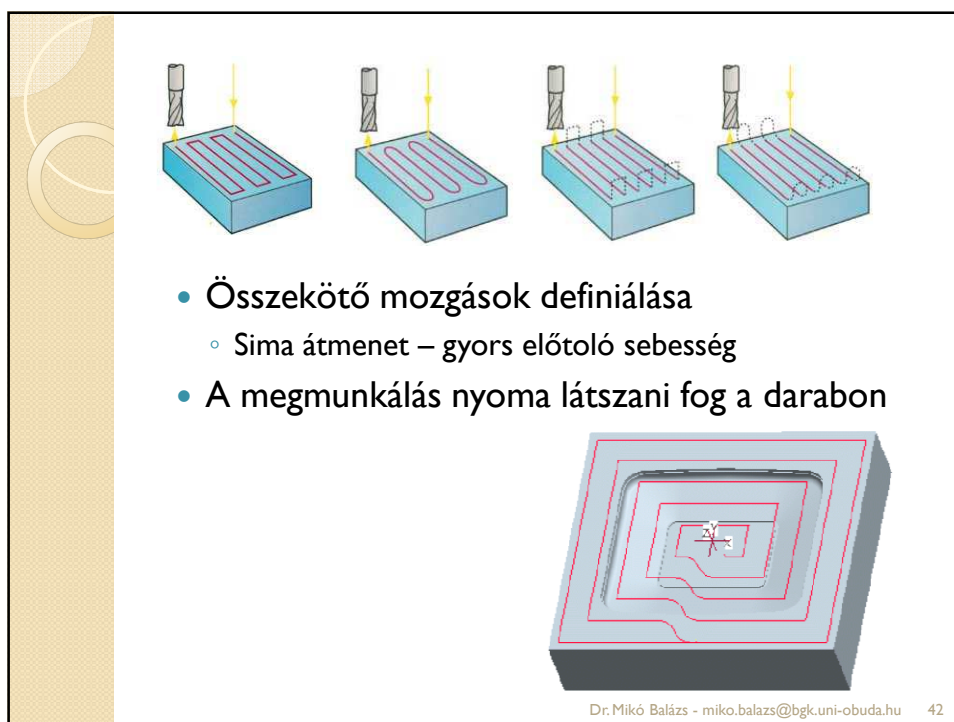
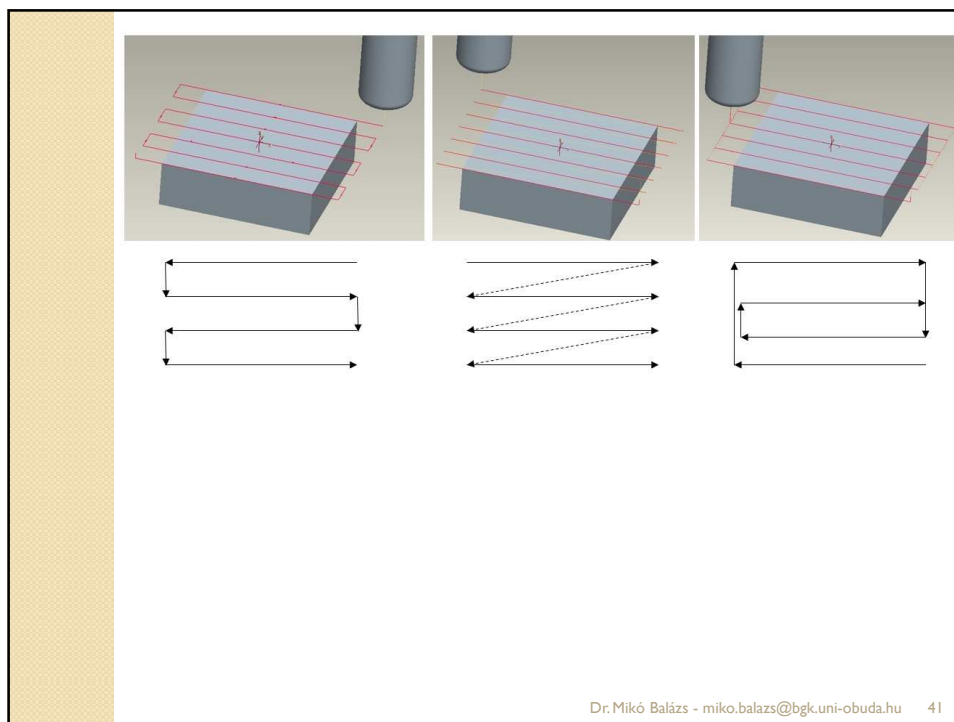
Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 37

Síkmarás

- Szabad kifutású sík felületek marása
- Egyenirányú marás / Ellenirányú marás / váltakozó irányú marás (zig-zag)
- Kontúr érintése kívülről / belülről
- Kontúrig marás
- Stratégia:
 - adott irányú marás (pásztázás)
 - kontúrkövető marás
 - spirál marás

Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 38





Térfogat marás

- Alapvetően nagyolásra használjuk
 - Simítási ráhagyás megadása
- Stratégia:
 - adott irányú marás
 - kontúrkövető marás
 - spirál marás
- Fogásvétel:
 - Darabon kívül
 - Darabon belül
 - Z irányban
 - Egyenes bemerülés – rampolás ($\alpha = 2-8^\circ$)
 - Spirál bemerülés ($\alpha = 2-8^\circ$, $R_{\min} = 1.5 * D_{sz}$)



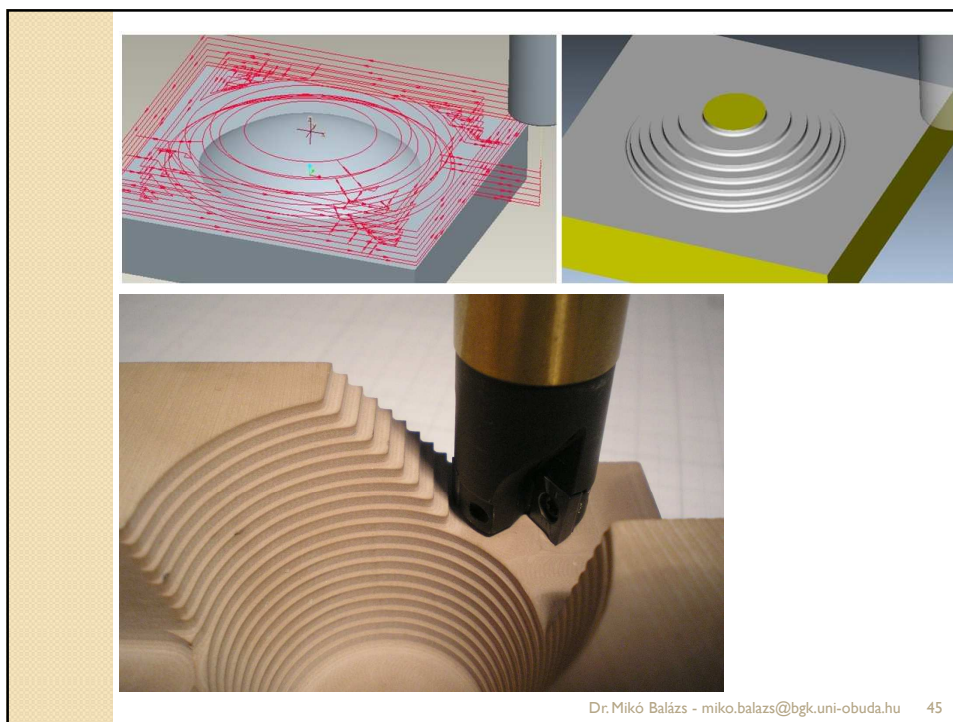
Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

43

- A nagyolás mellett a kontúr simítható
 - Nagyolás + Kontúrsimítás
 - Kontúrsimítás + Nagyolás
 - Nagyolás + Kontúrsimítás szintenként
 - Nagyolás + Kontúrsimítás kisebb fogásmélységgel
 - Kontúrsimítás
- Szigetek kezelése adott irányú marás esetén:
 - Megszakít – kiemel – folytat (kerülendő)
 - Visszafordul
- Haladás kontúrkövetés esetén:
 - Belülről kifelé – konkáv forma (üreg) esetén
 - Kívülről befelé – konvex forma (domb) esetén

Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

44

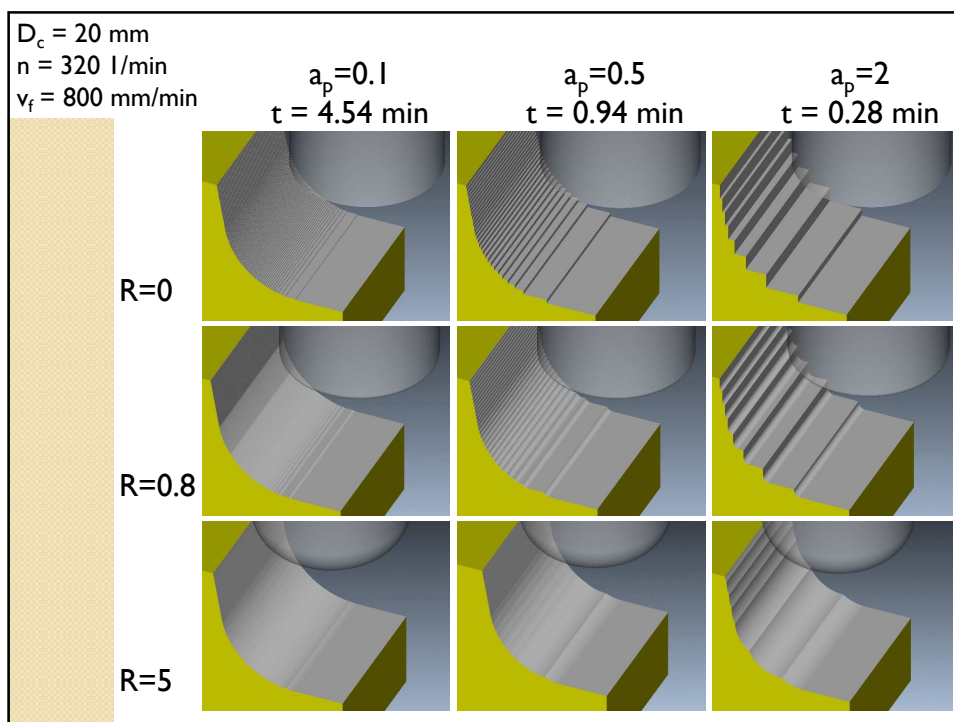


• Maradék anyag csökkenthető:

- a_p csökkentése – megmunkálási idő növekszik
- Szerszám átmérő csökkentése – megmunkálási idő növekszik
- Szerszám sarokrádiusz növelése

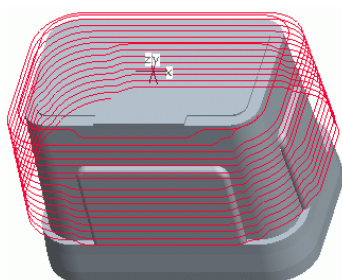
video

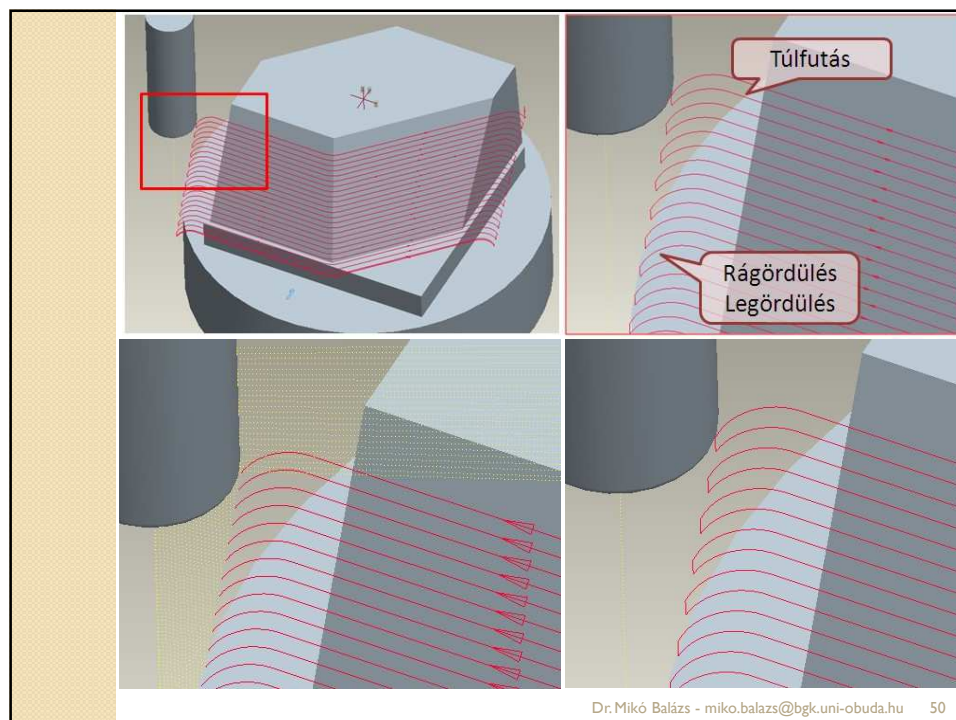
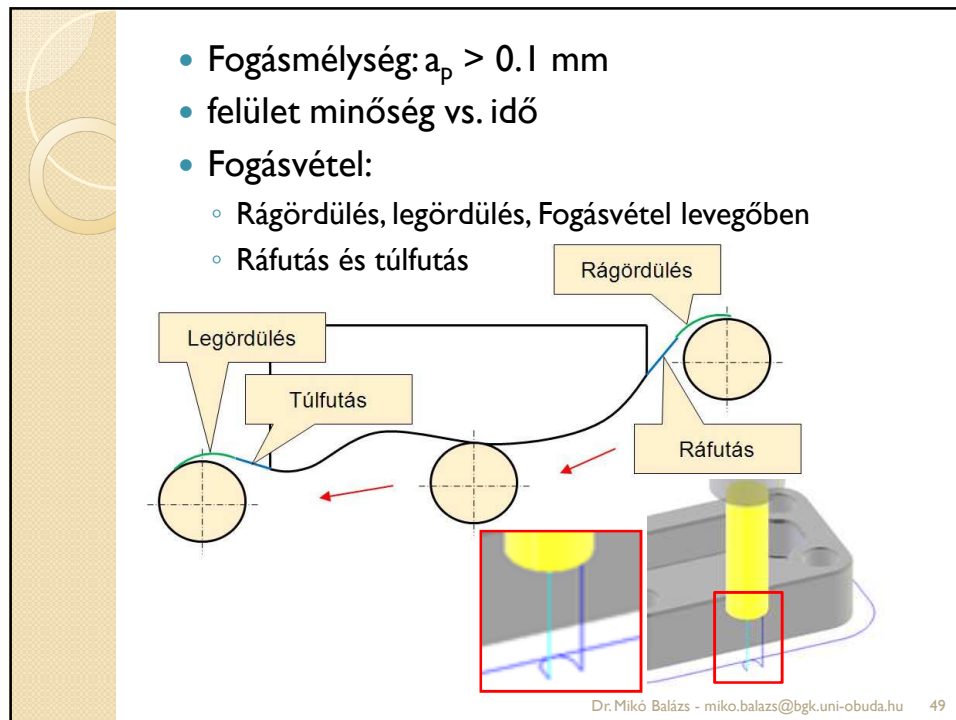
Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 46

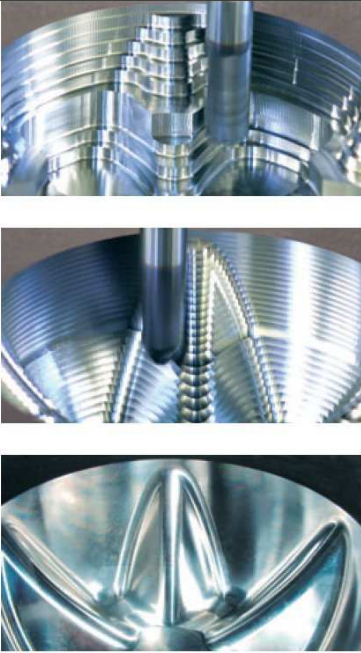


Teraszoló kontúrsimítás

- Profilozás, Z-level finishing
- Szerszám:
 - Sarokrádiuszos maró
 - Gömbvégű maró
- 45°-nál meredekebb felületek simítása







Roughing:
Material: Prehardened steel
Tool: CoroMill Plura
215.26/1010
ap/ae mm ... 18/0.5
n rpm ... 7000
vc, m/min ... 220
vf, mm/min ... 4200

Semi-finishing:
Material: Same set-up
Tool: CoroMill Plura
216.42/1010
ap/ae mm ... 0.5/0.5
n rpm ... 6500
vc, m/min ... 200
vf, mm/min ... 1600

Finishing:
Material: Still the same set-up
Tool: CoroMill Plura
216.42/1010 and
CoroGrip Precision
Power Chuck
ap/ae mm ... 0.25/0.25
n rpm ... 13000
vc, m/min ... 400
vf, mm/min ... 3300

Total savings 122.000 Euro/year
(producing 400 moulds per year with a cost saving of 305 Euro per mould)

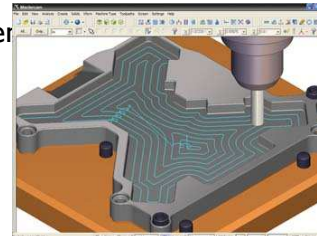
Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 51



Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 52

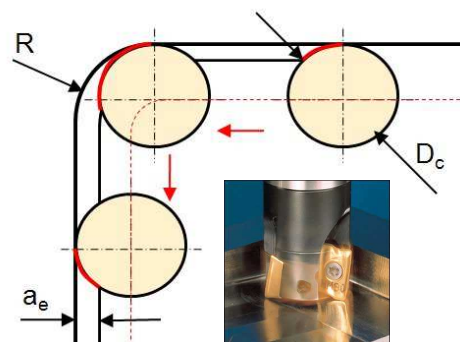
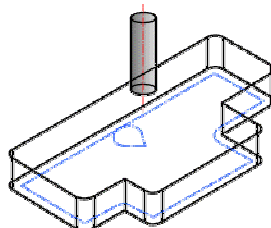
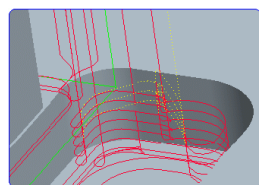
Zsebmarás

- Általában simítás
- Sarokrádiuszos marószerszám
- Oldalfal kontúrkövetése és / vagy ferde síkmarása

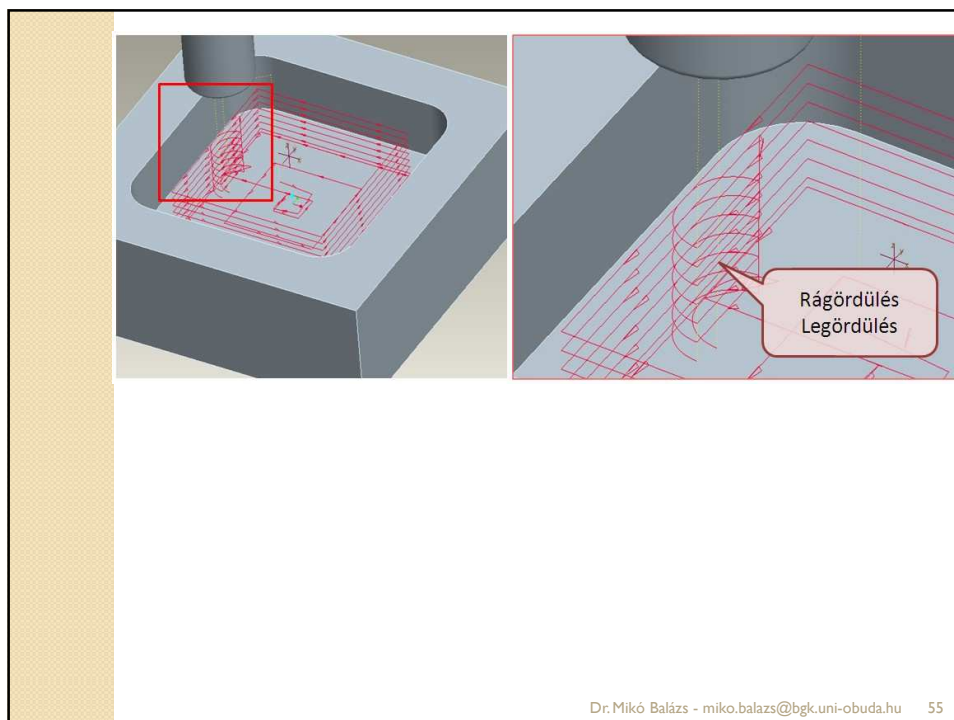


Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 53

- Belső sarkok esetén
 - $D_c < 2R$
 - A rádiusz mentén nő a forgács hossz, nő a szerszám terhelés
 - Előtolási sebességet (v_f) érdemes csökkenteni

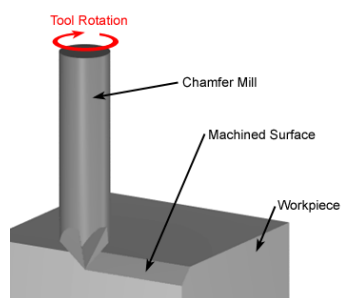
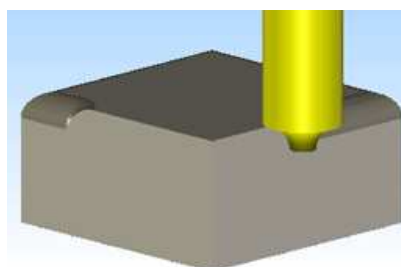


Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 54



Sarokmarás

- Síkgörbe mentén letörés vagy lekerekítés készítése alakos maróval
- Kijelölt geometriai elem: xy síkban lévő élek



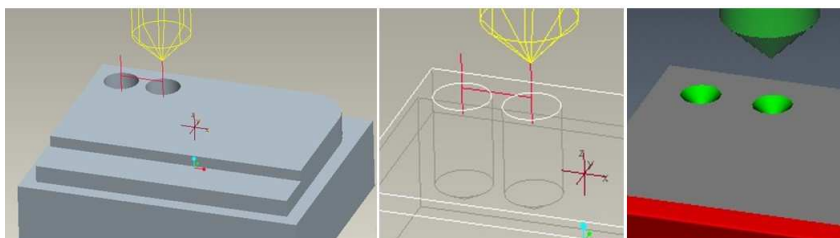
Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 56

Fúrás

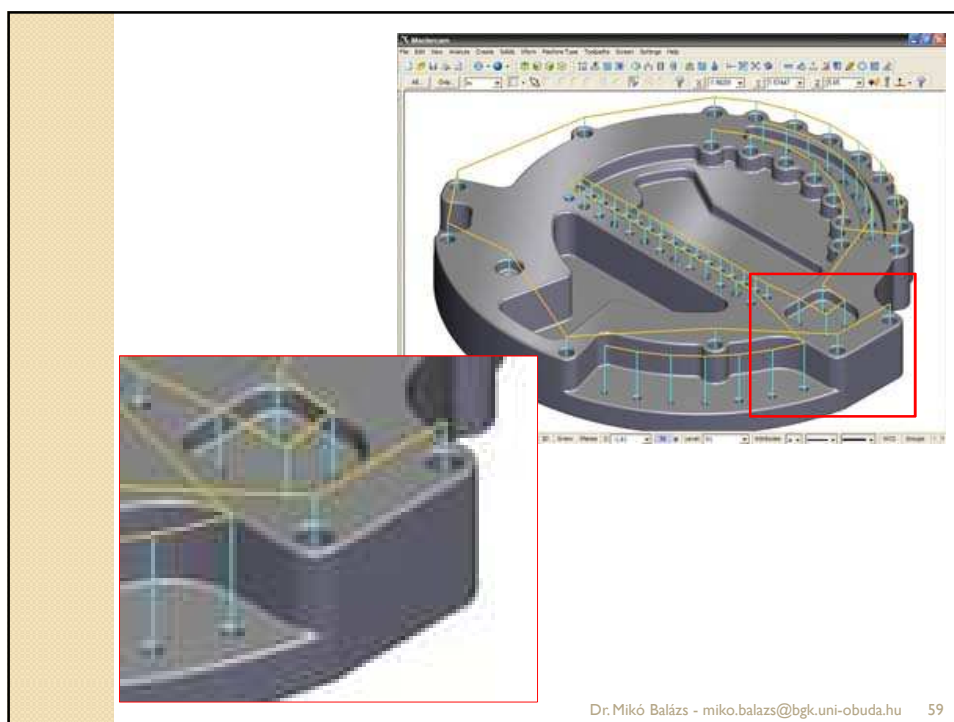
- Fúróciklusok kezelése
- Összekötő mozgások optimalizálása
- Kijelölés szabályok alapján
 - Átmérő
 - Átmérő tartomány
 - Adott irány
 - Adott sík
- Furattábla készítése



Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 57



Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 58



3D marási stratégiák

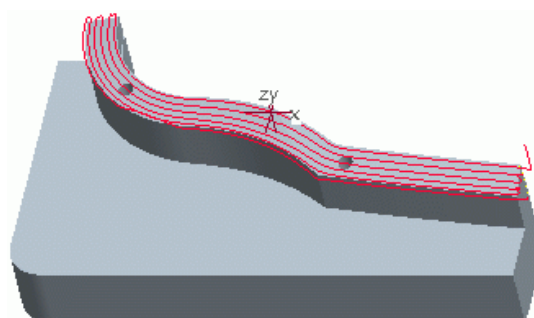
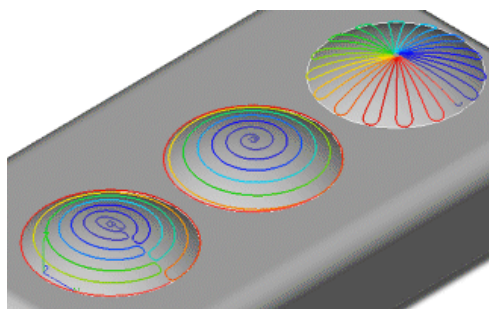
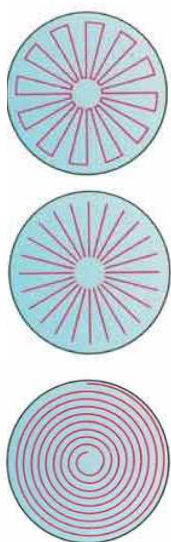
- 3D felület simítás
- Kombinált simítás
- Maradékanyag megmunkálás
- Térbeli sarokmarás
- Gravírozás
- Trajektória marás

3D felület simítás

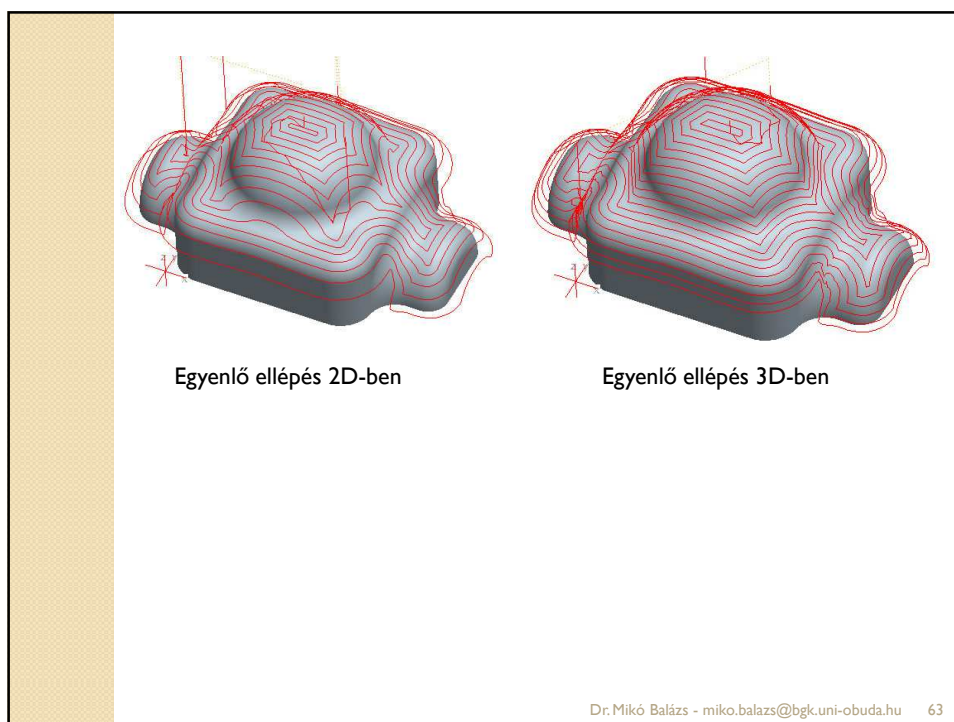
- Szerszám: gömbvégű maró
- 45°-nál laposabb felületek simítása
- Megmunkálás iránya:
 - Adott irányban xy síkban
 - Kontúrkövetés
 - Paraméter vonal követés
 - Vetített trajektória
 - Sugár irányú
 - Spirál



Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 61



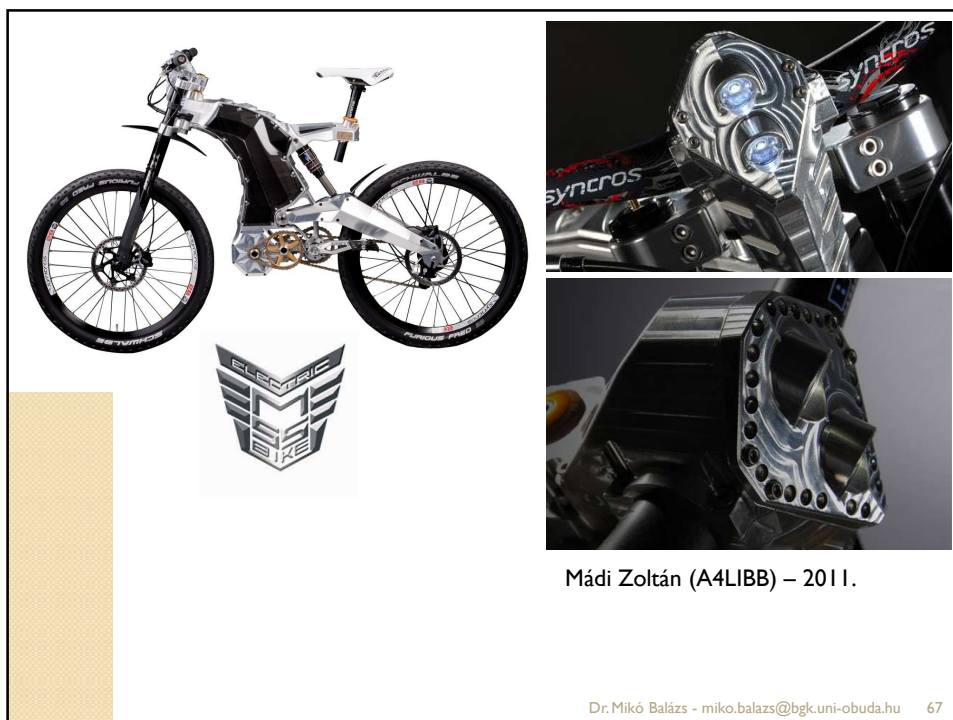
Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 62



- Oda-vissza marás
- Összekötő mozgás definiálása:
 - egyenletes gyorsulás és lassulás
 - Túlfutás, ha lehetséges

Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 64



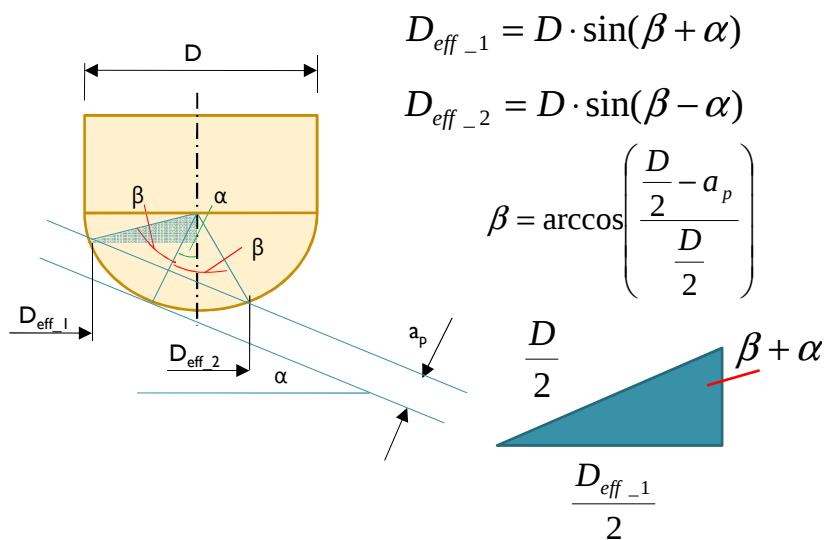


Gömbvégű maró dolgozó átmérője

$$D_{eff} = 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - \left(\frac{D}{2} - a_p\right)^2}$$

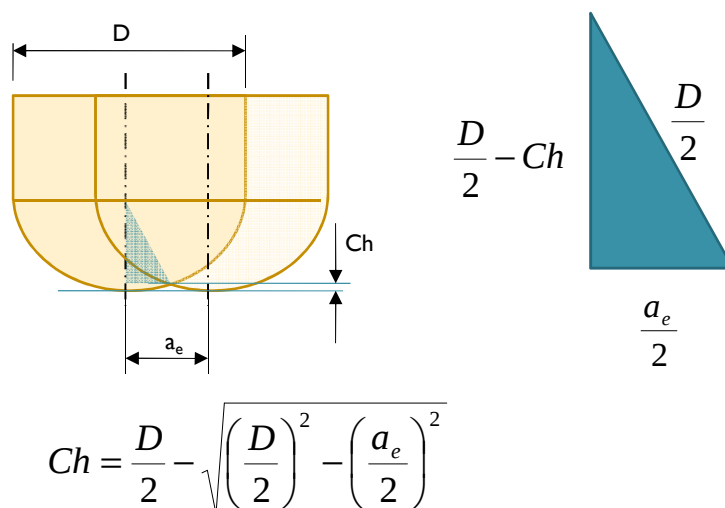
Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 68

Gömbvégű maró dolgozó átmérője



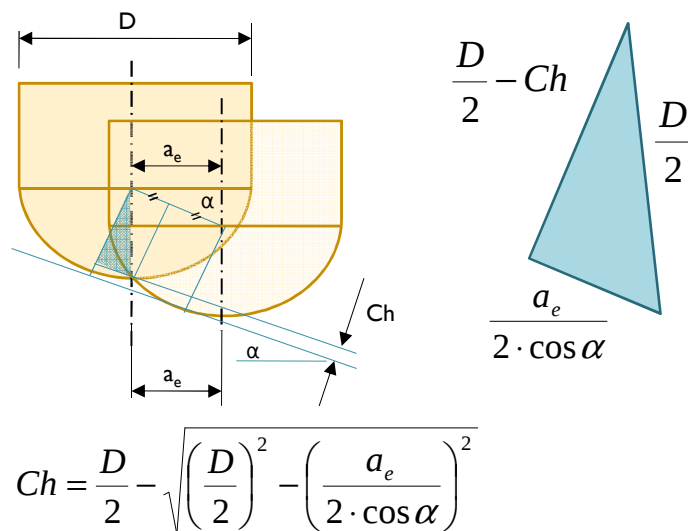
Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 69

Barázda magasság (cusp height)



Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 70

Barázda magasság (cusp height)



Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 71

	ae	Cusp height												
D	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.25	1.5
6	0.0004	0.0009	0.0017	0.0026	0.0038	0.0067	0.0104	0.0150	0.0205	0.0268	0.0339	0.0420	0.0658	0.0953
8	0.0003	0.0007	0.0013	0.0020	0.0028	0.0050	0.0078	0.0113	0.0153	0.0201	0.0254	0.0314	0.0491	0.0709
10	0.0003	0.0006	0.0010	0.0016	0.0023	0.0040	0.0063	0.0090	0.0123	0.0160	0.0203	0.0251	0.0392	0.0566
12	0.0002	0.0005	0.0008	0.0013	0.0019	0.0033	0.0052	0.0075	0.0102	0.0133	0.0169	0.0209	0.0326	0.0471
16	0.0002	0.0004	0.0006	0.0010	0.0014	0.0025	0.0039	0.0056	0.0077	0.0100	0.0127	0.0156	0.0245	0.0352
20	0.0001	0.0003	0.0005	0.0008	0.0011	0.0020	0.0031	0.0045	0.0061	0.0080	0.0101	0.0125	0.0196	0.0282

α: 0.00

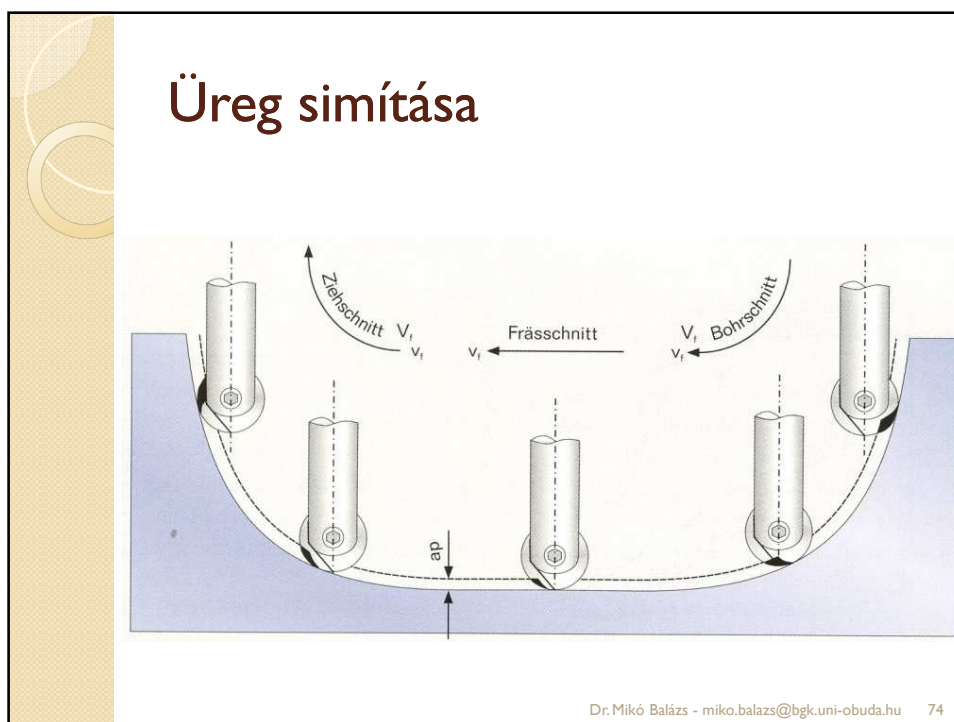
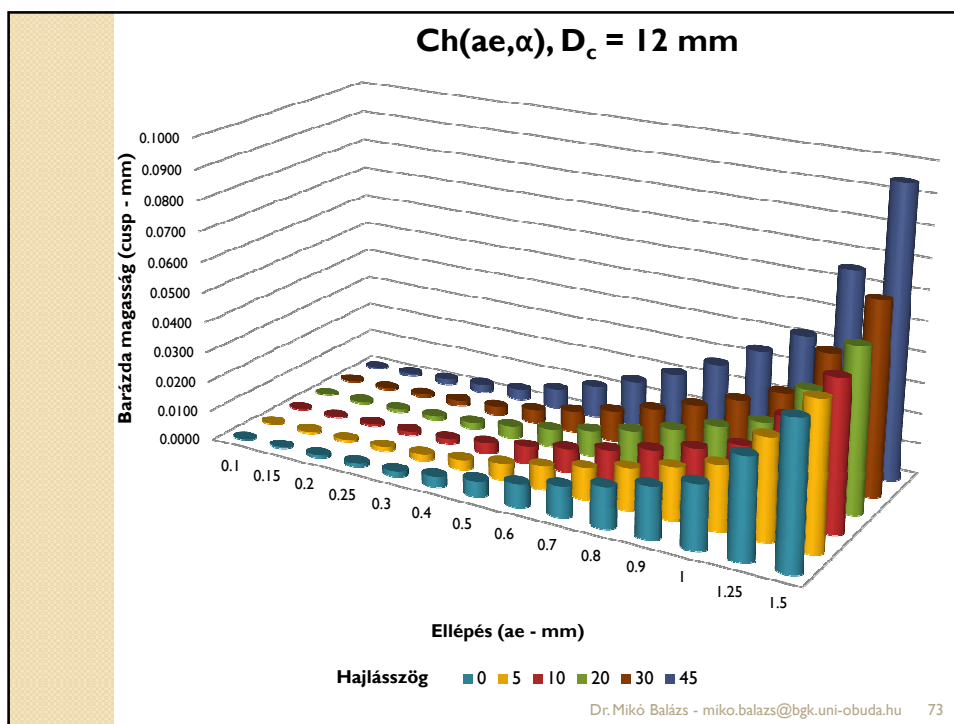
	ae	Cusp height												
D	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.25	1.5
6	0.0004	0.0010	0.0017	0.0027	0.0039	0.0069	0.0108	0.0155	0.0211	0.0276	0.0350	0.0433	0.0679	0.0983
8	0.0003	0.0007	0.0013	0.0020	0.0029	0.0052	0.0081	0.0116	0.0158	0.0207	0.0262	0.0324	0.0507	0.0732
10	0.0003	0.0006	0.0010	0.0016	0.0023	0.0041	0.0064	0.0093	0.0126	0.0165	0.0209	0.0258	0.0404	0.0583
12	0.0002	0.0005	0.0009	0.0013	0.0019	0.0034	0.0054	0.0077	0.0105	0.0138	0.0174	0.0215	0.0337	0.0485
16	0.0002	0.0004	0.0006	0.0010	0.0015	0.0026	0.0040	0.0058	0.0079	0.0103	0.0131	0.0161	0.0252	0.0363
20	0.0001	0.0003	0.0005	0.0008	0.0012	0.0021	0.0032	0.0046	0.0063	0.0083	0.0104	0.0129	0.0202	0.0290

α: 10.00

	ae	Cusp height												
D	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.25	1.5
6	0.0005	0.0011	0.0019	0.0030	0.0042	0.0076	0.0118	0.0170	0.0232	0.0304	0.0385	0.0476	0.0747	0.1081
8	0.0004	0.0008	0.0014	0.0022	0.0032	0.0057	0.0089	0.0128	0.0174	0.0227	0.0288	0.0355	0.0557	0.0804
10	0.0003	0.0006	0.0011	0.0018	0.0025	0.0045	0.0071	0.0102	0.0139	0.0182	0.0230	0.0284	0.0444	0.0641
12	0.0002	0.0005	0.0009	0.0015	0.0021	0.0038	0.0059	0.0085	0.0116	0.0151	0.0191	0.0236	0.0370	0.0533
16	0.0002	0.0004	0.0007	0.0011	0.0016	0.0028	0.0044	0.0064	0.0087	0.0113	0.0143	0.0177	0.0277	0.0399
20	0.0001	0.0003	0.0006	0.0009	0.0013	0.0023	0.0035	0.0051	0.0069	0.0091	0.0115	0.0142	0.0221	0.0319

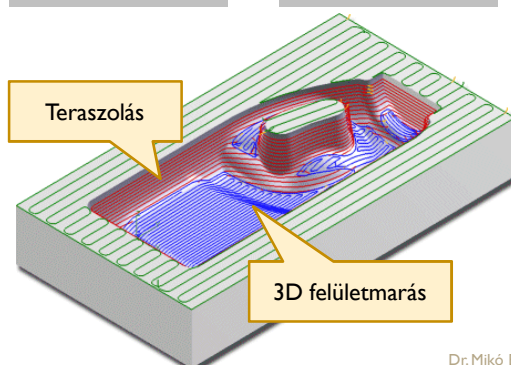
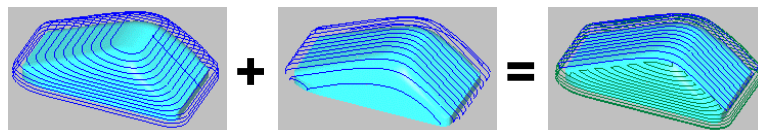
α: 20.00

Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 72



Kombinált simítás

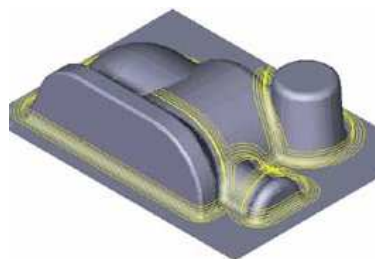
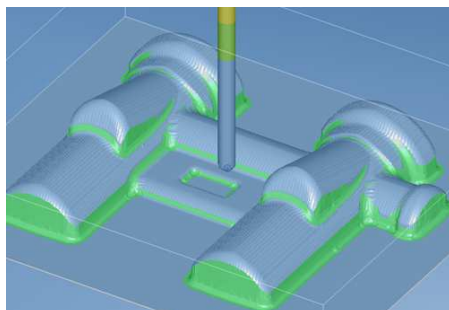
- Felületek automatikus szétválasztása



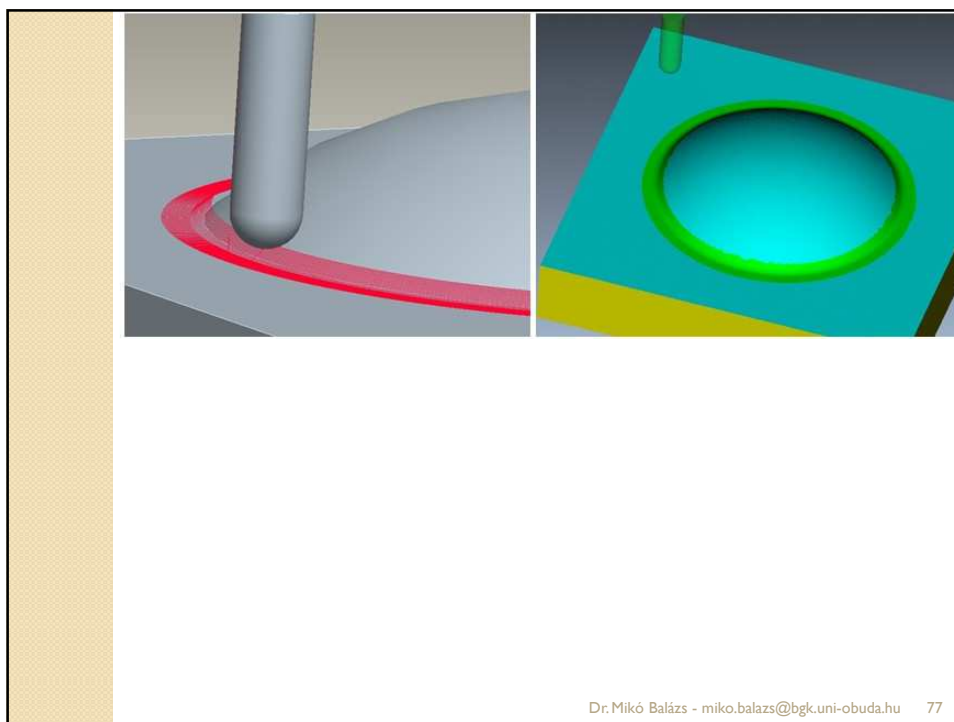
Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 75

Maradékanyag megmunkálás

- Az előző megmunkálás során nem megmunkálható geometria újra munkálása
- Teraszoló marás vagy felület simítás

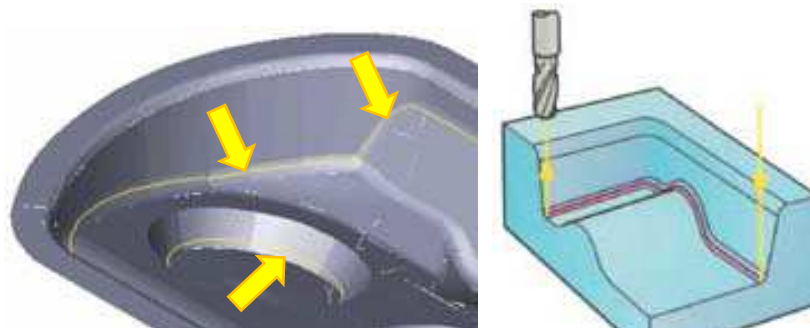


Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 76



Térbeli sarokmarás

- Pencile trace
- Térbeli görbe lekövetése
- A térbeli görbét felületek határozzák meg



Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 78

Gravírozás

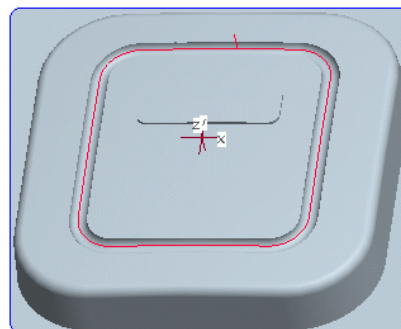
- Gravírozó szerszám
- Fogásmélység: 0.05 – 0.15 mm
- Sík vagy térgörbe kijelölése
- CAD rendszerben elegendő a görbe elkészítése



Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 79

Trajektória marás

- Adott térgörbe mentén vezetjük végig a szerszámot
- Horonymarási feladat
- T horony marás



Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 80

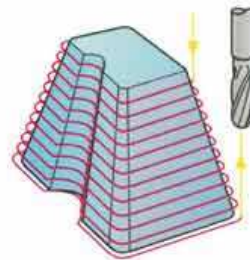
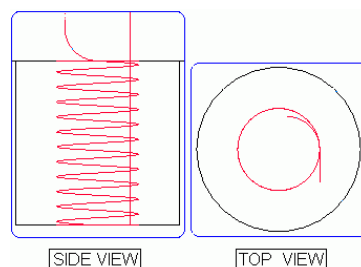
Különleges stratégiák

- 3D helikális simítás
- Süllyesztő marás
- Trochoid marás
- Menetmarás
- Alámetszés marása

Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 81

3D helikális simítás

- Szerszám: sarokrádiuszos vagy gömbvégű maró
- 45°-nál meredekebb felületek simítása
- A kontúrkövetéssel párhuzamosan folyamatos Z irányú süllyedés
- Nincs fogásvétel
- Folyamatos forgácsolás

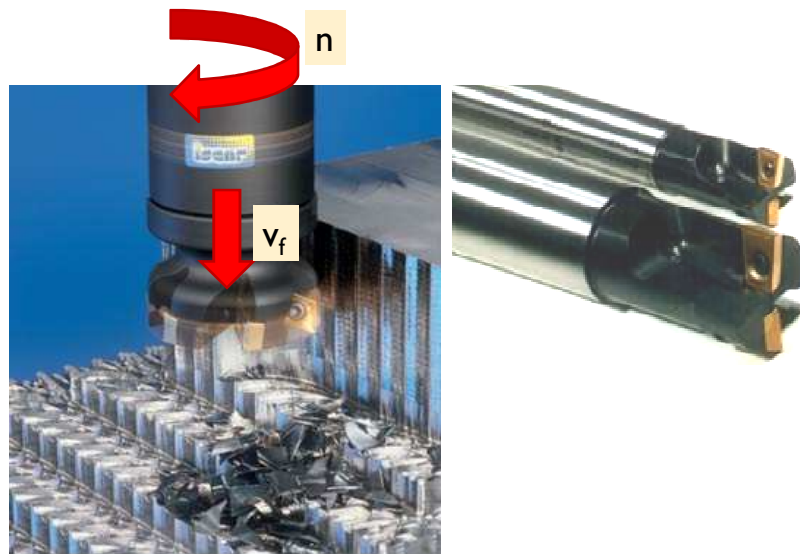


Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 82

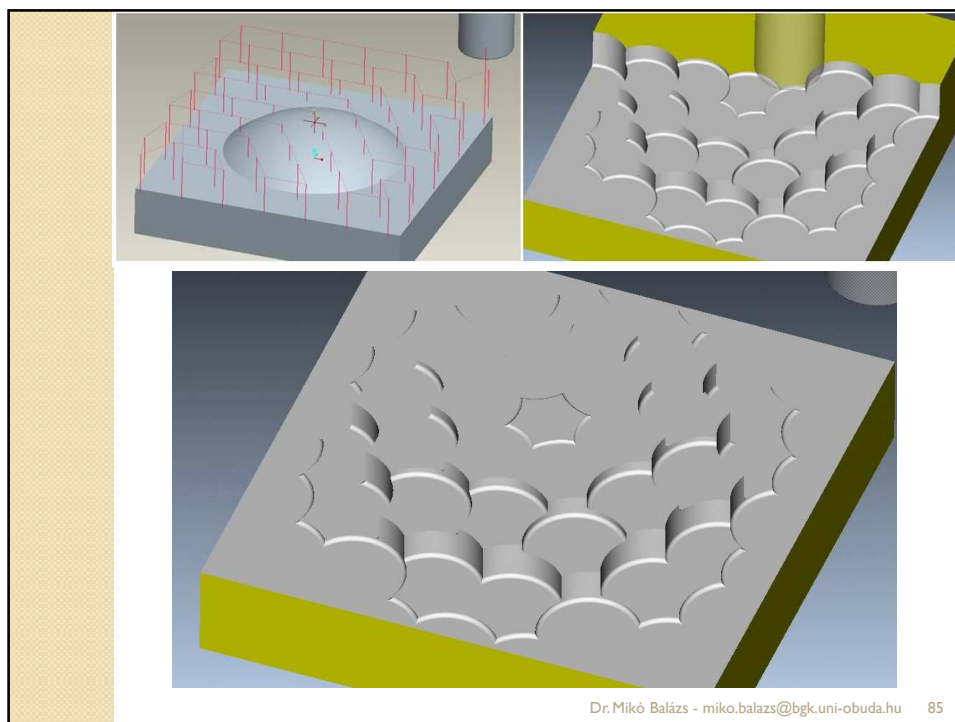
Süllyesztő marás

- **Süllyesztő marás** – Plunge milling
- Nagyolás – nagy mélység, *konvex* / *konkáv*
- Szerszám: nagy átmérőjű homlokélű szerszám
- A leválasztási alakzat hengerek metsződéséből adódik
- A szerszám gép Z irányú terhelhetősége kritikus lehet

Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 83



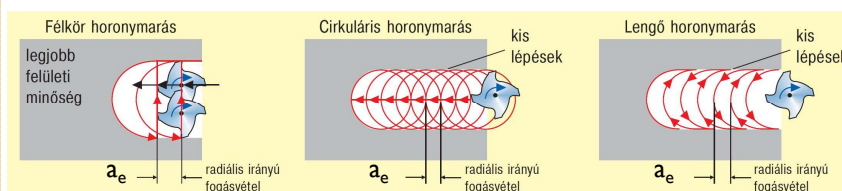
Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 84



Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 85

Trochoid marás

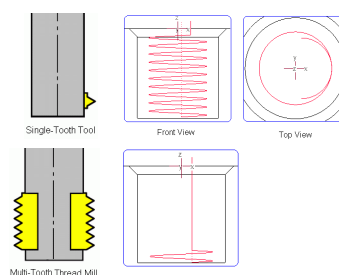
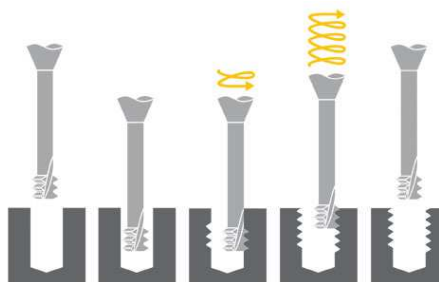
- Egyenletes, kis szerszámterhelés
- Kis a_e – 5-20% D_c
- Nagy a_p – 1-2 $\times D_c$
- Szerszám átmérő: horonyszélesség 70%-a



Video - Seco

Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 86

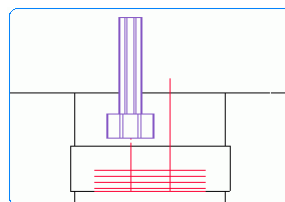
Menetmarás



Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 87

Alámetszések marása

- Szerszám szár csökkentett átmérővel
- Kis mértékű alámetszés



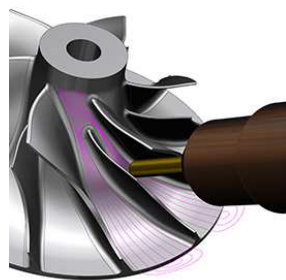
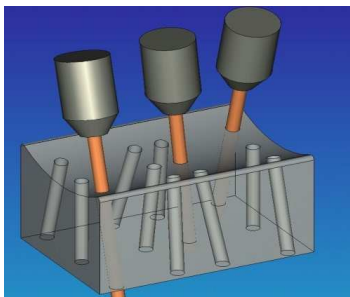
Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 88

5D-s marás

Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 89

5D-s marás

- 3 lineáris elmozdulás + 2 forgó
- Adott pontban különböző szerszámorientáció állítható be ($D_{\text{eff}} = \text{Const.}$)
- Térbeli furatok fúrása
- Alámetszett felületek marása



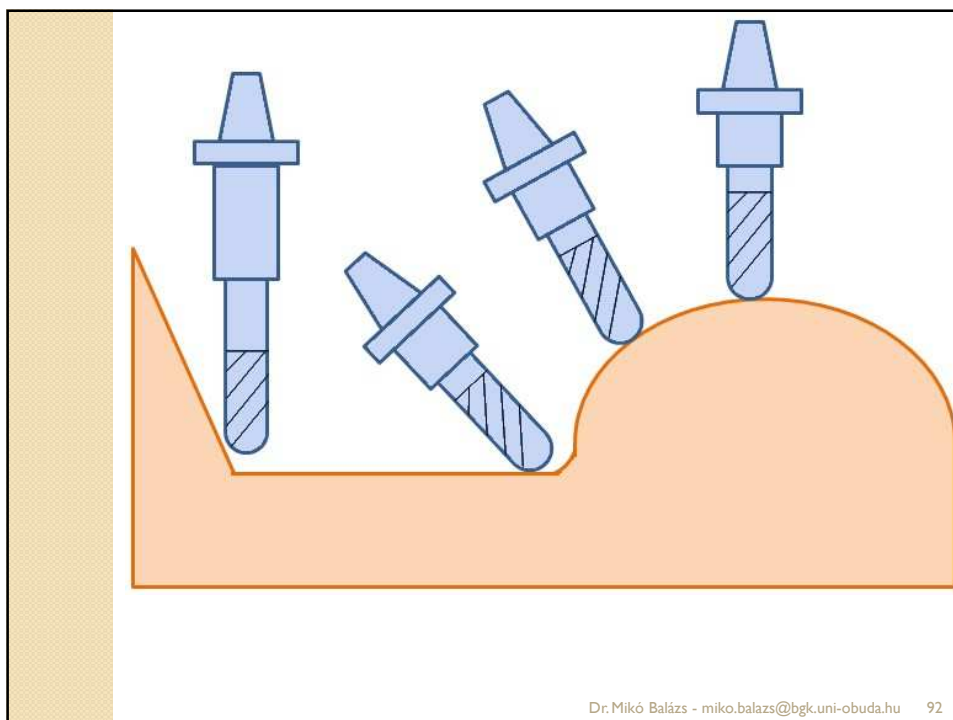
Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 90

5D-s marás

- Rövidebb szerszámkinyúlás
- Kevesebb felfogás
- Drága gép
- CAM rendszer, programozás
- Ütközésvizsgálat

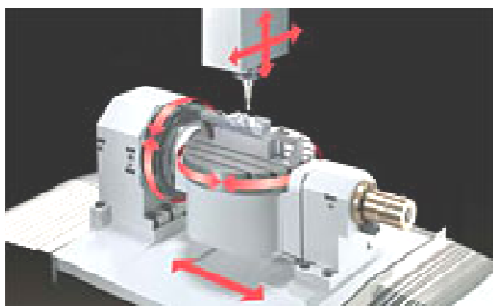


Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 91

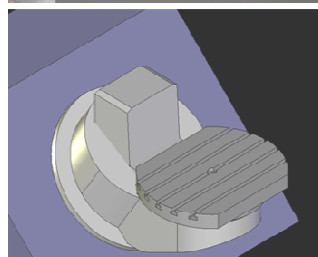


Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 92

5D-s marógépek



Két körasztal
Kicsi munkatér

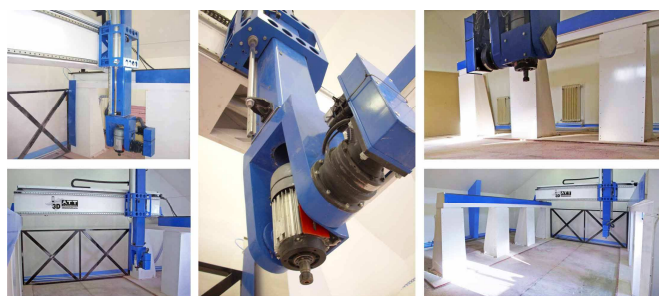


Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 93



Egy körasztal + dönthető fej

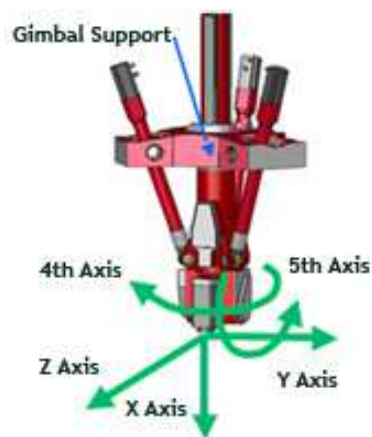
Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 94



Két irányba dönthető fej
Nagy méretű gépek



Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 95



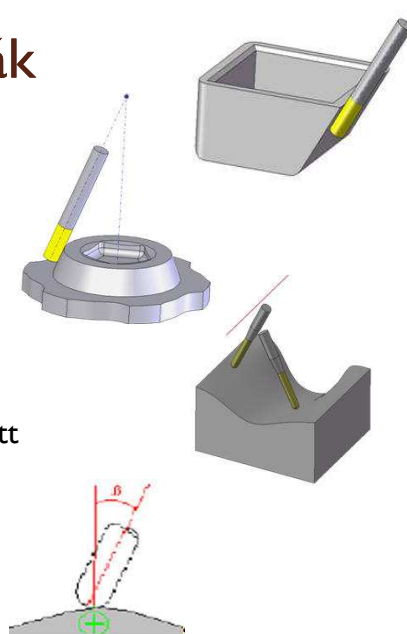
Parallel kinematikájú gép
Gyors mozgások
Kis munkatér



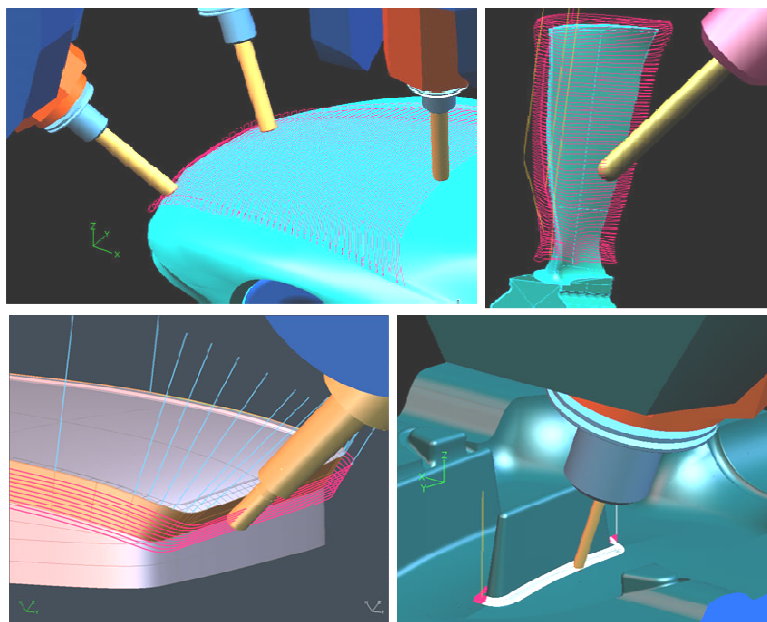
Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 96

Marási stratégiák

- Rögzített tengelyhelyzet
- Ponton átmenő tengely
- Normális helyzetű tengely
- Normálishoz képest döntött tengely



Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 97



video

Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 98

Nagyolási stratégiák összehasonlítása

Dr. Mikó Balázs, Németh Gergely:
Study of milling technology in case of mould manufacturing;
Gépészet 2010. 2010. május 25-26. Budapest p.276-281;
ISBN-987-963-313-007-0

Marási technológia

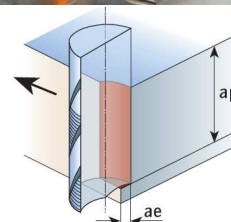
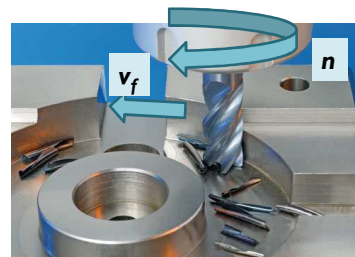
- Szerszám: anyag, felépítés, geometria
- Forgácsolási paraméterek

$$Q = a_p \cdot a_e \cdot v_f \left[\frac{\text{cm}^3}{\text{min}} \right]$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n$$

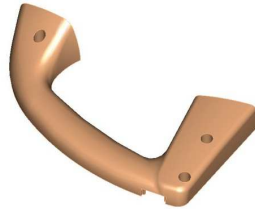
$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \Pi}$$

- HSM – high speed milling
- HPM – high performance milling
- HFM – high feed milling

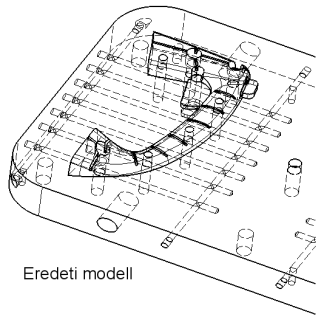


Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 100

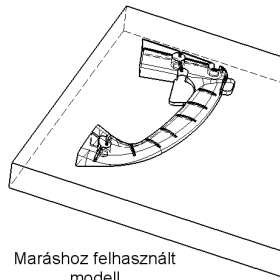
Teszt alkatrész



Műanyag alkatrész



Eredeti modell

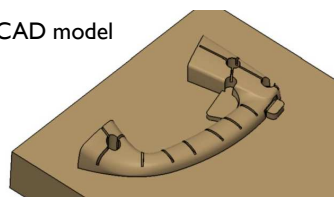


Maráshoz felhasznált modell

Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 101

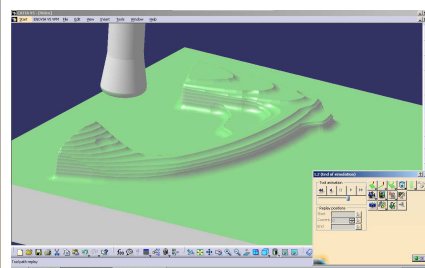
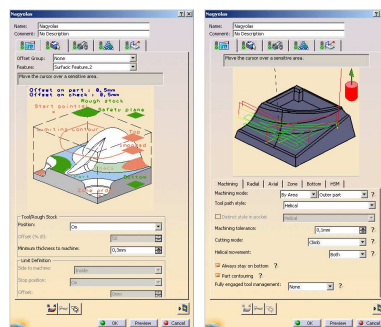
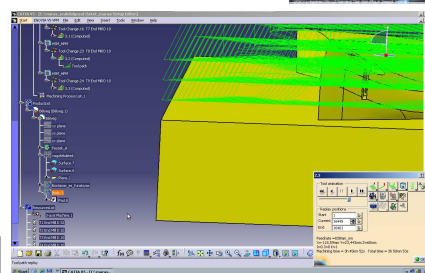
Teszt alkatrész

CAD model



Nagyolás

CATIA v5 R19



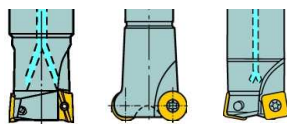
Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 102

#1 – különböző szerszámgeometria

No	Milling cutter	Manu- facturer	D mm	R mm	v_c mm/min	z	f_z mm	a_p mm	a_e mm	n 1/min	v_f mm/min
1.1	R390-032A32-11M R390-11T316M- PM1025	Sandvik Coromant	32	1,6	245	3	0,12	3	16	2437	877
1.2	R200-020A25-12H RCHT 1204M0- PM4030	Sandvik Coromant	32	6	215	3	0,24	3	16	2139	1540
1.3	R210-032A25-09M R210-090412M- PM4230	Sandvik Coromant	32	2,5	25	2	1,50	1	16	2735	8206

Azonos szerszámtérő
Keménymet lapkás marószerszámok

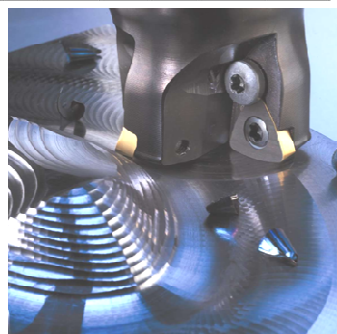
- 1.1 – sarkos szerszám, sarokrádiusszal
1.2 – körlapkás szerszám
1.3 – nagy előtolású szerszám HFM



1.1

1.2

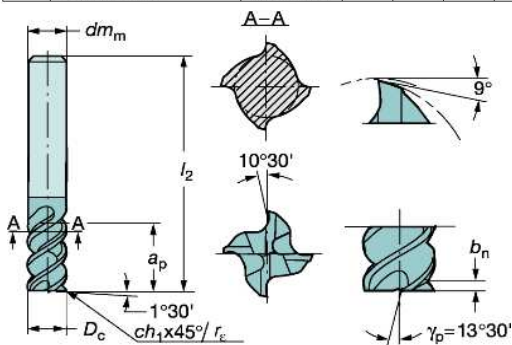
1.3



Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 103

#2 – Különböző átmérő

No	Milling cutter	Manu- facturer	D mm	R mm	v_c mm/min	z	f_z mm	a_p mm	a_e mm	n 1/min	v_f mm/min
2.1	R216.24-10050E- AK22P 1630	Sandvik Coromant	10	2	188	4	0,04	1,5	5	5984	1005
2.2	R216.24-16050I- AK32P 1630	Sandvik Coromant	16	4	188	4	0,07	1,8	8	3740	972
2.3	R216.24-20050I- AK38P 1630	Sandvik Coromant	20	4	188	4	0,07	2	10	2992	838



Azonos típusú szerszámok
Tömör keménymet marók

Különböző átmérők
Növekvő a_p és a_e
Azonos v_c
Csökkenő n és v_f

Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 104

#3 – Marási koncepció

No	Milling cutter	Manu- facturer	D mm	R mm	v_c mm/min	Z	f_z mm	a_p mm	a_e mm	n 1/min	V_f mm/min
3.1	D6206.610	Fraisa	16	0	100	4	0,09	2	8	1989	716
3.2	U5174.610	Fraisa	16	0	100	4	0,05	10	8	1989	398
3.3	7552-16-2	Dixi	16	2	880	2	0,10	1	8	17507	3500



3.1

3.2

3.3

Azonos átmérő
Tömör keményfém marók

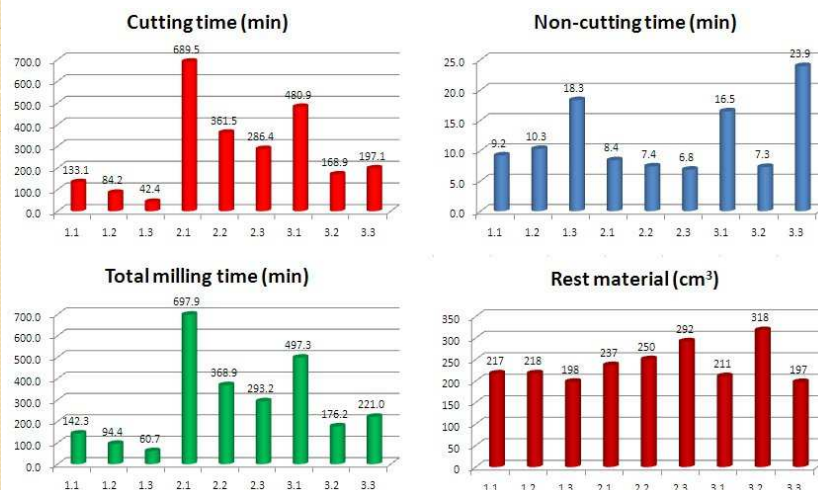
3.1 – hagyományos technológia

3.2 – HPM technológia, nagy a_p

3.3 – HSM technológia, nagy v_c és n

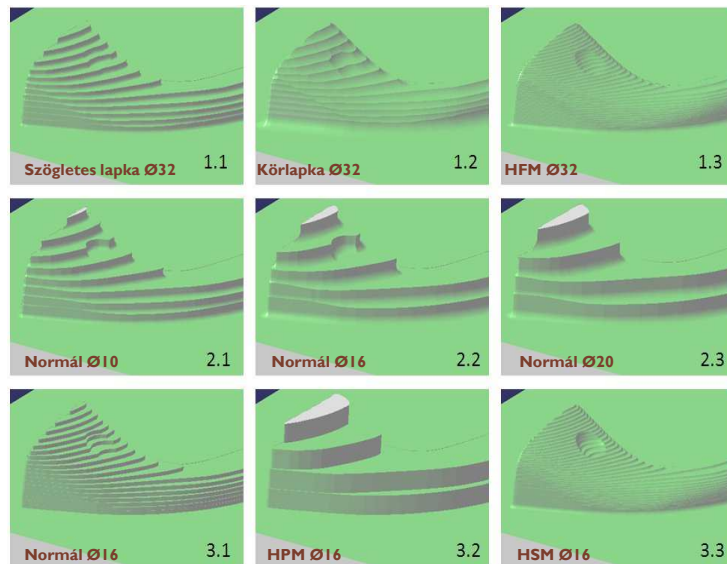
Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 105

Gyártási idő és maradék anyag



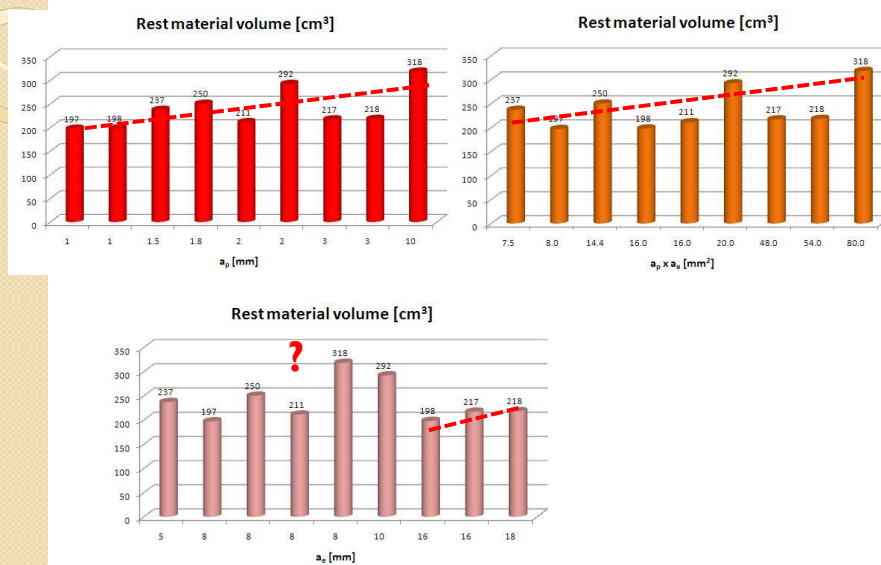
Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 106

Maradék anyag



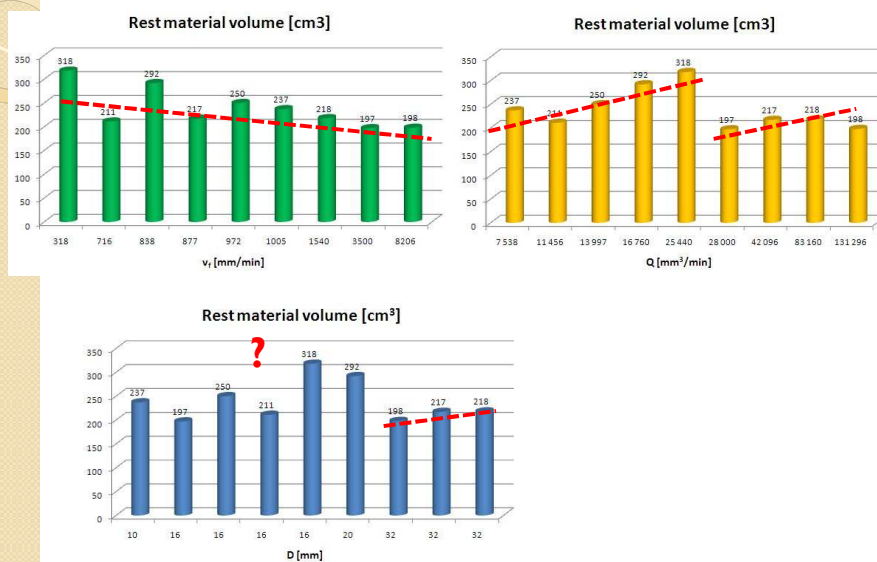
Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 107

Következtetések



Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 108

Következtetések



Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 109