

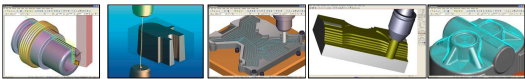
Óbuda Egyetem
Bánki Donát Gépész és Biztonságtudományi, Mérnöki Kar
Anyagtudományi és Gyártástechnológiai Intézet



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



Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 2

CAM rendszerek



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

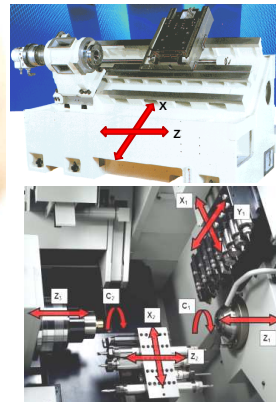
Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 5

- 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

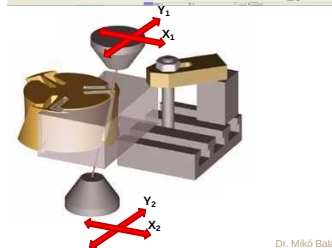
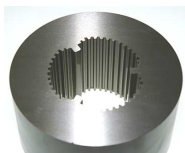
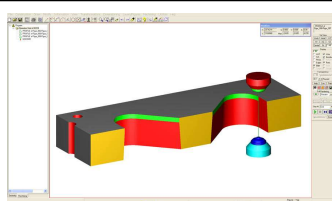
Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 6

- 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
 - Soktengelyes szerszámgépek (pl. szerszám köszörű)

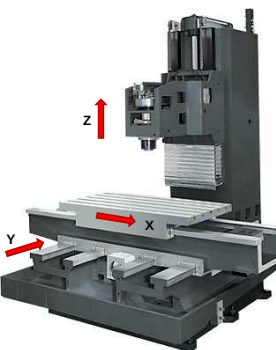
Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 7



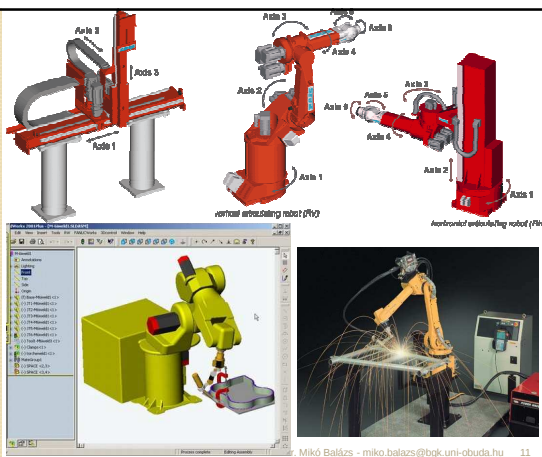
Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 8



Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 9



Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 10

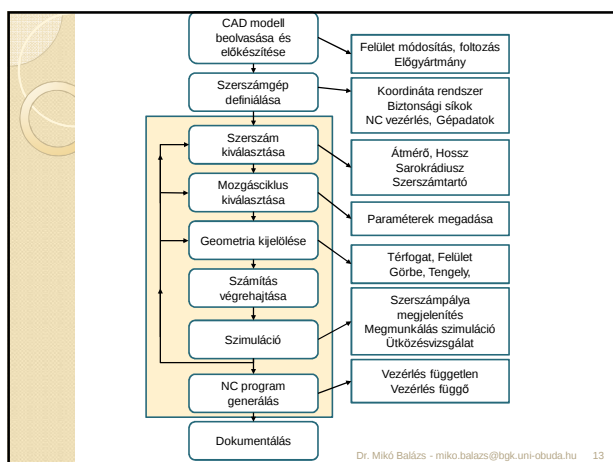


Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 11

CAM munkafolyamat

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

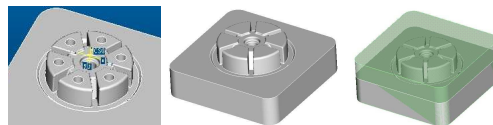
Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 12



0. – Technológiai tervezés

1. – CAD modell beolvasása és előkészítése

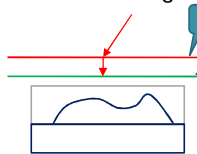
- Fájlformátumok, adatvesztés
 - Natív / Neutrális (dxf, step, iges, vda, stl stb.)
 - Parametrikusság / Modelltörténet / Felület hibák
- Geometria módosítása
- Felület foltozás (pl. furatok befedése)
- Előgyártmány definiálása



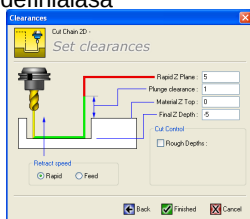
Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 14

2. – Szerszámgép választás

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



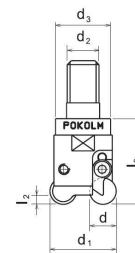
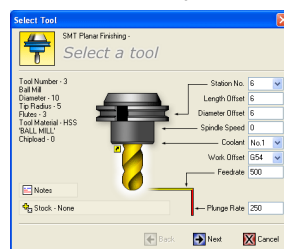
- 1 – biztonsági sík, felette 3D gyorsmozgás engedélyezett
- 2 – kiemelési sík, összekötő mozgások síkja



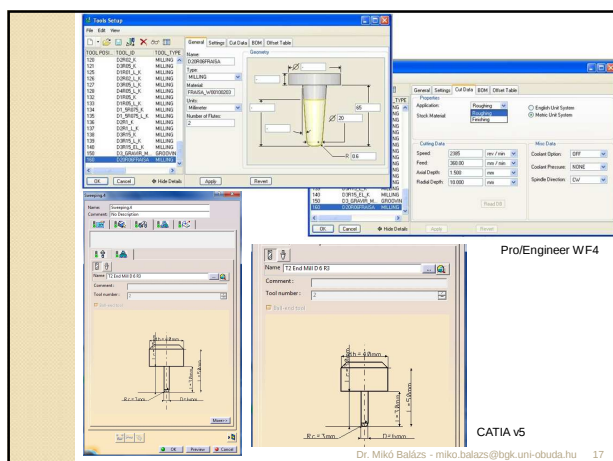
Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 15

3. – Szerszám kiválasztása, kijelölése

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



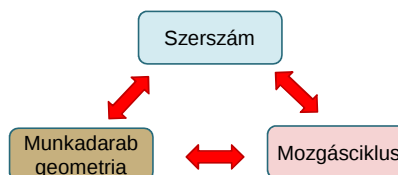
Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 16



Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 17

4. – Mozgásciklus választás

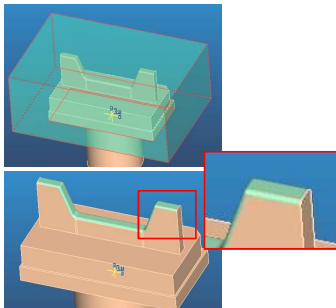
- Adott megmunkálási módhoz fejlesztett ciklusok
- Standard ciklusok
- Egyedi (CAM rendszer függő) ciklusok
- Egy feladat több módon is megoldható
- Szerszám – Geometria – Mozgáspálya



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

5. – Geometria kijelölése

- Tengely, Görbe, Felület, Térfogat, Ablak
- CAD modellen / Újra modellezve



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

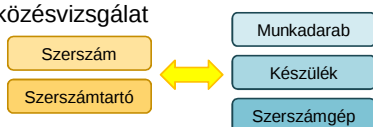
6. – Számítás végrehajtása



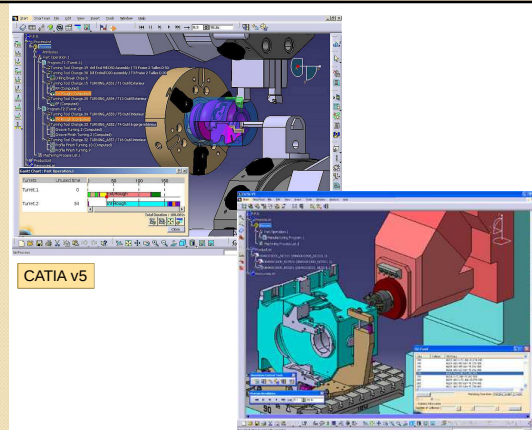
Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@btk.uni-obuda.hu 20

7. – Szimuláció

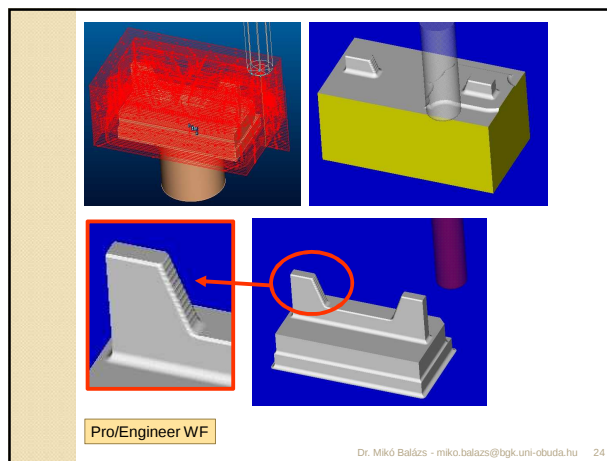
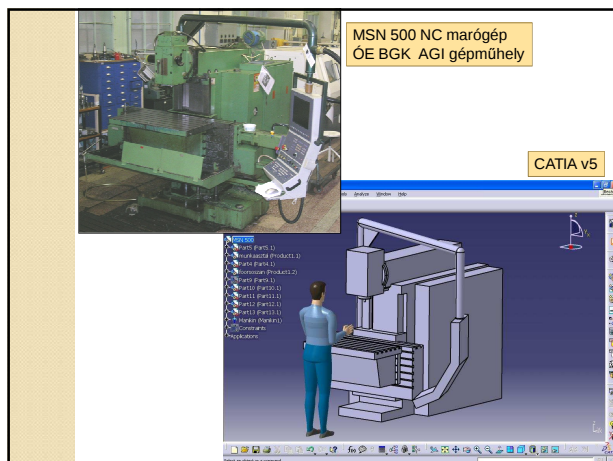
- Szerszámpálya megjelenítése
- Megmunkálás szimuláció
 - Munkadarab + Szerszám
 - Szerszámgép + Készülék
- Ütközésvizsgálat
- Egyéb szimulációk
 - Megmunkálási idő
 - Gépteljesítmény



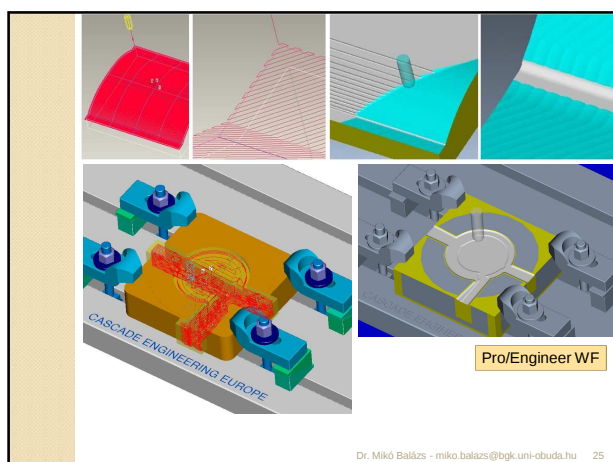
Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@btk.uni-obuda.hu 21



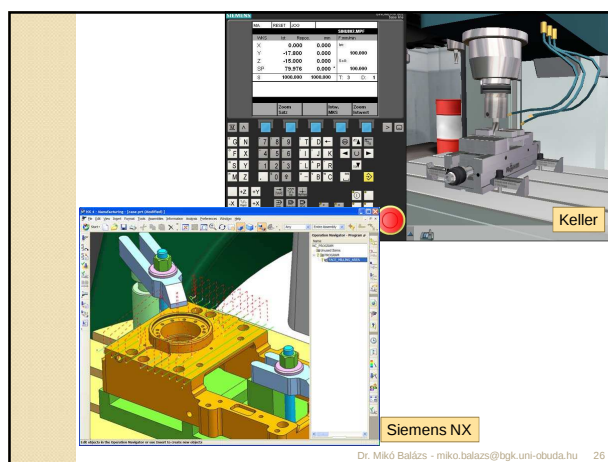
Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@btk.uni-obuda.hu 22



Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@btk.uni-obuda.hu 24



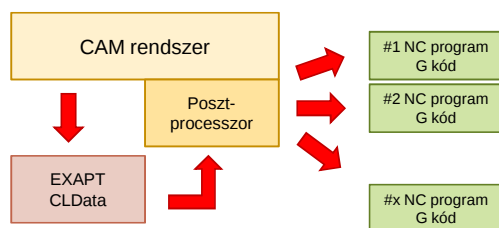
Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 25



Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 26

8. – NC program generálása

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



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

APT

- Automatically Programmed Tool
- 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

```

%%* Pro/Cadfile Version Wildfire 4.0 - C000
%%-> MFGNO / TET_SURF_MILLINGPARTNO /
TET_SURF_MILLING
%%-> FEATHO / 13MACHIN / MILL, 1
%%-> CUTCOM GEOMETRY TYPE / OUT-
PUT_ON_CENTERUNITS / MMLOADL / 160
%%-> DZ0 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 / RPM, 2385.000000, CLM
RAPID
FROM / 110.300, 0.000, 10.000
%%-> SETSTART / 110.300, 0.000, 10.000
RAPID
GOTO / 110.300, 0.000, -6.000
FEEDRAT / 180.000000, MM/M
GOTO / 110.300, 0.000, -9.500
FEEDRAT / 360.000000, MM/M
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

```

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

Seq. No.	Program name	T	Startream Tool	Tip Type	Dr. holes T height	Ballgraze Dia. mm.	Idle Time	Feed Rate	Spindle Speed	Feed Rate	Max. Depth
1	S0101-1	T22	Ø25.000	D25 R5 POKOLM		0.300	28	4:0.800	2400	2700	
2	S0101-2	T14	Ø7.980	D8 R0.5 FRAISA		0.300	2	4:0.300	2150	3580	
3	S0101-3	T38	Ø16.000	D16 R8 ISCAR C1		0.300	8	4:0.500	1350	3150	nagyolás
4	S0101-4	T18	Ø11.580	D12 R0.5 FRAISA		0.000	8	4:0.150	6000	8000	
5	S0101-5	T14	Ø7.980	D8 R0.5 FRAISA		0.000	2	4:0.100	8000	12000	

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

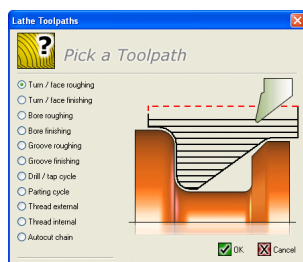
Esztergálás CAM rendszerekben

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

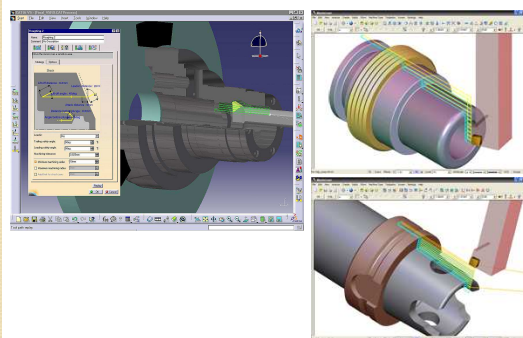
Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@btk.uni-obuda.hu 32

Esztergálás CAM rendszerekben

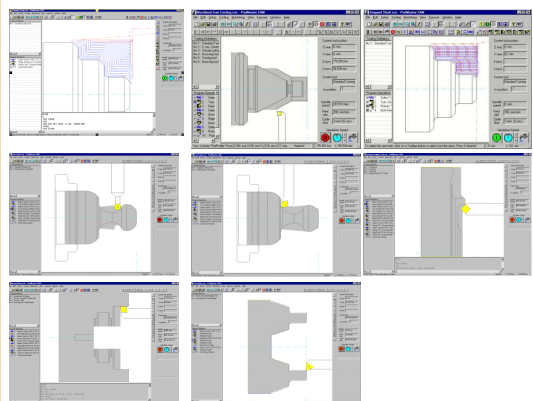
- Mozgásciklusok
 - Kontúr nagyolás
 - Hosszesztergálás
 - Keresztesztergálás
 - Kontúrsimítás
 - Furatesztergálás
 - Beszúrás
 - Alászurás
 - Leszurás
 - Menetesztergálás
 - Fúróciklusok



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



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



Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@btk.uni-obuda.hu 35

2.5D-s marási stratégiák

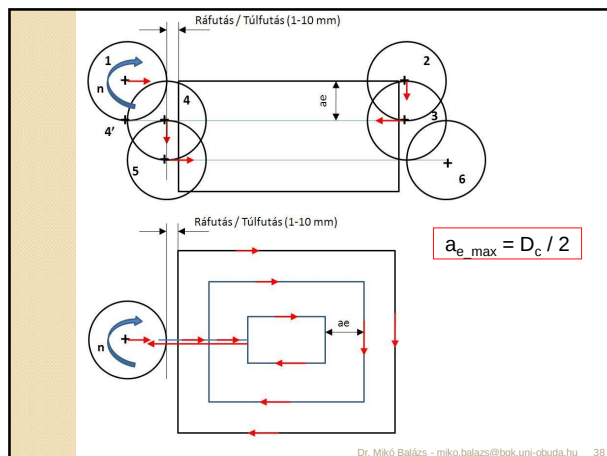
- Síkmarás
- Térfogat marás
- Teraszoló kontúrsimítás
- Zsebmarás
- Trajektória marás
- Sarokmarás
- Fúrás

Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@btk.uni-obuda.hu 36

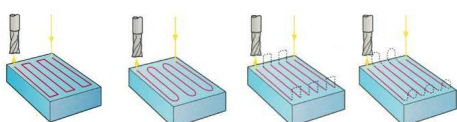
Síkmarás

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

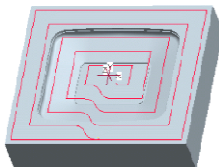
Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 37



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



- Összekötő mozgások definiálása
 - Sima átmenet – gyors előtoló sebesség
- A megmunkálás nyoma látszani fog a darabon



Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 39

Térfogat marás

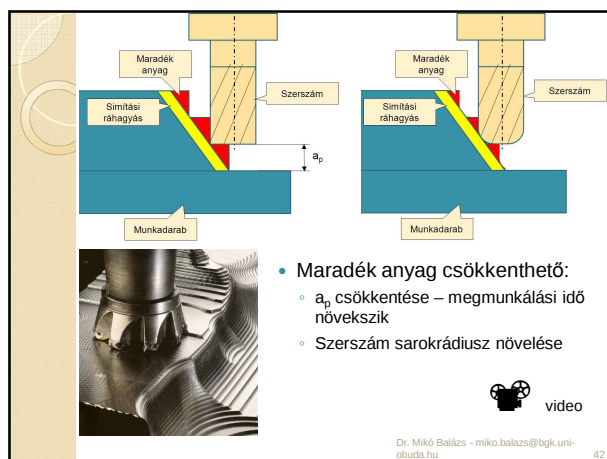
- Alapvetően nagyolásra használjuk
 - Simítási ráhagyás megadása
- Stratégia:
 - adott irányú marás
 - kontúrkövető marás
 - spirál marás
- Fogásvétel:
 - Darabon kívül
 - Darabon belül
 - Z irányban
 - Egyenes bemerülés – rampolás ($\alpha = 2-8^\circ$)
 - Spirál bemerülés ($\alpha = 2-8^\circ$, $R_{min}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



Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 40

- 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 41



- Maradék anyag csökkenthető:
 - a_p csökkentése – megmunkálási idő növekszik
 - Szerszám sarkrádiusz növelése

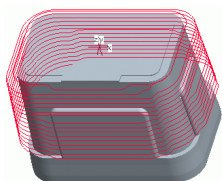


video

Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 42

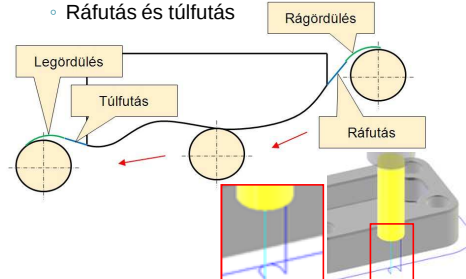
Teraszoló kontúrsimítás

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



Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 43

- Fogásmélység: $a_p > 0.1 \text{ mm}$
- felület minőség vs. idő
- Fogásvétel:
 - Rágördülés, legördülés, Fogásvétel levegőben
 - Ráfutás és túlfutás



Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 44



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 45

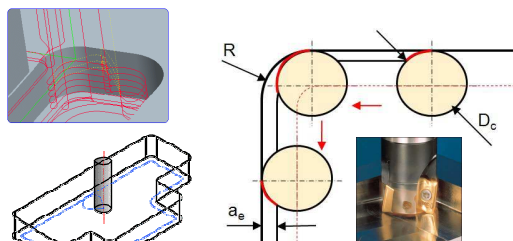
Zsebmarás

- Általában simítás
- Sarokrádiusos marószerszám
- Oldalfal kontúrkövetése és / vagy fenék síkmarása



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

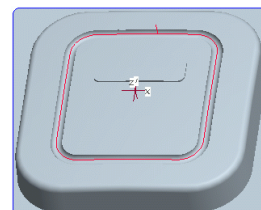
- Belső sarkok esetén
 - $D_c < 2R$
 - A rádiusz mentén nő a forgács hossz, nő a szerszám terhelés
 - Előtolási sebességet (v_f) érdemes csökkenteni



Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 47

Trajektória marás

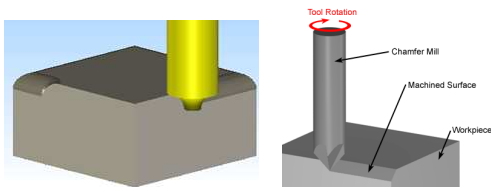
- Adott térgörbe mentén vezetjük végig a szerszámot
- Horonymarási feladat
- T horony marás



Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 48

Sarokmarás

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



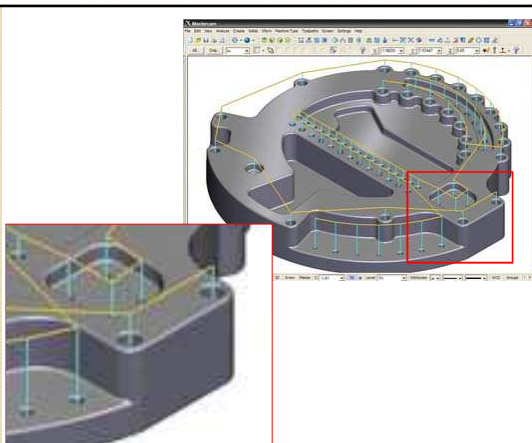
Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 49

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 50



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

3D marási stratégiák

- 3D felület simítás
- Kombinált simítás
- 3D helikális simítás
- Gravírozás
- Maradékanyag megmunkálás
- Térbeli sarokmarás

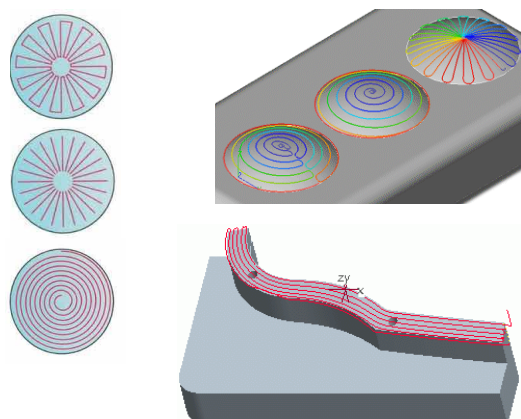
Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 52

3D felület simítás

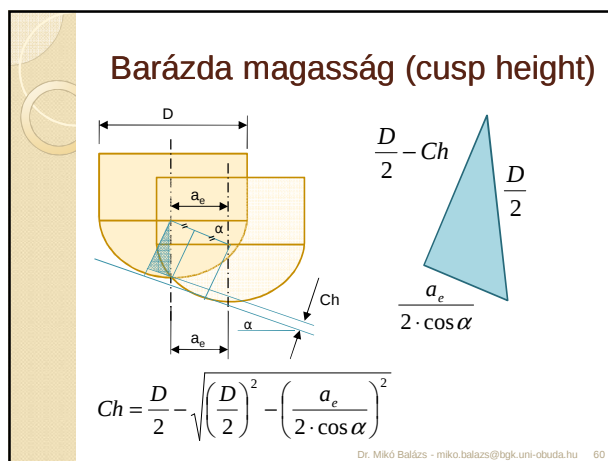
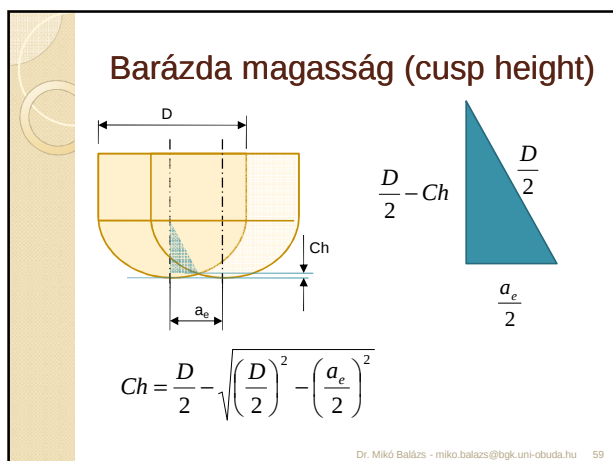
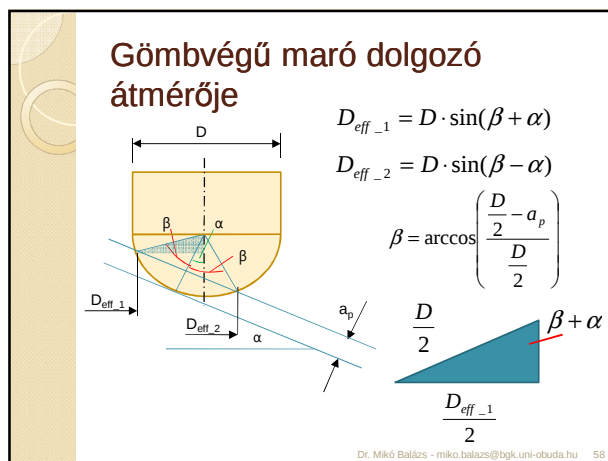
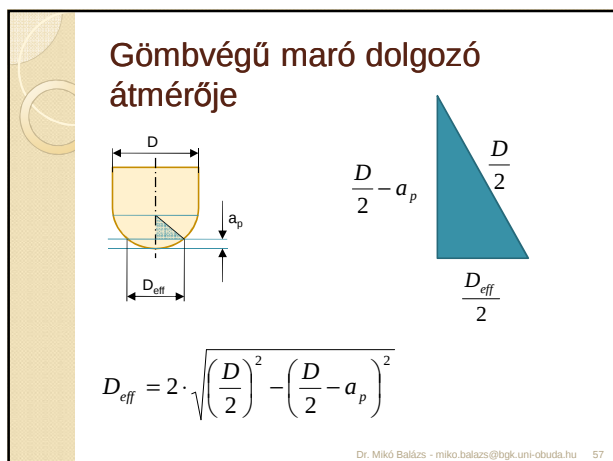
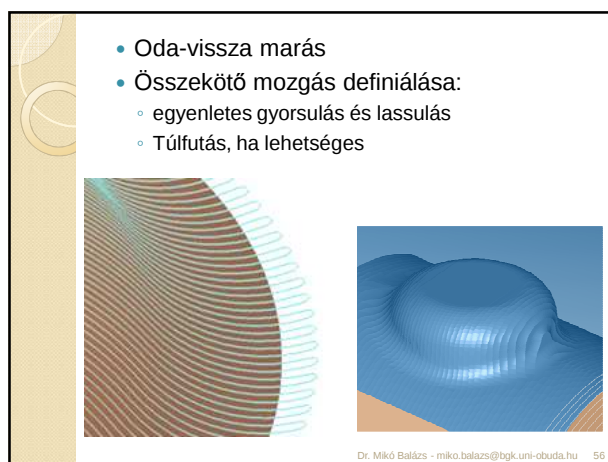
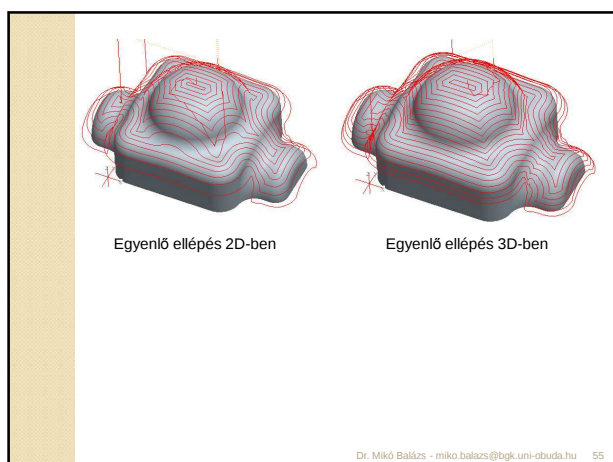
- Szerszám: gömbvégű maró
- 45°-nál laposabb felületek simítása
- Megmunkálás iránya:
 - Adott irányban xy síkban
 - Kontúrkövetés
 - Paraméter vonal követés
 - Vetített trajektória
 - Sugár irányú
 - Spirál



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

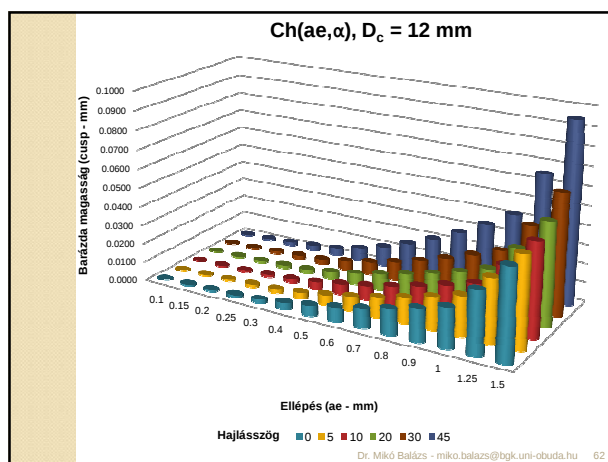


Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 54

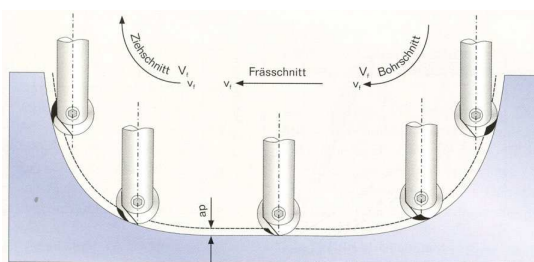


	ae	Cusp height														
D	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.25	1.5		
6	0.0004	0.0009	0.0017	0.0026	0.0038	0.0067	0.0104	0.0150	0.0205	0.0268	0.0339	0.0420	0.0658	0.0953		
8	0.0003	0.0007	0.0013	0.0020	0.0028	0.0050	0.0078	0.0113	0.0153	0.0201	0.0254	0.0314	0.0491	0.0709		
10	0.0003	0.0006	0.0010	0.0016	0.0023	0.0040	0.0063	0.0090	0.0123	0.0160	0.0208	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	0.0155	0.0245	0.0352		
20	0.0001	0.0003	0.0005	0.0008	0.0011	0.0020	0.0031	0.0045	0.0063	0.0080	0.0101	0.0125	0.0196	0.0282		
a: 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		
a: 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	0.0181	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		
a: 20.00																

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



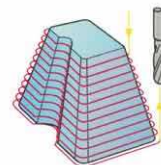
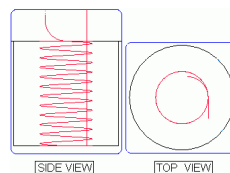
Üreg simítása



Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 63

3D helikális simítás

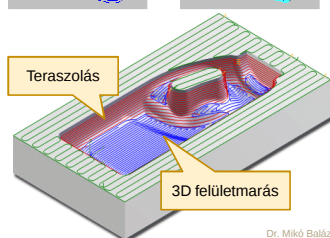
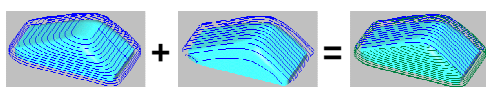
- Szerszám: sarokrádiuszos vagy gömbvégű maró
- 45°-nál meredekebb felületek simítása
- A kontúrkövetéssel párhuzamosan folyamatos Z irányú süllyedés
- Nincs fogásvétel
- Folyamatos forgácsolás



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

Kombinált simítás

- Felületek automatikus szétválasztása



Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 65

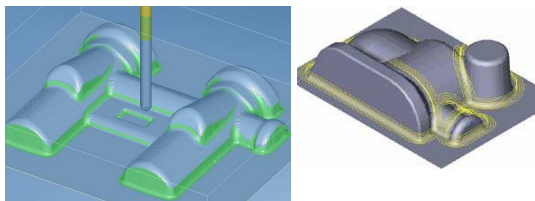
Gravírozás

- 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 66

Maradékanyag megmunkálás

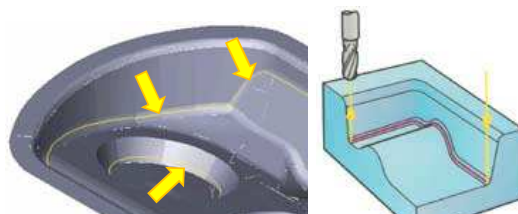
- Az előző megmunkálás során nem megmunkálható geometria újra munkálása
- Teraszoló marás vagy felület simítás



Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 67

Térbeli sarokmarás

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

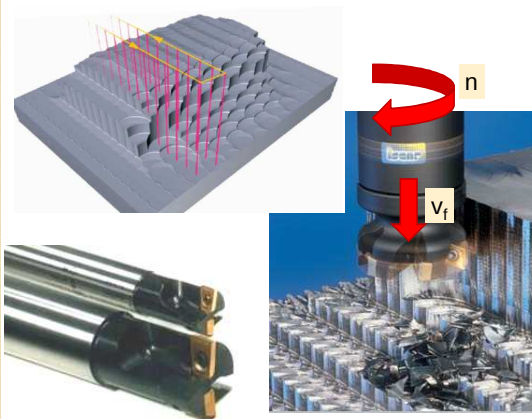


Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 68

Különleges mozgásciklusok

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

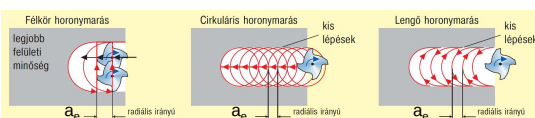
Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 69



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

Különleges mozgásciklusok

- **Trochoid marás**
- Egyenletes szerszámterhelés
- Kis a_e – 5-20% D_c
- Nagy a_p – 1-2 x D_c
- Szerszám átmérő: horonyszélesség 70%-a

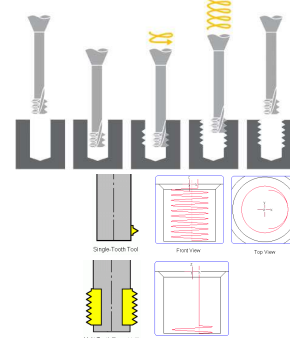


Video - Seco

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

Különleges mozgásciklusok

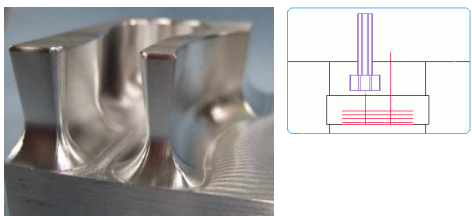
- **Menet marás**



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

Különleges mozgásciklusok

- Alámetszések marása
- Szerszám szár csökkentett átmérővel

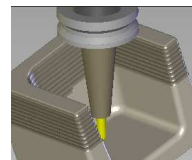


Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 73

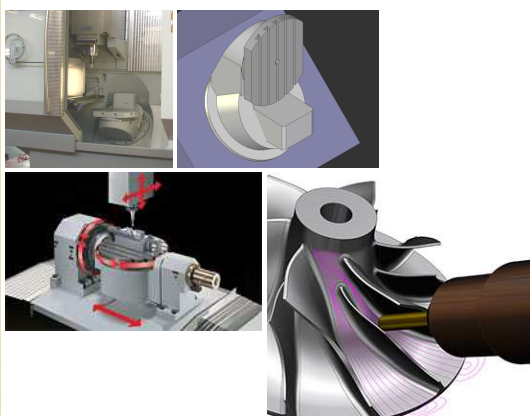
5D-s marás

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

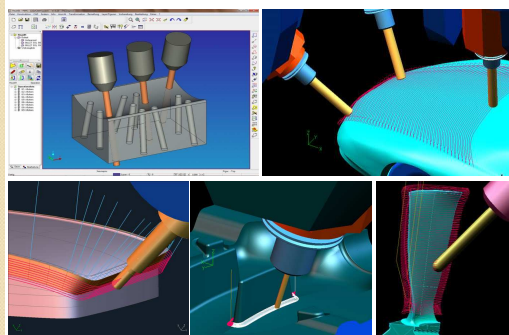
- Rövidebb szerszámkinyúlás
- Kevesebb felfogás
- Drága gép
- CAM rendszer, programozás
- Ütközésvizsgálat



Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 74



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



video

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

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

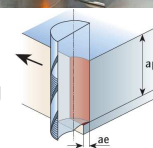
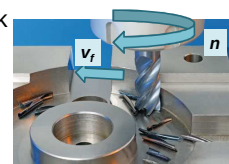
- Szerszám: anyag, felépítés, geometria
- Forgácsolási paraméterek

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

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

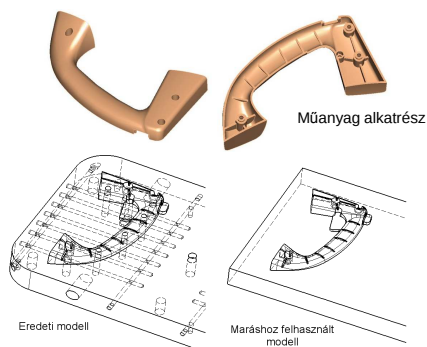
$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \Pi}$$

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



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

Teszt alkatrész

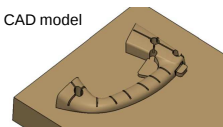


Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 79

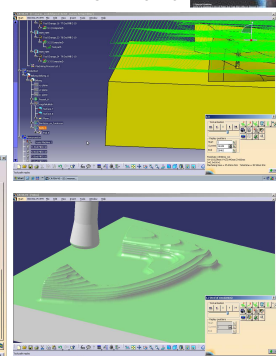
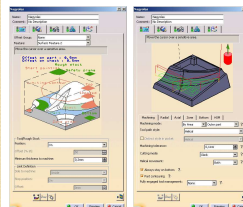
Teszt alkatrész

CAD model

CATIA v5 R19



Nagyolás



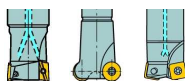
Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 80

#1 – különböző szerszámgeometria

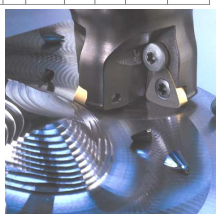
No	Milling cutter	Manu- facturer	D mm	R mm	V_c mm/min	Z	f_z mm	a_p mm	a_e mm	n 1/min	V_f mm/min
1.1	R390-032A32-11M R390-11T316M- PM1025	Sandvik Coromant	32	1,6	245	3	0,12	3	16	2437	877
1.2	R200-020A25-12H RCHT 1204M0- PM4030	Sandvik Coromant	32	6	215	3	0,24	3	16	2139	1540
1.3	R210-032A25-09M R210-090412M-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

Azonos szerszámtérő
Keménység lapkás marószerszámok

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



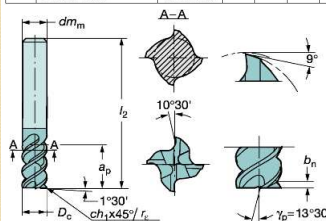
1.1 1.2 1.3



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

#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 keménység 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 82

#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



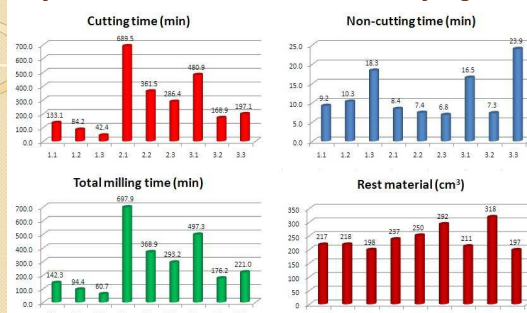
3.1 3.2 3.3

Azonos átmérő
Tömör keménység marók

- 3.1 – hagyományos technológia
3.2 – HPM technológia, nagy a_p
3.3 – HSM technológia, nagy V_c és n

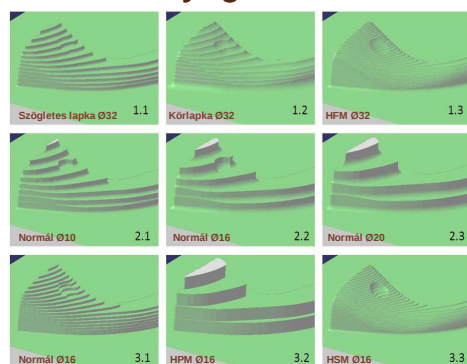
Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 83

Gyártási idő és maradék anyag



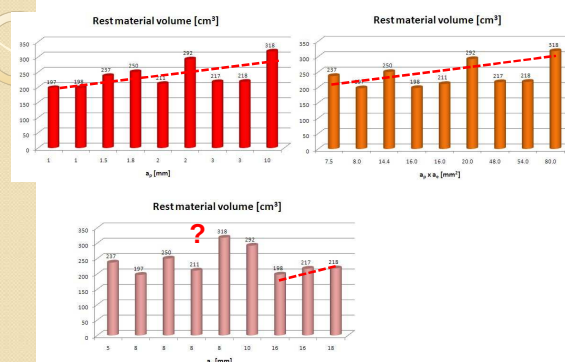
Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 84

Maradék anyag



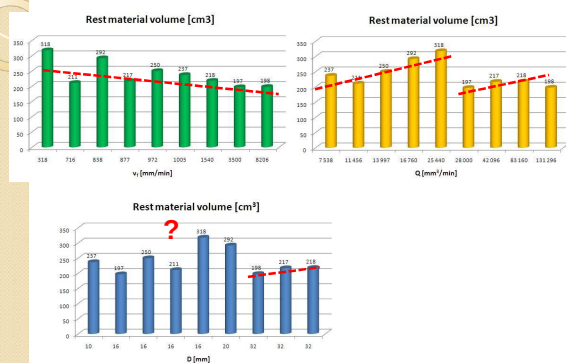
Dr. Mikó Balázs - miko.balazs@btk.uni-obuda.hu 85

Következtetések



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

Következtetések



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