



Óbudai Egyetem

*Bányai Donát Gépezés és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar
Anyagtudományi és Gyártástechnológiai Intézet*

BAGGM26NNC / NLC

GYÁRTÓRENDSZEREK MECHATRONIKÁJA (TECHNOLÓGIAI TERVEZÉS AUTOMATIZÁLÁSA)



Dr. Mikó Balázs

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

TEMATIKA



- Alapfogalmak,
 - A technológiai tervezés elvei, módszerei, feladatai
- CAD rendszerek, parametrikus asszociatív testmodellezés
- Műveleti sorrendtervezés (1.HF kiadása)
- Csoporttechnológia
- CAM rendszerek, CAM folyamat, CAM modulok, Processzor-posztprocesszor elv, 2.5/3 D-s marási ciklusok
- Gyors prototípus gyártás
- 3D szkennelés

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

2

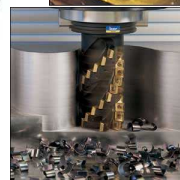
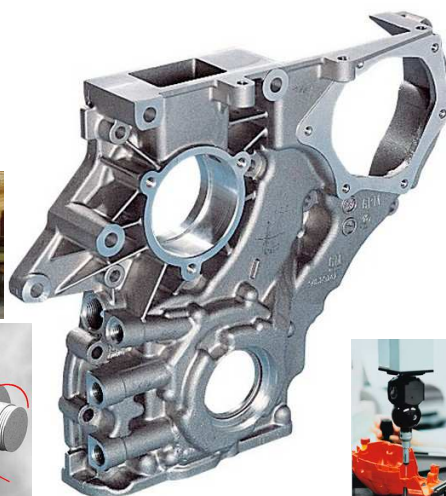
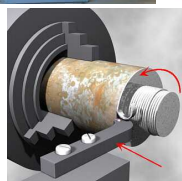
1

Bevezetés, alapfogalmak



A gyártástervezés feladata

Megtervezni a konstruktor által megtervezett termék gyártási folyamatát.



uni-obuda.hu

4

A gyártástervezés feladata

A technológiai tervezés célja a gyártáshoz szükséges dokumentációk előállítása.

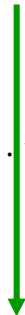


miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

5

A gyártástervezés nehézsége

Előgyártmány



Termék

Gyártási
eljárások sorozata

A köztes állapotok száma
tetszőleges

Különböző eljárásokkal
létrehozható ugyanaz az
állapotváltozás

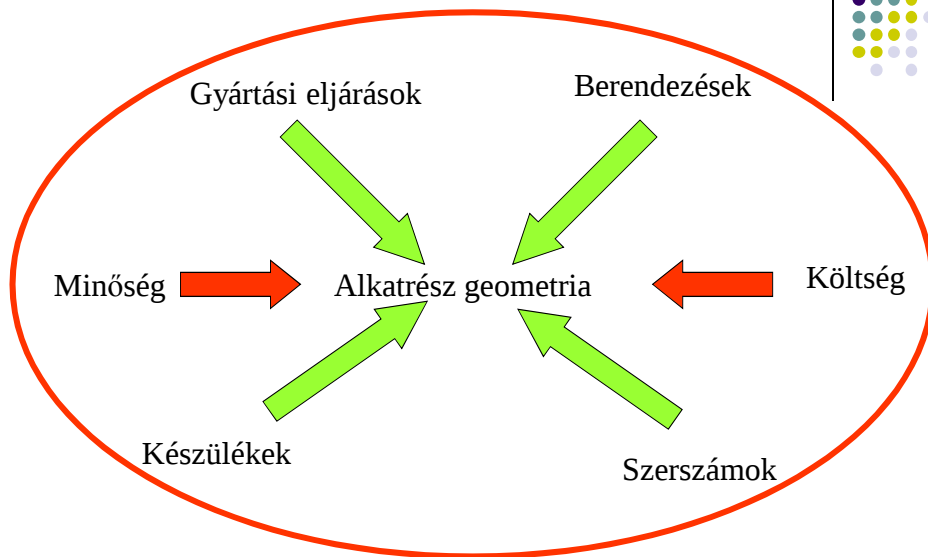
Ugyanaz az eljárás többféle
állapotot eredményezhet a
paraméterek függvényében

Az eljárások környezetfüggők

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

6

Szintetizálás



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

7

Alapfogalmak, definíciók



Gyártási folyamat: azon tevékenységek összessége, melynek folyamán egy anyagból alakjának és tulajdonságainak megváltoztatásával tervszerűen ipari termékeket állítanak elő.



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

8

Alapfogalmak, definíciók



Művelet: a gyártási folyamat önmagában befejezettnek tekinthető, megszakítás nélkül végzett szakasza.

A művelet a gyártási folyamat tervezési és szervezési egysége, amely több *műveletelemből* áll.

Forgácsolástechnológiában műveletnek nevezzük az egy gépen, egy felfogásban végrehajtott megmunkálások összességét.

Műveletelem: a művelet különválasztható és külön elemezhető, tervezhető eleme.

Forgácsolástechnológiában az egy szerszámmal geometriailag és technológiailag összefüggő ráhagyási alakzat eltávolítását nevezzük műveletelemnek.

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

9

Alapfogalmak, definíciók



Állapot: a munkadarab, felületelem, vagy felületelem csoport készülttségének meghatározására szolgál.

Megkülönböztethető állapotok: nyers állapot, közbenső állapot, pillanatnyi állapot, kész állapot.

Állapotjellemzők: az állapotot minőségileg számszerűen leíró paraméterek:

- anyagtulajdonsági
- geometriai
- méret (IT)
- alak (egyenesség, síklapúság, körkörösség stb)
- helyzet (párhuzamosság, merőlegesség, egytengelyűség stb.)
- mikropontosság (Ra)

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

10

Alapfogalmak, definíciók



Állapotváltozás: az állapotjellemzők megváltozásának folyamata.

Nyers állapot: a gyártási folyamat megkezdése előtti állapot.

Közbenső állapot: az egyes műveletek közötti állapot.

Pillanatnyi állapot: a gyártási folyamat tetszőleges pillanatában fennálló állapot.

Kész állapot: a gyártási folyamat befejezése utáni állapot.

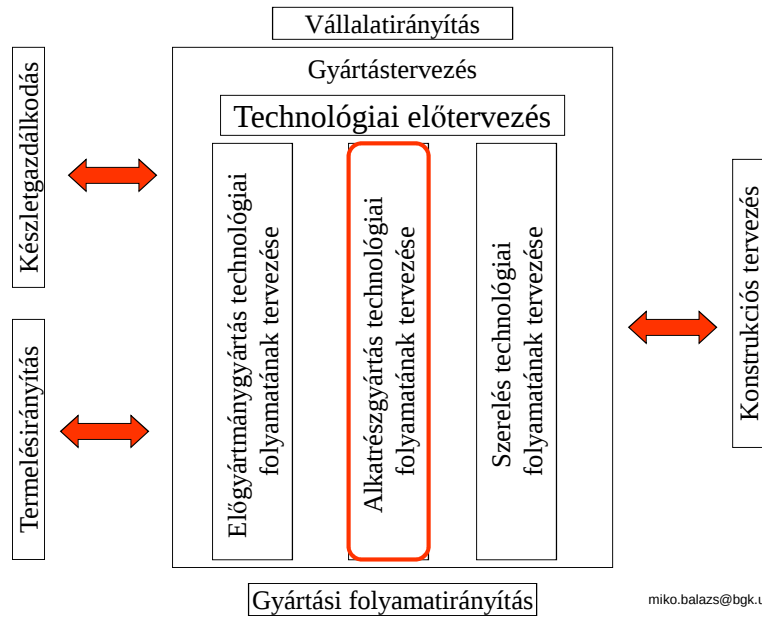
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 11

2.1

A technológiai tervezés feladatai



A gyártástervezés területei



A gyártástervezés szintjei



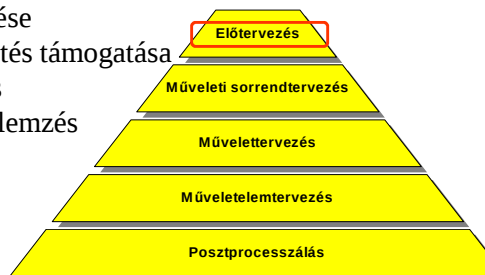
Előtervezés



- **A konstrukció technológiai bírálata**
 - Szerelhetőségi elemzés
 - Gyárthatósági elemzés (globális, lokális)
- **Gyártástervezési részfolyamatok előkészítése**

- Az előgyártmány gyártási, az alkatrészgyártási és a szerelési folyamat elemzése
- Gyártás / beszerzés döntés támogatása
- Előgyártmány választás
- Vázlatos technológiai elemzés

- **Idő- és költségbecslés**

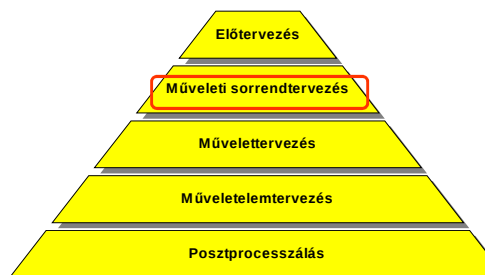


miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 15

Műveleti sorrendtervezés



- **A megmunkálási igények és módok meghatározása**
- **A megmunkálási bázisok kijelölése**
- **A szerszámgépek és készülékek kiválasztása**
- **A műveletek behatárolása**
- **A műveletek sorrendjének meghatározása**

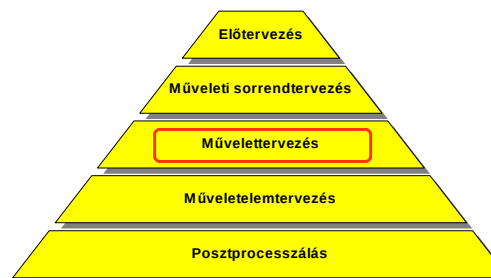


miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 16

Művelettervezés



- Műveletelemek tartalmának és sorrendjének meghatározása
- Szerszámok kiválasztása
- Szerszámelrendezési terv készítése

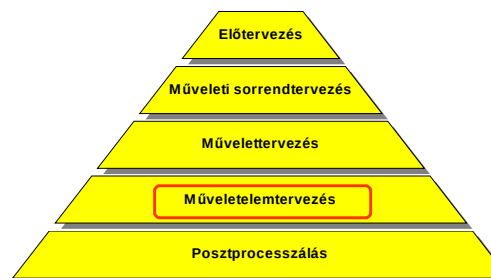


miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 17

Műveletelem tervezés



- Forgácsolási paraméterek meghatározása
- Szerszámpályák meghatározása

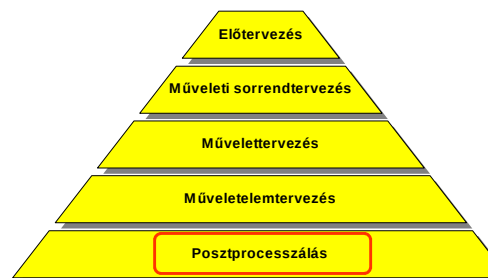


miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 18

Posztprocesszálas (illesztés)



- A tervezési eredmények illesztése az adott géphez, vezérléshez
- A gyártási dokumentáció elkészítése



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 19

2.2

A technológiai tervezés feladat típusai



Gyártástervezési feladatok típusai

Elemzési feladatok igények, feltételek analízisével kapcsolatosak, melyek megoldása révén előállnak a választási feltételek (pl. Eljárások, szerszámok kiválasztásának kritériumai). A feltételek részint valamely paraméterek tartományait, részint eljárások, objektumok típusait határozzák meg.



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 21

Gyártástervezési feladatok típusai

Választás: az elemzés során generált megoldási lehetőségek közül a megoldás kijelölése.



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 22

Gyártástervezési feladatok típusai



Értékelés: a választott, vagy generált megoldás vizsgálata.



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

23

Gyártástervezési feladatok típusai



Adaptálás/Korrekcio: a javasolt megoldás módosítása a kezdeti feladat sajátosságainak figyelembevételével.



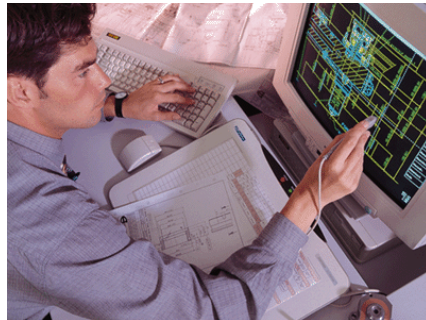
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

24

Gyártástervezési feladatok típusai



Geometriai feladatok: a teljes munkadarab, vagy bizonyos felületek definiálására, a közbenső állapotok meghatározására, a ráhagyások elosztására, ütközésvizsgálatokra, különböző objektumok (gép, munkadarab, készülék, szerszám) egymáshoz viszonyított elrendezésére szolgál.



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

25

Gyártástervezési feladatok típusai



Aritmetikai feladatnak tekintünk minden olyan nem geometriai számítási feladatot, amelynek eredménye valamilyen szám, paraméter.

Ide soroljuk:

- a mechanikai (statikai, kinematikai, dinamikai, szilárdságtani),
- hőtani,
- áramlástan,
- tribológiai,
- gépelem tervezési,
- forgácsolásméleti feladatokat.



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

26

Gyártástervezési feladatok típusai

Struktúrálási feladatok: egy folyamat elemeink és azok kapcsolatának, sorrendjének meghatározása.



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 27

A feladatmegoldás általánossága I.

Alkatrészek sokfélesége

Környezeti feltételek



A feladat modellje és általánossága nem lehet mindig általános érvényű!

- Általános
- Korlátosan általános
- Parametrikusan környezetfüggő
- Struktúrálisan környezetfüggő
- Speciális

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 28

A feladatmegoldás általánossága II.



Általános a feladat modellje és megoldása, ha bármilyen alkatrész esetén, bármilyen gyártási környezetben korlátozás és utólagos illesztés nélkül alkalmazható.

Az alacsonyabb szintű geometriai feladatok többsége ide sorolható.

Korlátosan általános megoldásról akkor beszélünk, amikor valamely jól definiált feladatra:

- bármely környezetben, de csak bizonyos alkatrészekre, felületelem csoportra, vagy
- bármely alkatrészre, de csak bizonyos környezeti feltételek mellett adható megoldás.

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 29

A feladatmegoldás általánossága III.



A parametrikusan környezetfüggő megoldások esetén a matematikai modell és a megoldás módja is megfogalmazható általános alakban, de a modell paramétereit adaptálni kell a konkrét környezet adottságaihoz.

A strukturálisan környezetfüggő megoldások jellemzője, hogy létezhet ugyan környezetfüggetlen legjobb megoldás, de ennek csak elvi jelentősége van, mivel az adott környezetben a feltételek hiánya okán nem alkalmazható.

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 30

A feladatmegoldás általánossága IV.



A speciális megoldások csak abban a környezetben alkalmazhatók, amelyekre kidolgozták őket.

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

31

2.3

A technológiai tervezés elvei



A gyártástervezés elvei



- absztrakció szerepe a tervezésben
- lokalitás kihasználása a tervezésben
- analógiák alkalmazása
- nemlineáris és korlátozás alapú tervezés
- heurisztikák
- optimalizálás

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

33

Absztrakció



Az absztrakció bonyolult feladatok megoldásának megközelítése

A lényeges vonásokat kiemelve, a közelítő megoldást finomítjuk a korábban elhanyagolt részek figyelembevételével.

Mikor érdemes absztrakciót alkalmazni?

- nem kell tartani attól, hogy fontos megoldások vesznek el.
- jobb hatékonyság érhető el, mint részletes tervezéssel.
- lehetőség van absztrakt tervek újrafelhasználására.

Nem lehet elkerülni a korai elkötelezettséget.

A lényeges részek önkényes kiemelése korlátozást jelent.

Absztrakció nélkül nincs tervezés.

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

34

Lokalitás



Elkülönítjük az önállóan kezelhető, zárt problémákat, dekomponáljuk a feladatot.

Az egyes részek lokálisak, de nem izoláltak!

Az okozat lokális.

Dekompozíció.

A feladat komplexitása csökkenthető.

Pl. Felületelem csoport – technológiai, nem konstrukciós.

Analógiák



Cél: a tervek újrafelhasználása.

Kérdés: a tervek milyen reprezentáció mellett alkalmasak újrafelhasználásra?

Motiváció:

- nincs idő a terveket előlről kezdve végigvinni,
- gyors döntések,
- komplex feladatok.

Analógiák



- **Transzformációs analógia:** korábbi tervek újrafelhasználása.
- **Származtatási analógia:** korábbi tervek tervezési folyamatának újrafelhasználása.

Analógiákat érdemes alkalmazni, ha:

- a tervbeli lépések és kölcsönhatások száma csekély,
- van erős világmodell,
- sok a hasonló feladat,
- nincs szükség az eredmények globális optimalizálására.

- Típustechnológiák
- Csoporttechnológiák
- Eset-alapú tervezés

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 37

Nemlineáris és korlátozás alapú tervezés



Addig késleltetünk egy tervezési döntést, amíg nem vagyunk rákényszerítve a döntés meghozatalára.

A nemlineáris tervezési módszerek egy megoldást lépésről lépésre finomítanak, egyre több korlátozást építve a tervbe.

Nem a megoldás tulajdonságait határozzák meg, hanem azokat a követelményeket, melyeket az összes megoldásnak ki kell elégíteni.

A korlátozások nem feltétlenül egzakt alapokon nyugszanak.
„Így ésszerű”

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 38

Nemlineáris és korlátozás alapú tervezés



Hatékonyabb, tömörebb reprezentáció, gyorsabb tervezési eljárás.

Nem hozunk korán rossz döntéseket, visszalépés elkerülhető.

Nincs biztosíték a terv helyességére.

A helyesség ismerve: nincs ellentmondás a terv egyes elemei között.

A terv javítható valamely korlátozás visszavonásával.

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 39

Heurisztikák



- A probléma numerikus formában nem írható fel.
- Célfüggvény nem fogalmazható meg numerikusan.
- Nem áll rendelkezésre megoldási algoritmus.

A heurisztikus eljárások egyszerűbbek és kevésbé igényesek, mint az egzakt matematikai megoldások.

A heurisztikus megoldások az emberi megoldási mechanizmust utánozzák.

A heurisztikus eljárások jósága matematikailag nem bizonyítható, a gyakorlati alkalmazhatóság határozza meg jóságát.

A heurisztikus eljárások a gyakorlati tapasztalat felhasználásával teszik lehetővé egy feladat megoldását, vagy rövidítik meg annak menetét

Csak szuboptimális megoldást garantálnak.

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 40

Optimalizálás



Optimalizálás = maximális hatás elérése

~~„legoptimálisabb”~~

1. Egy rendszer tulajdonságai leírhatók $\underline{Z}$ paraméterekkel.
2. Megfogalmazható egy jósági kritérium: $f(\underline{Z})$.
3. A rendszer optimálisnak nevezhető ha $\underline{Z}^*$ esetén $f(\underline{Z}^*) = \min/\max$.

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 41

Optimalizálás



Statikus optimalizálás: $\underline{Z}$ nem függ az időtől.

Dinamikus optimalizálás: $\underline{Z}$ függ az időtől.

Egyes paraméterek lehetnek:

- determinisztikus, vagy
- valószínűségi változók.

Jósági kritérium megfogalmazása:

- $f(\underline{Z})$
- gyakorlati célokat fogalmazzon meg

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 42

Optimalizálás



A statikus optimalizálás elemei:

- paraméterek: $\underline{Z}$
- célfüggvény: $f(\underline{Z})$
- az egyes paraméterek értelmezési tartománya által meghatározott keresési tartomány
- megoldási algoritmus

A megoldás feltételei:

1. A probléma numerikus formában felírható.
2. A cél definiálható célfüggvény formájában.
3. Létezik időben és kapacitásban elérhető algoritmus.

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 43

3

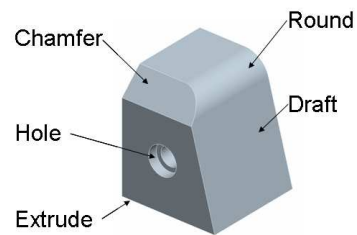
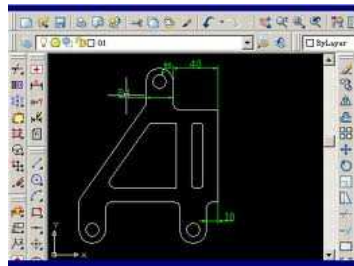
CAD rendszerek



CAD – computer aided design



A jelenleg használatos CAD rendszerek kínálata igen széles körű, a 2D (síkbeli) vektor-grafikai rajzoló programoktól a 3D-s (térbeli) parametrikus asszociatív hibrid modellező rendszerekig.



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

45

CAD rendszerek osztályozása

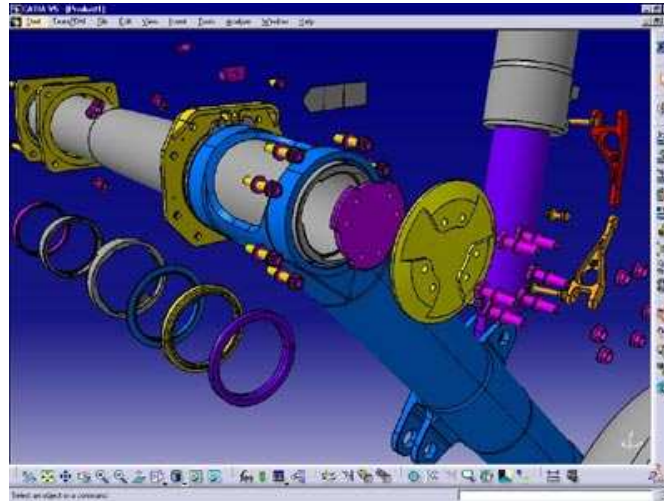


- **Alkalmazási terület**
 - Gépészeti, elektronikai, építészeti, ruha- és cipőipari
- **Modellezési módszer**
 - 2D-s vagy síkbeli
 - 3D-s vagy térbeli
- **Alkalmazott modellezési módszerek**
 - drótváz-
 - felület-
 - testmodellező
 - hibrid
- **Modellkezelés**
 - parametrikus
 - nem parametrikus

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

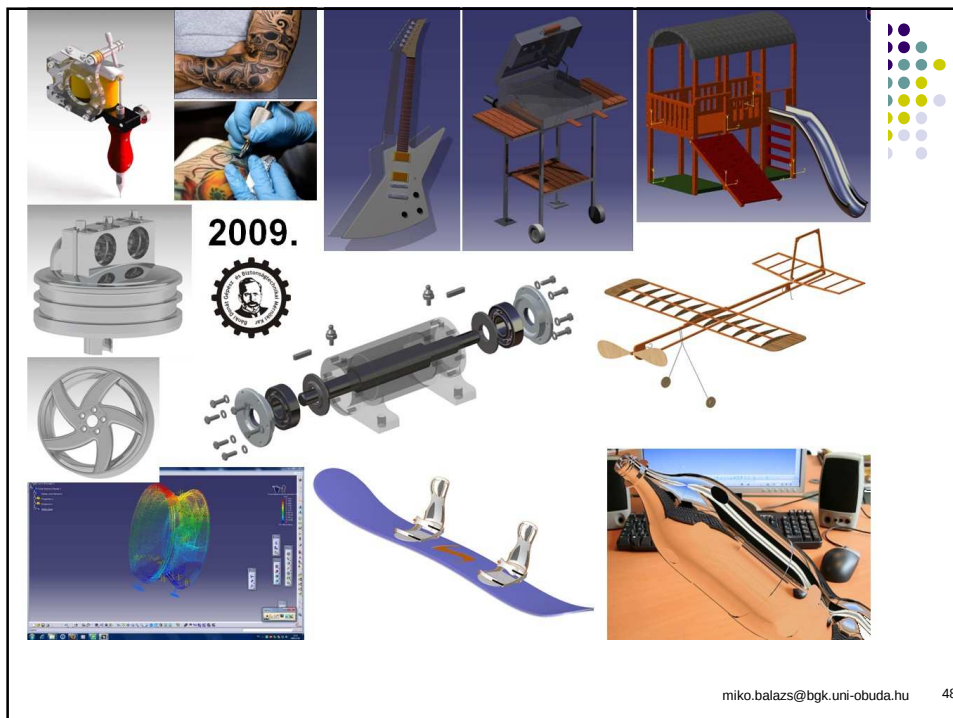
46

CAD rendszerek alkalmazása - gépészet



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

47



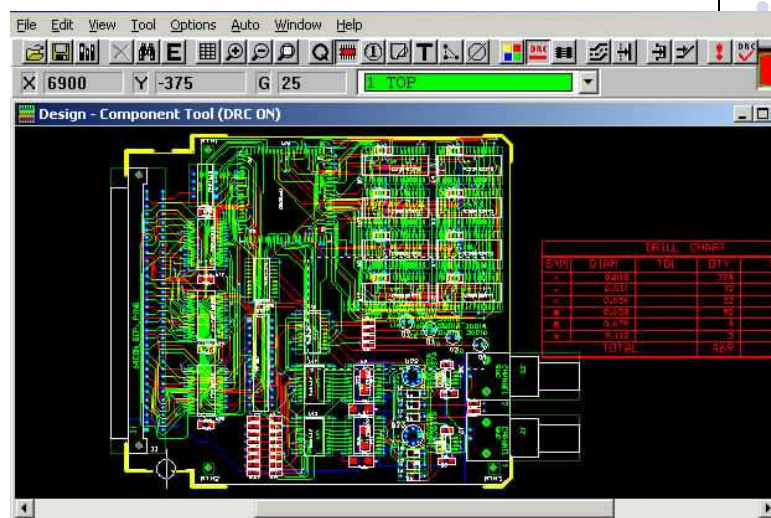
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

48



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

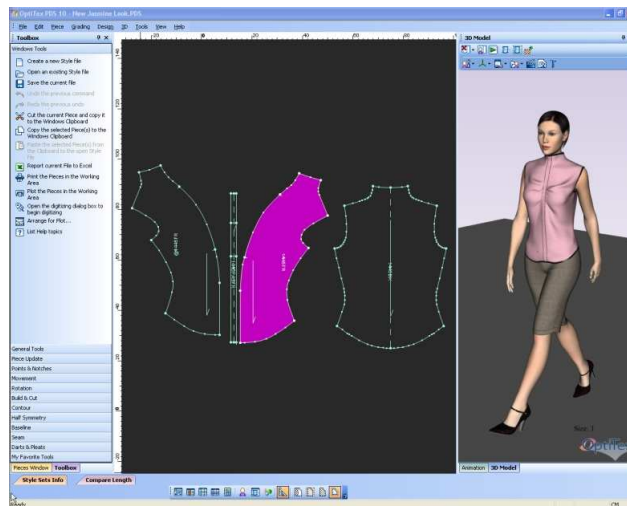
49



miko.balazs@bqk.uni-obuda.hu

50

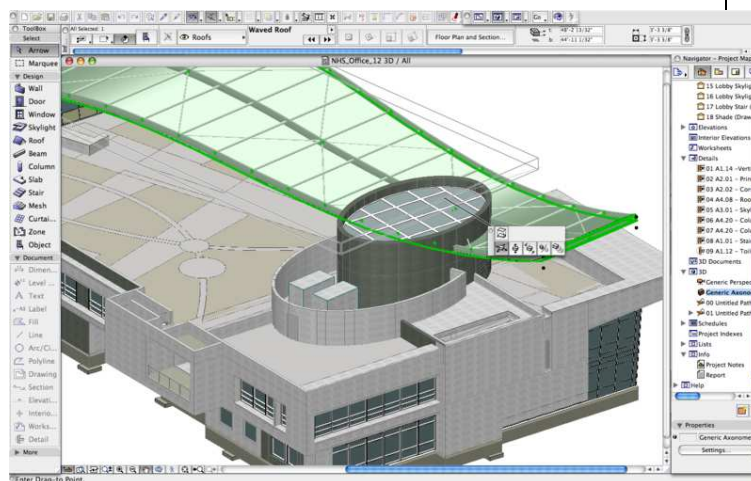
CAD rendszerek alkalmazása – ruhaipar (pl. OptiTex)



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

51

CAD rendszerek alkalmazása – építészet (pl. ArchiCAD)



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

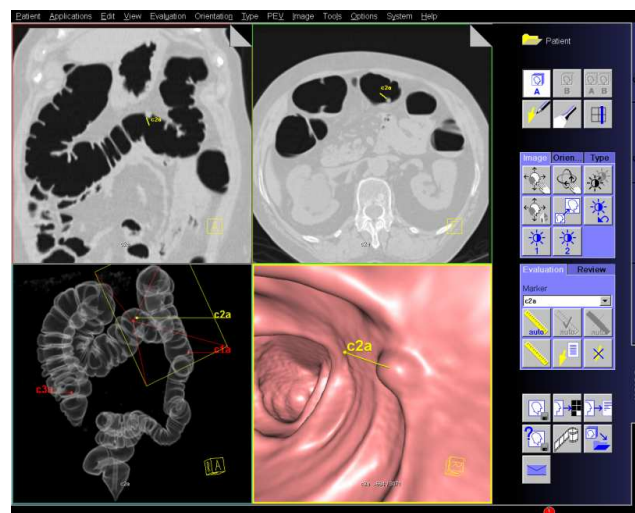
52



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

53

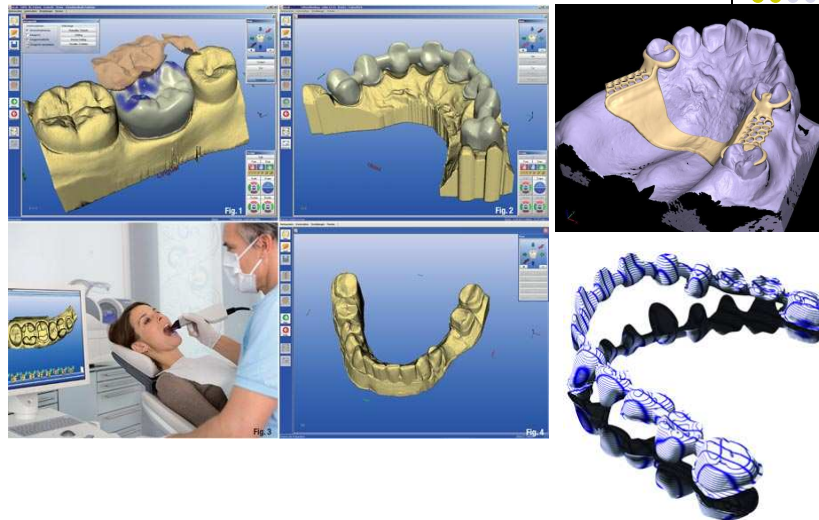
CAD rendszerek alkalmazása – orvostechnika (pl. Luong CAD)



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

54

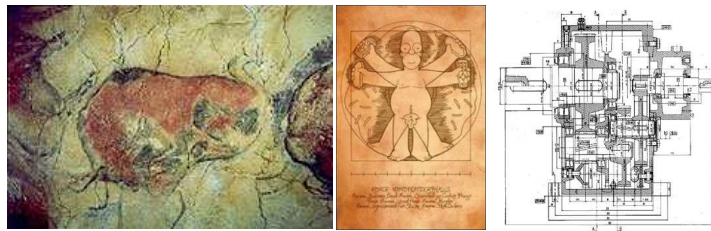
Orvostechnika



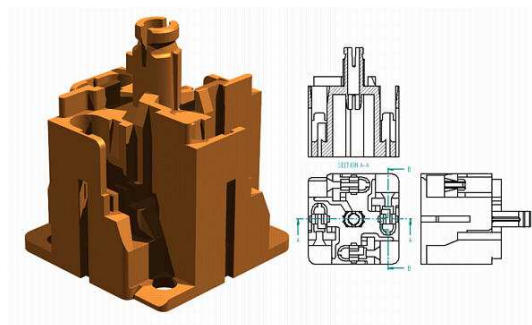
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

55

Termékrepresentáció



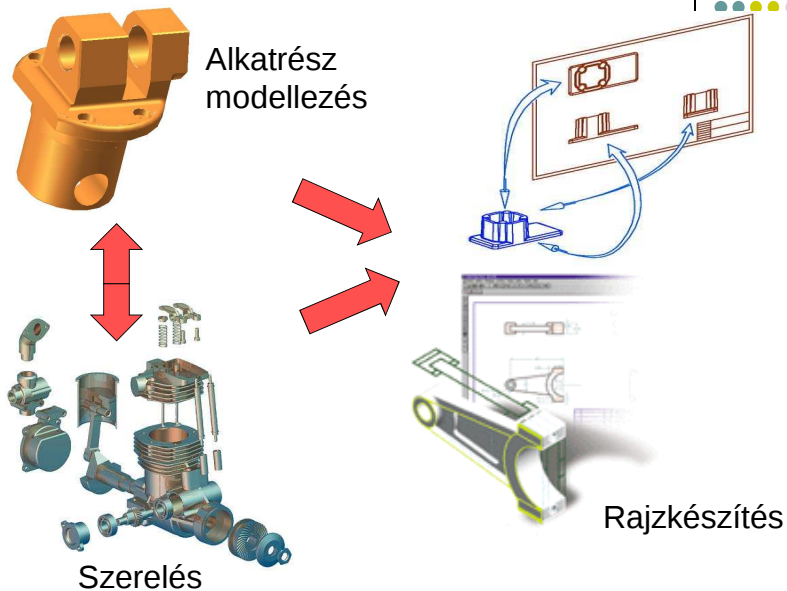
Élő beszéd
Leírás (szöveg)
Szabadkézi vázlat
Műszaki rajz
CAD modell



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

56

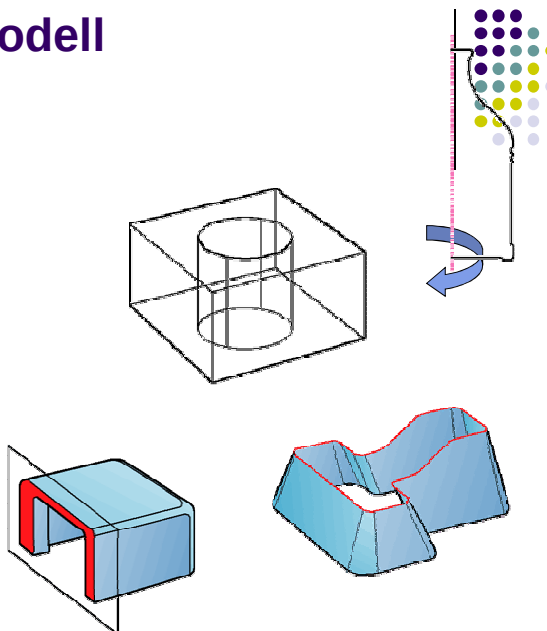
Modellezési folyamat



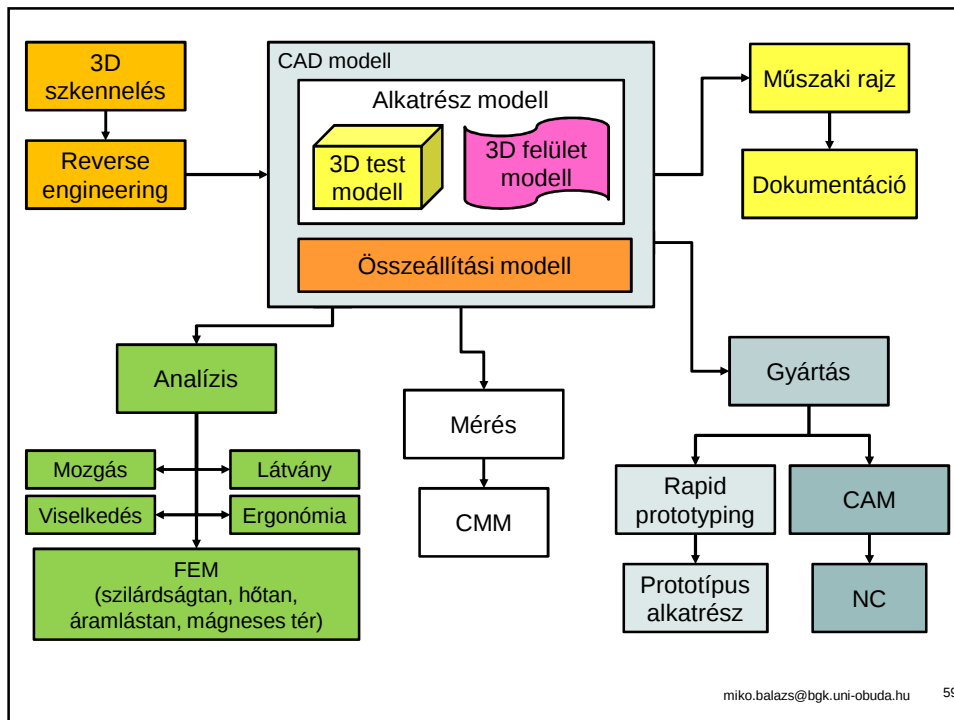
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 57

Számítógépes modell

- 2D drótváz
- 2.5D hasáb
- 2.5D forgástest
- 3D drótváz
- 3D felület
- 3D test



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 58



Parametrikus asszociatív testmodellezés



Az építőelemek kapcsolata és geometriai mérete szabadon változtatható geometriai paraméterek segítségével.



Az egyes építőelemek egymásra épülnek, egymással kapcsolatban vannak, irányított referenciaként szolgálnak a modellezés során.



A modellt testek összeépítésével hozzuk létre.
 Általános hasáb (+/-)
 Általános forgástest (+/-)
 Életörés
 Él lekerekítés
 Furat
 Oldalferdeség
 Borda
 Vékony fal
 Mintázat
 ...

CAD rendszerek

ProENGINEER
WILDFIRE



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 61

Építőelemek



- Segéd elemek: pont, görbe, sík, koordináta rendszer
- Elemi test: forgástest, hasáb
- Kiegészítő elemek: élettörés, lekerekítés, furat, borda, héj, oldalferdeség ...
- Elemi felületek: forgásfelület, kihúzott felület, sík, söpört felület, feszített felület ...
- Felület manipulálás: vágás, egyesítés, meghosszabbítás, eltolás ...

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 62

Rajzkészítés



- 3D modell alapján
- Előkészítés
 - Nézeti síkok kijelölése
 - Metszősíkok kijelölése
 - Paraméter tábla kitöltése

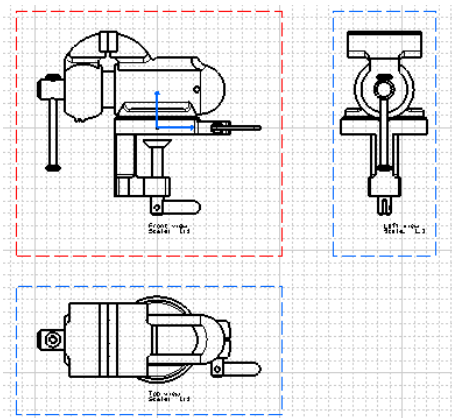
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

65

CAD támogatás



- Automatikus nézet generálás

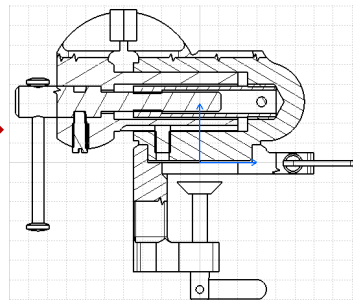
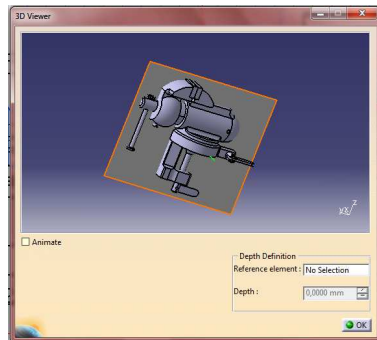


miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

66

CAD támogatás

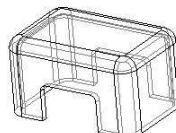
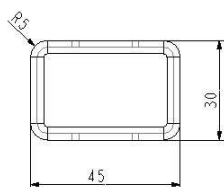
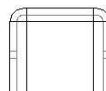
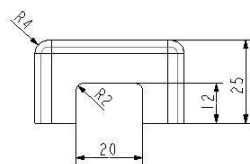
- Automatikus metszet generálás, sraffozás



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 67

CAD támogatás

- Axonometrikus nézet generálás



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 68

CAD támogatás



- Rajzterület átméretezhetősége
- Rajz sablonok alkalmazása
- Méterhálózat automatikus generálása
- Mérethálózat rendezése

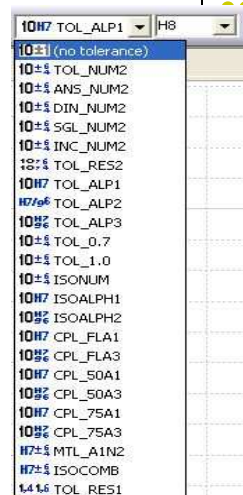
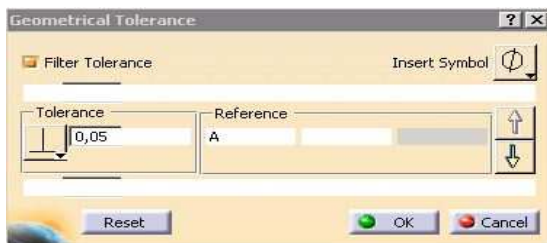
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

69

CAD támogatás



- Tűréskezelés

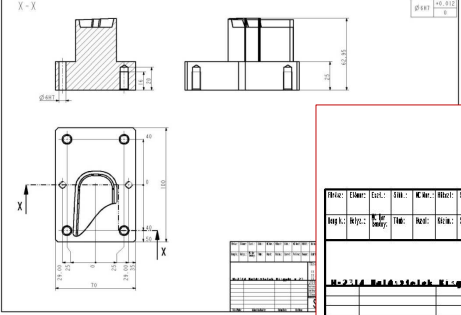


miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

70

CAD támogatás

- Feliratmező kitöltése



Edzve 60-62 HRC									
Nem méretezett felületek a 3D modell szerinti!									
1:1					02 Bélyeg				
I. 2379					I. 695				
A3					70x100x63				
S 04-001					I				
CEE Rt.					I				
S 04-001					I				

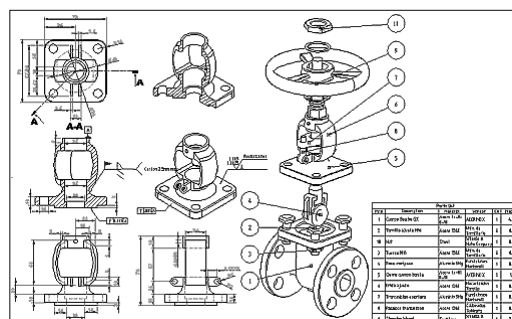
- Furattábla készítés
- Változáskövetés

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

71

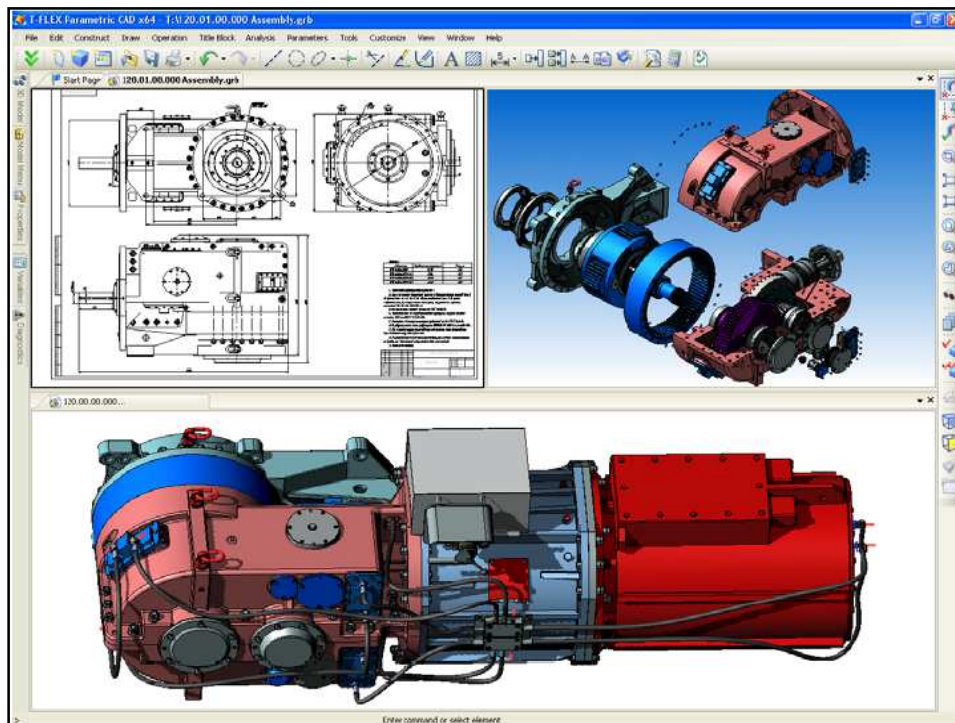
CAD támogatás

- Összeállítási rajz létrehozása összeállítási modell alapján
- Robbantott ábra generálása
- Automatikus tételszámozás
- Darabjegyzék generálás

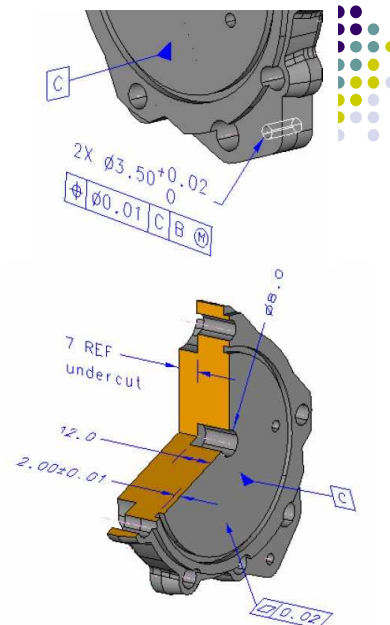
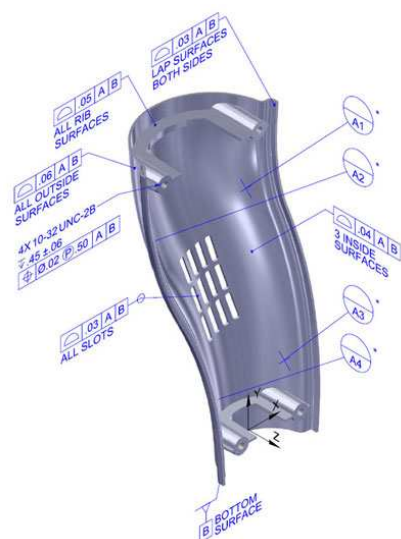


miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

72

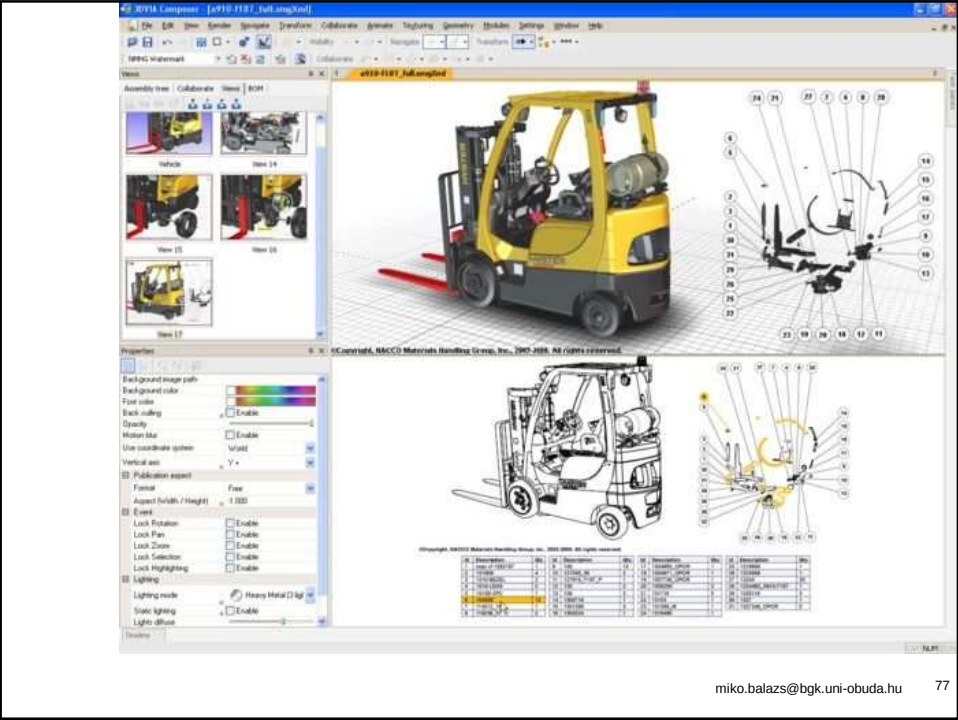


3D rajz

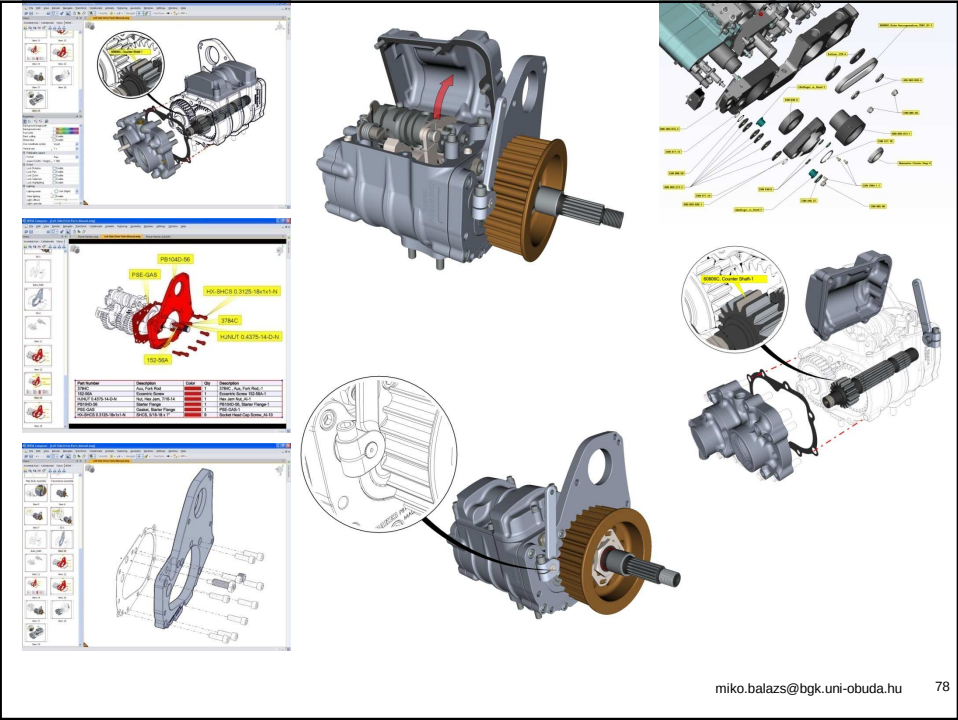


miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

74



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 77



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 78

4

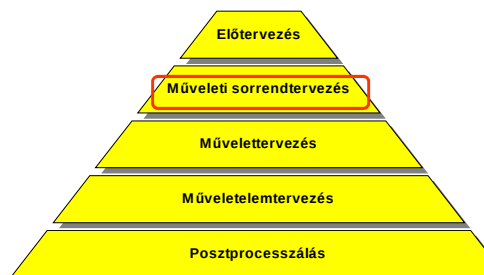
Műveleti sorrendtervezés



Műveleti sorrendtervezés



- A megmunkálási igények és módok meghatározása
- A megmunkálási bázisok kijelölése
- A szerszámgépek és készülékek kiválasztása
- A műveletek behatárolása
- A műveletek sorrendjének meghatározása



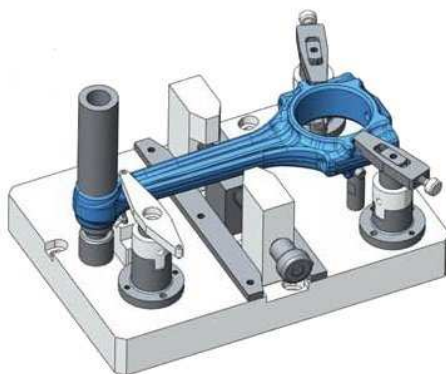
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 80

Műveleti sorrend



- Előzési feltételek
- Műveletek számának minimalizálása
- Megmunkáló gépek
- Bázisok, készülékek

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 81



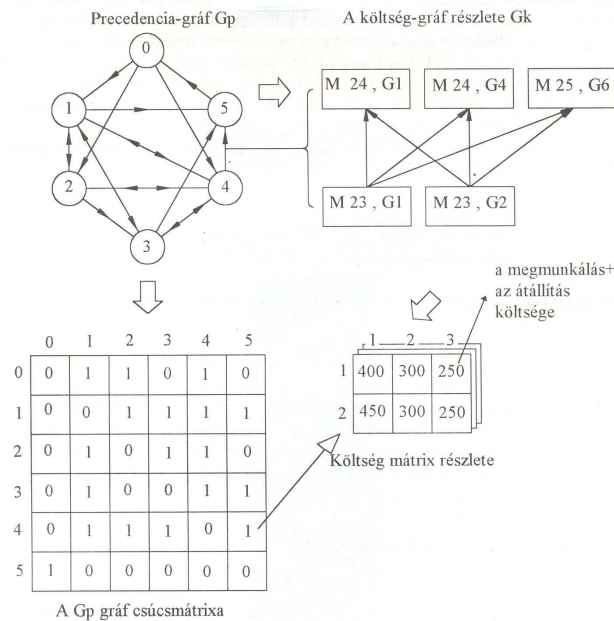
Készülék maráshoz



Készülék mérőgéphez

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 82

A modell elemei



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

83

Megoldási módok

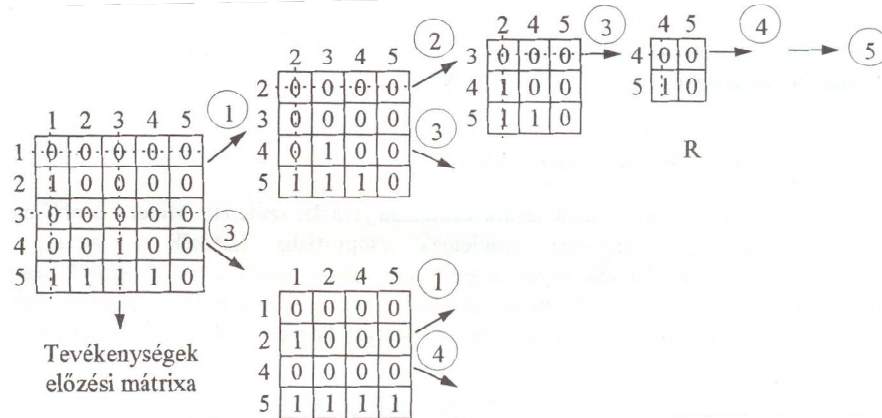
Egzakt módon nem oldható meg (NP-teljes probléma)

- Teljes leszámolás módszere
- Mátrix redukciós módszer
- Vektoros módszer

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

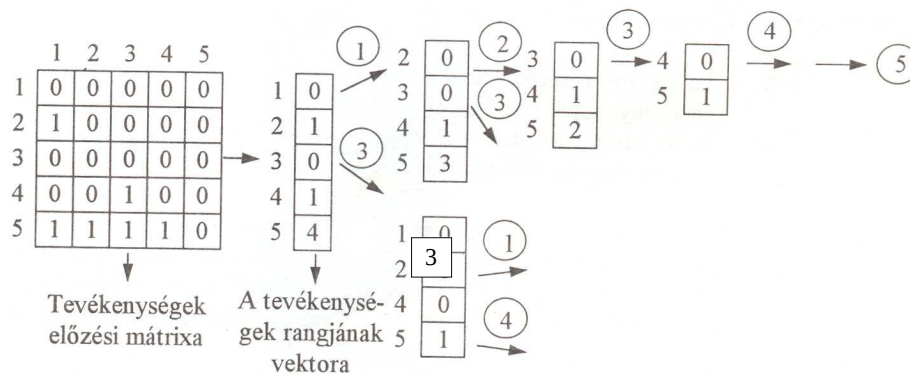
84

Mátrixredukció

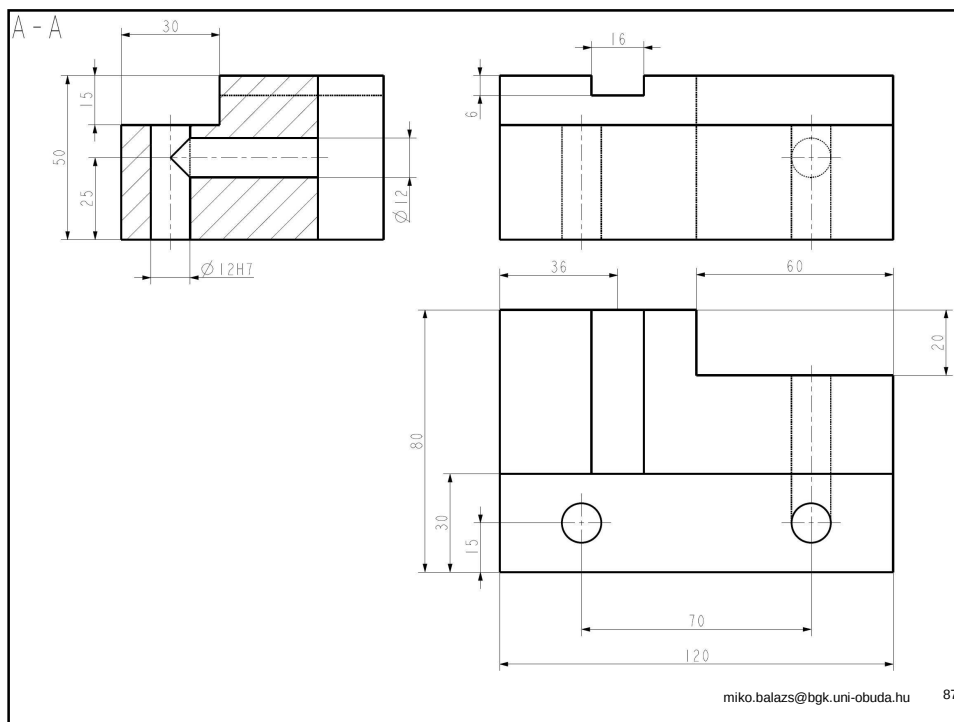


miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 85

Vektoros módszer



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 86

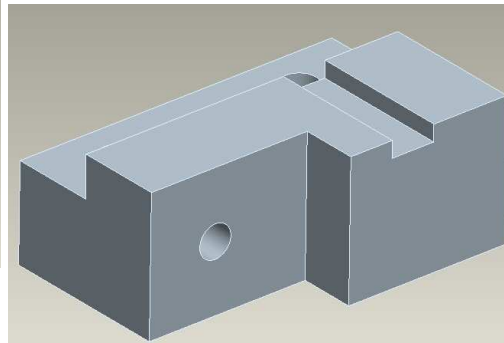
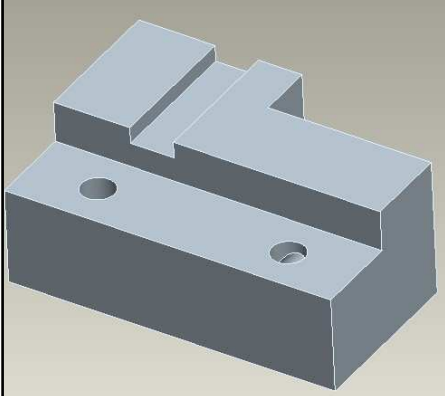


Feladatmegoldás lépései

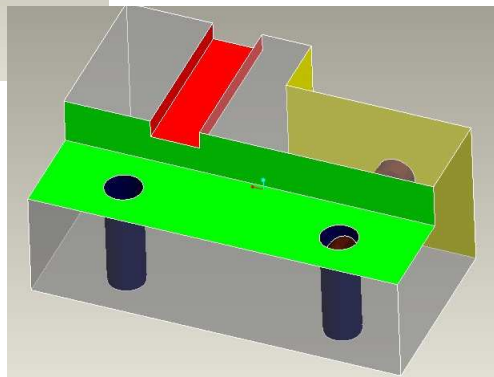
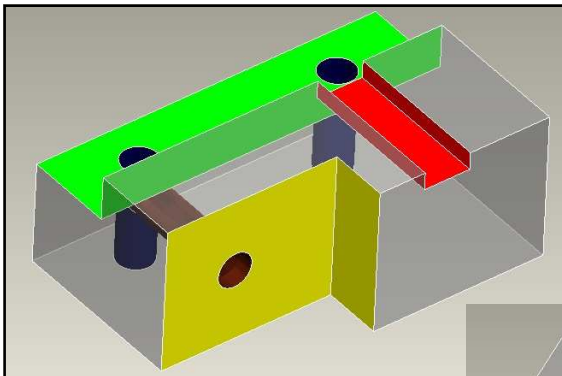


- Felületelem csoportok kialakítása
- Gyártási eljárások meghatározása
- Előzési feltételek meghatározása
- Sorrend meghatározása
- Művelethatárok kijelölése

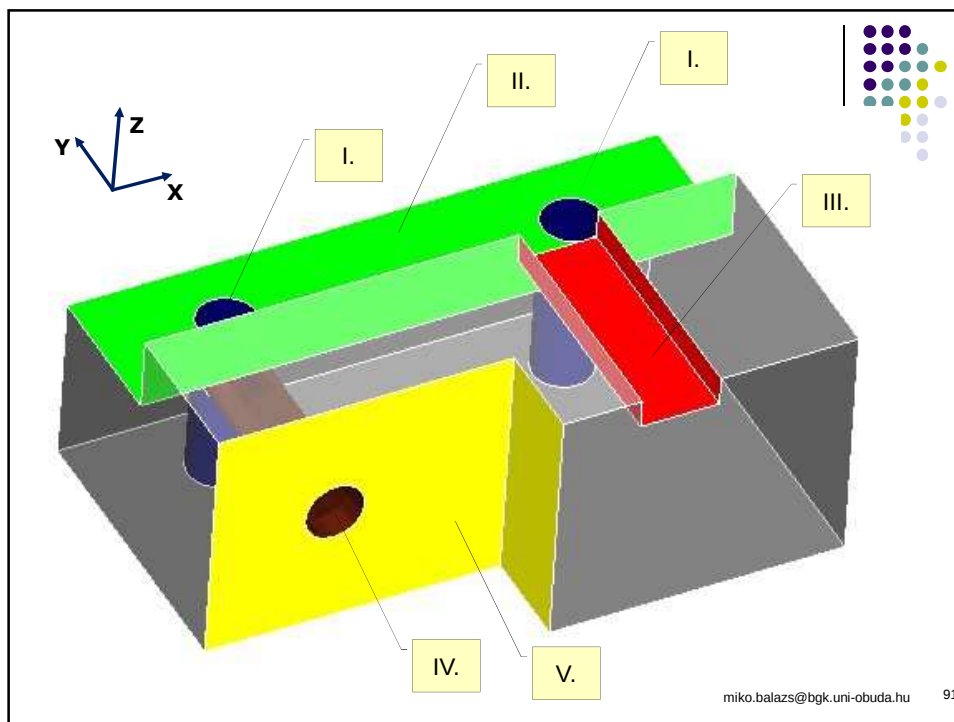
Példa



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 89



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 90



Megmunkálási lépések

			1.1.a	1.2.a	1.3.a	1.1.b	1.2.b	1.3.b	2.1.a	2.1.b	3.1.	4.1.	4.2.
1.1.a	Központfúrás	Z+											
1.2.a	Fúrás Ø11.8	Z+											
1.3.a	Dörzsárazás Ø12H7	Z+											
1.1.b	Központfúrás	Z-											
1.2.b	Fúrás Ø11.8	Z-											
1.3.b	Dörzsárazás Ø12H7	Z-											
2.1.a	Lépcső marás	Z+											
2.1.b	Lépcső marás	Y+											
3.1.	Horony marás	Z+											
4.1.	Központfúrás	Y-											
4.2.	Fúrás Ø12	Y-											
5.1.a	Lépcső marás	Y-											
5.1.b	Lépcső marás	X-											

Megmunkálási variációk

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 92

Előzési mártix



			1.1.a	1.2.a	1.3.a	1.1.b	1.2.b	1.3.b	2.1.a	2.1.b	3.1.	4.1.	4.2.
1.1.a	Központfűrés	Z+							1	1			
1.2.a	Fűrés Ø11.8	Z+	1										
1.3.a	Dörzsárazás Ø12H7	Z+		1			1						
1.1.b	Központfűrés	Z-											
1.2.b	Fűrés Ø11.8	Z-				1							
1.3.b	Dörzsárazás Ø12H7	Z-		1			1						
2.1.a	Lépcső marás	Z+											
2.1.b	Lépcső marás	Y+											
3.1.	Horony marás	Z+							1	1			
4.1.	Központfűrés	Y-											
4.2.	Fűrés Ø12	Y-										1	
5.1.a	Lépcső marás	Y-											
5.1.b	Lépcső marás	X-											

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 93

Megoldási algoritmus



- Előkövetelmények nélküli megmunkálások kijelölése
- Választás → **Heurisztikus szabályok**
- Kiválasztott megmunkálás és az alternatív megmunkálási lépés sorának és oszlopának törlése

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 94

Heurisztikus szabályok



- Az előző megmunkálási iránnyal azonos irányú megmunkálást válasszunk.
- Ha nincs azonos irányú megmunkálás, olyan megmunkálást válasszunk, amely irányából több megmunkálás végezhető el.
- Azonos szerszámmal elvégezhető megmunkálást válasszunk.
- A nagyolás és a simítás különüljön el.
- Lépcső marásának iránya a kisebbik mélység.
- Nagyoló marással kezdünk.

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 95

Megoldás



1	1	2.1.a	Lépcső marás	Z+
	2	3.1.	Horony marás	Z+
	3	1.1.a	Központfúrás	Z+
	4	1.2.a	Fúrás Ø11.8	Z+
	5	1.3.a	Dörzsárazás Ø12H7	Z+
2	6	5.1.a	Lépcső marás	Y-
	7	4.1.	Központfúrás	Y-
	8	4.2.	Fúrás Ø12	Y-

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 96

5 Csoporttechnológia



A hagyományos technológiai tervezés módszerei



- Többfázisú iteratív módszer
- Típus technológiák alkalmazása
- Csoporttechnológiák alkalmazása

Többfázisú, iteratív módszer



A technológus a feladat megoldását egy olyan terv konstruálása útján keresi, amely során lépésről-lépésre dönt a következő tervezési elemről.

Az egyes fázisokban a tervező olyan döntéssorozatot hajt végre, amelyek kölcsönösen összefüggnek, emiatt többszörös visszacsatolásra, *iterációra* van szükség.



Meghatározó elvek:

- Analógiák alkalmazása
- Heurisztikus módszerek
- Absztrakció

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

99

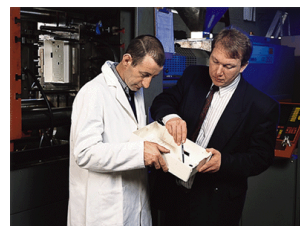
Többfázisú, iteratív módszer



Egyedi, kis és közepsorozat gyártás esetén alkalmazzák (70%).

Individuális technológiai terv:

- jelentősen függ a technológus képességeitől
- befolyásolják a helyi szokások
- kidolgozottsága gyártóeszköz és sorozatnagyság függő



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

100

Típustechnológiák



Cél: a technológiai tervek szabványosításával a technológiai tervezés hatékonyságának növelése.

Lépések:

1. Alkatrészek osztályozása geometriai, anyag és darabszám függvényében
2. Az egyes alkatrésztípusokra technológiai tervek kidolgozása
3. Alkatrész besorolása a megfelelő osztályba
4. Adaptálás

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 101

Típustechnológiák



Előnyök:

- korszerű ismeretek beépítése
- gyors tervezési folyamat



Hátrányok:

- előkészítés
- karbantartás
- osztályozás
- technológia kidolgozottsága
- csak nagysorozat esetén alkalmazható

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 102

Csoporttechnológiák



Cél: az alkatrészek csoportosításával a gyártandó darabszám virtuális növelésével a technológiai tervezés hatékonyságának növelése.

Lépések:

1. Alkatrész csoportok kialakítása
2. Komplex alkatrész megtervezése
3. A komplex alkatrész technológiai tervének kidolgozása
4. Adaptálás

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 103

Csoporttechnológiák



Előnyök:

- gyors tervezési folyamat
- egységes technológiai folyamat

Hátrányok:

- előkészítés
- karbantartás
- technológia kidolgozottsága



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 104

Típus- és csoporttechnológia



Típustechnológia ~~≠~~ Csoporttechnológia

Alapvető különbség:

- A típustechnológia általában nem konkrét gyártási környezetre készül, nem feltételezi a csoportos gyártást.
- A csoporttechnológia mindig konkrét gyártási környezetre készül és általában a gyártás is csoportosan történik.

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 105

Technológiai kód



Típustechnológia
Csoporttechnológia
Eset-alapú tervezés

1 2 5 0 5 4 0 0 4 8 7 3
2 1 5 5 4 1 0 2 5 8 7 9
1 5 8 7 4 5 4 6 2 0 4 0

Hierarchikus kódolás: a jel értelmezése függ az előző jel értelmezésétől. Rövid kód, pontos információ.

Lánc kódolás: a jelek értelmezése fix. Hosszú kód.

Hibrid kódolás: hierarchikus kódszegmensek láncolata.

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 106

Standard kódrendszerek

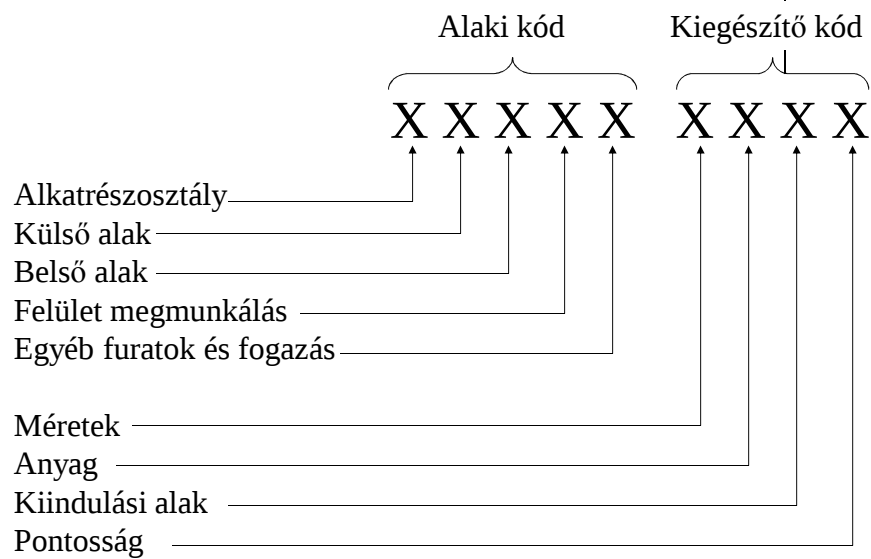


- Opitz (VDW) – Aacheni Egyetem
- Brisch
- MICLASS – TNO
- CODE – Manufacturing Data System Inc.

Szabványos sorozat + opcionális sorozat

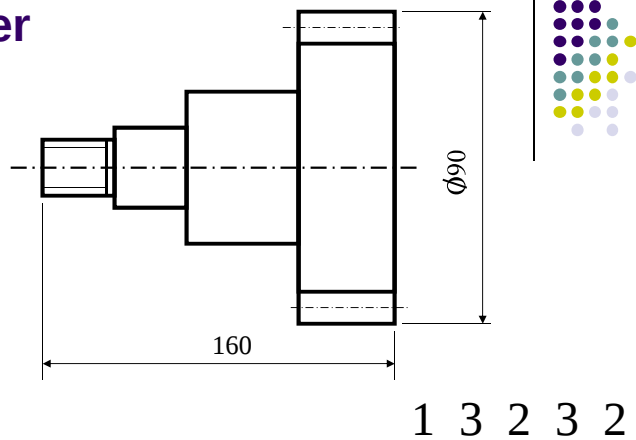
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 107

Opitz rendszer



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 108

Opitz rendszer



Forgástest $0.5 < L/D < 3$

Külső alak egyoldalas, lépcsőzetes, egy irányba növekvő, egyik vége menetes

Alaki elemek nélkül

Horony kívül

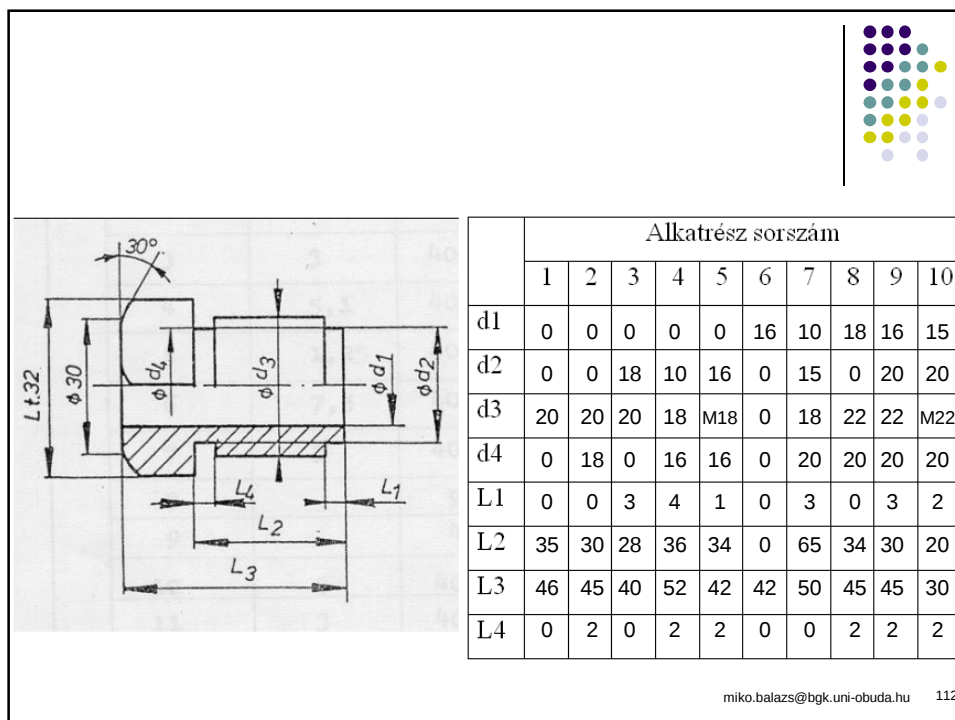
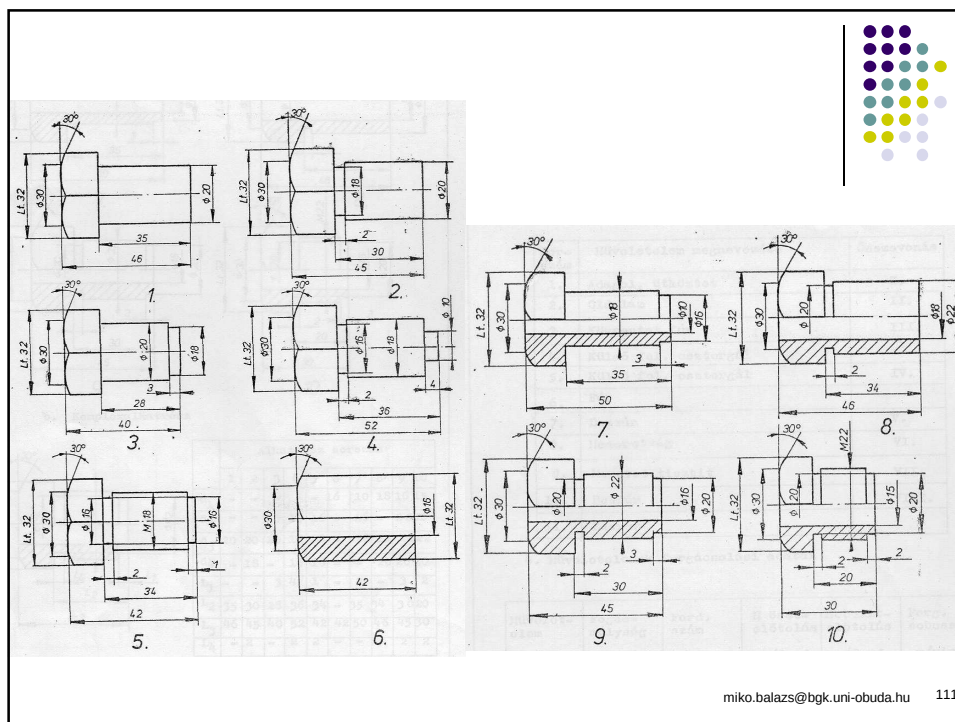
Fogazással

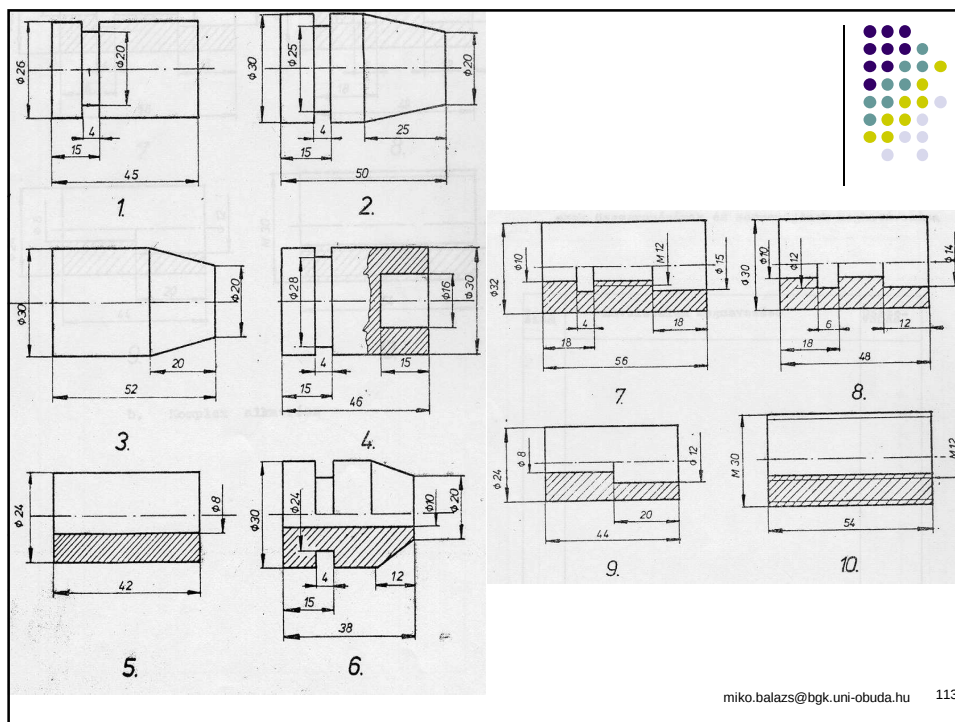
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 109

A tervezés menete

- Alkatrészcsoporthok kialakítása
- Komplex alkatrész tervezése
 - Vezéralkatrész kiválasztása
 - Komplex alkatrész generálás
- Komplex technológia elkészítése
- Adaptációs tábla elkészítése

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 110





6 CAM rendszerek



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



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 115

Szerszámpályák tervezése

Általános szempontok:

- Biztosítsa a leggyorsabb végrehajtást.
- Kerülje el a nem megmunkált felületeket.
- Kerülje el a készülék elemeket.

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 116

CAM rendszerek

ProENGINEER
WILDFIRE

tebis

ESPRIT

ANVIL
EXPRESS
CAD/CAM Tools for the 21st Century

edge**CAM**
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

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 117

CAM rendszerek csoportosítása

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

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 118

Dimenzió szám



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

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 119

- 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

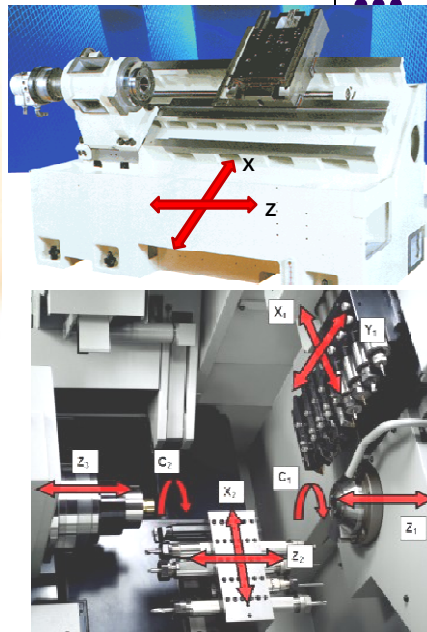


miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 120

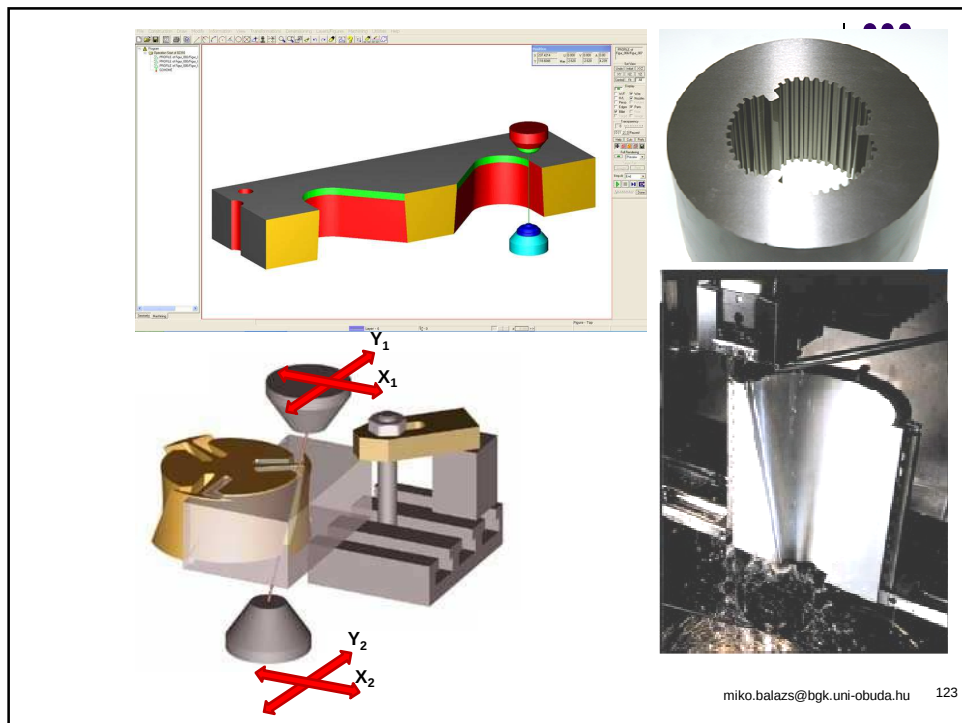
- 3D – 3 irányú szimultán elmozdulás
 - Szoborfelületek simító marása
 - Koordináta mérőgép
- 4D
 - Kivágás 2 síkon
 - Ikerorsós esztergálás
- 5D
 - Marás: 3 lineáris + 2 forgó mozgás
- 6D
 - Ipari robotok pályavezérlése
- xD
 - Söktengelyes szerszámgépek (pl. szerszám köszörű)

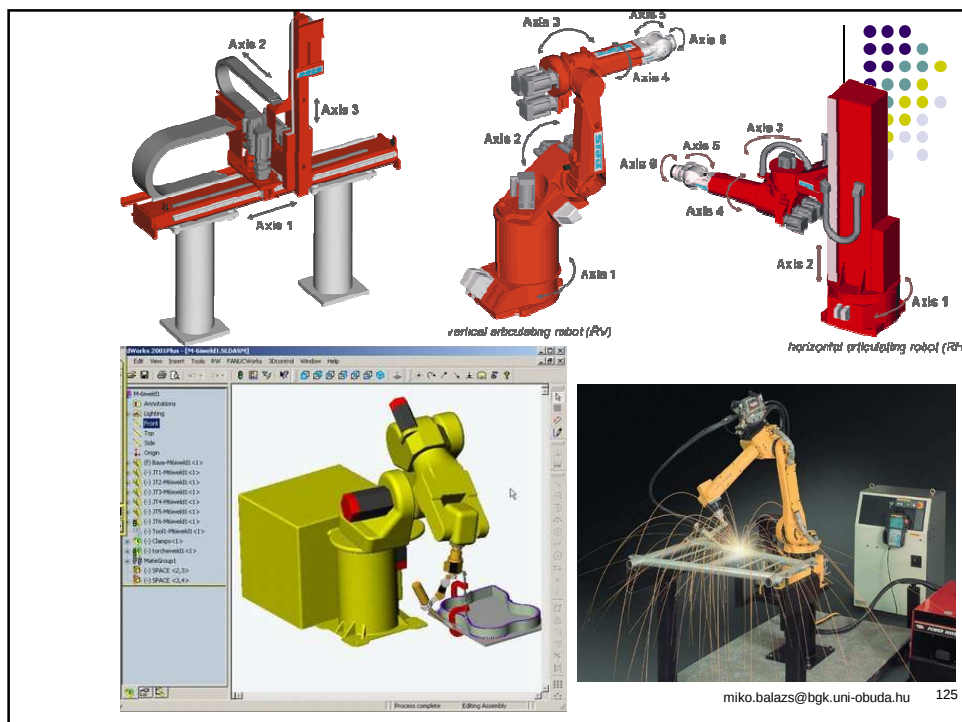


miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 121



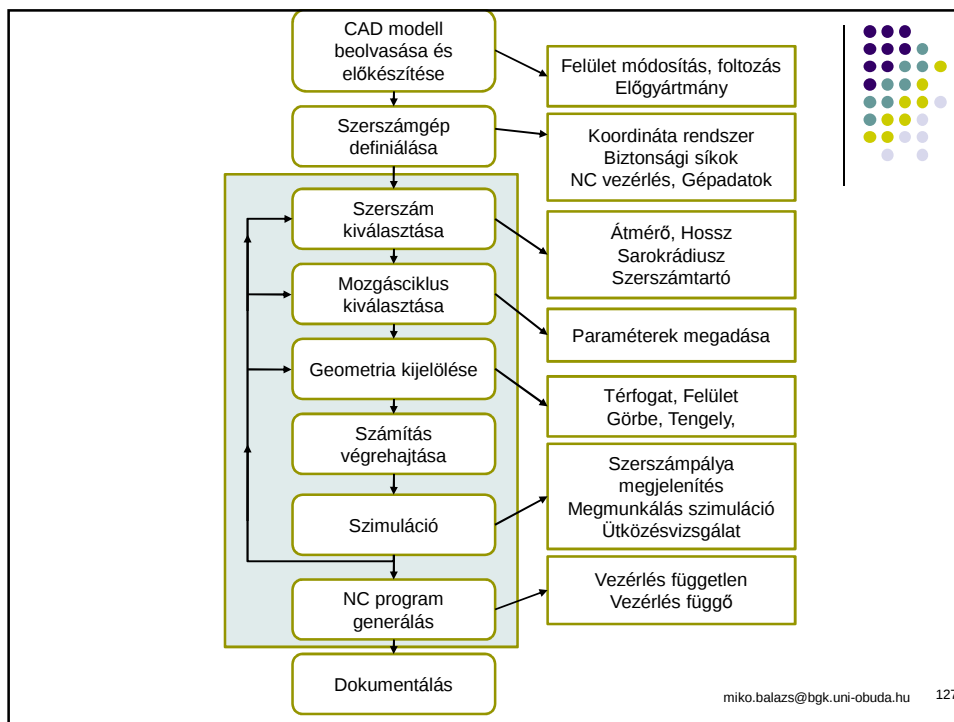
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 122





CAM munkafolyamat

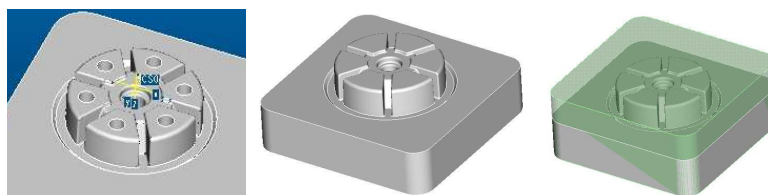
- A feladatok, lépések minden CAM rendszerben megtalálhatók
- Néhány feladat elhagyható, de ezzel sérül a funkcionalitás (pl. előgyártmány)
- A definíciók sorrendje lehet más



0. – Technológiai tervezés

1. – CAD modell beolvasása és előkészítése

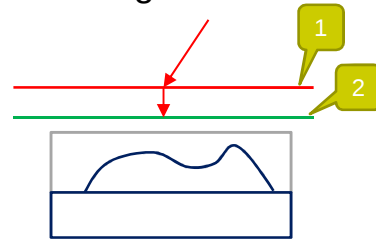
- Fájlformátumok, adatvesztés
 - Natív / Neutrális (dxf, step, iges, vda, stl stb.)
 - Parametrikusság / Modelltörténet / Felület hibák
- Geometria módosítása
- Felület foltozás (pl. furatok befedése)
- Előgyártmány definiálása



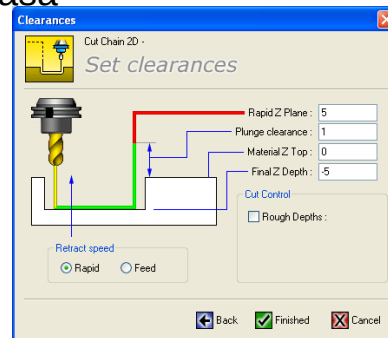
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 128

2. – Szerszámgép választás

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



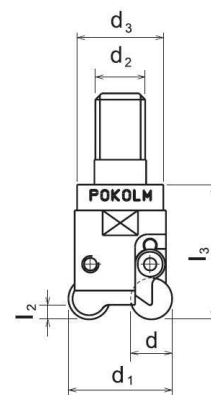
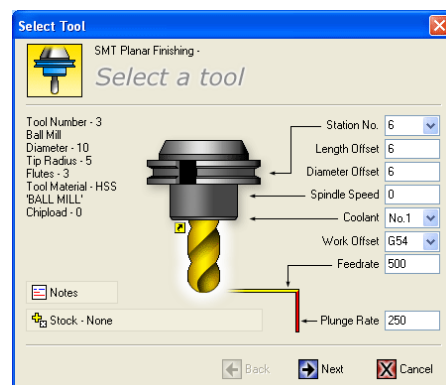
1 – biztonsági sík, felette 3D gyorsmozgás engedélyezett
2 – kiemelési sík, összekötő mozgások síkjá



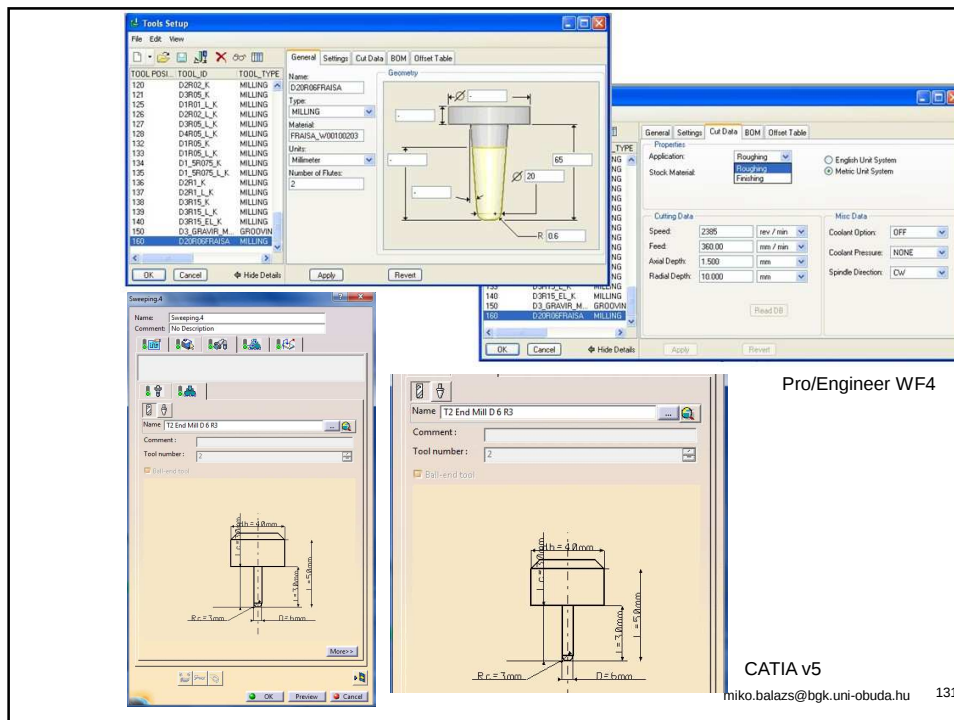
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 129

3. – Szerszám kiválasztása, kijelölése

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

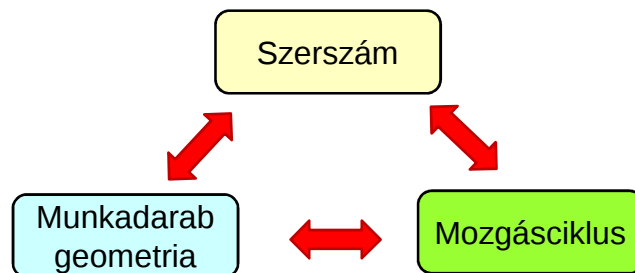


miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 130



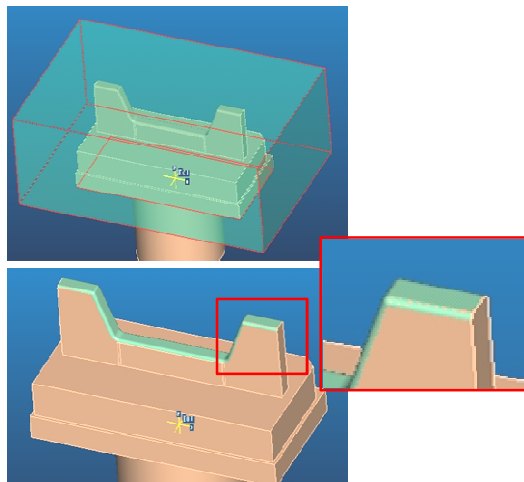
4. – Mozgásciklus választás

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



5. – Geometria kijelölése

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



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 133

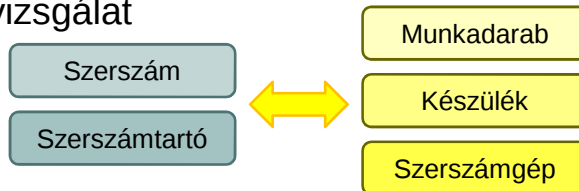
6. – Számítás végrehajtása



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 134

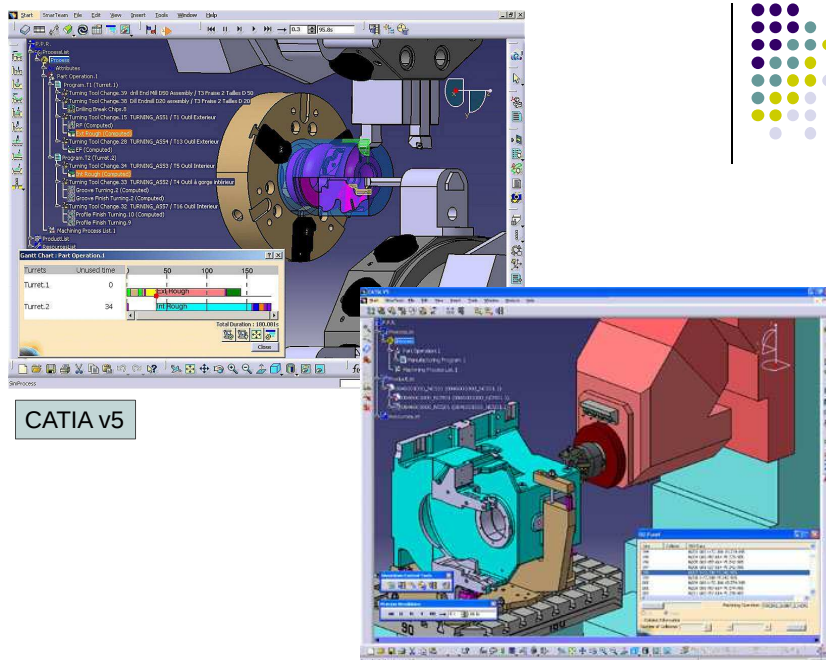
7. – Szimuláció

- Szerszámpálya megjelenítése
- Megmunkálás szimuláció
 - Munkadarab + Szerszám
 - Szerszámgép + Készülék
- Ütközésvizsgálat

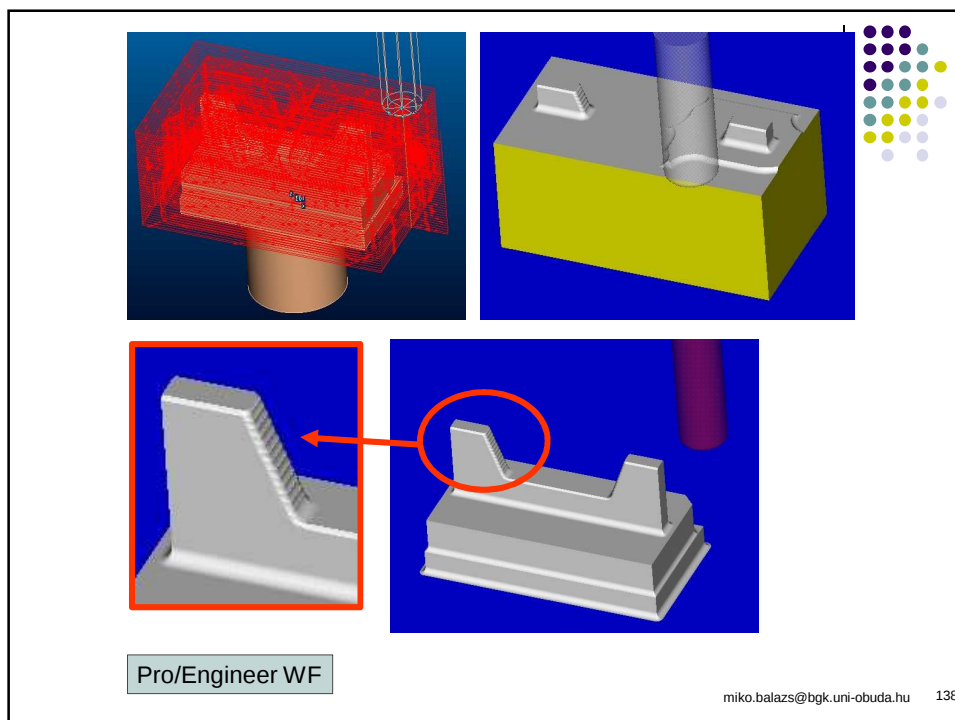
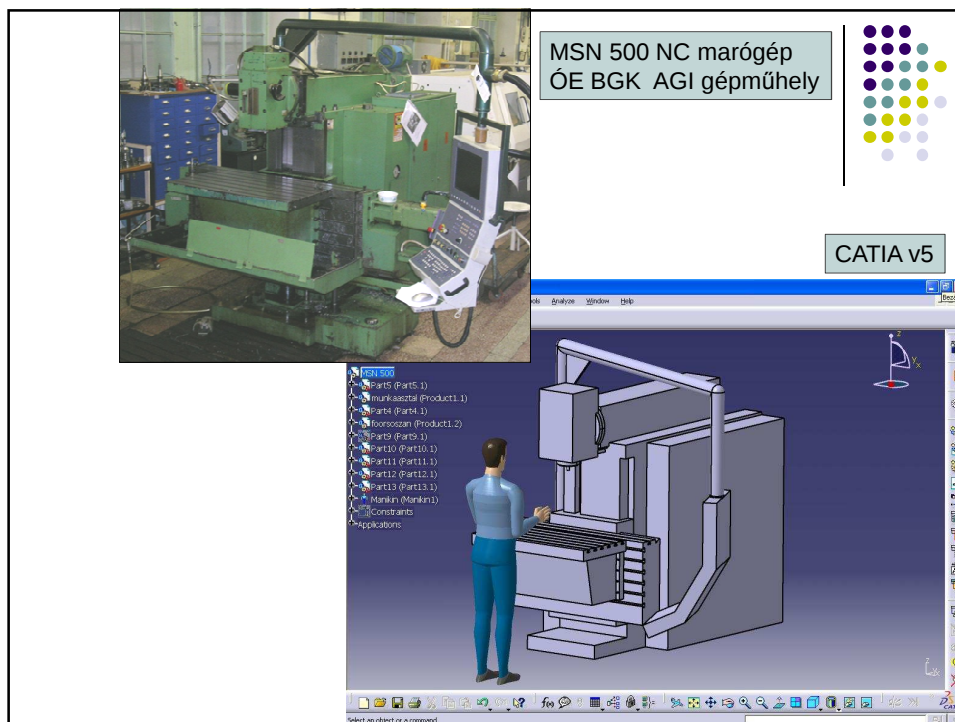


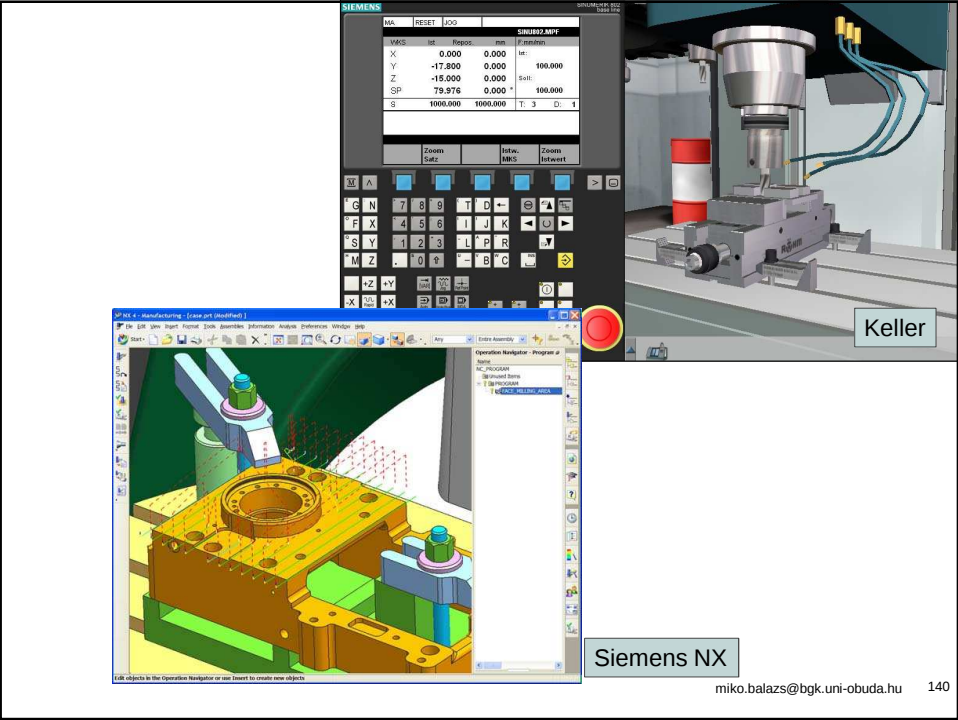
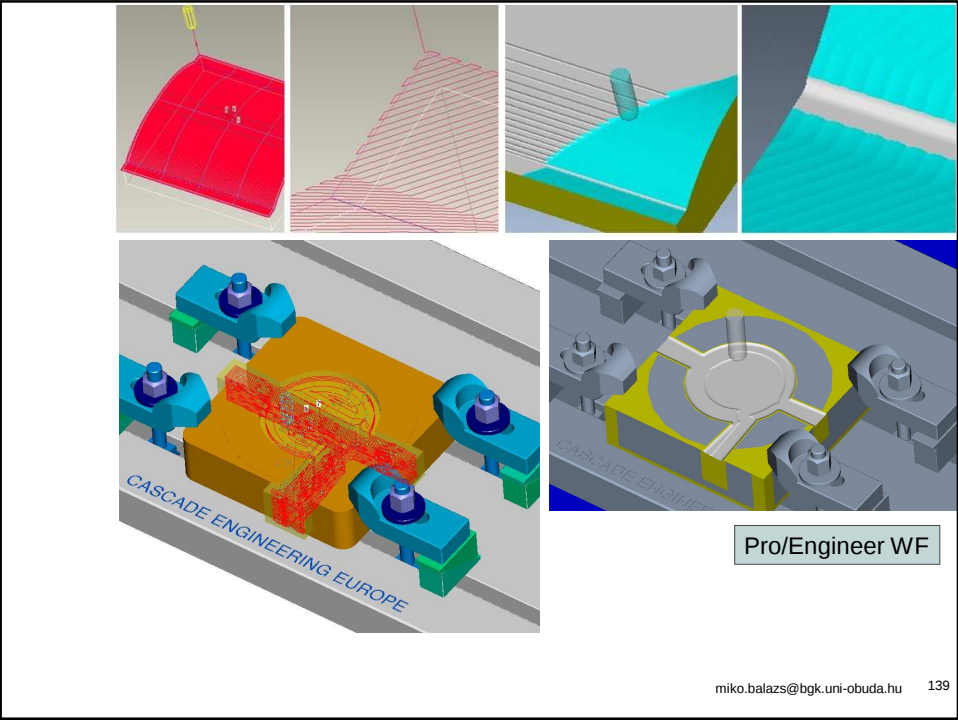
- Egyéb szimulációk
 - Megmunkálási idő
 - Gépteljesítmény

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 135



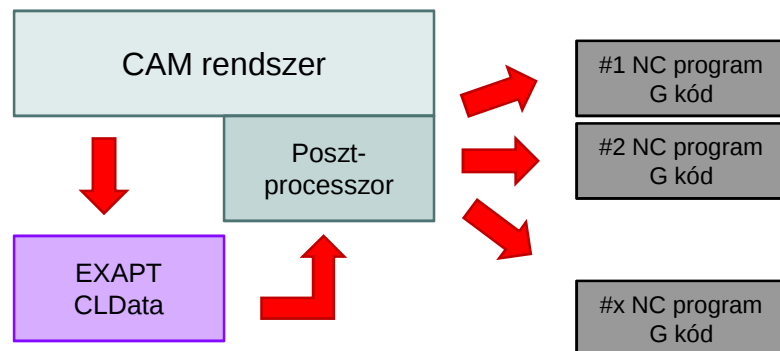
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 136





8. – NC program generálása

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



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 141

APT

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

EXAPT

- Extended APT
- 1964.
- Németország, EU

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 142



<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 / RPM, 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>
--	---

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 143

9. – Dokumentálás

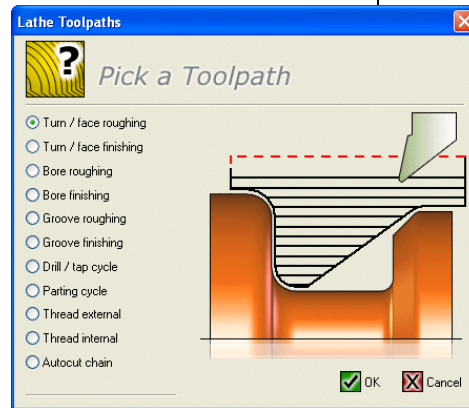
- NC program neve
- Szerszám azonosító
- Forgácsolási adatok, idő adatok
- Koordináta rendszer helye



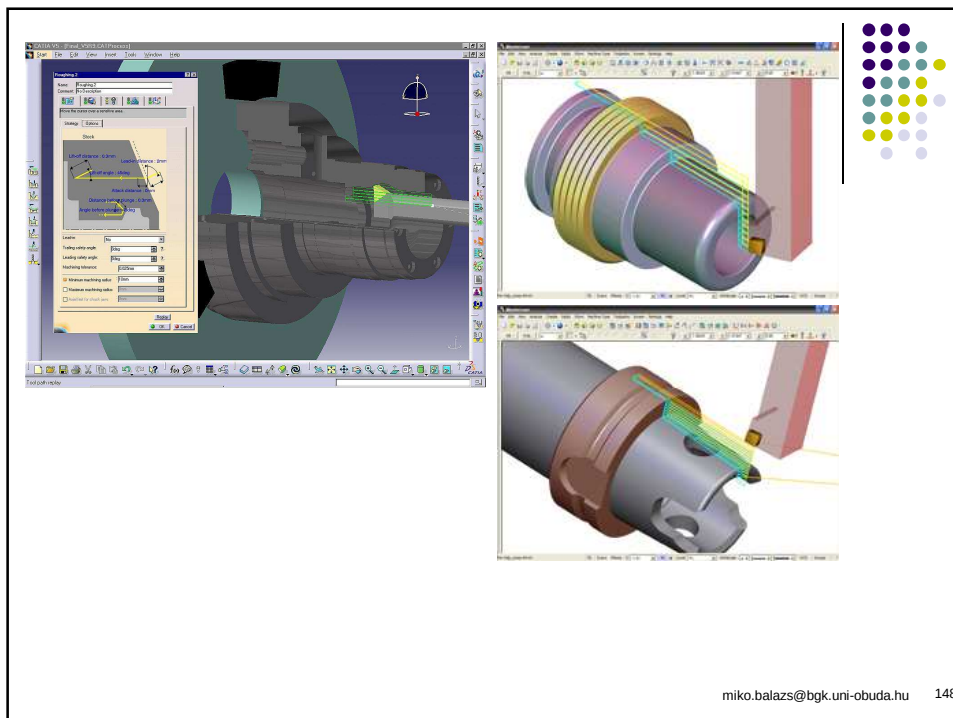
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 144

Esztergálás CAM rendszerekben

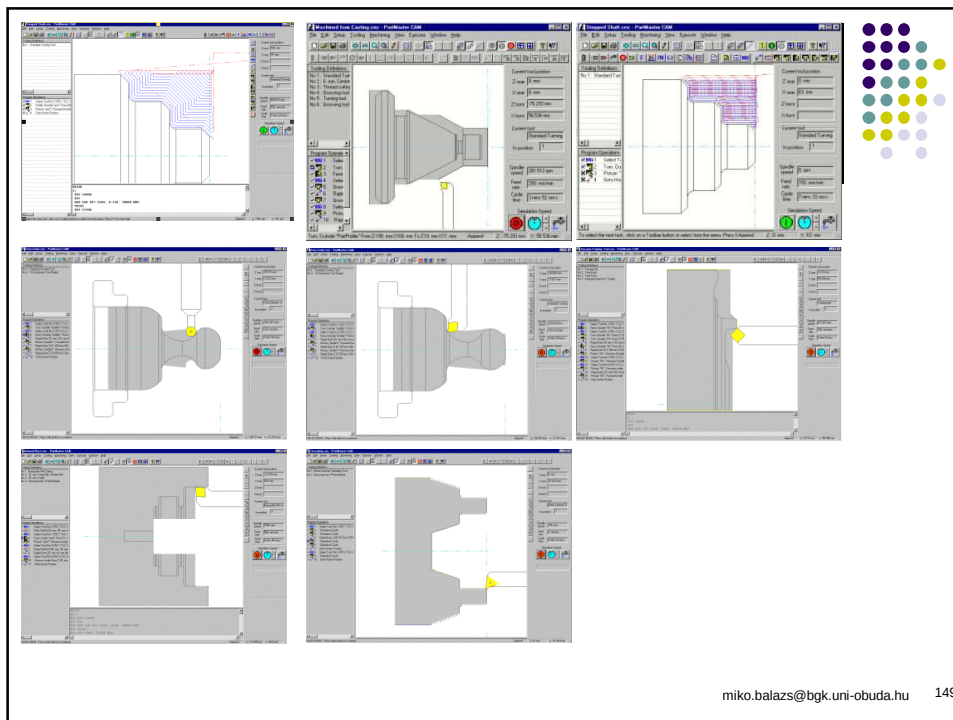
- Mozgásciklusok
 - Kontúr nagyolás
 - Hosszesztergálás
 - Keresztesztergálás
 - Kontúrsimítás
 - Furatesztergálás
 - Beszúrás
 - Alászúrás
 - Leszúrás
 - Menetesztergálás
 - Fúróciklusok



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 147



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 148



2.5D-s marási stratégiák

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

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



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 151

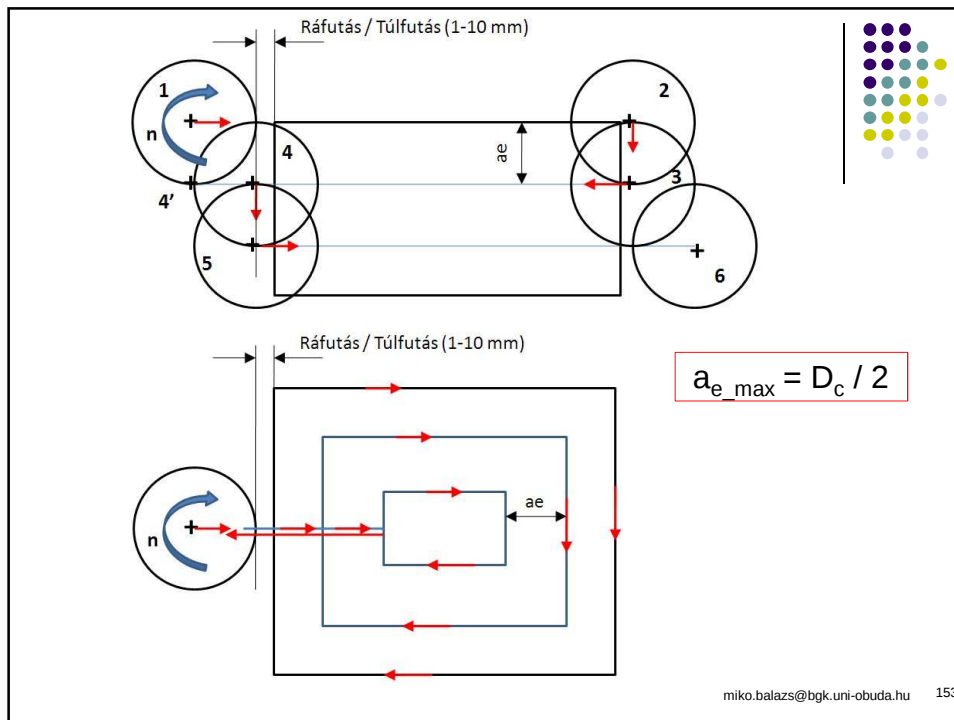


Adott irányú megmunkálás
(pásztázás)



Kontúrkövető
megmunkálás

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 152



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

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 154

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 ($\alpha = 2-8^\circ$, $R_{\min} = 1.5 \cdot R_{sz}$)



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 155

- 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

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 156

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

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 157

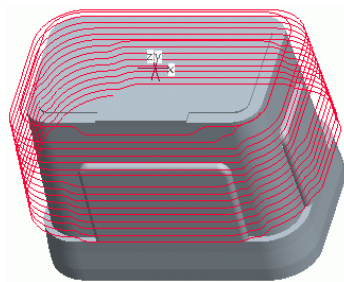
$D_c = 20 \text{ mm}$
 $n = 3200 \text{ 1/min}$
 $v_f = 800 \text{ mm/min}$

	$a_p = 0.1$ $t = 4.54 \text{ min}$	$a_p = 0.5$ $t = 0.94 \text{ min}$	$a_p = 2$ $t = 0.28 \text{ min}$
R=0			
R=0.8			
R=5			

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 158

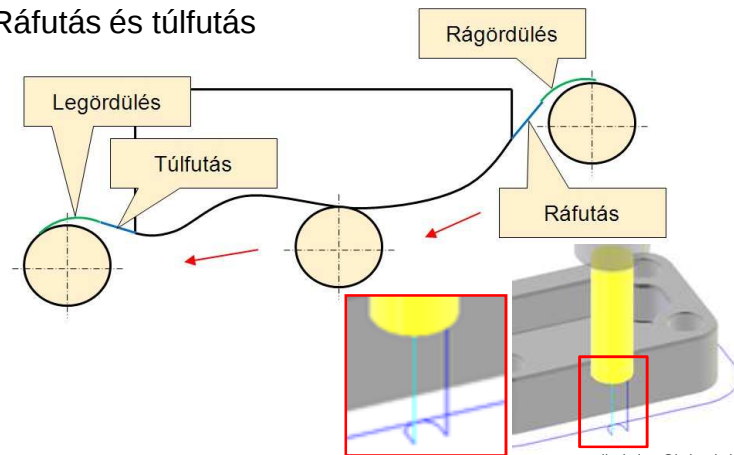
Teraszoló kontúrsimítás

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



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 159

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



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 160



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)

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

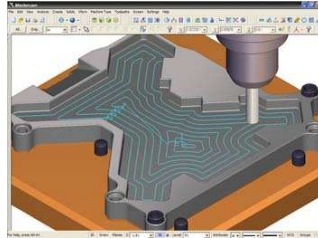
161

Zsebmarás

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







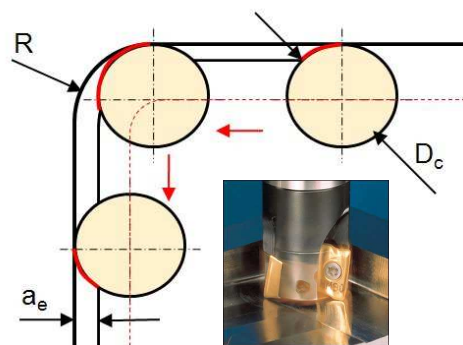
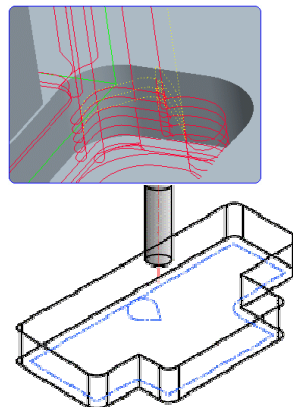


miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

162

- Belső sarkok esetén

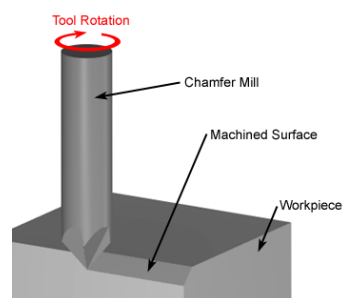
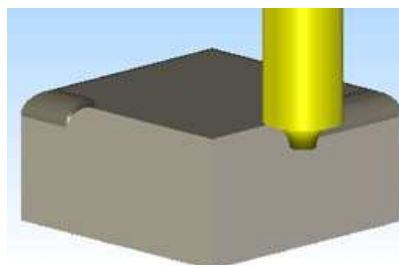
- $D_c < 2R$
- A rádiusz mentén nő a forgács hossz, nő a szerszám terhelés
- Előtolási sebességet (v_f) érdemes csökkenteni



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 163

Sarokmarás

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



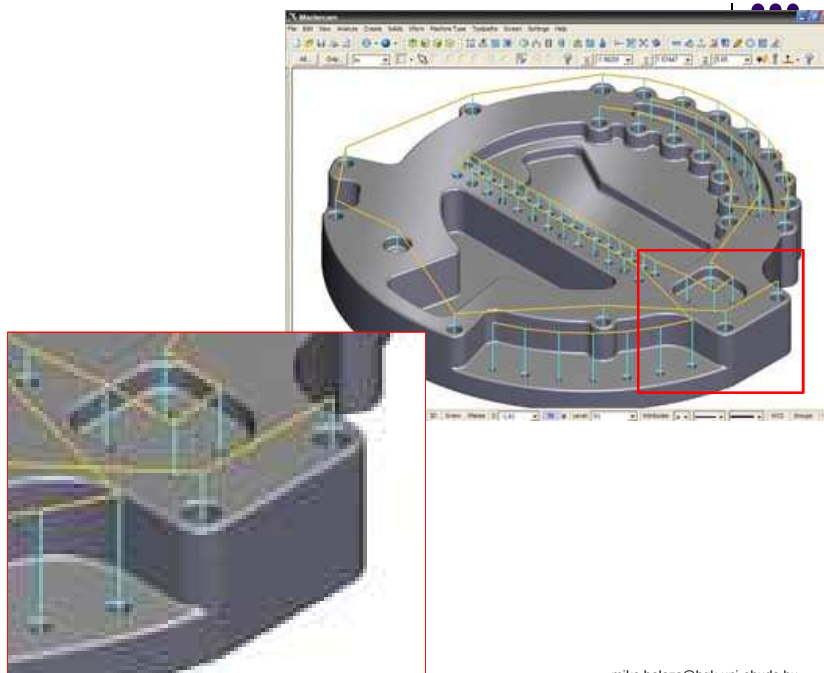
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 164

Fúrás

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



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 165



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 166

3D marási stratégiák



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

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 167

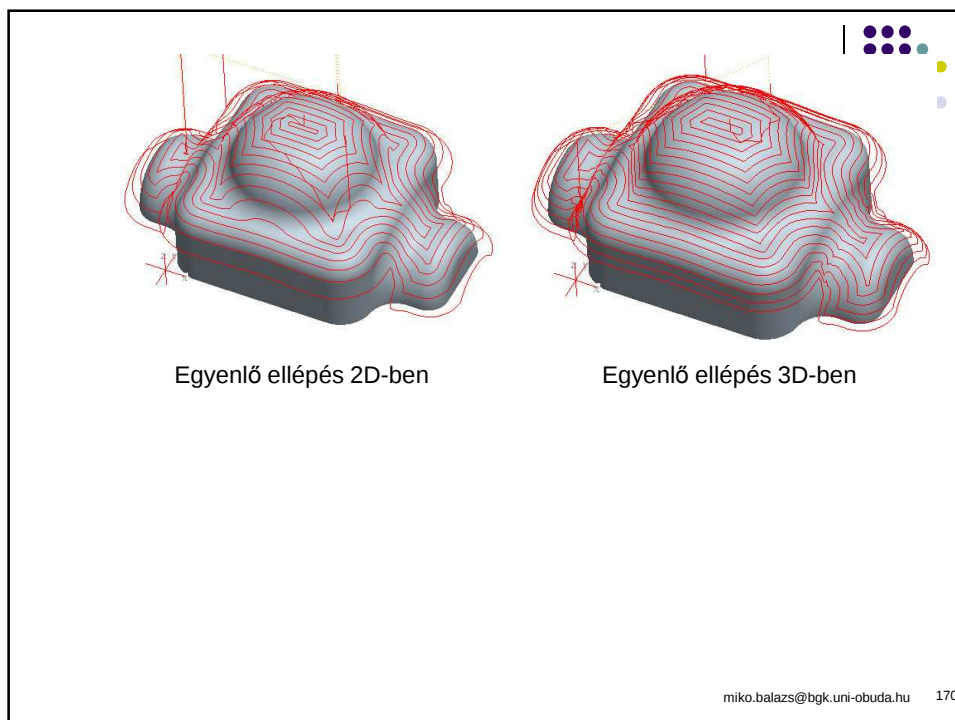
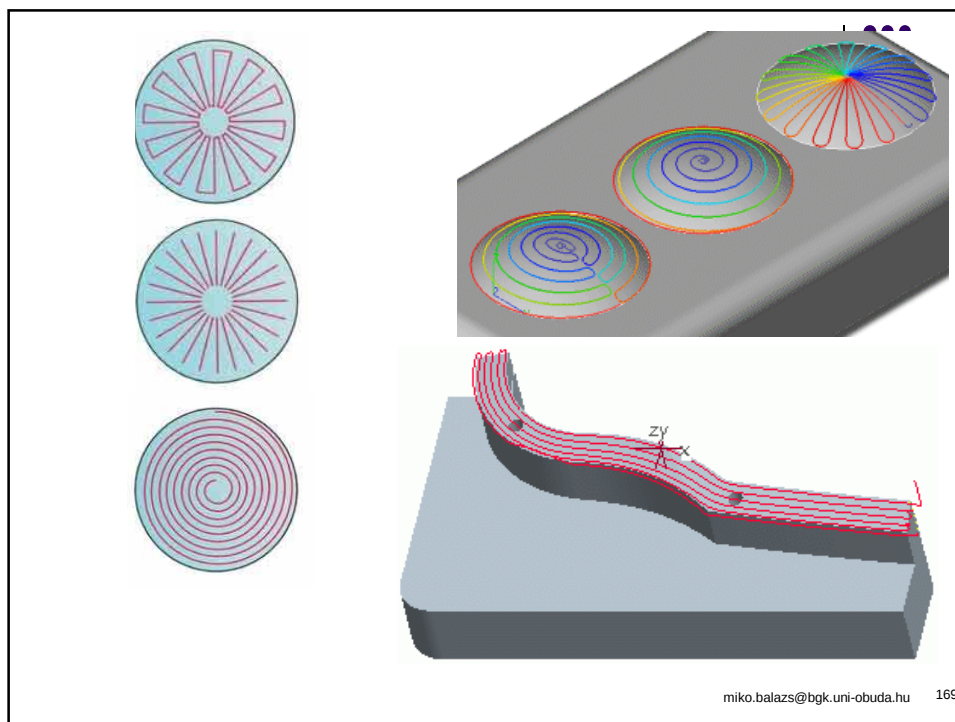
3D felület simítás



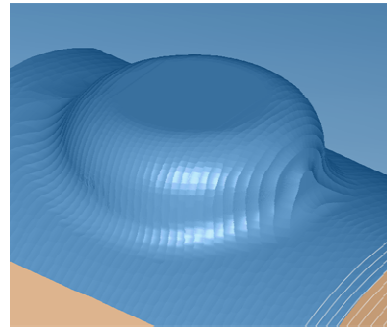
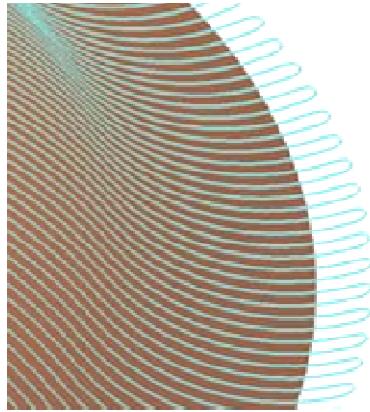
- Szerszám: gömbvégű maró
- 45°-nál laposabb felületek simítása
- Megmunkálás iránya:
 - Adott irányban xy síkban
 - Kontúrkövetés
 - Paraméter vonal követés
 - Vetített trajektória
 - Sugár irányú
 - Spirál



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 168

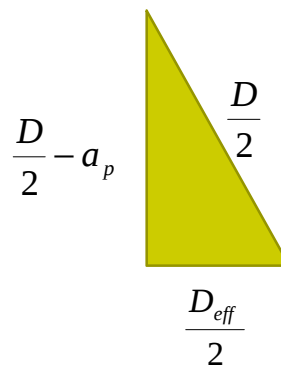
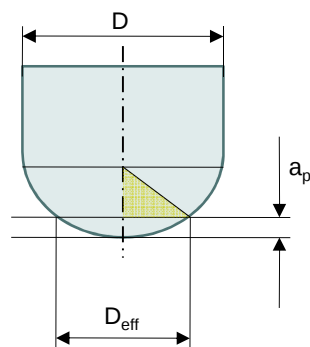


- Oda-vissza marás
- Összekötő mozgás definiálása:
 - egyenletes gyorsulás és lassulás
 - Túlfutás, ha lehetséges



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 171

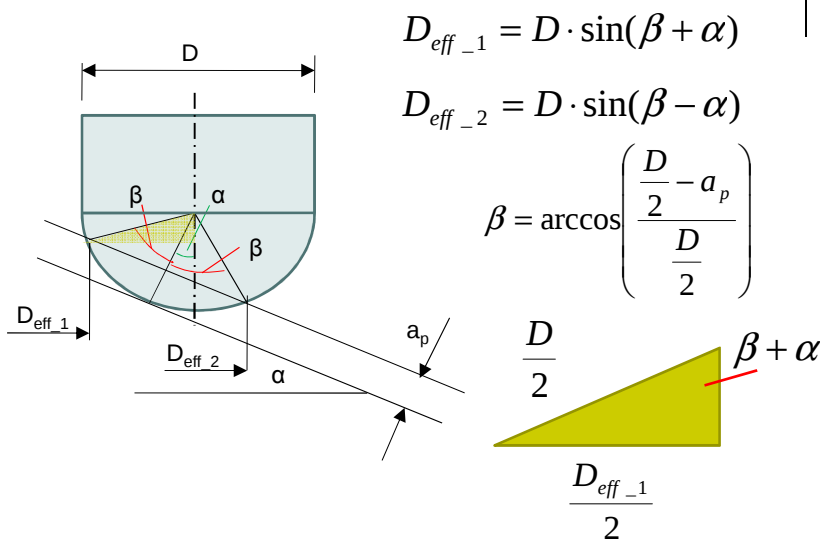
Gömbvégű maró dolgozó átmérője



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

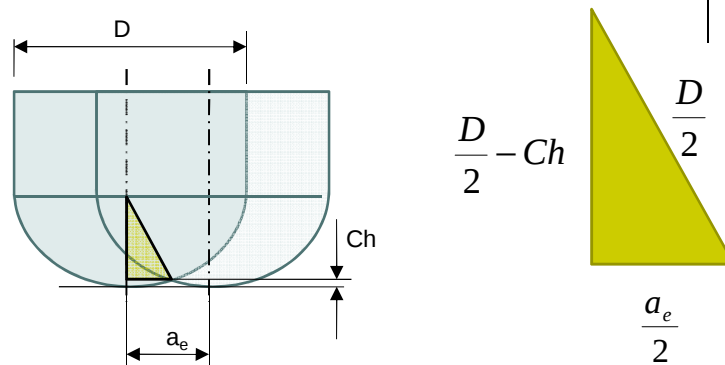
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 172

Gömbvégű maró dolgozó átmérője



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 173

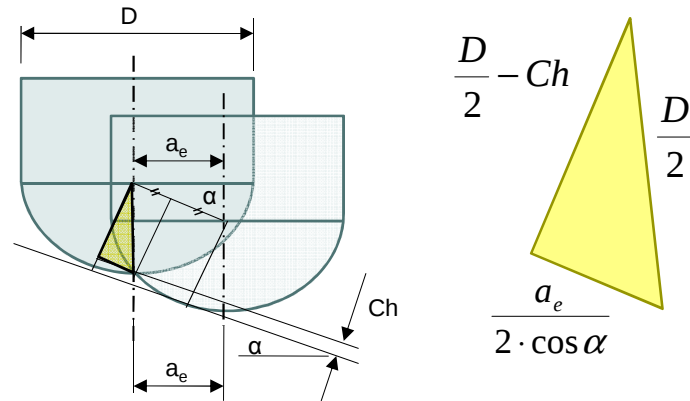
Barázda magasság (cusp height)



$$Ch = \frac{D}{2} - \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - \left(\frac{a_e}{2}\right)^2}$$

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 174

Barázda magasság (cusp height)

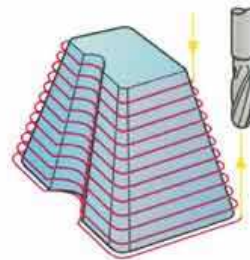
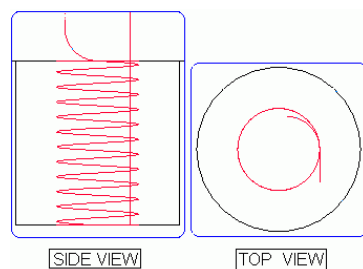


$$Ch = \frac{D}{2} - \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - \left(\frac{a_e}{2 \cdot \cos \alpha}\right)^2}$$

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 175

3D helikális simítás

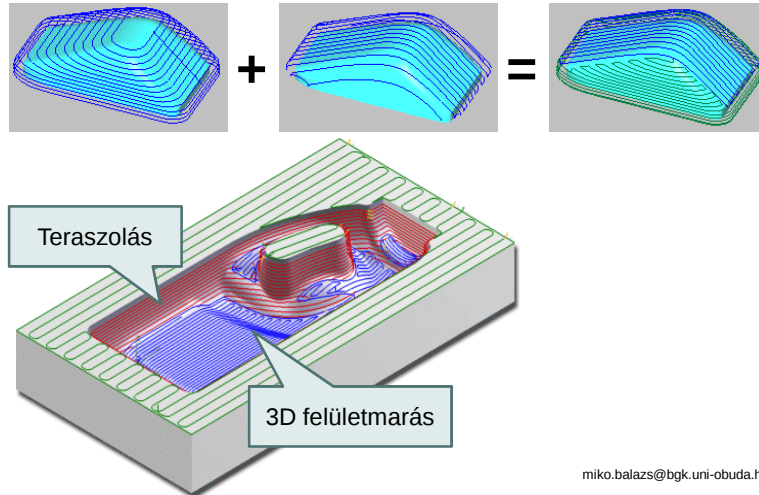
- Szerszám: sarokrádiuszos vagy gömbvégű maró
- 45°-nál meredekebb felületek simítása
- A kontúrkövetéssel párhuzamosan folyamatos Z irányú süllyedés
- Nincs fogásvétel
- Folyamatos forgácsolás



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 176

Kombinált simítás

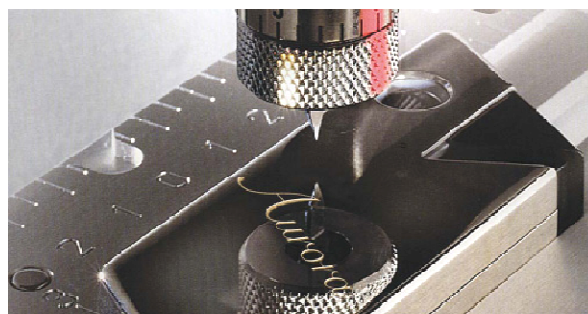
- Felületek automatikus szétválasztása



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 177

Gravírozás

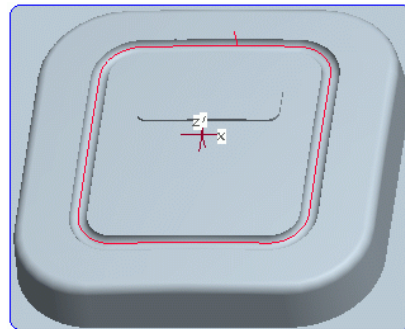
- Gravírozó szerszám
- Fogásmélység: 0.05 – 0.15 mm
- Sík vagy térgörbe kijelölése
- CAD rendszerben elegendő a görbe elkészítése



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 178

Trajektória marás

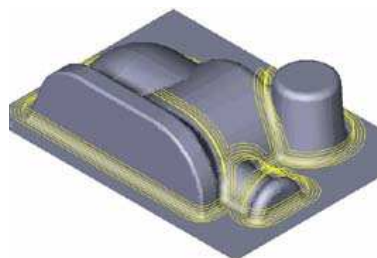
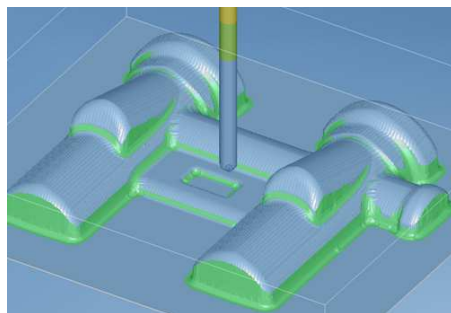
- Adott térgörbe mentén vezetjük végig a szerszámmot
- Horonymarási feladat
- T horony marás



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 179

Maradékanyag megmunkálás

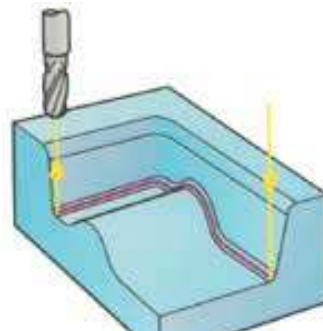
- Az előző megmunkálás során nem megmunkálható geometria újra munkálása
- Teraszoló marás vagy felület simítás



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 180

Térbeli sarokmarás

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

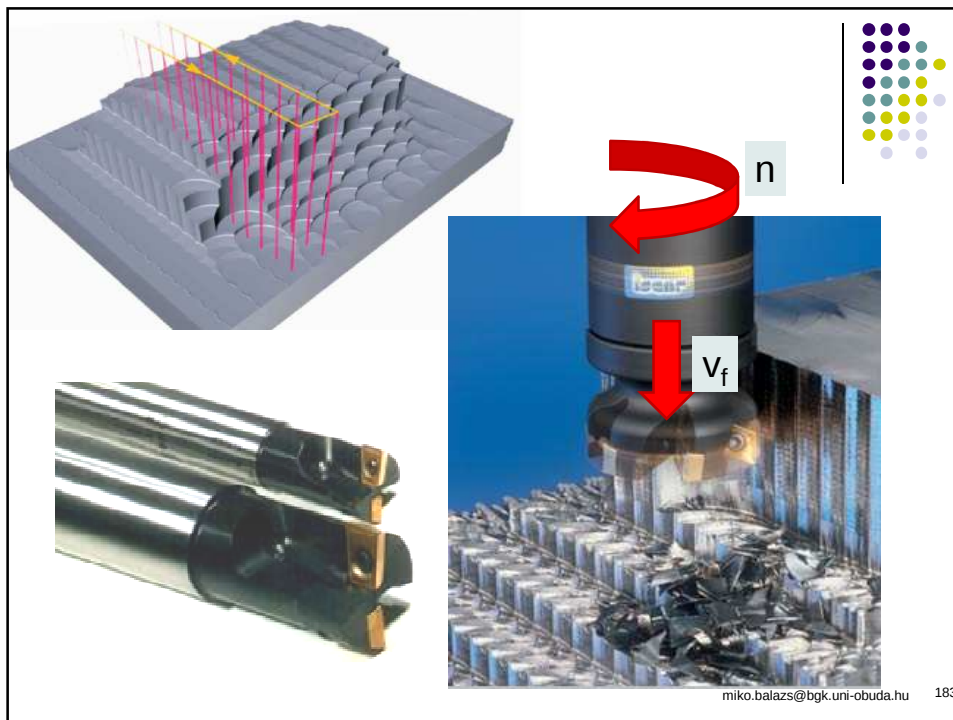


miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 181

Különleges mozgásciklusok

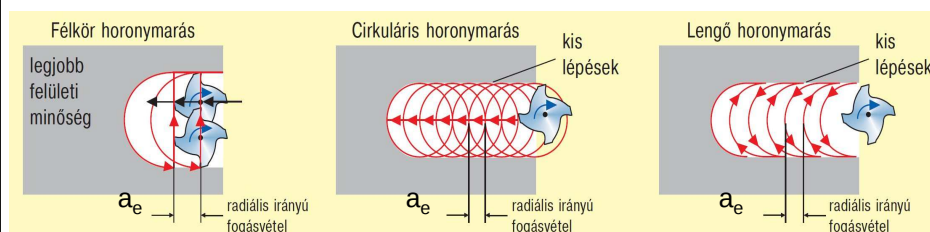
- **Süllyesztő marás** – Plunge milling
- Nagyolás – nagy mélység, *konvex* / *konkáv*
- Szerszám: nagy átmérőjű homlokélű szerszám
- A leválasztási alakzat hengerek metsződéséből adódik
- A szerszámgép Z irányú terhelhetősége kritikus lehet

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 182



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

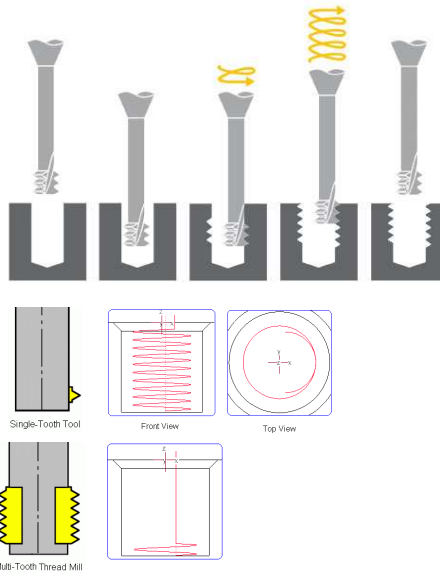


Video - Seco

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 184

Különleges mozgásciklusok

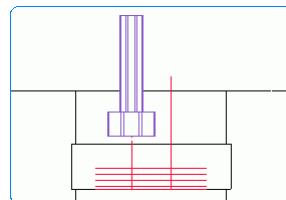
- Menet marás



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 185

Különleges mozgásciklusok

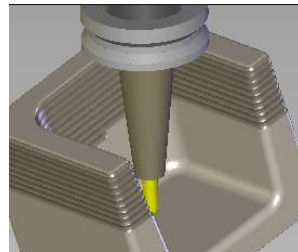
- Alámetszések marása
- Szerszám szár csökkentett átmérővel



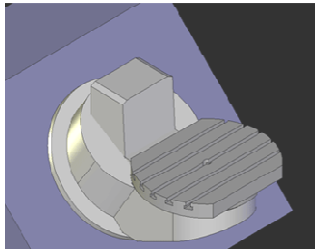
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 186

5D-s marás

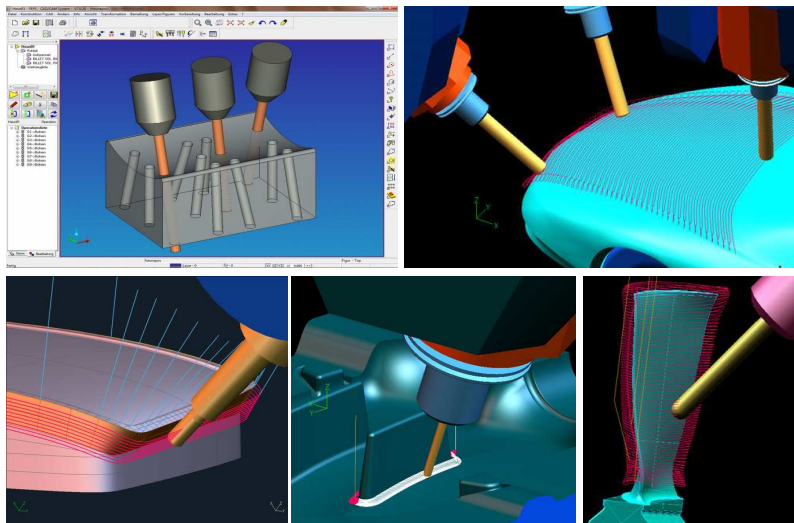
- 3 lineáris elmozdulás + 2 forgó
- Adott pontban különböző szerszámorientáció állítható be ($D_{\text{eff}} = \text{Const.}$)
- Térbeli furatok fúrása
- Alámetszett felületek marása
- Rövidebb szerszámkinyúlás
- Kevesebb felfogás
- Drága gép
- CAM rendszer, programozás
- Ütközésvizsgálat



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 187



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 38



video

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 189

7 3D szkennelés



3D szkennelés



- Bonyolult alkatrészek eredetiről történő modellezése (pl.: veterán járművek öntvényei, kézzel készült egyedi alkatrészek stb.)
- Abban az esetben alkalmazzák, ha nem ismertek a felületet alkotó görbék és felületek.

A folyamatot, amivel valós „fizikai” modellből CAD modellt építünk **REVERSE ENGINEERING**-nek hívjuk.

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 191

3D szkennelés

A **Reverse Engineering** két fő lépése:

- 3D szkennelés,
- Szkennelési eredmény feldolgozása.

Műveleti sorrendje:

- Szkennelés,
- Pontfelhő létrehozása,
- Modellépítés, rekonstrukció,
- Ellenőrzés, korrekciók.

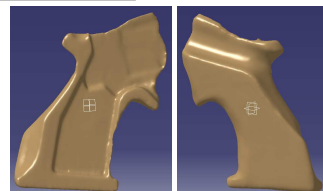
Alkatrész



Pontfelhő



3D CAD modell



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 192

3D szkennelés



A digitalizálni kívánt fegyvermarkolat készülékbe fogva a szkennер asztalán.



Szkennер által készített pontfelhő.

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 193

3D szkennelés



- **Pontfelhő** a szkennер által létrehozott digitális pontthalmaz.
- A digitalizált modellel szembeni igényeket (pontosság, alakhűség) előre tudni kell, mert ettől függ:
 - pontfelhő sűrűsége,
 - a szkennelési eljárás stb.(feleslegesen sűrű pontfelhő → nagy szkennelési idő)

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 194

3D szkennelés



Modellépítés, rekonstrukció a pontfelhő további feldolgozása, ami lehet:

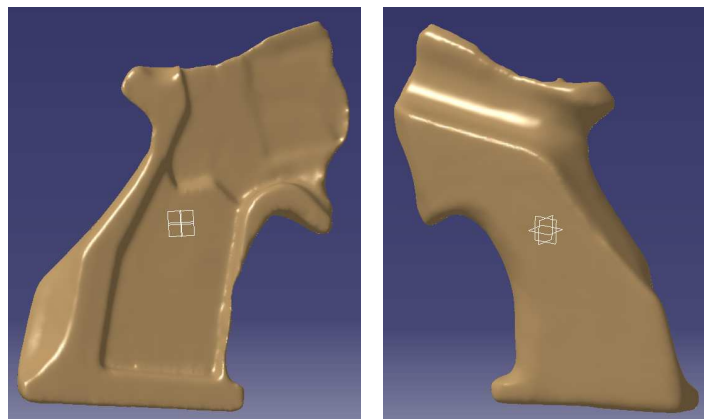
- Egylépcsős → pontfelhő exportálása CAD rendszerbe,
- Többlépcsős → szkennerek saját szoftverével készül el a felületmodell

Célprogramok:

- pontanomáliák kiszűrése,
- többirányú felvételek összefűzése.

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 195

3D szkennelés



Pontfelhőből készített modell Catia rendszerben
(egylépcsős modellépítés)

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 196

3D szkennelés



- Szkennelési eljárások két fő típusa:
 - kontakt vagy érintkező eljárás: darab és a berendezés mérőfeje érintkezik,
 - nem-kontakt eljárások: a mérő elem nem érintkezik a darabbal.



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 197

Kontakt szkennelés



Érintő-kapcsolós fejek

Előnyei: pontos; olcsó;
kis tapintási erő.

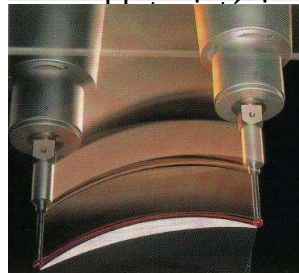
Hátrányai:
lassú (kevés pont/perc)



Analóg (merev tapintós) fejek

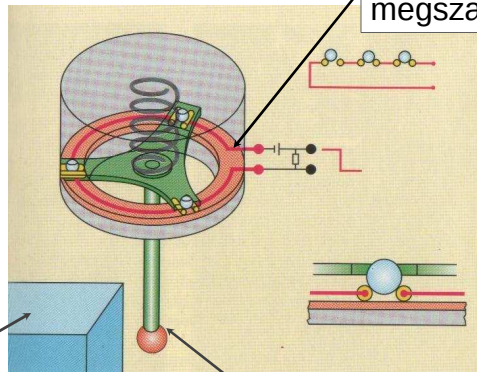
Előnyei: pontos; gyors (sok pont/perc);
nagy sűrűségű letapogatás.

Hátrányai:



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 198

Kapcsoló tapintófej elve



munkadarab

Szabályos tapintógömb

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 199

Szkenning típusú – folyamatos mérés



- Pontról-pontra való mérés (kapcsoló típus) kibővítése folyamatos mérésre.
- A munkadarabbal való folyamatos érintkezés.
- Meghatározott pályán való mozgás (szabályozás).



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 200

Eszközök

- Koordináta mérőgép
 - Mérőkar
- Merev felépítés
 - Pontos
 - Programozható
 - Flexibilis alkalmazás
 - Mozgatható
 - Kézi működtetés



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 201

Nem-kontakt eljárások

- Nincs erőhatás
- Puha anyagokhoz is használható

Lézer fénnel működő letapogató fejek

Előnyei: gyors;

Hátrányai: korlátozott mélységek;

- reflexiós problémák; fényes felületekhez nem használható
- kötött lépéstávolság;
- függőleges és alámetszett felületekhez nem/
- korlátozottan használható;



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 202

CCD kamera (plusz lézer)

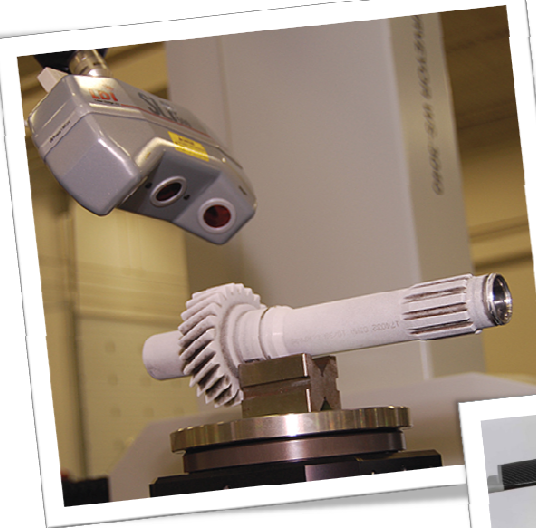
Előnyei:

- hordozható;
- nem kell a munkadarabot rögzíteni;
- gyors; akár 25000 pont/s.

Hátrányai: drágább eljárás.

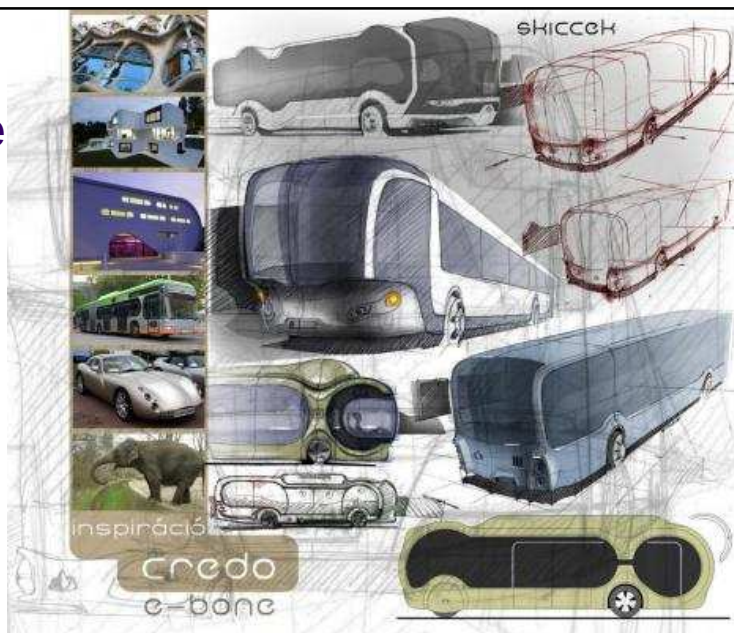


miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 203



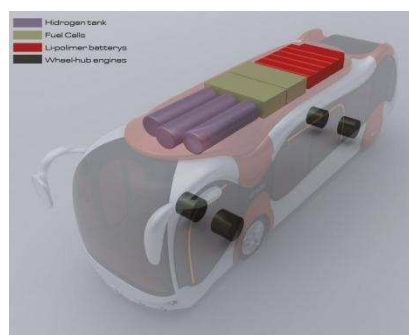
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 204

E-Bone Vázlat



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 205

Részletes tervezés Műszaki tartalom



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 206

Formatervezés

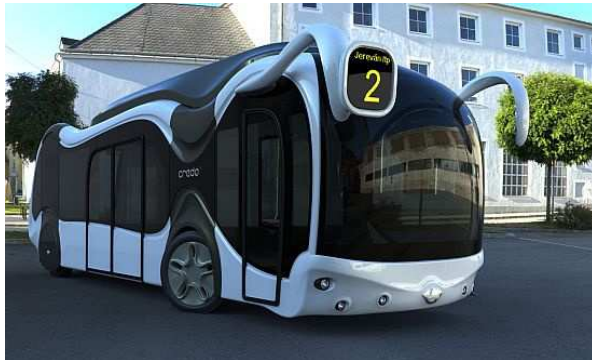


miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 207



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 208

CAD



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 209

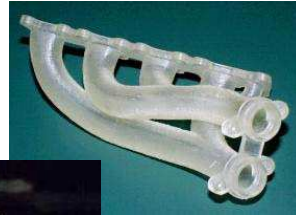
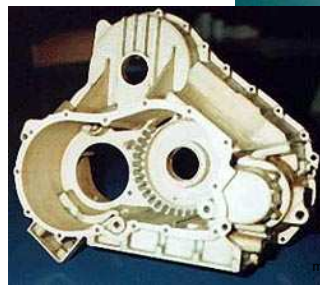
8

Gyors prototípus gyártás



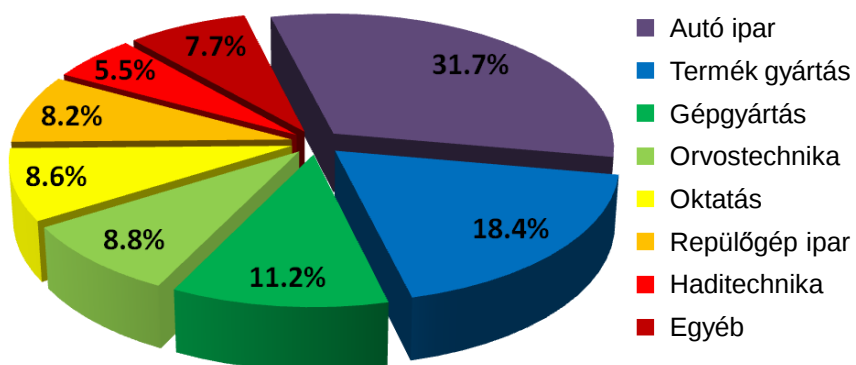
Gyors prototípus célja

- Prezentáció
- Öntőminta
- Szerszám
- Valós darab (kis széria)



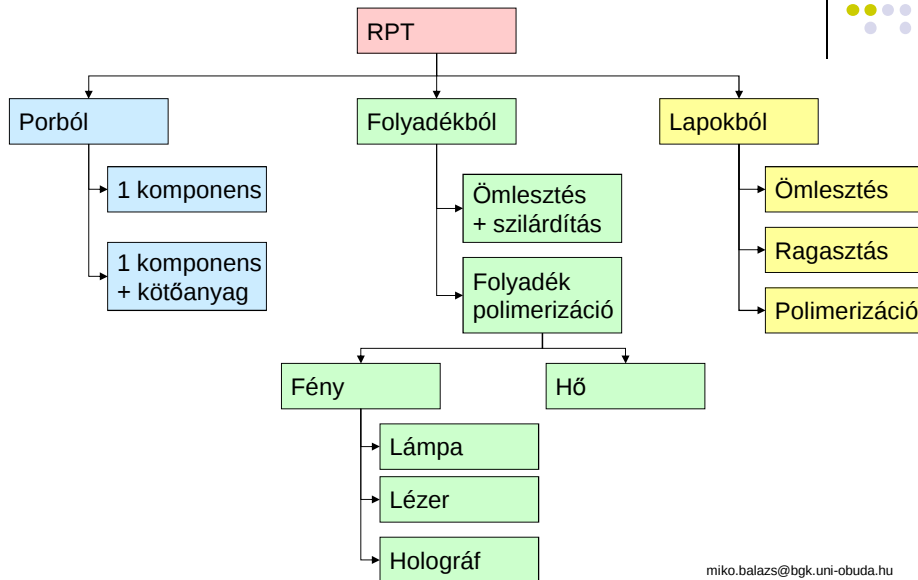
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 211

Alkalmazási területek



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 212

Csoportosítás anyagok szerint



Pontosság



- IT 13-16
- Ra 1,6 – 25

Mégmunkálási módok, technológiák		Elérhető pontosság																																	
		IT-minőség											Érdesség R_a , μm																						
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	0,008	0,012	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50	100	200	
Leválasztás, szétválasztás	Gyalulás																																		
	Vésés																																		
	Flúris																																		
	Dörzslapás	készítési felület																																	
		felület																																	
		szerszám																																	
	Esztergálás	szerszám																																	
		szerszám																																	
		szerszám																																	
	Másk	szerszám																																	
		szerszám																																	
		szerszám																																	
	Üregelés	szerszám																																	
		szerszám																																	

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 214

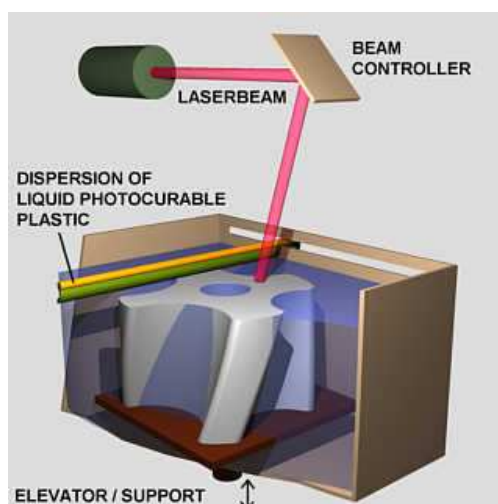
Eljárások



- SLA – Sztereolitográfia
- SLS – Szelektív lézer-szinterezés
- DMLS – Közvetlen fém lézer-szinterezés
- FDM – Huzalleolvasztásos modellezés
- LOM – Rétegelt darabgyártás
- 3DP – 3D-s nyomtatás
- PolyJet – Polimer nyomtatás
- SGC – Réteges fotopolimerizáció

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 215

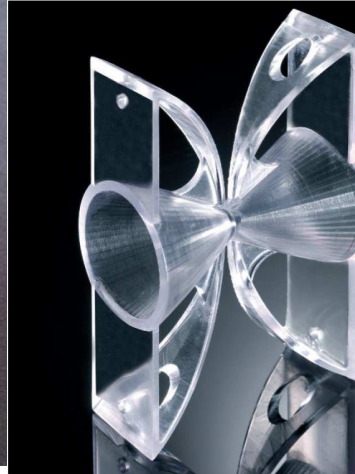
SLA - Sztereolitográfia



- Rétegvastagság: 0,1 mm
- Utólagos keményítés UV fénnel
- Szakító szilárdság 30 MPa
- PBT, PA, PP, PC

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 216

SLA

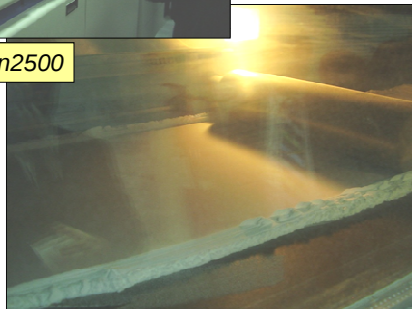


miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 217

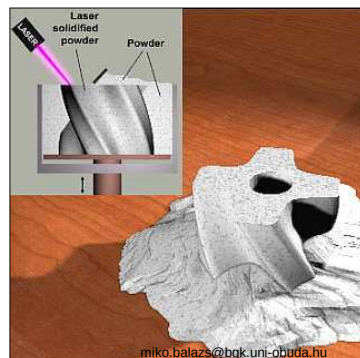
SLS – Szelektív lézer-szinterezés



SinterStation2500



- Porból szinterezve
- Akár fémporból is (műanyag kötőanyag)
- Porózus darab
- Nem kell utólag keményíteni



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 8

SLS



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

19

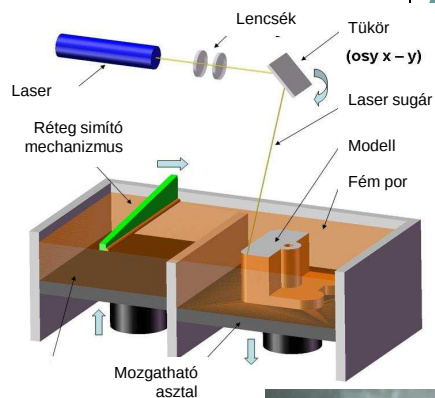
DMLS – Közvetlen fém lézer-szinterezés



- Direct Metal Laser Sintering
- Fém por
- 0,4 – 0,6 mm
- Utólagos hőkezelés



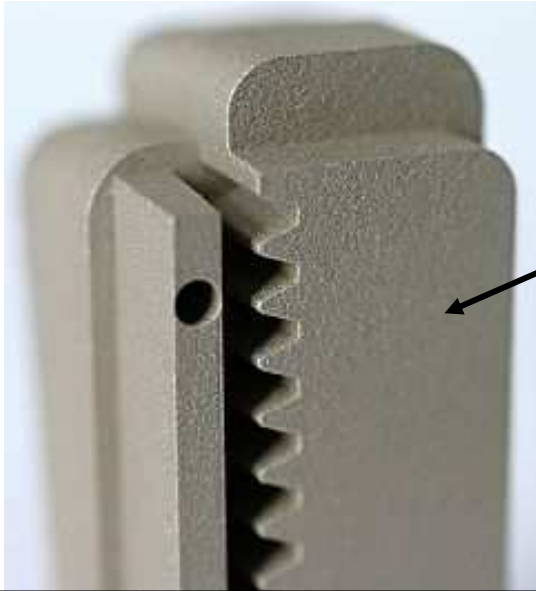
EOSINT M270



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

220

DMLS

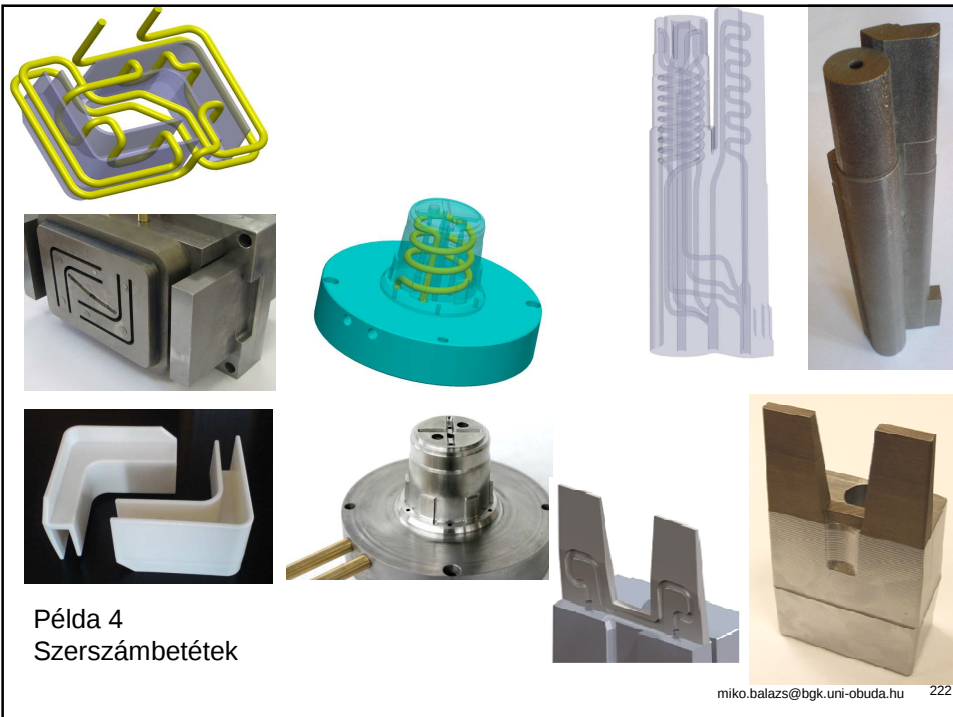


Példa 2
Szerszámbetét
Anyag: EOS DM20 - Bronz

Porózus felület



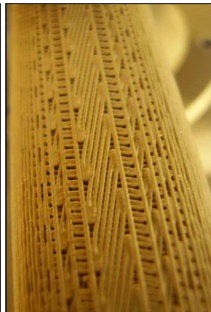
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 221



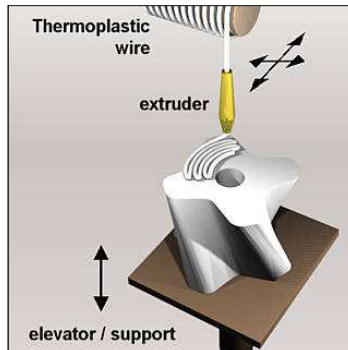
Példa 4
Szerszámbetétek

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 222

FDM – Huzalleolvasztásos modellezés



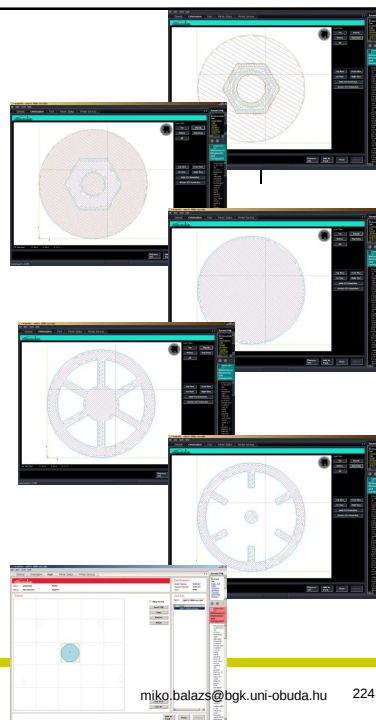
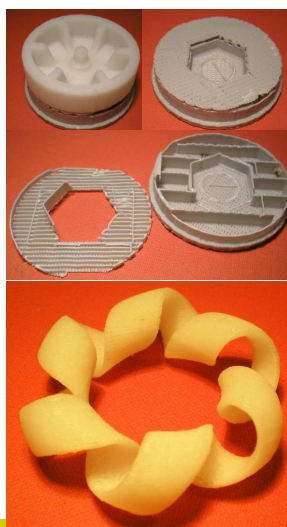
Dimension BST 768



- ABS huzal
- Rétegvastagság 0,2 mm
- Nem kell utólag keményíteni
- Festhető
- Ragasztható

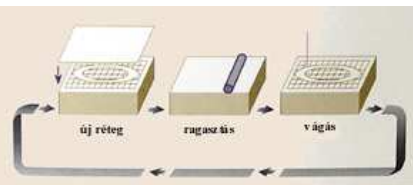
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 223

FDM - Példák

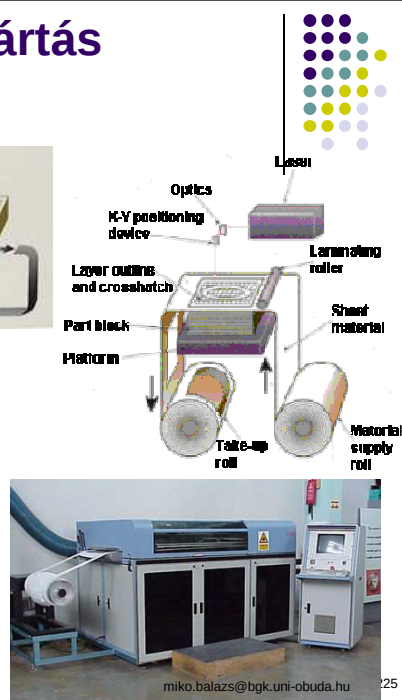


miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 224

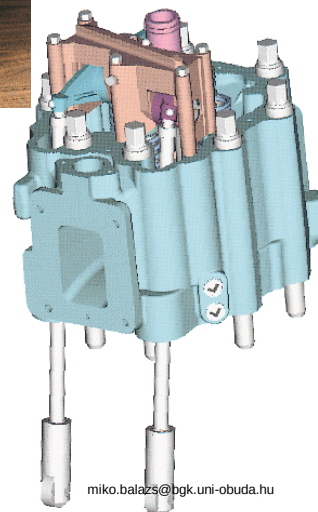
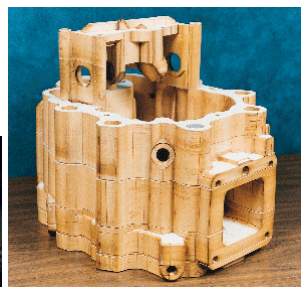
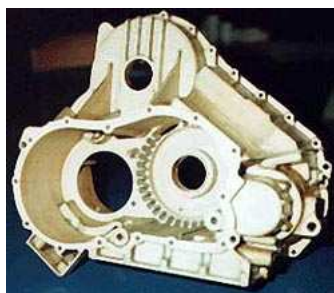
LOM – Rétegezt darabgyártás



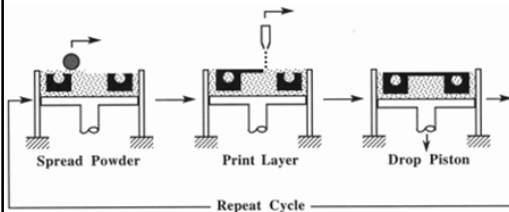
- Lézerrel kivágva és összeragasztva
- Speciális papír (0,1 mm)
- Csiszolható, festhető
- Zárt üreg problémás



LOM



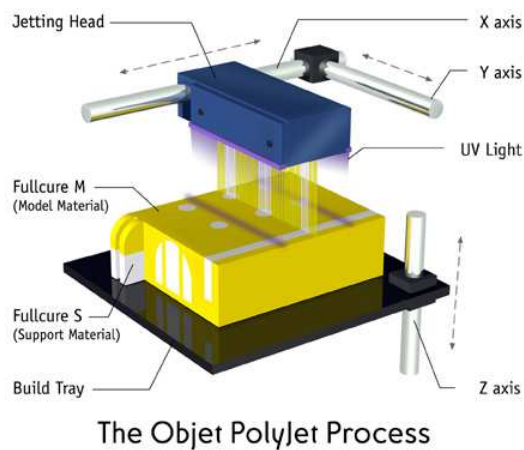
3DP – 3D-s nyomtatás



- Por + kötőanyag
- Kötőanyag színezhető
- Utólag keményíteni kell (hőkezelés)

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 227

PolyJet

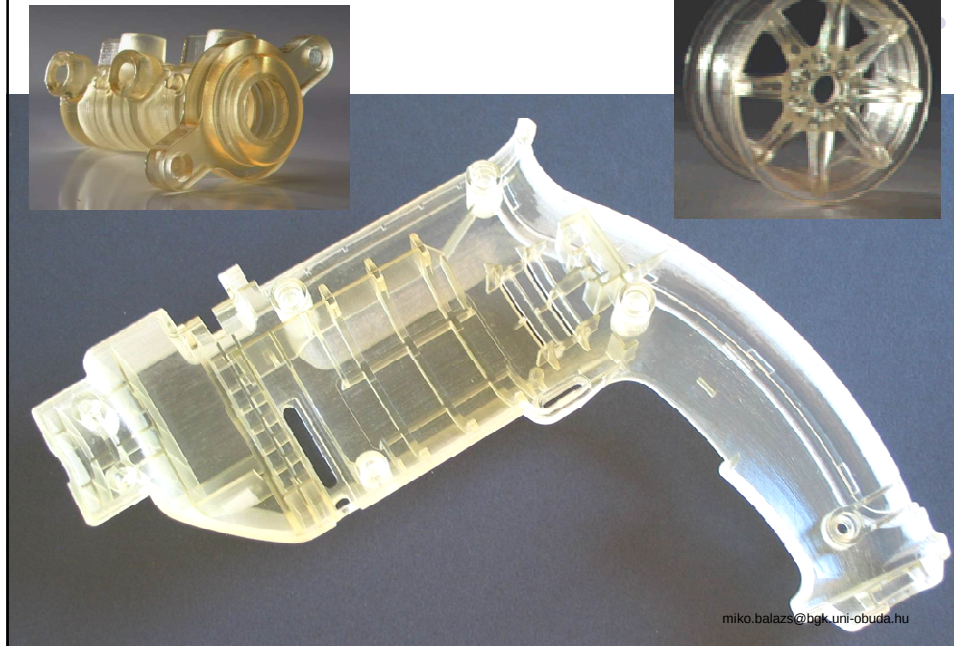


- Tintasugaras nyomtató elve
- Közvetlenül a polimert nyomtatja
- 2 komponens is lehetséges
- Rétegvastagság 0.02 mm !!!
- Polimer + UV

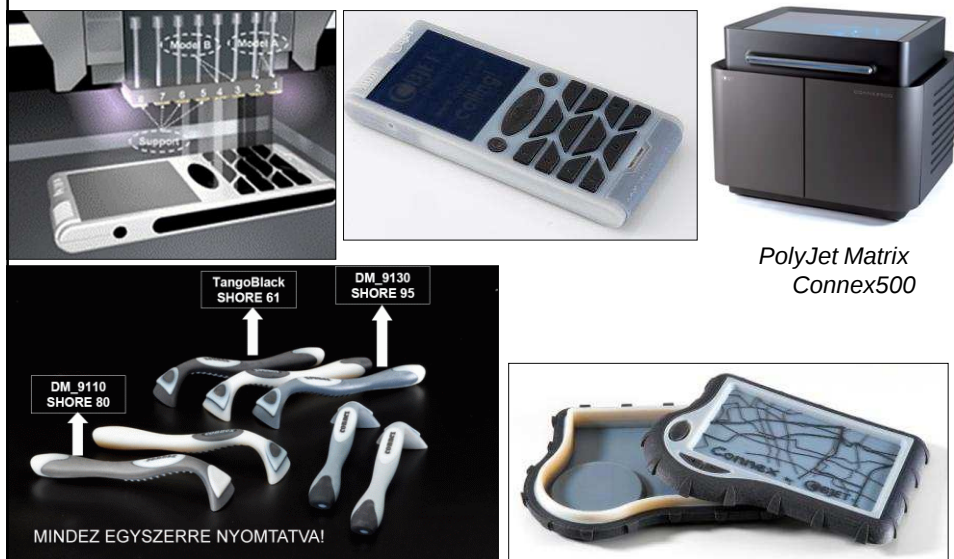


miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 228

PolyJet



PolyJet – két komponens



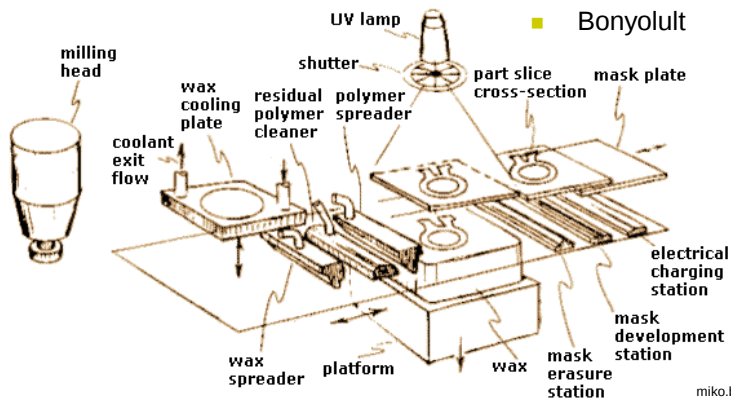
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 230

PolyJet - példák



SGC – Réteges fotopolimerizáció

- Üvegmaszk (elektrosztatikus)
- UV lámpa - Gyanta térhálósítás
- Viasszal feltöltés
- Bonyolult



9

Költségbecslési módszerek



Az idő- és költségbecslés feladata

Meghatározni a gyártás várható időszükségletét és költség igényét.



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 234

A költségbecslés szerepe

- Önköltségszámítás árajánlat adáshoz
- Gyártási költségek kontrollálása
- Beszállítók árajánlatainak ellenőrzése
- „Venni vagy gyártani” döntés támogatása
- Tervezési alternatívák értékelése
- Anyagszükséglet tervezés
- Gyártás ütemezés

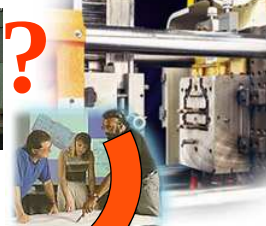


miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

A költségbecslés problémája



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 236



Probléma:

- Nem ismerjük a gyártási folyamat részleteit.
- Rövid idő áll rendelkezésre.

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 237

Költségbecslési módszerek



- Intuitív
- Analóg
- Parametrikus
- Analitikus
- MI alapú

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 238

Intuitív módszer



Intuícióra, tapasztalatra épít

- Nagy gyakorlat szükséges
- Részletesen ismerni kell a környezetet
- Pontatlan lehet
- Nem átlátható



miko.balazs@btk.uni-obuda.hu 239

Analóg módszer

Összehasonlítás korábbi termékekkel

- Nagy adatbázis
- Hatékony keresés szükséges
- Statikus környezet
- Adaptálás



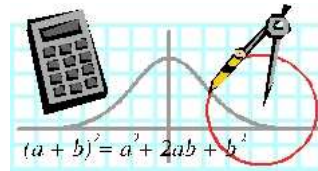
miko.balazs@btk.uni-obuda.hu 0

Parametrikus módszer



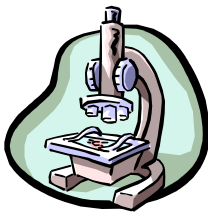
- Egyszerű függvénykapcsolat a néhány termék-paraméter és a költség között
- Általában tömeg vagy befoglaló méret
- Egyszerű
- Gyors
- Csak durva becslésre

Pl.: $K = C_0 + C_1 \cdot m + C_2 \cdot m^3$



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 241

Analitikus módszer



A feladat részletes dekomponálása, részszámítások összegzése

- Részletes gyártási koncepció
- Az egyes elemek pontosabban becsülhetők
- Pontos ($\pm 5\%$)
- Időigényes



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 2

Költségbecslési módszerek



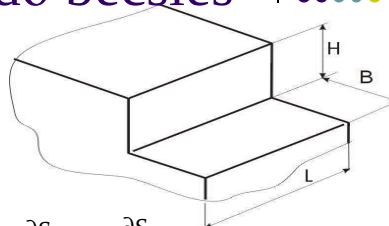
módszer	előny	hátrány
intuitív 	- gyors - egyszerű alkalmazni	- szakember igényes - pontatlan - nem átlátható
analóg 	- figyelembe veszi a konkrét környezetet	- időigényes - nagy adatbázist igényel
parametrikus 	- egyszerű - gyors	- pontatlan - heurisztikus
analitikus 	- pontos	- időigényes - szakember igényes - túl részletes

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 243

Parametrikus gyártási idő becslés



$$t_{est} = C \cdot B^{X_B} \cdot H^{X_H} \cdot L^{X_L}$$



Legkisebb négyzetek módszere

$$S = \sum_{i=1}^n (t_i - C \cdot L_i^{X_L} \cdot B_i^{X_B} \cdot H_i^{X_H})^2 \rightarrow \text{MIN} \quad \begin{aligned} \frac{\partial S}{\partial C} &= 0 & \frac{\partial S}{\partial X_L} &= 0 \\ \frac{\partial S}{\partial X_B} &= 0 & \frac{\partial S}{\partial X_H} &= 0 \end{aligned}$$

$$\frac{\partial S}{\partial C} = 2 \cdot \sum_{i=1}^n (-t_i \cdot L_i^{X_L} \cdot B_i^{X_B} \cdot H_i^{X_H} + C \cdot L_i^{2 \cdot X_L} \cdot B_i^{2 \cdot X_B} \cdot H_i^{2 \cdot X_H}) = 0$$

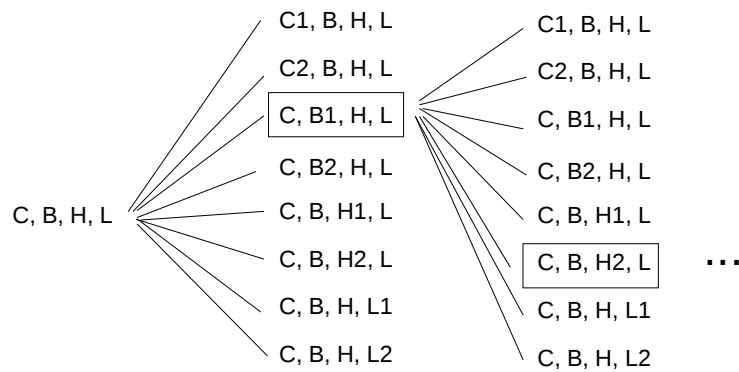
$$\frac{\partial S}{\partial X_L} = 2 \cdot \sum_{i=1}^n (-t_i \cdot C \cdot L_i^{X_L} \cdot B_i^{X_B} \cdot H_i^{X_H} \cdot \ln L_i + C^2 \cdot L_i^{2 \cdot X_L} \cdot B_i^{2 \cdot X_B} \cdot H_i^{2 \cdot X_H} \cdot \ln L_i) = 0$$

$$\frac{\partial S}{\partial X_B} = 2 \cdot \sum_{i=1}^n (-t_i \cdot C \cdot L_i^{X_L} \cdot B_i^{X_B} \cdot H_i^{X_H} \cdot \ln B_i + C^2 \cdot L_i^{2 \cdot X_L} \cdot B_i^{2 \cdot X_B} \cdot H_i^{2 \cdot X_H} \cdot \ln B_i) = 0$$

$$\frac{\partial S}{\partial X_H} = 2 \cdot \sum_{i=1}^n (-t_i \cdot C \cdot L_i^{X_L} \cdot B_i^{X_B} \cdot H_i^{X_H} \cdot \ln H_i + C^2 \cdot L_i^{2 \cdot X_L} \cdot B_i^{2 \cdot X_B} \cdot H_i^{2 \cdot X_H} \cdot \ln H_i) = 0$$

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 244

Numerikus kereső algoritmus



Változás

$$\Delta = 0.01 + \frac{\text{Random}(100)}{100 \cdot m}$$

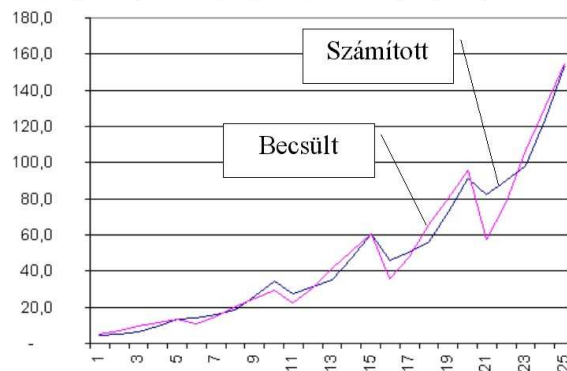
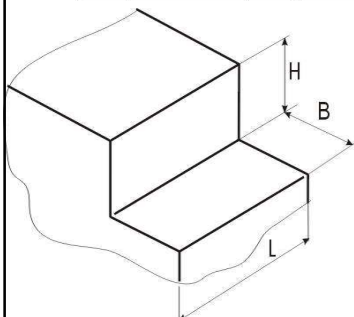
Hiba

$$D_i = \frac{\sum_j |t - t_{i,j}|}{j}$$

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 245

Eredmények

Alaksajátosság	Megmunkálás	C	XB	XD	XH	XL
Lépcső	Nagyol	0,160	0,430	-	0,690	0,600
	Simít	0,310	0,350	-	0,000	0,590
Horony	Nagyol	1,120	-0,255	-	0,790	0,900
	Simít	1,720	-0,360	-	0,000	0,950
Furat	Fúr	0,120	-	0,600	-	0,650
	Dörzsöl	0,171	-	1,388	-	0,660
Süllyesztés	Süllyeszt	0,080	-	1,100	-	0,550

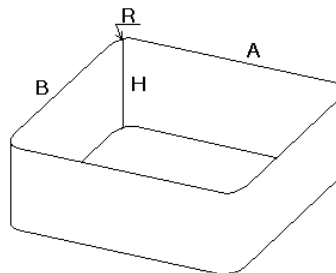


miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 246

Zseb nagyoló marása



A – Hossz
B – Szélesség
H – Mélység
R - Rádiusz

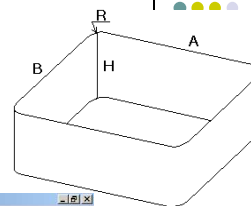


miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 247

Adatbázis



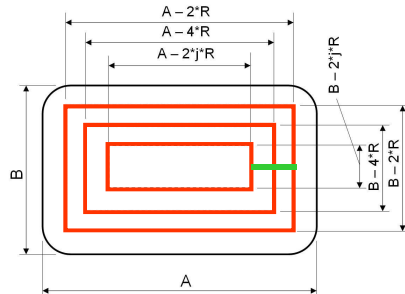
2028 eset:
A: 40, 50, 60, 80, 100, 150, 200, 250,
B: 40, 50, 60, 80, 100, 150, 200, 250, 300, 400
R: 4, 5, 6, 8, 10, 12,5
H: 1, 3, 5, 10, 15, 20



Microsoft Excel - számítások															
.xls															
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
	Length (mm)	Width (mm)	Radius (mm)	Height (mm)	Tool diameter (mm)	No of cycles	No of levels	Depth of cut (mm)	Cutting speed (mm/min)	No of revolution (1/min)	No of teeth	Feed per tooth (mm)	Speed of feed (mm/min)	Tool path (mm)	Manufacturing time (s)
13	A	B	R	H	D	J	I	a	v _c	n	z	f _z	v _f	L	t
14															
15	33	40	40	12,5	1	25	1	1	1,5	155	1974	5	0,11	1085,47	60
16	72	40	50	12,5	1	25	1	1	1,5	155	1974	5	0,11	1085,47	80
17	111	40	60	12,5	1	25	1	1	1,5	155	1974	5	0,11	1085,47	100
18	423	50	50	12,5	1	25	1	1	1,5	155	1974	5	0,11	1085,47	100
19	26	40	40	10	1	20	1	1	1,5	155	2467	4	0,078	769,696	80
20	34	40	40	12,5	3	25	1	2	1,5	155	1974	5	0,11	1085,47	120
21	462	50	60	12,5	1	25	1	1	1,5	155	1974	5	0,11	1085,47	120
22	65	40	50	10	1	20	1	1	1,5	155	2467	4	0,08	769,696	100
23	150	40	80	12,5	1	25	1	1	1,5	155	1974	5	0,11	1085,47	140

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 248

Szerszámút hossza



J	L_1
1	$L_1 = 2 \cdot [(A - D) + (B - D)] = 2 \cdot A + 2 \cdot B - 4 \cdot D$
2	$L_1 = 2 \cdot [(A - 2 \cdot D) + (B - 2 \cdot D)] = 2 \cdot A + 2 \cdot B - 8 \cdot D$
3	$L_1 = 2 \cdot [(A - 3 \cdot D) + (B - 3 \cdot D)] = 2 \cdot A + 2 \cdot B - 12 \cdot D$
$\dots$	
J	$L_1 = 2 \cdot [(A - J \cdot D) + (B - J \cdot D)] = 2 \cdot A + 2 \cdot B - 4 \cdot J \cdot D$

Ciklusszám egy szinten:

$$J = \text{int} \left[\frac{\min(A, B) - D}{D} \right]$$

Szerszámút hossza:

$$L_1 = J \cdot (2 \cdot A + 2 \cdot B) - 2 \cdot J \cdot (J + 1) \cdot D \quad (D=2 \cdot R)$$

Összekötő s fogásvételi mozgás hossza:

$$L_2 = 2 \cdot [(\max(A, B) - D) - (\max(A, B) - J \cdot D)] = 2 \cdot D \cdot (J - 1)$$

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 249

Megmunkálási idő



Fogás szám:

$$I = \text{int} \left[\frac{H}{a_p} \right] + 1$$

Megmunkálási idő:

$$t = \frac{L}{v_f} = \frac{I \cdot (L_1 + L_2)}{v_f} = \frac{I \cdot (J \cdot (2 \cdot A + 2 \cdot B) - 2 \cdot J \cdot (J + 1) \cdot D + 2 \cdot D \cdot (J - 1))}{v_f}$$

Előtolási sebesség

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

Fordulatszám

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

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 250

Szerszám

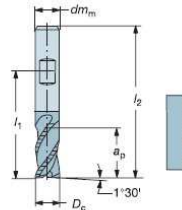
Roughing end mill

Kordell

Hardness <28HRC



Helix angle: -30° , -40°
Tolerances: D_c : h12
 dm_m : h8

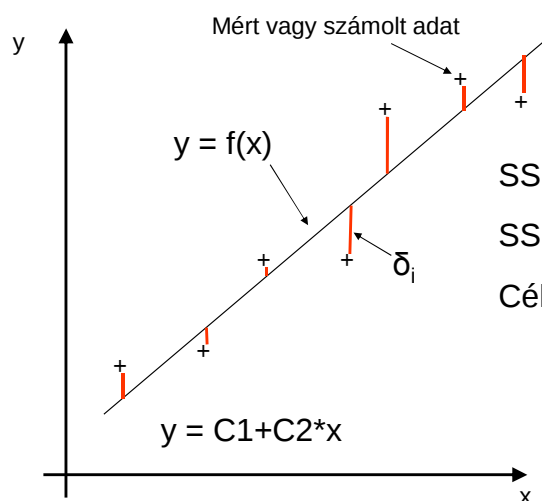


$\hat{A}$ = programming length

D_c mm	Ordering code	Front type, Zn	Dimensions, mm					P M K		
			dm_m	$\hat{A}$	l_2	Helix l_{th} mm $\frac{1}{2}$	Max a_p ¹⁾	ec	ec	ec
	Weldon							1640	1640	1640
6	R216.33-06030-BS07K	3	6	36	54	35.50	7.0	☆	☆	☆
8	R216.33-08030-BS09K	3	8	40	58	45.00	9.0	☆	☆	☆
10	R216.33-10030-BS11K	3	10	46	66	56.00	11.0	☆	☆	☆
12	R216.33-12030-BS12K	3	12	50.5	73	71.00	12.0	☆	☆	☆
14	R216.33-14030-BS14K	3	14	52.5	75	80.00	14.0	☆	☆	☆
16	R216.33-16030-BS16K	3	16	58	82	90.00	16.0	☆	☆	☆
20	R216.33-20030-BS20K	3	20	67	92	112.00	20.0	☆	☆	☆

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 251

Regresszió



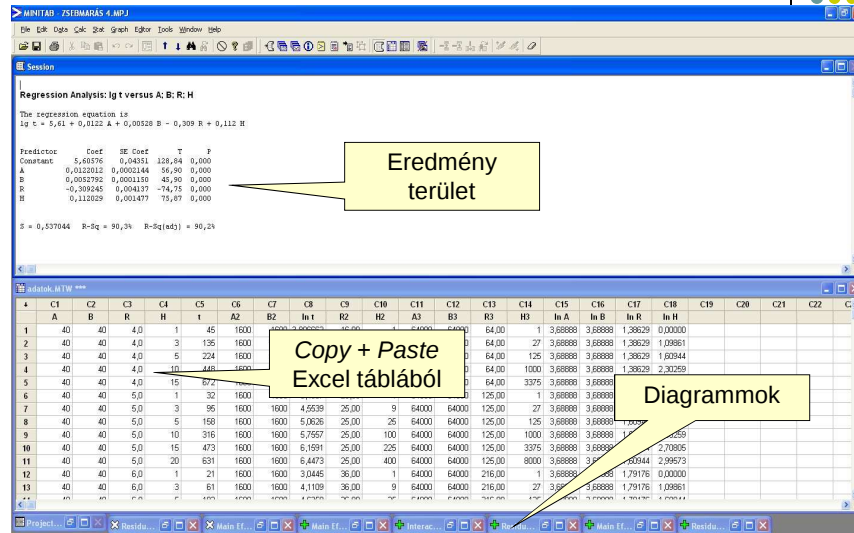
$$SS = \sum \delta_i^2$$

SS : Négyzetösszeg

Cél: $SS \Rightarrow \text{MIN}$

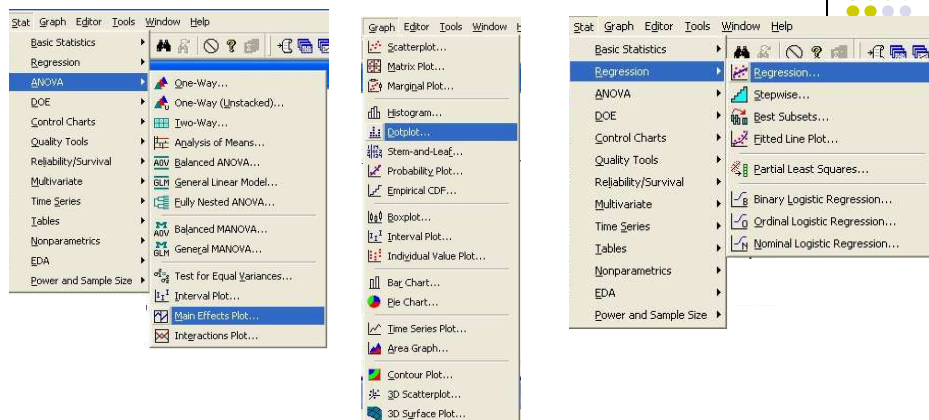
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 252

MiniTab v14



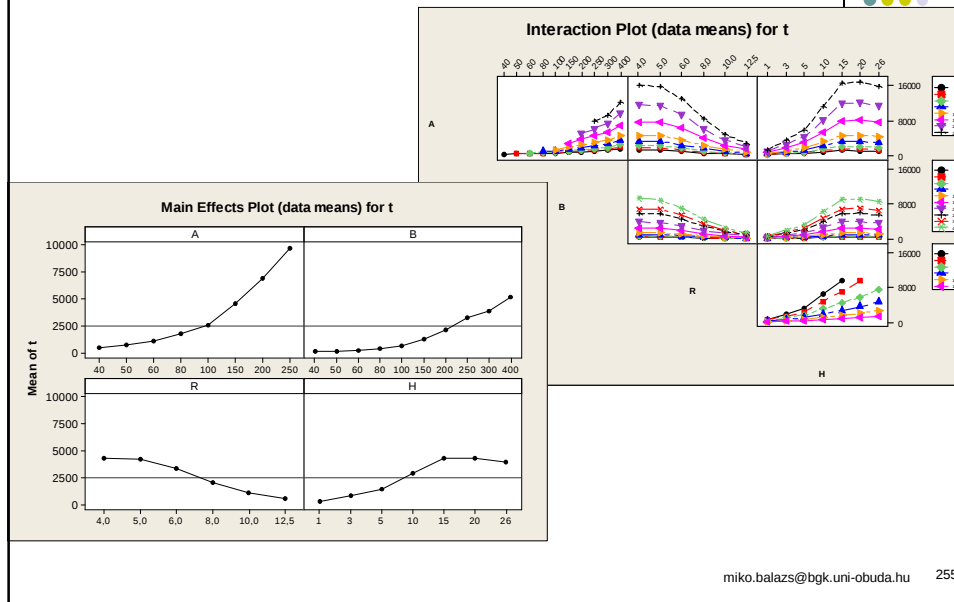
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 253

MiniTab v14



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 254

Main effects plot – Interaction plot



#1 regresszió - lineáris

Regression Analysis: t versus A; B; R; H

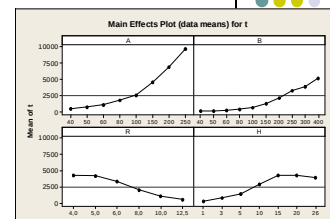
The regression equation is

$$t = -216,4 + 36,6 A + 7,38 B - 556 R + 204 H$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-216,4	251,1	-0,86	0,389
A	36,585	1,238	29,56	0,000
B	7,3768	0,6638	11,11	0,000
R	-555,65	23,88	-23,27	0,000
H	204,271	8,522	23,97	0,000

S = 3099,53 R-Sq = 55,0% R-Sq(adj) = 54,9%

95 felett kell lennie



$$R^2 = 1 - \frac{SS_Error}{SS_Total}$$

$$R^2(adj) = 1 - \frac{SS_Error/(n-p)}{SS_Total/(n-1)}$$

SS – Sum of squares

#2 regresszió – négyzetes tagokkal



Regression Analysis: t versus A; B; A2; B2; R; R2; H; H2

The regression equation is

$$t = 4063 + 20,2 A - 4,54 B + 0,0651 A^2 + 0,0264 B^2 - 1479 R + 56,2 R^2 + 407 H - 7,82 H^2$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	4063,3	705,1	5,76	0,000
A	20,243	5,440	3,72	0,000
B	-4,541	2,723	-1,67	0,095
A2	0,06506	0,01970	3,30	0,001
B2	0,026383	0,005758	4,58	0,000
R	-1479,4	163,1	-9,07	0,000
R2	56,247	9,666	5,82	0,000
H	407,28	30,86	13,20	0,000
H2	-7,824	1,182	-6,62	0,000

S = 3012,72 R-Sq = 57,6% R-Sq(adj) = 57,4%

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 257

Regression #3 - logarithmic



Regression Analysis: ln t versus A; B; R; H

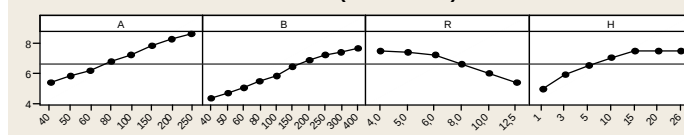
The regression equation is

$$\ln t = 5,61 + 0,0122 A + 0,00528 B - 0,309 R + 0,112 H$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	5,60576	0,04351	128,84	0,000
A	0,0122012	0,0002144	56,90	0,000
B	0,0052792	0,0001150	45,90	0,000
R	-0,309245	0,004137	-74,75	0,000
H	0,112029	0,001477	75,87	0,000

S = 0,537044 R-Sq = 90,3% R-Sq(adj) = 90,2%

Main Effects Plot (data means) for ln t



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 258

Regression #4 – log, quadratic



Regression Analysis: ln t versus A; A2; B; B2; R; R2; H; H2

The regression equation is

$\ln t = 4,20 + 0,0294 A - 0,000066 A^2 + 0,0112 B - 0,000013 B^2 - 0,430 R + 0,00790 R^2 + 0,264 H - 0,00599 H^2$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	4,19634	0,06458	64,98	0,000
A	0,0293707	0,0004983	58,95	0,000
A2	-0,00006627	0,00000180	-36,72	0,000
B	0,0112452	0,0002494	45,09	0,000
B2	-0,00001339	0,00000053	-25,39	0,000
R	-0,42985	0,01493	-28,78	0,000
R2	0,0078993	0,0008854	8,92	0,000
H	0,263908	0,002827	93,35	0,000
H2	-0,0059925	0,0001082	-55,36	0,000

S = 0,275947 R-Sq = 97,4% R-Sq(adj) = 97,4%

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 259

Regression #5 – log, cubic



Regression Analysis: ln t versus A; A2; A3; B; B2; B3; R; R2; R3; H; H2; H3

The regression equation is

$\ln t = 2,70 + 0,0486 A - 0,000234 A^2 + 0,000000 A^3 + 0,0187 B - 0,000052 B^2 + 0,000000 B^3 - 0,367 R - 0,00016 R^2 + 0,000319 R^3 + 0,464 H - 0,0253 H^2 + 0,000479 H^3$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	2,7022	0,1359	19,89	0,000
A	0,048623	0,001051	46,28	0,000
A2	-0,00023405	0,00000853	-27,45	0,000
A3	0,00000041	0,00000002	20,33	0,000
B	0,0186978	0,0005849	31,97	0,000
B2	-0,00005195	0,00000288	-18,03	0,000
B3	0,00000006	0,00000000	13,58	0,000
R	-0,36744	0,05263	-6,98	0,000
R2	-0,000164	0,006683	-0,02	0,980
R3	0,0003187	0,0002661	1,20	0,231
H	0,464229	0,004944	93,90	0,000
H2	-0,0252801	0,0004462	-56,65	0,000
H3	0,00047922	0,00001094	43,80	0,000

S = 0,182954 R-Sq = 98,9% R-Sq(adj) = 98,9%

Ha a P-value 0.2 felett van, a paraméter elhagyható.

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 260

Regression #6 – log, modified



Regression Analysis: ln t versus A; A²; B; B²; R; H; H²; H³

The regression equation is

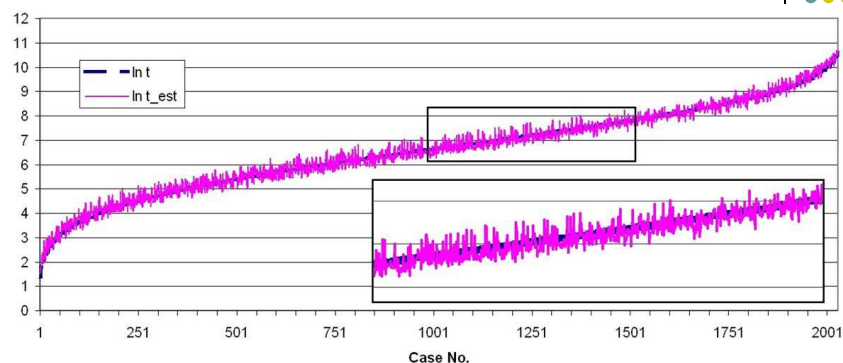
$\ln t = 3,33 + 0,0294 A - 0,000066 A^2 + 0,0113 B - 0,000013 B^2 - 0,299 R + 0,465 H - 0,0254 H^2 + 0,000480 H^3$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	3,33362	0,03017	110,51	0,000
A	0,0293667	0,0003926	74,81	0,000
A ²	-0,00006625	0,00000142	-46,59	0,000
B	0,0112544	0,0001965	57,28	0,000
B ²	-0,00001341	0,00000042	-32,28	0,000
R	-0,298923	0,001683	-177,66	0,000
H	0,465276	0,005872	79,24	0,000
H ²	-0,0253605	0,0005299	-47,86	0,000
H ³	0,00047959	0,00001300	36,90	0,000

S = 0,217412 R-Sq = 98,4% R-Sq(adj) = 98,4%

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 261

Results - Conclusions

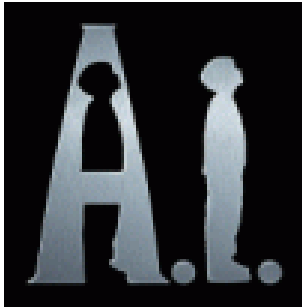


$\ln t = 3,33 + 0,0294 \cdot A - 0,000066 \cdot A^2 + 0,0113 \cdot B - 0,000013 \cdot B^2 - 0,299 \cdot R + 0,465 \cdot H - 0,0254 \cdot H^2 + 0,000480 \cdot H^3$

$t = e^{3,33+0,0294 \cdot A - 0,000066 \cdot A^2 + 0,0113 \cdot B - 0,000013 \cdot B^2 - 0,299 \cdot R + 0,465 \cdot H - 0,0254 \cdot H^2 + 0,000480 \cdot H^3}$

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 262

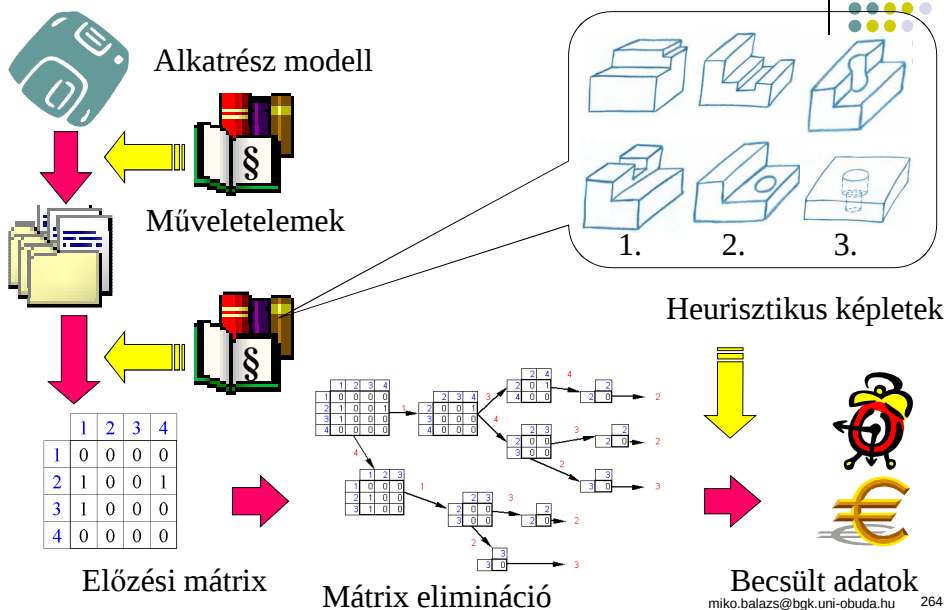
Mesterséges intelligencia módszerek



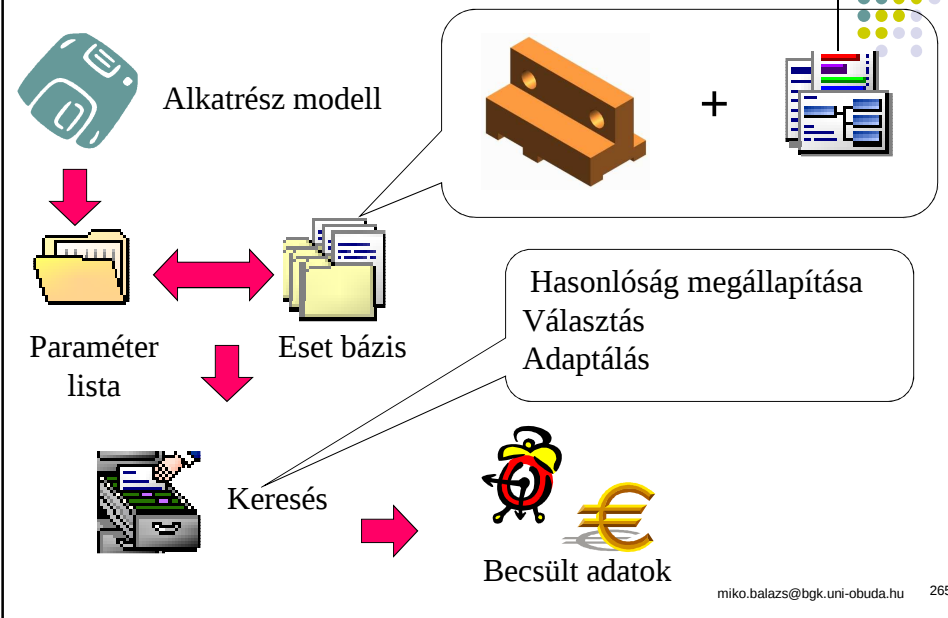
- Szabály-alapú becslés
- Eset-alapú becslés
- Neurális háló-alapú becslés

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 263

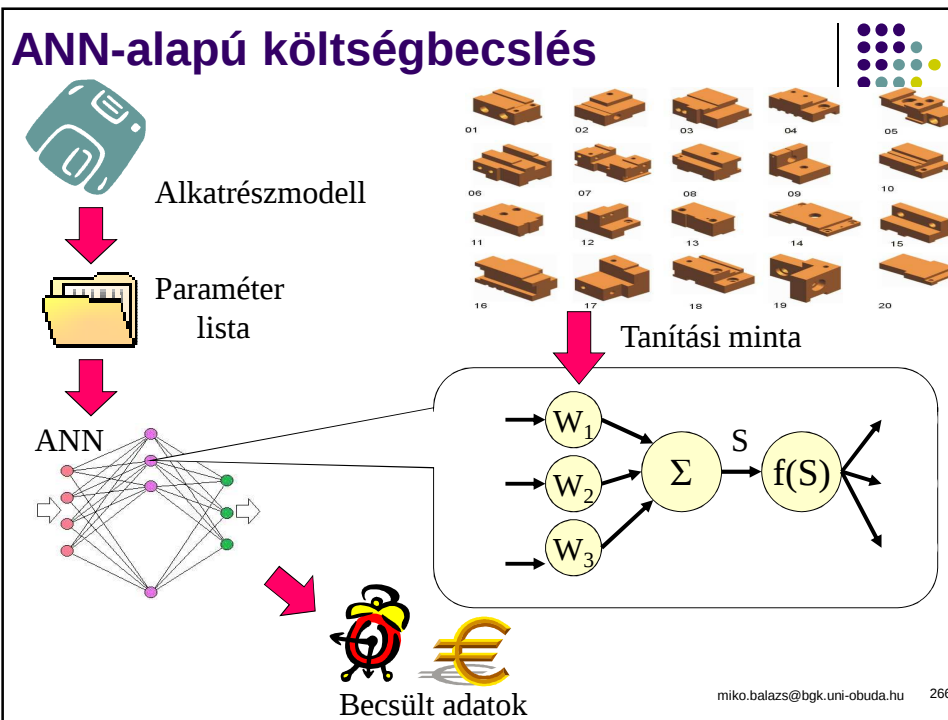
Szabály-alapú költségbecslés



Eset-alapú költségbecslés



ANN-alapú költségbecslés





VÉGE

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 267