



Óbudai Egyetem
Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar
Anyagtudományi és Gyártástechnológiai Intézet

GYÁRTÓRENDSZEREK MECHATRONIKÁJA

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 konstruktőr által megtervezett termék gyártási folyamatát.





miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 4

A gyártástervezés feladata

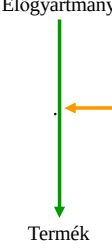
A technológiai tervezés célja a gyártáshoz szükséges dokumentációk előállítása.





miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 5

A gyártástervezés nehézsége



A közös állapotok száma tetszőleges

Különböző eljárásokkal létrehozható ugyanaz az állapotváltozás

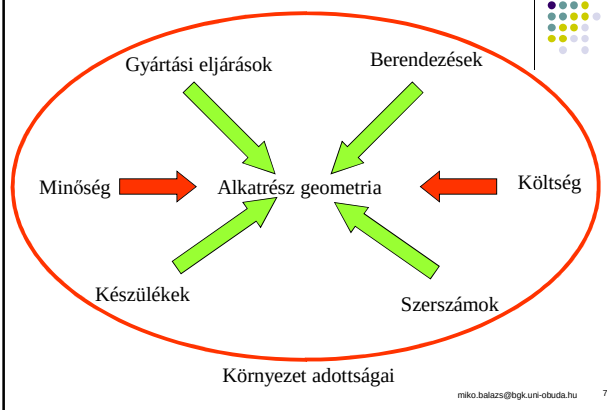
Ugyanaz az eljárás többféle állapotot eredményezhet a paraméterek függvényében

Az eljárások környezetfüggők



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 6

Szintetizálás



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.

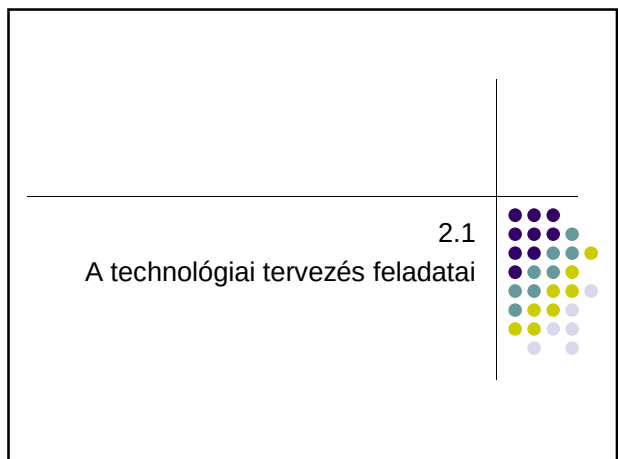
Nyers állapot: a gyártási folyamat megkezdése előtti állapot.

Közbenső állapot: az egyes műveletek közötti állapot.

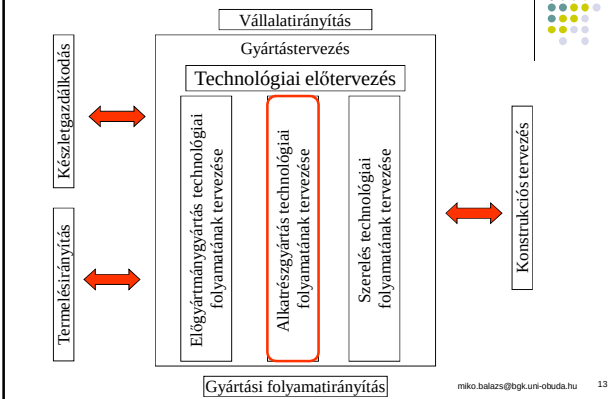
Pillanatnyi állapot: a gyártási folyamat tetszőleges pillanatában fennálló állapot.

Kész állapot: a gyártási folyamat befejezése utáni állapot.

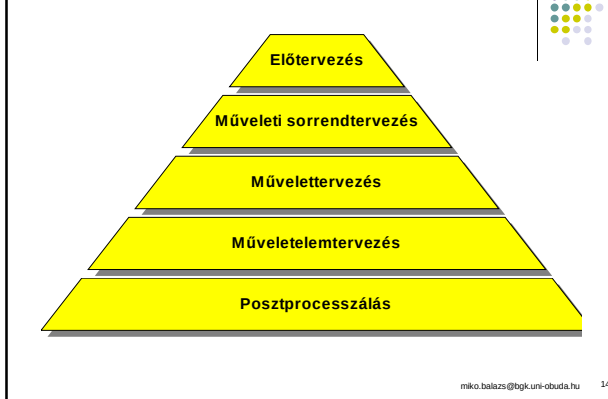
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 11



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



Műveleti sorrendtervezés

➤ A megmunkálási igények és módok meghatározása

➤ A megmunkálási bázisok kijelölése

➤ A szerszámgépek és készülékek kiválasztása

➤ A műveletek behatárolása

➤ A műveletek sorrendjének meghatározása



Művelettervezés

➤ Műveletelemek tartalmának és sorrendjének meghatározása

➤ Szerszámok kiválasztása

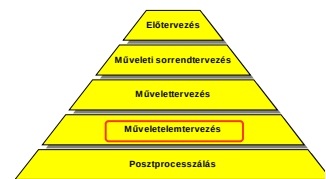
➤ Szerszámelrendezési terv készítése



Műveletelem tervezés

➤ Forgácsolási paraméterek meghatározása

➤ Szerszám pályák meghatározása



Posztprocesszálás (illesztés)

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



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

Gyártástervezési feladatok típusai

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



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

Gyártástervezési feladatok típusai

Értékelés: a választott, vagy generált megoldás vizsgálata.



miko.balasz@bgk.uni-obuda.hu 23

Gyártástervezési feladatok típusai

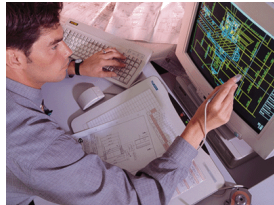
Adaptálás/Korrekció: a javasolt megoldás módosítása a kezdeti feladat sajátosságainak figyelembevételével.



miko.balasz@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, szer szám) 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 alkatrésze, 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 **struktúrálisan környezetfüggő** megoldások jellemzője, hogy létezik 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.

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 35

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.

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 36

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.

- Típus technológiák
- Csoporthatások
- Eset-alapú tervezés

miko.balazs@btk.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 egzakta alapokon nyugszanak.
„Így ésszerű”

miko.balazs@btk.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 ismérve: nincs ellentmondás a terv egyes elemei között.

A terv javítható valamely korlátozás visszavonásával.

miko.balazs@btk.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 egzakta 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@btk.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@btk.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@btk.uni-obuda.hu 42

Optimalizálás

A statikus optimalizálás elemei:

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

A megoldás feltételei:

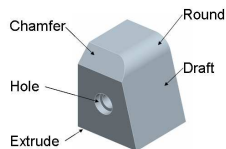
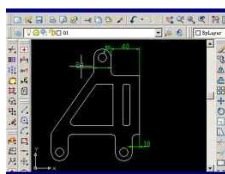
1. A probléma numerikus formában felírható.
2. A cél definiálható célfüggvény formájában.
3. Létezik időben és kapacitásban elérhető algoritmus.

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.



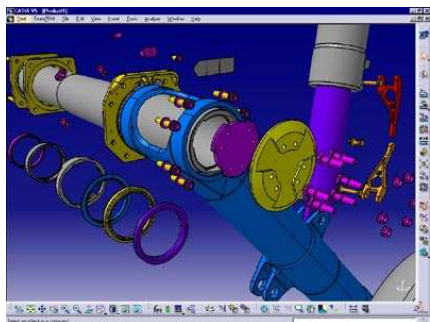
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 45

CAD rendszerek osztályozása

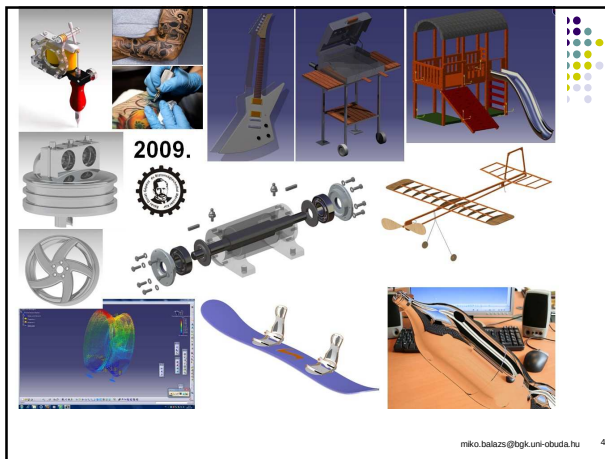
- **Alkalmazási terület**
Gépészeti, elektronikai, építészeti, ruha- és cipőipari
- **Modellezési módszer**
 - 2D-s vagy síkbeli
 - 3D-s vagy térbeli
- **Alkalmazott modellezési módszerek**
 - drótváz-
 - felület-
 - testmodellező
 - hibrid
- **Modellkezelés**
 - parametrikus
 - nem parametrikus

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 46

CAD rendszerek alkalmazása - gépészet



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 47



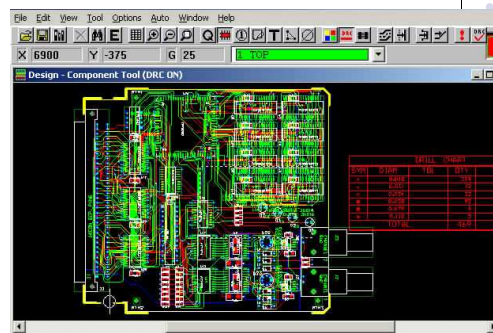
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 48

2010



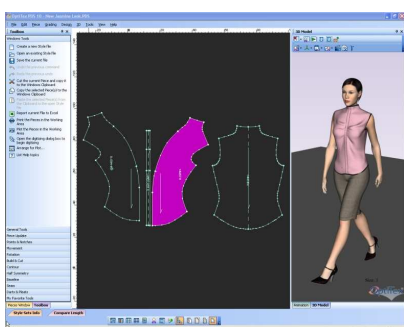
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 49

CAD rendszerek alkalmazása – elektronika (pl. OrCAD)



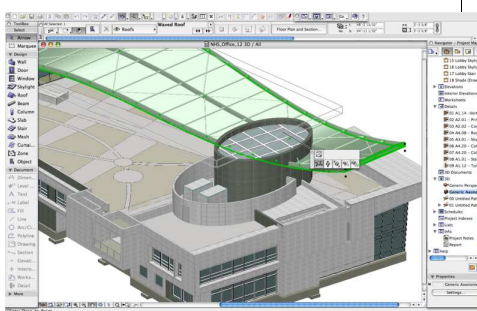
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 50

CAD rendszerek alkalmazása – ruhaipar (pl. OptiTex)

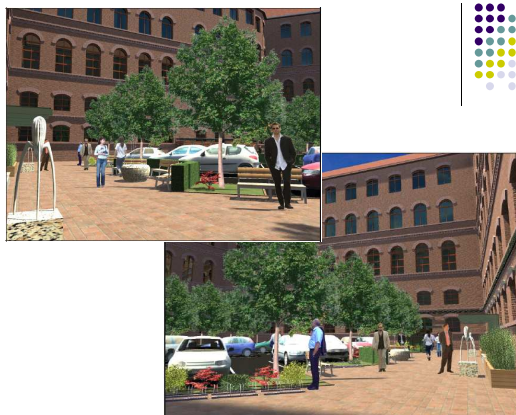


miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 51

CAD rendszerek alkalmazása – építészet (pl. ArchiCAD)

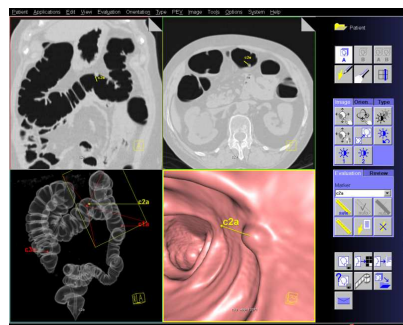


miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 52



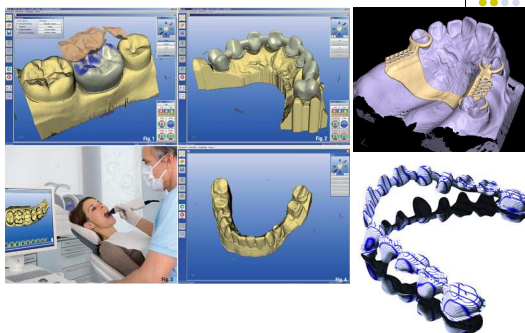
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 53

CAD rendszerek alkalmazása – orvostechika (pl. Luong CAD)



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 54

Orvostechnika

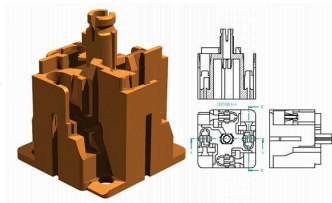


miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 55

Termékrepresentáció

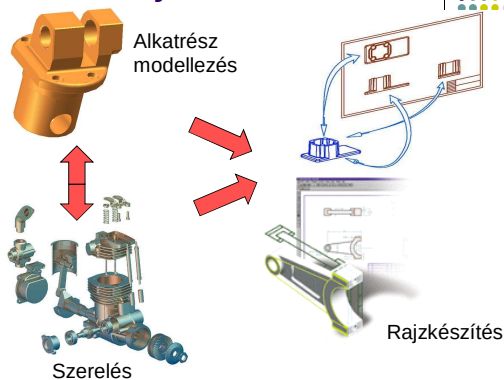


Élő beszéd
Leírás (szöveg)
Szabadkézi vázlat
Műszaki rajz
CAD modell



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 56

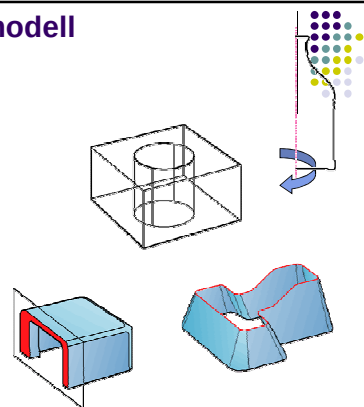
Modellezési folyamat



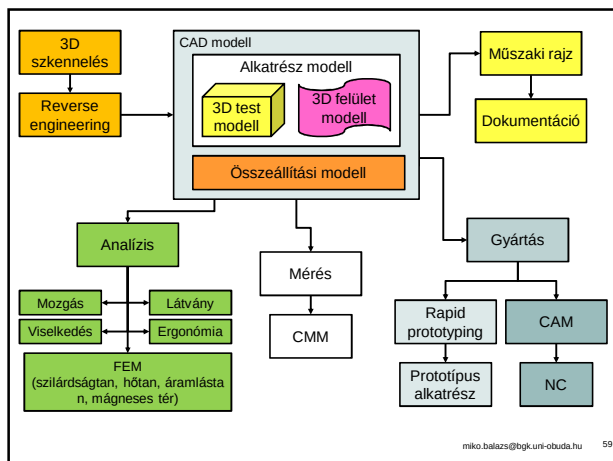
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 57

Számítógépes modell

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



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



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 59

Parametrikus asszociatív testmodellezés

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

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

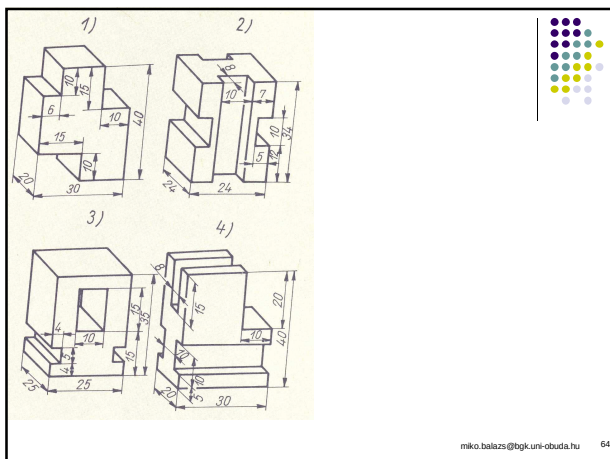
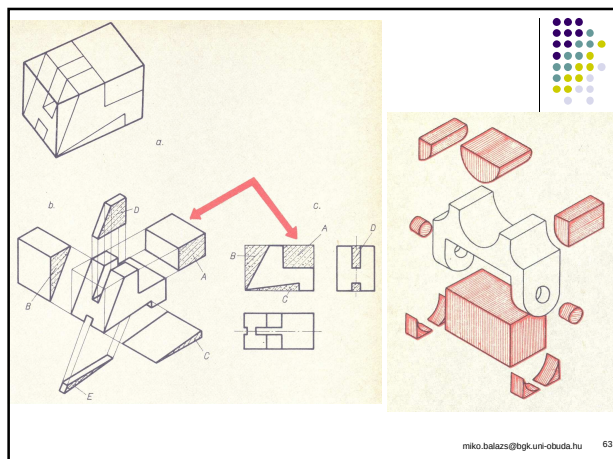
A modell testek összeépítésével hozzuk létre.
Általános hasáb (+/-)
Általános forgástest (+/-)
Él lekerekítés
Furat
Oldalferdeség
Borda
Vékony fal
Mintázat
...

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 60



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 ...

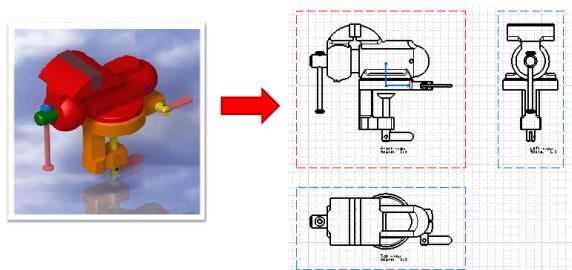


Rajzkészítés

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

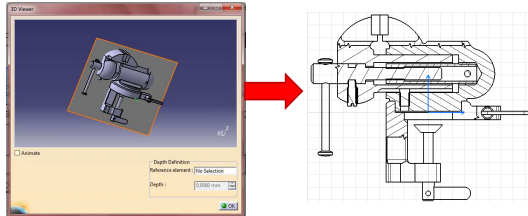
CAD támogatás

- Automatikus nézet generálás



CAD támogatás

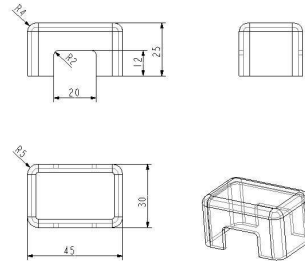
- Automatikus metszet generálás, sraffozás



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

CAD támogatás

- Axonometrikus nézet generálás



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

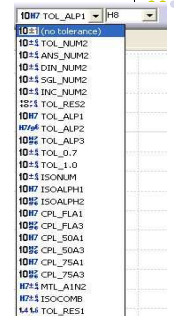
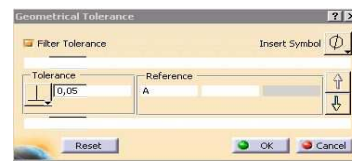
CAD támogatás

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

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 69

CAD támogatás

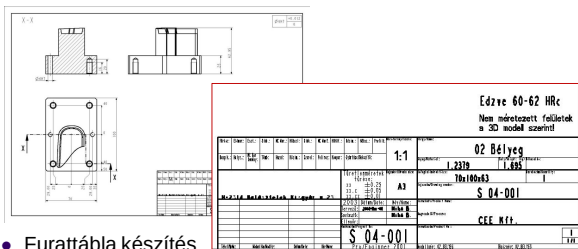
- Tűréskezelés



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 70

CAD támogatás

- Feliratmező kitöltése

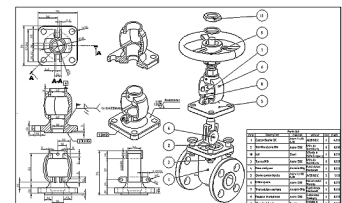


- Furattábla készítés
- Változáskövetés

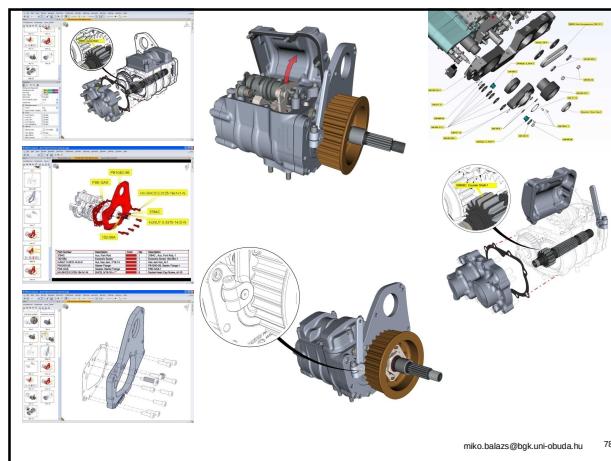
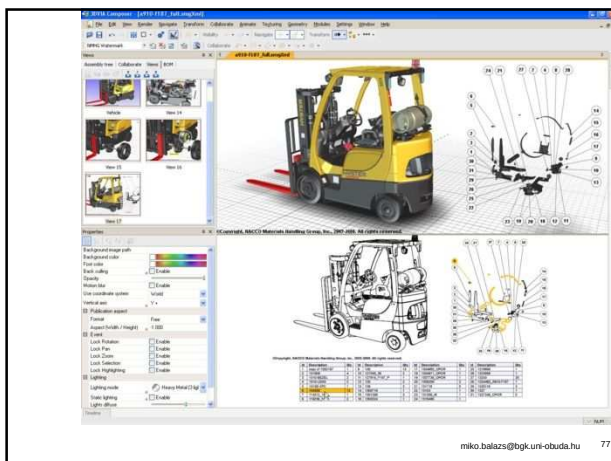
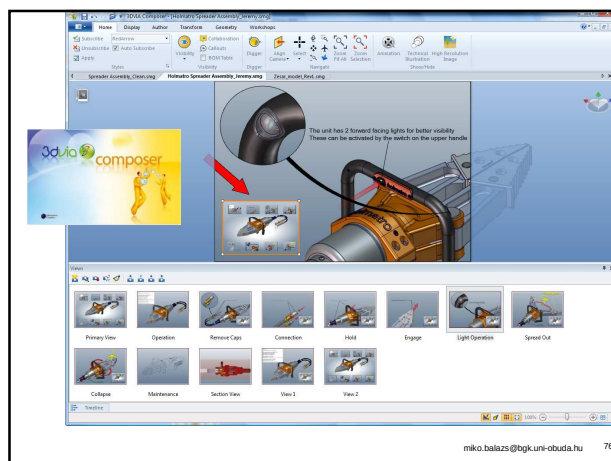
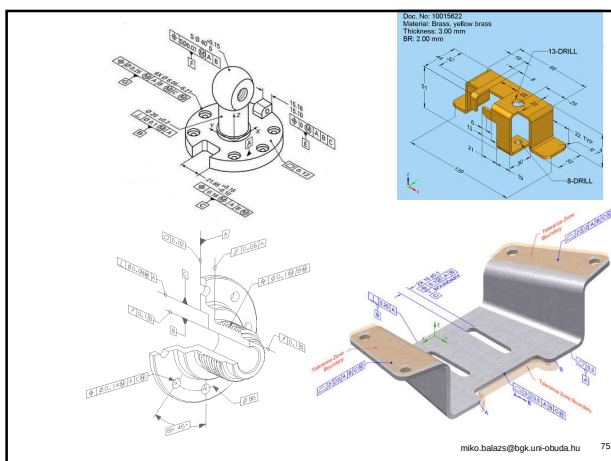
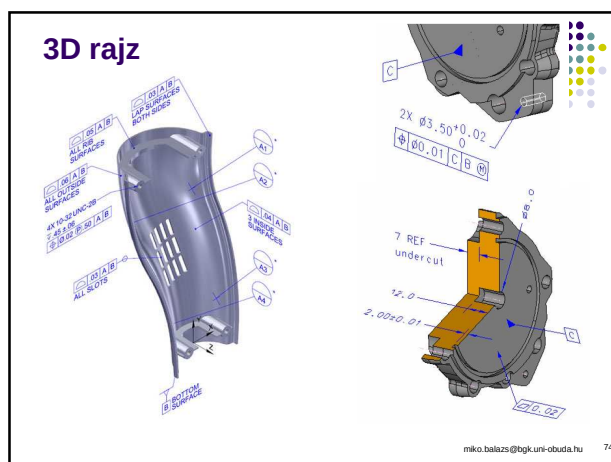
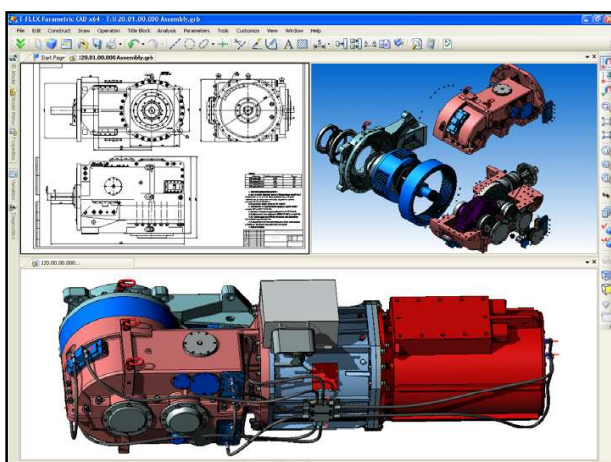
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 71

CAD támogatás

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



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 72



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

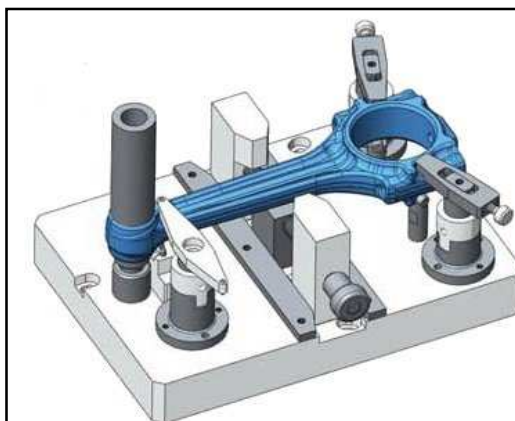


miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu 80

Műveleti sorrend

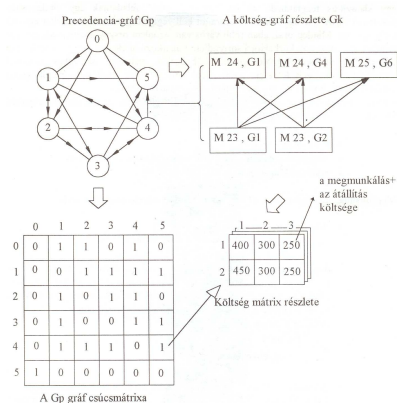
- Előzési feltételek
- Műveletek számának minimalizálása
- Megmunkáló gépek
- Bázisok, készülékek

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



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

A modell elemei



miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu 83

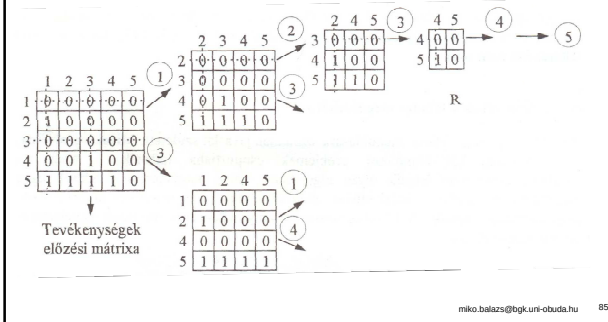
Megoldási módok

Egzaktnak nem oldható meg (NP-teljes probléma)

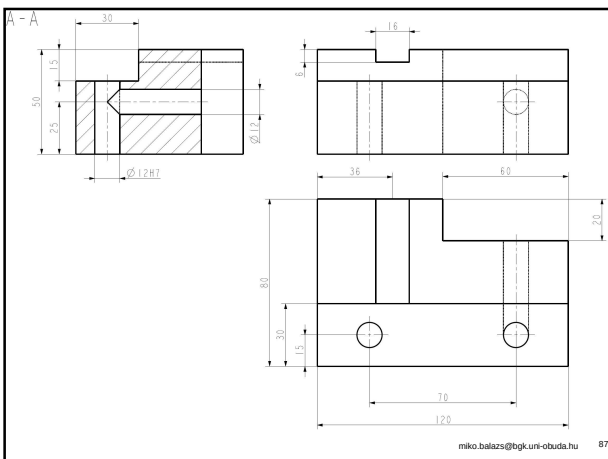
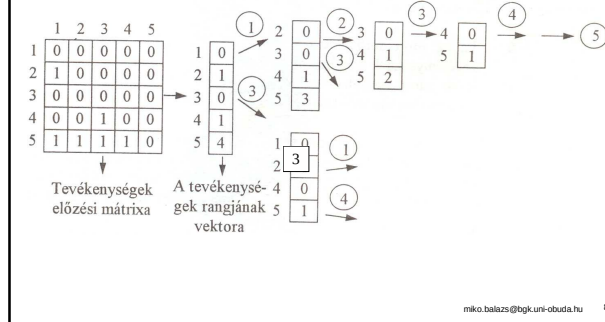
- Teljes leszámolás módszere
- Mátrix redukciós módszer
- Vektoros módszer

miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu 84

Mátrixredukció



Vektoros módszer

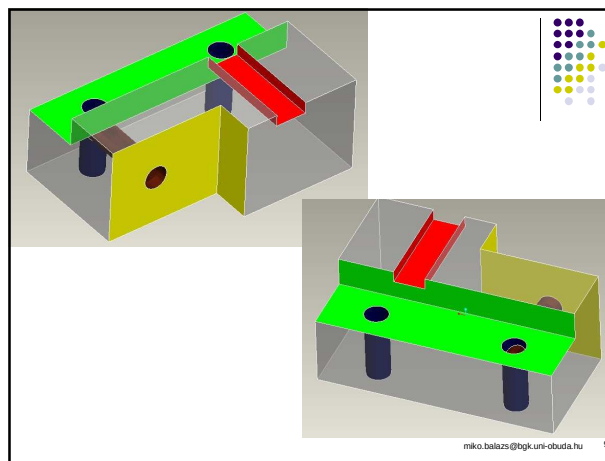
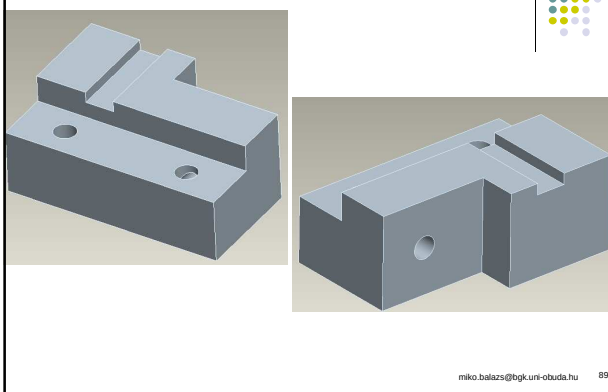


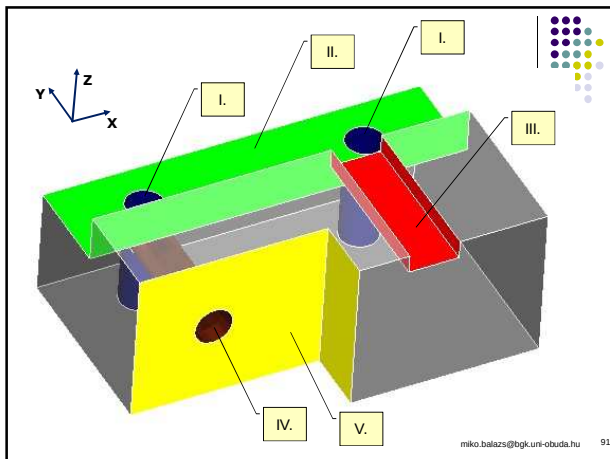
Feladatmegoldás lépései

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

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 88

Példa





Megmunkálási lépések

Megmunkálás lépései

Megmunkálás iránya

Megmunkálási variációk

			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-											

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	Központfúrás	Z+							1	1			
1.2.a	Fúrás Ø11.8	Z+	1										
1.3.a	Dörzsárazás Ø12H7	Z+		1			1						
1.1.b	Központfúrás	Z-											
1.2.b	Fúrás 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.	Központfúrás	Y-											
4.2.	Fúrás Ø12	Y-										1	
5.1.a	Lépcső marás	Y-											
5.1.b	Lépcső marás	X-											

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

- ### Heurisztikus szabályok
- Az előző megmunkálási irányval azonos irányú megmunkálást válasszunk.
 - Ha nincs azonos irányú megmunkálás, olyan megmunkálást válasszunk, amely irányából több megmunkálás végezhető el.
 - Azonos számmal elvégezhető megmunkálást válasszunk.
 - A nagyolás és a simítás különüljön el.
 - Lépcső marásának iránya a kisebbik mélység.
 - Nagyoló marással kezdjük.

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-

5 Csporttechnológia

A hagyományos technológiai tervezés módszerei

- Többfázisú iteratív módszer
- Típus technológiák alkalmazása
- Csporttechnológiák alkalmazása

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 98

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

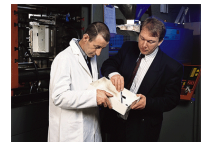
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 99

Többfázisú, iteratív módszer

Egyedi, kis és középsorozat 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

Típus technológiák

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

Lépések:

1. Alkatrész 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

Típus technológiák

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

125054004873
215541025879
158745462040

Típustechnológia
Csoporttechnológia
Eset-alapú tervezés

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

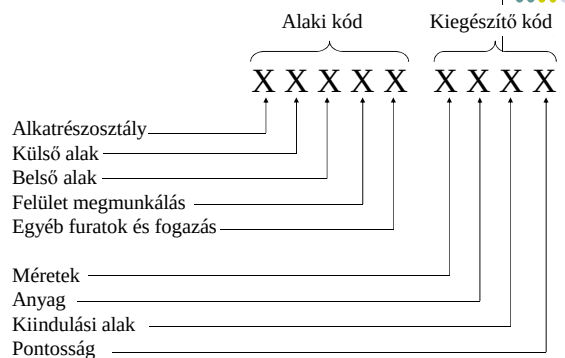
Standard kódrendszerek

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

Szabványos sorozat + opcionális sorozat

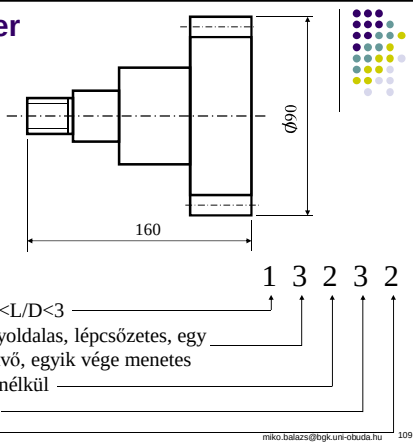
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 107

Opitz rendszer



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

Opitz rendszer

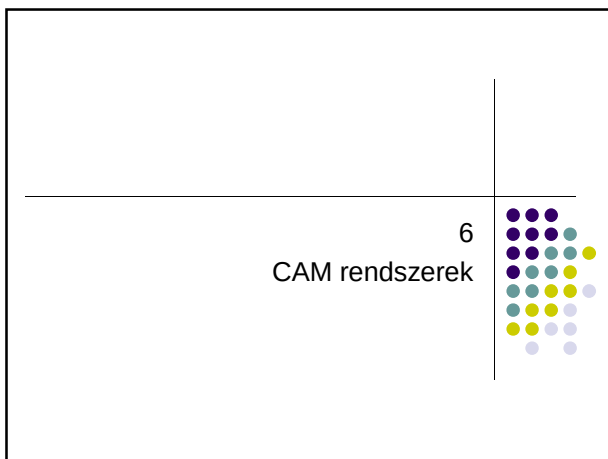
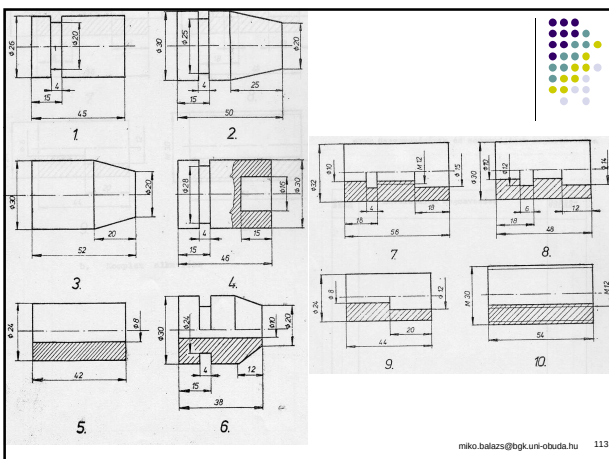
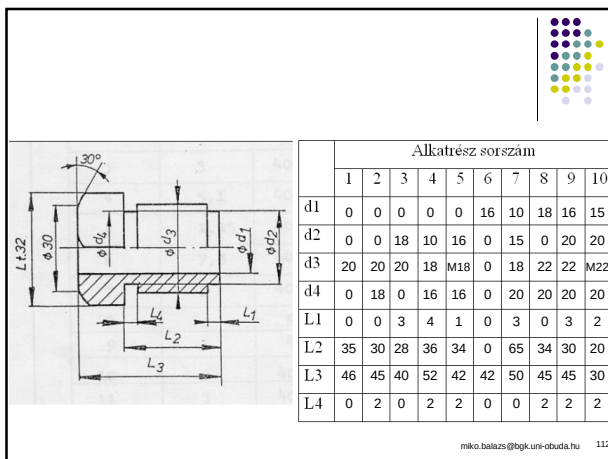
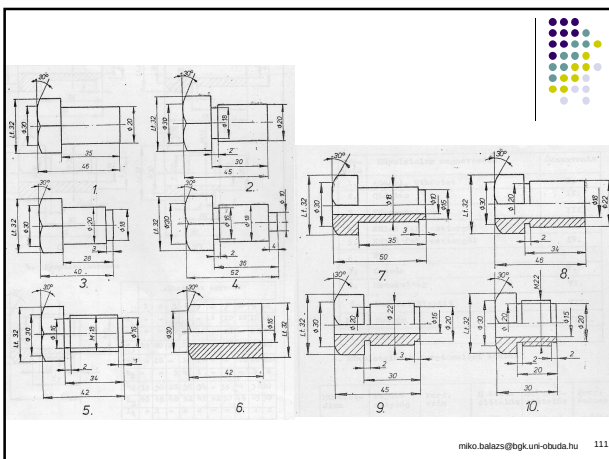


miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 109

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



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



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

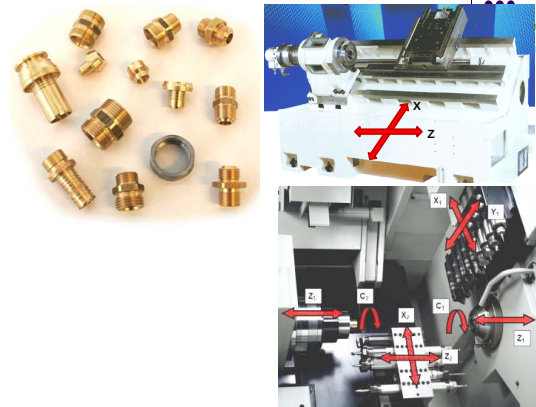
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 119

- 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

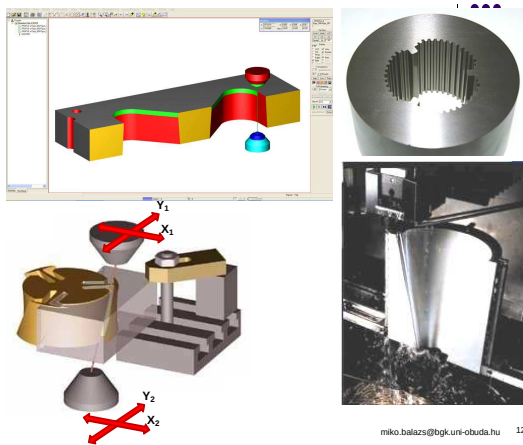
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 120

- 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
 - Soktengelyes szerszámgépek (pl. szerszám köszörű)

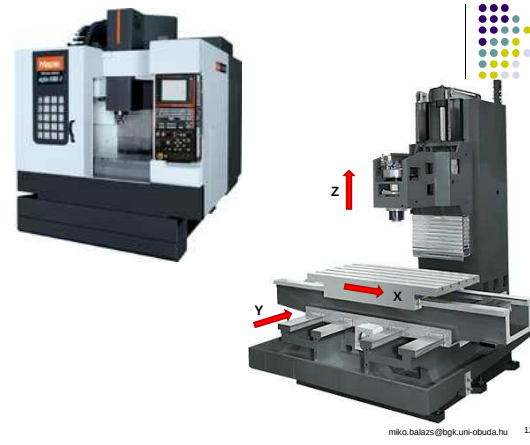
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 121



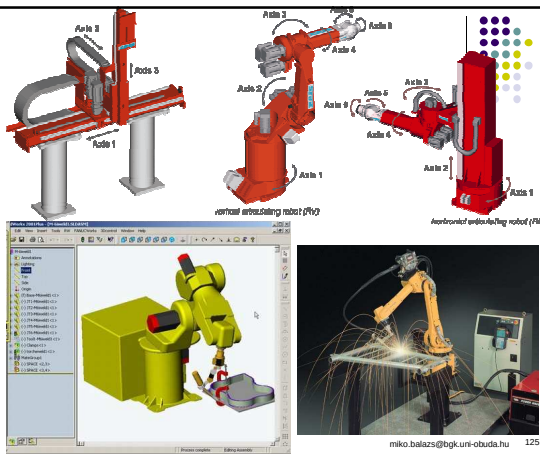
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 122



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 123



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 124

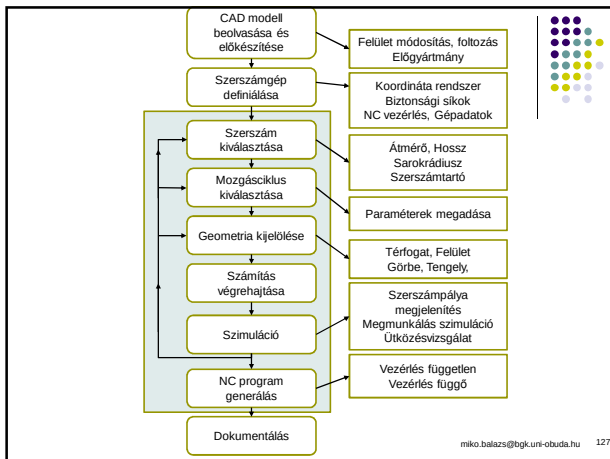


miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 125

CAM munkafolyamat

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

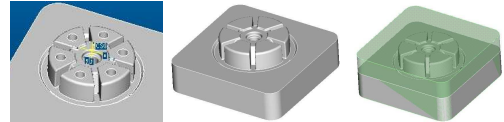
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 126



0. – Technológiai tervezés

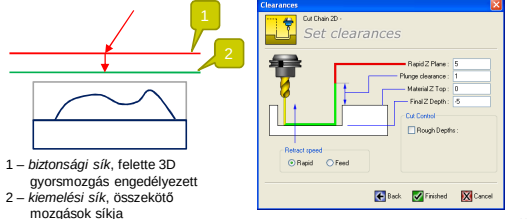
1. – CAD modell beolvasása és előkészítése

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



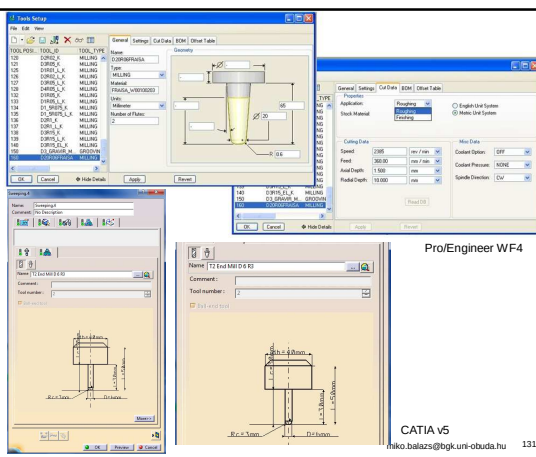
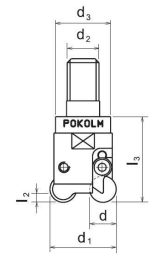
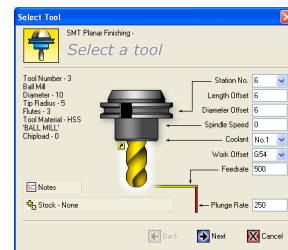
2. – Szerszám gép választás

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



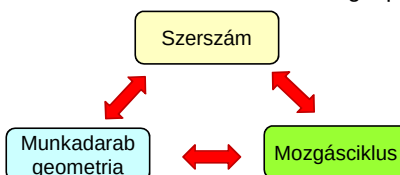
3. – Szerszám kiválasztása, kijelölése

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



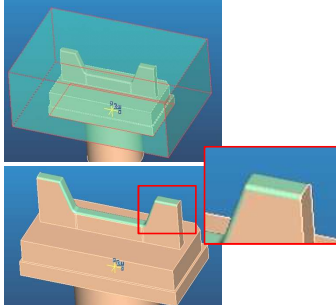
4. – Mozgásciklus választás

- 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

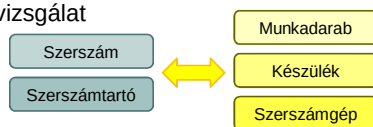
6. – Számítás végrehajtása



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

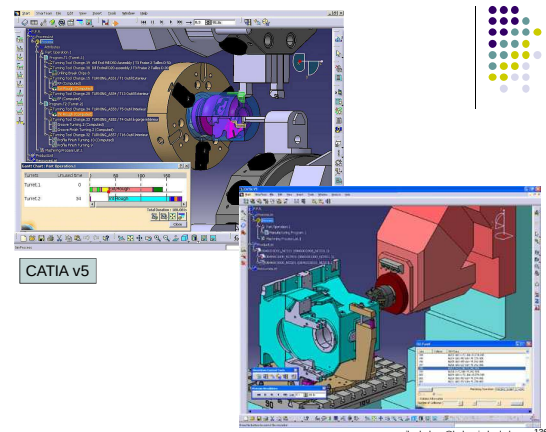
7. – Szimuláció

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

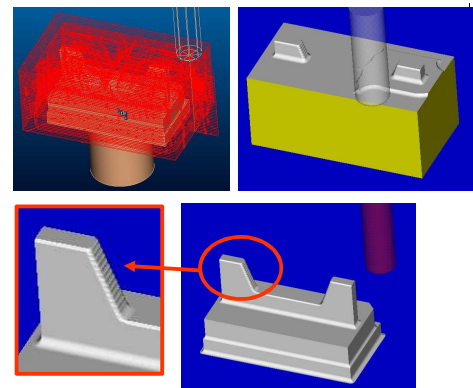
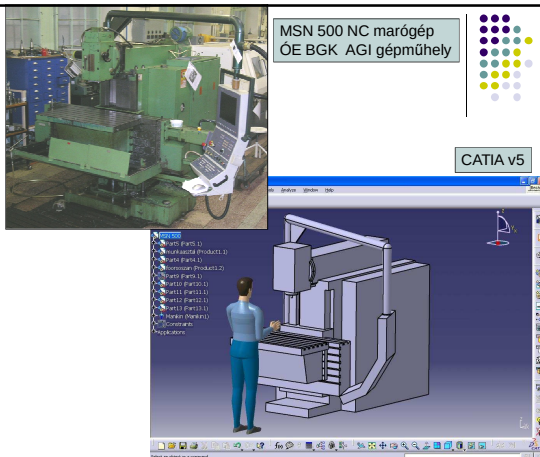


- Egyéb szimulációk
 - Megmunkálási idő
 - Gépteljesítmény

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

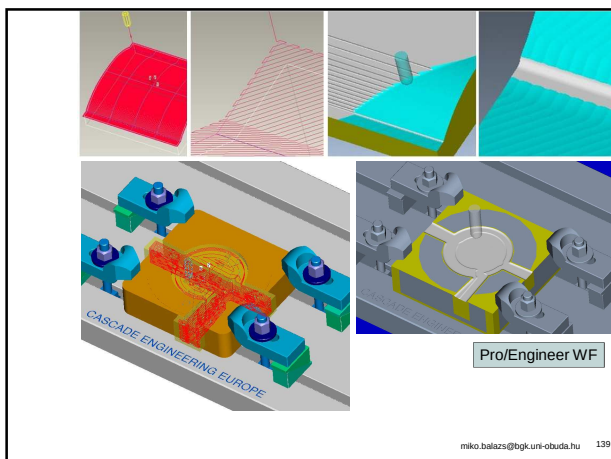


miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 136



Pro/Engineer WF

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 138



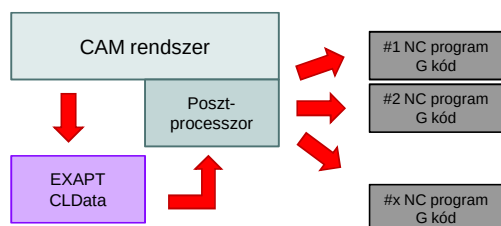
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 139



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 140

8. – NC program generálása

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



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

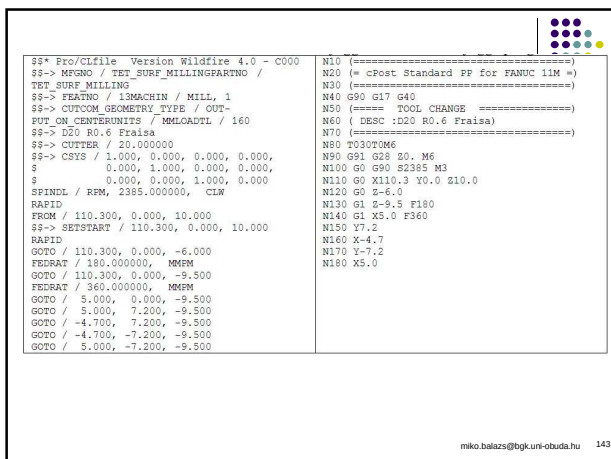
APT

- Automatically Programmed Tool
- Douglas T. Ross, 1959.
- MIT
- Szerszámpálya leírása NC marógépekhez

EXAPT

- Extended APT
- 1964.
- Németország, EU

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



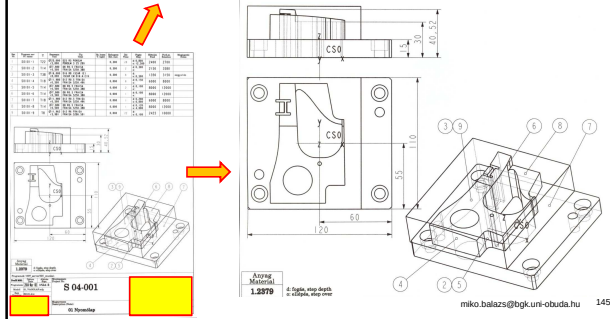
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 143

9. – Dokumentálás

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

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

Seq. No.	Program name	T	Barream Tool	Tip Type	Dr. holes T height	Barream Run. time	Idle Time	Feeds (mm)	Spindle Speed	Feed rate	Spindle Speed	Magazine No.
1	S0101-1	T22	Ø25.000 r3.000 POKOLW 3 23 200	Ø25 R5 POKOLW	0.300	28	4:0.800 a:12.500	2400	2700			
2	S0101-2	T14	Ø7.980 r0.500 FRAISA 5250.388	Ø8 R0.5 FRAISA	0.300	2	4:0.300 a:	2150	3580			
3	S0101-3	T38	Ø16.000 r8.000 ISCAR CM D18-A-C16	Ø16 R8 ISCAR C1	0.300	8	4:0.500 a:	1350	3150	nagyolás		
4	S0101-4	T18	Ø11.580 r0.500 FRAISA 5250.456	Ø12 R0.5 FRAISA	0.000	8	4:0.150 a:	6000	8000			
5	S0101-5	T14	Ø7.980 r0.500 FRAISA 5250.388	Ø8 R0.5 FRAISA	0.000	2	4:0.100 a:	8000	12000			



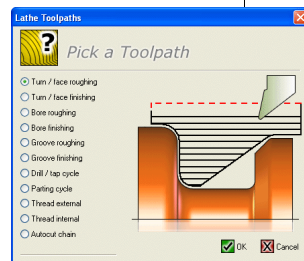
Esztergálás CAM rendszerekben

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

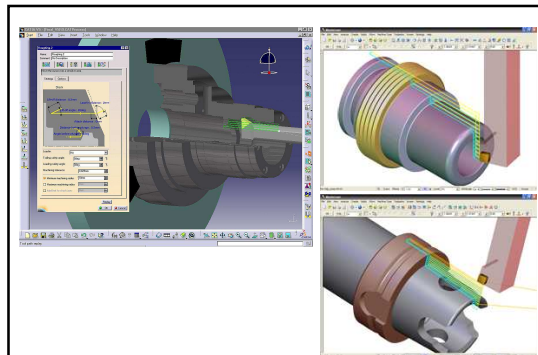
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 146

Esztergálás CAM rendszerekben

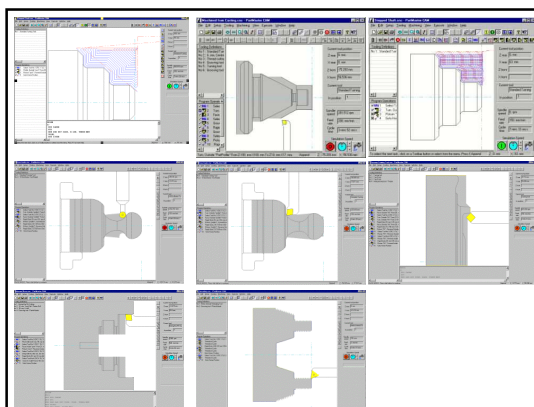
- Mozgásciklusok
 - Kontúr nagyolás
 - Hosszesztergálás
 - Keresztesztergálás
 - Kontúrsimítás
 - Furatesztergálás
 - Beszúrás
 - Alászúrás
 - Leszúrás
 - Menetesztergálás
 - Fúróciklusok



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



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



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 149

2.5D-s marási stratégiák

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

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 150

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

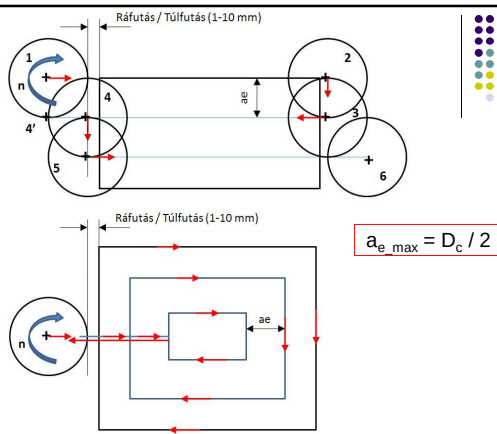


Adott irányú megmunkálás (pásztázás)

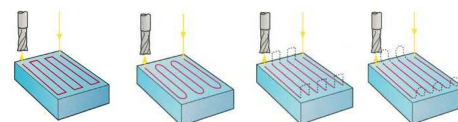


Kontúrkövető megmunkálás

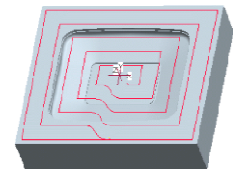
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 152



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 153



- 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 + Kontúrsmítás
 - Kontúrsmítás + Nagyolás
 - Nagyolás + Kontúrsmítás szintenként
 - Nagyolás + Kontúrsmítás kisebb fogásmélységgel
 - Kontúrsmítás
- 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

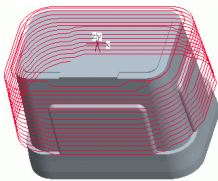
$D_c = 20 \text{ mm}$
 $n = 3200 \text{ 1/min}$
 $v_f = 800 \text{ mm/min}$

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

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

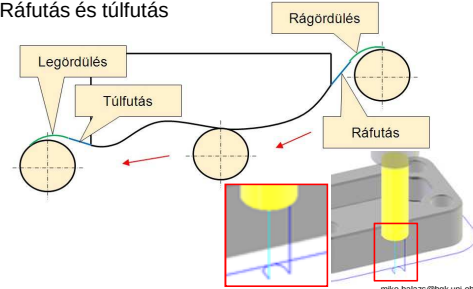
Teraszoló kontúrsimítás

- 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

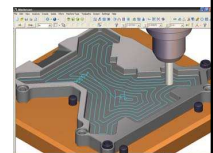
Roughing: Material: Prehardened steel Tool: CoroMill Plura 215.26/1010 $a_{p/ae} \text{ mm} \dots 180.5$ $n \text{ rpm} \dots 7000$ $v_c \text{ m/min} \dots 220$ $v_f \text{ mm/min} \dots 4200$	
Semi-finishing: Material: Same set-up Tool: CoroMill Plura 216.42/1010 $a_{p/ae} \text{ mm} \dots 0.5/0.5$ $n \text{ rpm} \dots 6500$ $v_c \text{ m/min} \dots 200$ $v_f \text{ mm/min} \dots 1600$	
Finishing: Material: Still the same set-up Tool: CoroMill Plura 216.42/1010 and CoroGrip Precision Power Chuck $a_{p/ae} \text{ mm} \dots 0.25/0.25$ $n \text{ rpm} \dots 13000$ $v_c \text{ m/min} \dots 400$ $v_f \text{ mm/min} \dots 3300$	

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

Zsebmárás

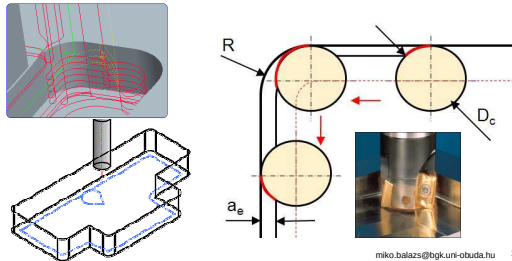
- Általában simítás
- Sarokrádiuszos marószerszám
- Oldalfal kontúrkövetése és / vagy fenék síkmarása



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 162

- Belső sarkok esetén

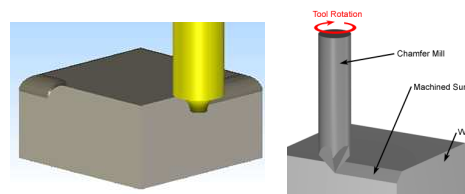
- $D_c < 2R$
- A rádiusz mentén nő a forgács hossz, nő a szerszám terhelés
- Előtolási sebességet (v_f) érdemes csökkenteni



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

Sarokmarás

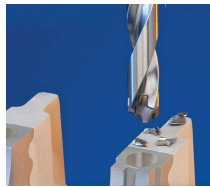
- Síkgörbe mentén letörés vagy lekerekítés készítése alakos maróval
- Kijelölt geometriai elem: xy síkban lévő élék



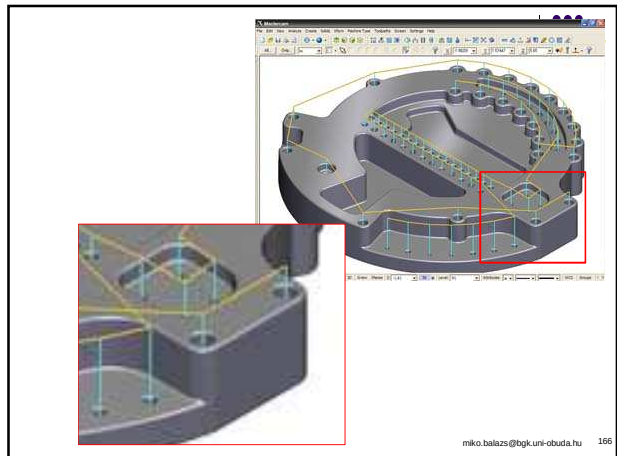
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 164

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

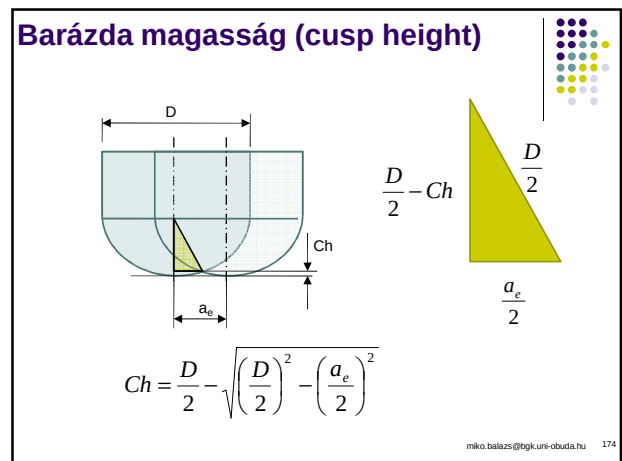
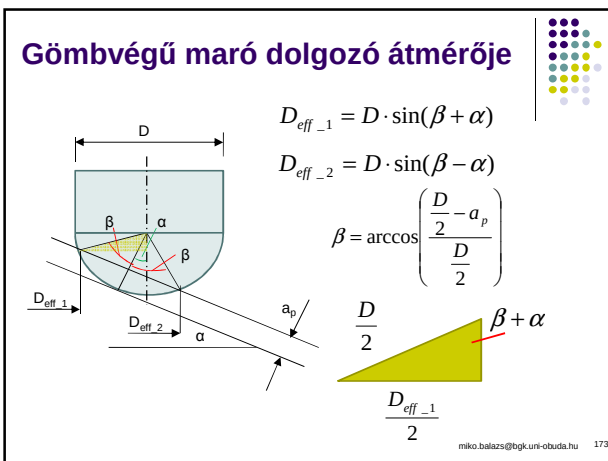
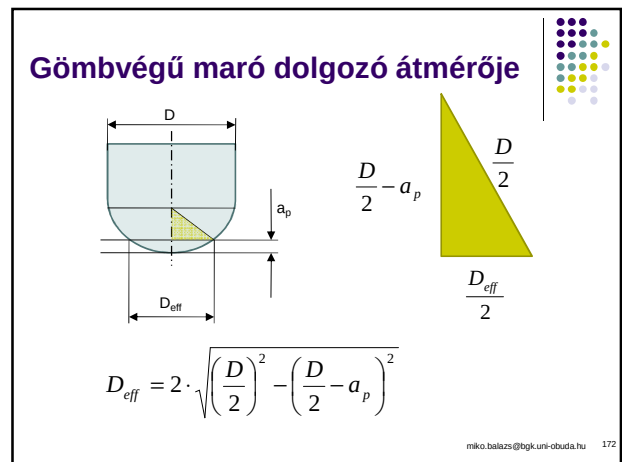
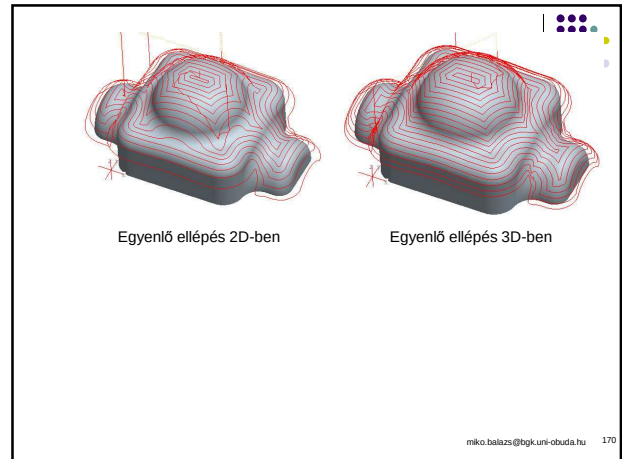
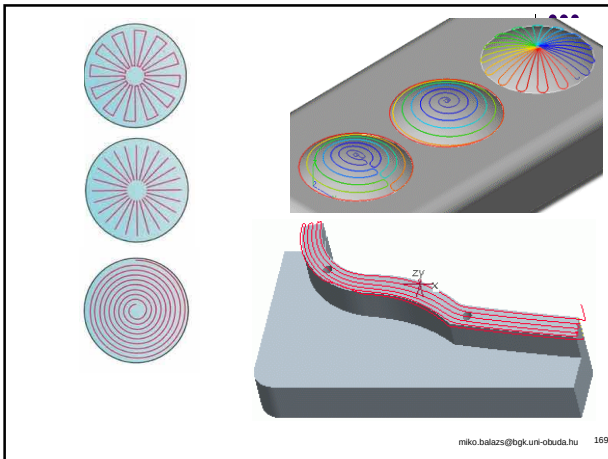
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 167

3D felület simítás

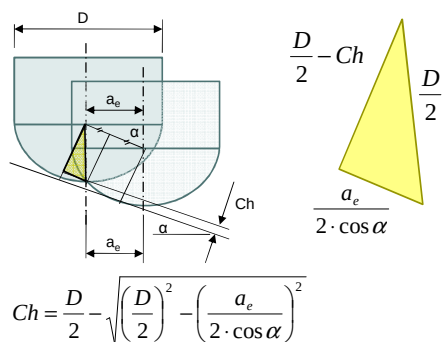
- Szerszám: gömbvégű maró
- 45°-nál laposabb felületek simítása
- Megmunkálás iránya:
 - Adott irányban xy síkban
 - Kontúrkövetés
 - Paraméter vonal követés
 - Vetített trajektória
 - Sugár irányú
 - Spirál



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



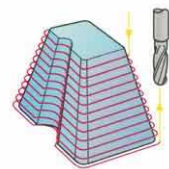
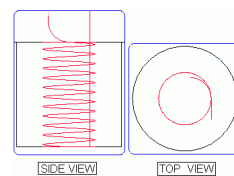
Barázda magasság (cusp height)



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

3D helikális simítás

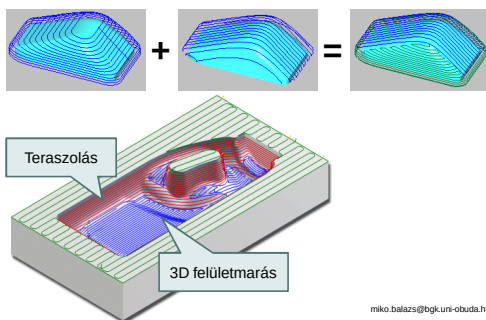
- Szerszám: sarokrádiuszos vagy gömbvégű maró
- 45°-nál meredekebb felületek simítása
- A kontúrkövetéssel párhuzamosan folyamatos Z irányú süllyedés
- Nincs fogásvétel
- Folyamatos forgácsolás



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

Kombinált simítás

- Felületek automatikus szétválasztása



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

Gravírozás

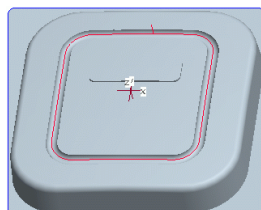
- Gravírozó szerszám
- Fogásmélység: 0.05 – 0.15 mm
- Sík vagy térgörbe kijelölése
- CAD rendszerben elegendő a görbe elkészítése



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

Trajektória marás

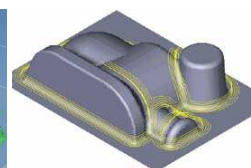
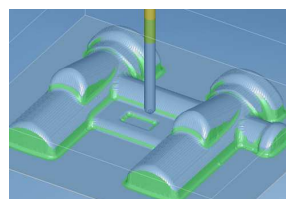
- Adott térgörbe mentén vezetjük végig a szerszámot
- Horonymarási feladat
- T horony marás



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

Maradékanyag megmunkálás

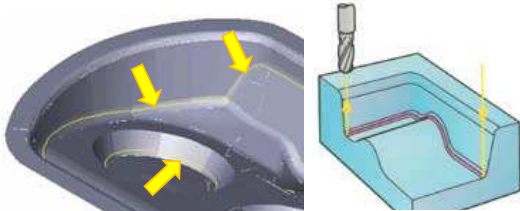
- Az előző megmunkálás során nem megmunkálható geometria újra munkálása
- Teraszoló marás vagy felület simítás



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

Térbeli sarokmarás

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

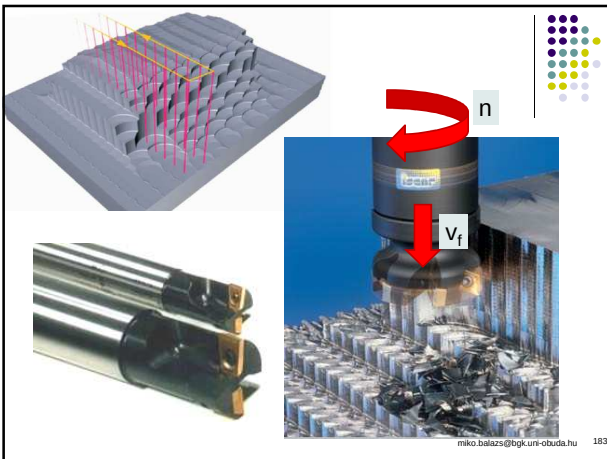


miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 181

Különleges mozgásciklusok

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

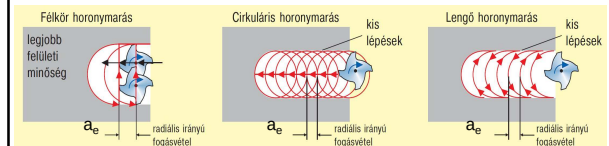
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 182



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 183

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

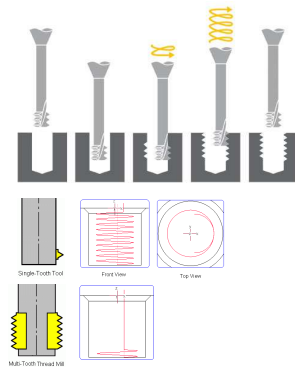


Vídeo - Seco

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

Különleges mozgásciklusok

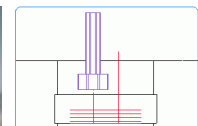
- Menet marás



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

Különleges mozgásciklusok

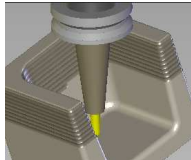
- Alámetszések marása
- Szerszám szár csökkentett átmérővel



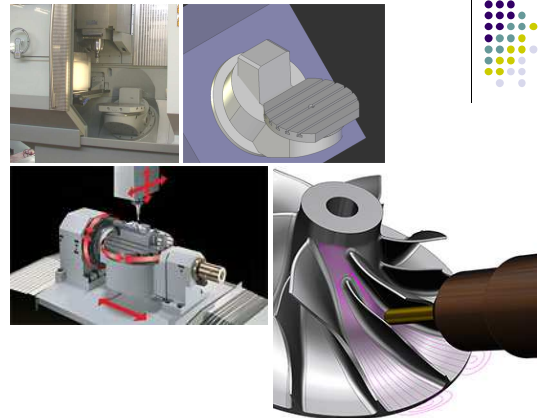
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 186

5D-s marás

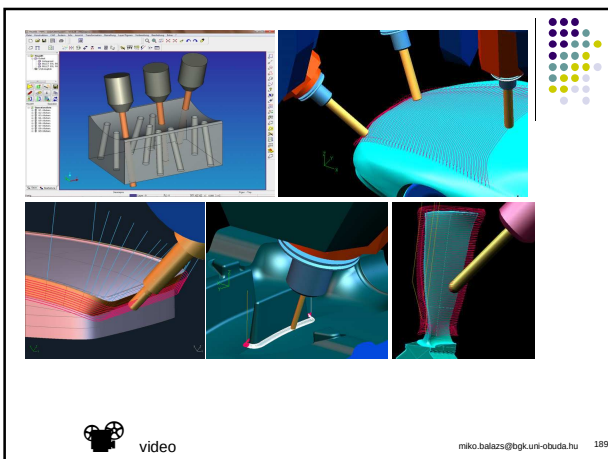
- 3 lineáris elmozdulás + 2 forgó
- Adott pontban különböző szerszámorientáció állítható be ($D_{eff} = \text{Const.}$)
- Térbeli furatok fúrása
- Alámetszett felületek marása
- Rövidebb szerszámkinyúlás
- Kevesebb felfogás
- Drága gép
- CAM rendszer, programozás
- Ütközésvizsgálat



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



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

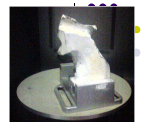
A **Reverse Engineering** két fő lépése:

- 3D szkennelés,
- Szkennelési eredmény feldolgozása.

Műveleti sorrendje:

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

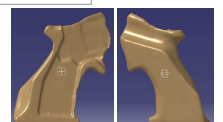
Alkatrész



Pontfelhő



3D CAD modell

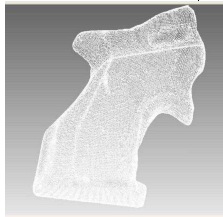


miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 192

3D szkennelés



A digitalizálni kívánt fegyvermarkolat készülékbe fogva a szkennert asztalán.



Szkennert által készített pontfelhő.

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

3D szkennelés

- **Pontfelhő** a szkennert 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:

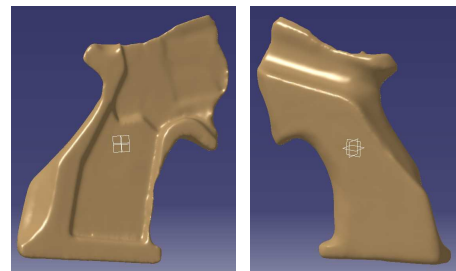
- Egylépcsős → pontfelhő exportálása CAD rendszerbe,
- Többlépcsős → szkennert saját szoftverével készült el a felületmodell

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.

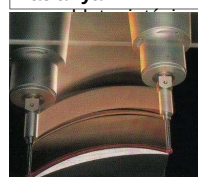
Hátrányai: lassú (kevés pont/perc)



Analóg (merev tapintós) fejek

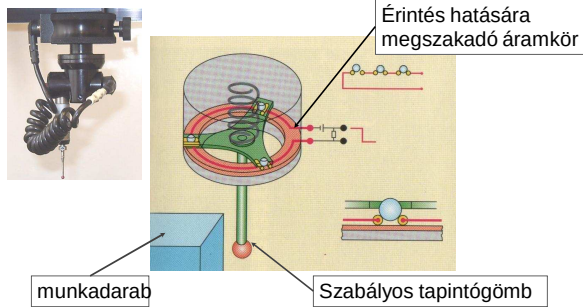
Előnyei: pontos; gyors (sok pont/perc); nagy sűrűségű letapogatás.

Hátrányai:



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

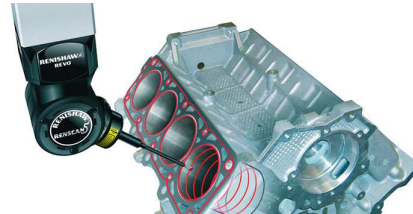
Kapcsoló tapintófej elve



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



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

Nem-kontakt eljárások

- Nincs erőhatás
- Puha anyagokhoz is használható

Lézer fényrel működő letapogató fejek

- Előnyei:** gyors;
- Hátrányai:** korlátozott mélységek;
- reflexiós problémák; fényes felületekhez nem használható
 - kötött lépéstávolság;
 - függőleges és alámetszett felületekhez nem/
 - korlátozottan használható;



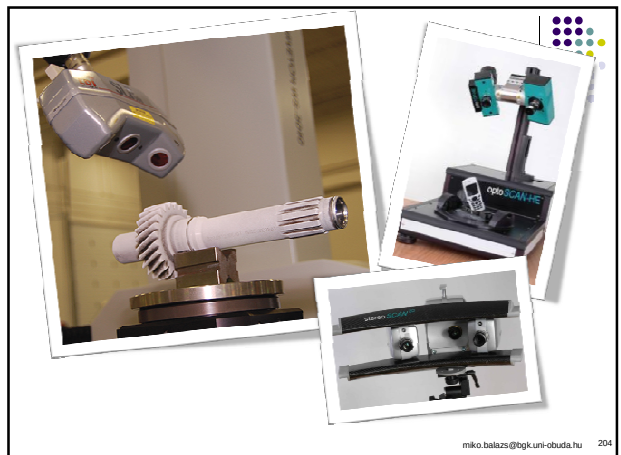
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 202

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



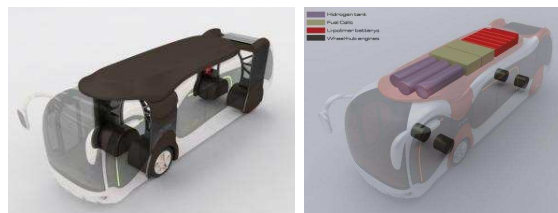
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 204

E-Bone Vázlat



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

Részletes tervezés Műszaki tartalom



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

Formatervezés

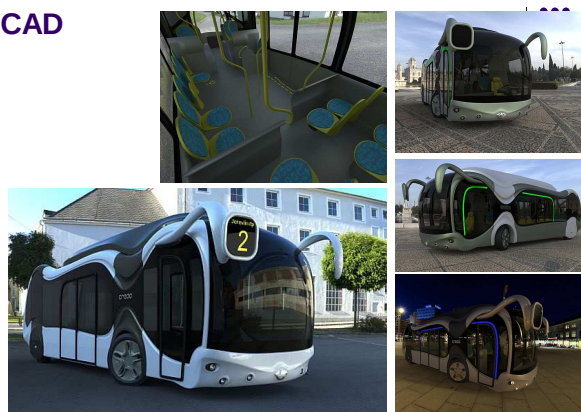


miko.balazs@btk.uni-obuda.hu 207



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

CAD

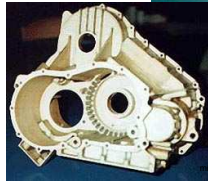


miko.balazs@btk.uni-obuda.hu 209

8
Gyors prototípus gyártás

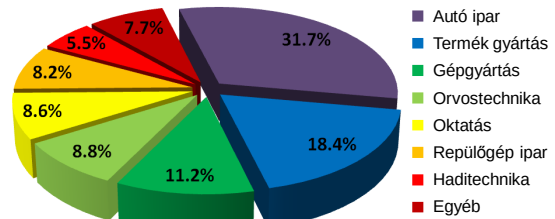
Gyors prototípus célja

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



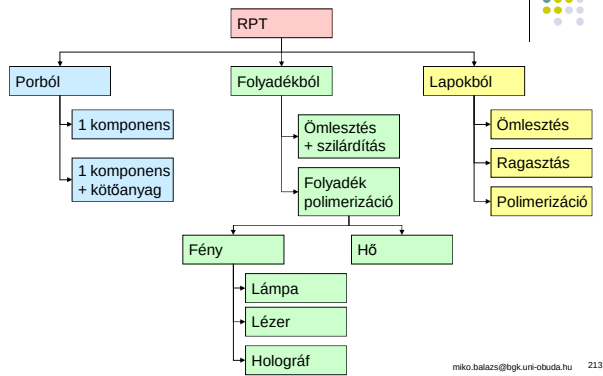
miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu 211

Alkalmazási területek



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

Csoportosítás anyagok szerint



miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu 213

Pontosság

- IT 13-16
- Ra 1,6 – 25

Megmunkálási módok, technológiák		Elérhető pontosság										Értékesítés R _a µm									
		IT minőség										Értékesítés R _a µm									
Lézerrel készült	Optikai	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
	Villás	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
	Plasztikus	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
	Plasztikus	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
	Plasztikus	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
	Plasztikus	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
	Plasztikus	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
	Plasztikus	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
	Plasztikus	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
	Plasztikus	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3

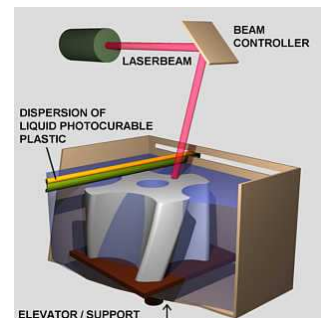
miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu 214

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@bgi.uni-obuda.hu 215

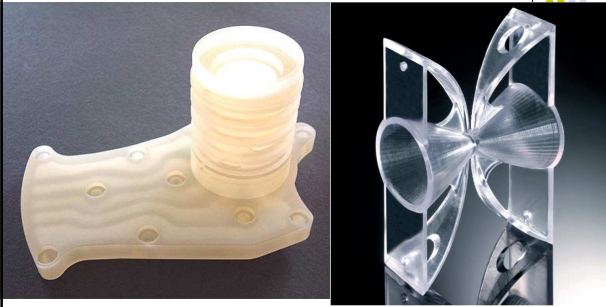
SLA - Sztereolitográfia



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

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

SLA



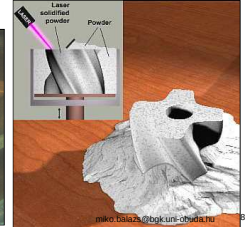
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 217

SLS – Szelektív lézer-szinterezés



SinterStation2500

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



SLS



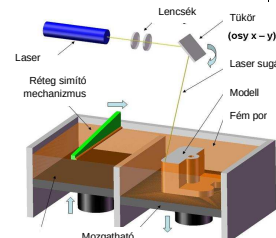
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 19

DMLS – Közvetlen fém lézer-szinterezés

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

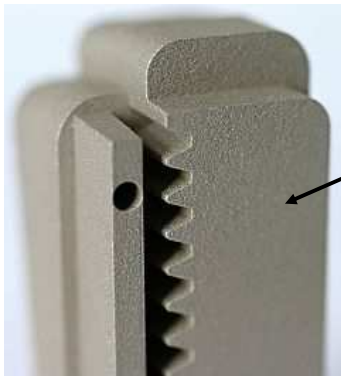


EOSINT M270



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 220

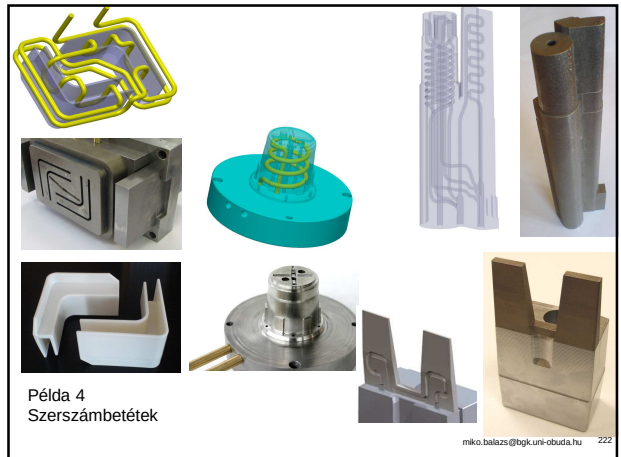
DMLS



Példa 2
Szerszámbetét
Anyag: EOS DM20 - Bronz

Porózus felület

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



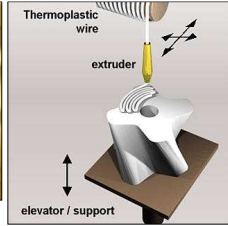
Példa 4
Szerszámbetétek

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

FDM – Huzalleolvasztásos modellezés



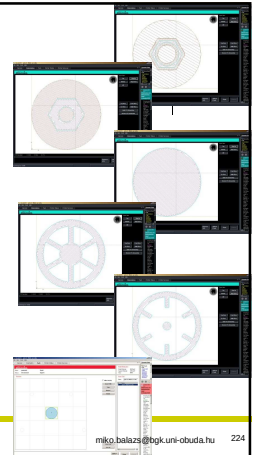
Dimension BST 768
dimension catalyst



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

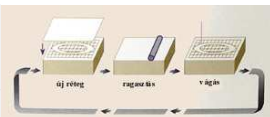
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 223

FDM - Példák

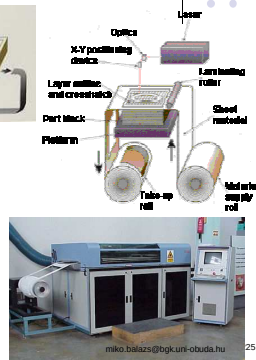


miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 224

LOM – Rétegelt darabgyártás

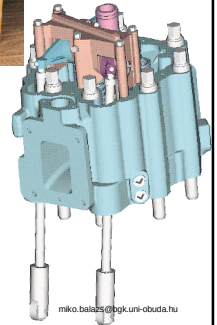
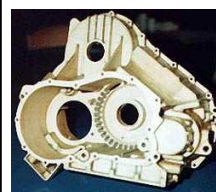


- Lézerrel kivágva és összeragasztva
- Speciális papír (0,1 mm)
- Csiszolható, festhető
- Zárt üreg problémás



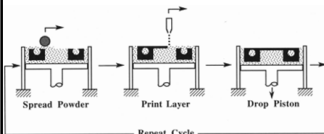
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 25

LOM



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

3DP – 3D-s nyomtatás

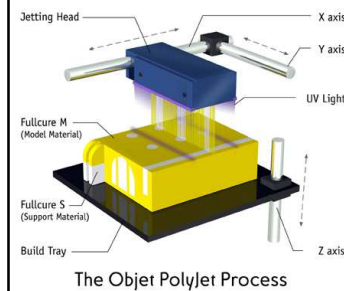


- Por + kötőanyag
- Kötőanyag színezhető
- Utólag keményíteni kell (hőkezelés)



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

PolyJet

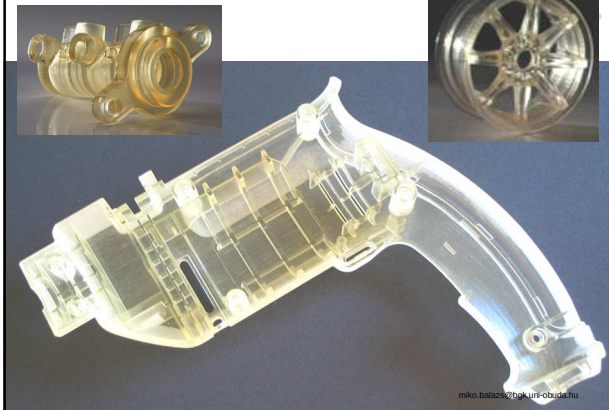


- Tintasugaras nyomtató elve
- Közvetlenül a polimert nyomtatja
- 2 komponens is lehetséges
- Rétegvastagság 0.02 mm !!!
- Polimer + UV

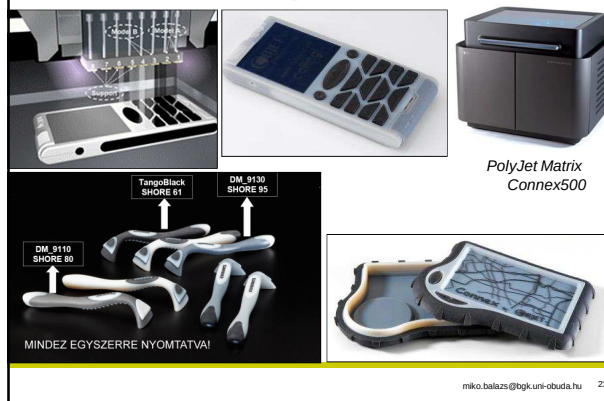


miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 228

PolyJet



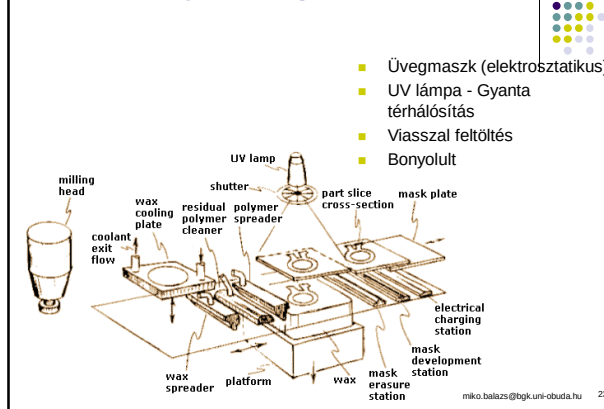
PolyJet – két komponens



PolyJet - példák



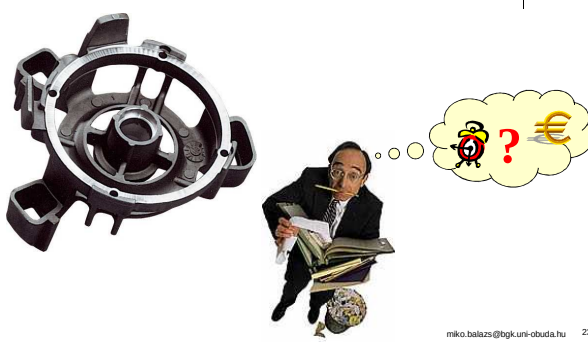
SGC – Réteges fotopolimerizáció



9
Költségbecslési módszerek

Az idő- és költségbecslés feladata

Meghatározni a gyártás várható időszükségletét és költség igényét.



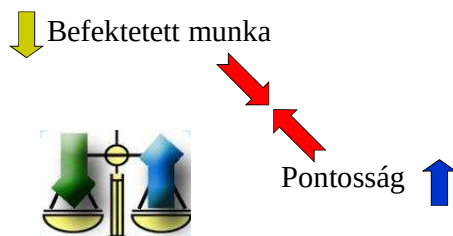
A költségbecslés szerepe

- 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@bgk.uni-obuda.hu 239

Analóg módszer

Összehasonlítás korábbi termékekkel

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

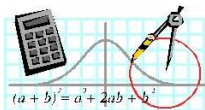


Parametrikus módszer



- Egyszerű függvénykapcsolat a néhány termék-paraméter és a költség között
- Általában tömeg vagy befoglaló méret

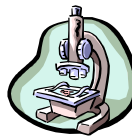
- Egyszerű
- Gyors
- Csak durva becslésre



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

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



2

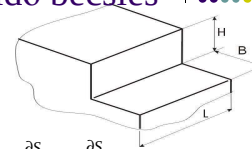
Költségbecslési módszerek

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

$$S = \sum_{i=1}^n (t_i - C \cdot L_i^{x_L} \cdot B_i^{x_B} \cdot H_i^{x_H})^2 \rightarrow \min \frac{\partial S}{\partial C} = 0 \quad \frac{\partial S}{\partial x_L} = 0 \quad \frac{\partial S}{\partial x_B} = 0 \quad \frac{\partial S}{\partial x_H} = 0$$

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

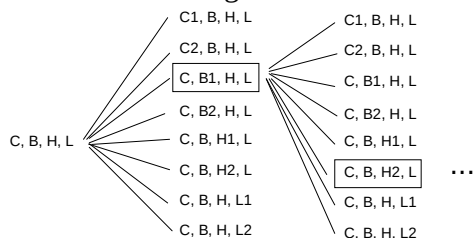
$$\frac{\partial S}{\partial x_L} = 2 \cdot \sum_{i=1}^n (-t_i \cdot C \cdot L_i^{x_L} \cdot B_i^{x_B} \cdot H_i^{x_H} \cdot \ln L_i + C^2 \cdot L_i^{2x_L} \cdot B_i^{2x_B} \cdot H_i^{2x_H} \cdot \ln L_i) = 0$$

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

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

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

Numerikus kereső algoritmus



Változás

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

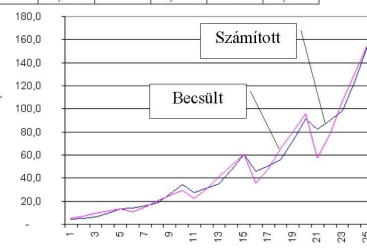
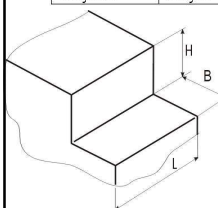
Hiba

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

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

Eredmények

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

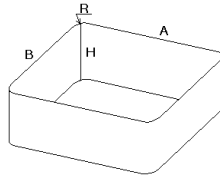


miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 246

Zseb nagyoló marása



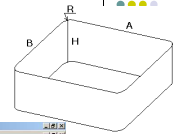
A – Hossz
B – Szélesség
H – Mélység
R - Rádiusz



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

Adatbázis

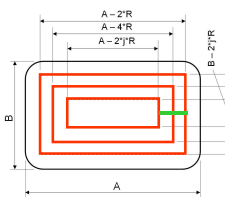
2028 eset:
A: 40, 50, 60, 80, 100, 150, 200, 250,
B: 40, 50, 60, 80, 100, 150, 200, 250, 300, 400
R: 4, 5, 6, 8, 10, 12,5
H: 1, 3, 5, 10, 15, 20



AT2	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
13	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
14	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
15	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
16	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
17	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
18	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
19	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
20	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
21	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
22	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
23	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q

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

Szerszámút hossza



$$\begin{aligned} L_1 &= 2 \cdot [(A-D) + (B-D)] = 2 \cdot A + 2 \cdot B - 4 \cdot D \\ L_2 &= 2 \cdot [(A-2 \cdot D) + (B-2 \cdot D)] = 2 \cdot A + 2 \cdot B - 8 \cdot D \\ L_3 &= 2 \cdot [(A-3 \cdot D) + (B-3 \cdot D)] = 2 \cdot A + 2 \cdot B - 12 \cdot D \\ L_4 &= 2 \cdot [(A-J \cdot D) + (B-J \cdot D)] = 2 \cdot A + 2 \cdot B - 4 \cdot J \cdot D \end{aligned}$$

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

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

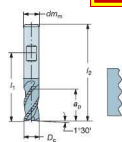
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 250

Szerszám

Roughing end mill
Kordell
Hardness <28HRC



Helix angle: -30°, -40°
Tolerances: D_L : h12
 df_{min} : h6

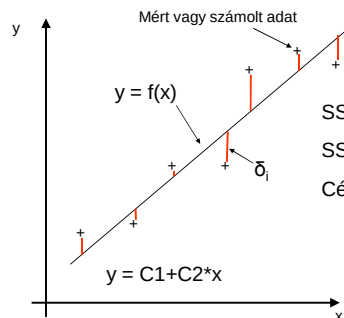


SANDVIK
Coromant

D_L mm	Ordering code	Front type, f_2	Dimensions, mm					Helix ϕ_h mm ϕ_h Max. ϕ_h	
	Welded		df_{min}	A	f	f ₂			
6	R216.33-06030-BS07K	3	6	36	54	35.50	7.0	0	0
8	R216.33-08030-BS09K	3	8	40	58	45.00	9.0	0	0
10	R216.33-10030-BS11K	3	10	46	66	56.00	11.0	0	0
12	R216.33-12030-BS12K	3	12	50.5	73	71.00	12.0	0	0
14	R216.33-14030-BS14K	3	14	52.5	75	80.00	14.0	0	0
16	R216.33-16030-BS16K	3	16	58	82	90.00	16.0	0	0
20	R216.33-20030-BS20K	3	20	67	92	112.00	20.0	0	0

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

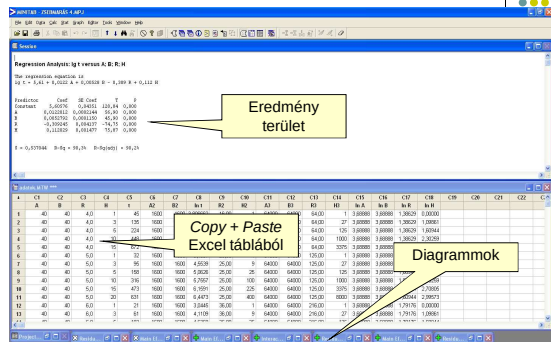
Regresszió



$SS = \sum \delta_i^2$
 SS : Négyzetösszeg
Cél: $SS \Rightarrow \text{MIN}$

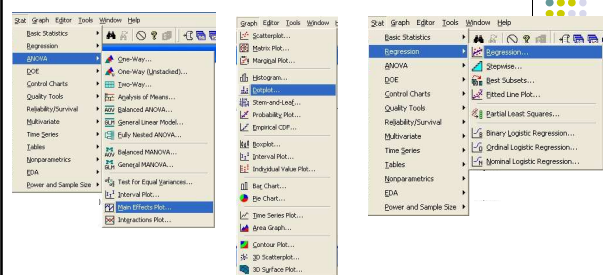
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 252

MiniTab v14



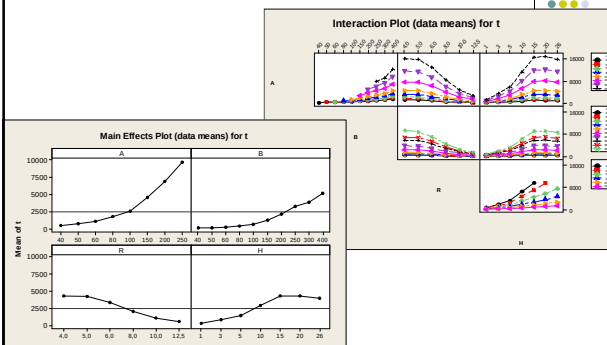
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 253

MiniTab v14



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

Main effects plot – Interaction plot



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 255

#1 regresszió - lineáris

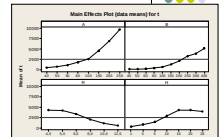
Regression Analysis: t versus A; B; R; H

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%



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

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

SS – Sum of squares

95 felett kell lennie

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 256

#2 regresszió – négyzetes tagokkal

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

The regression equation is

$$t = 4063,3 + 20,2 A - 4,54 B + 0,0651 A^2 + 0,0264 B^2 - 1479 R + 56,2 R^2 + 407 H - 7,82 H^2$$

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	1,192	-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

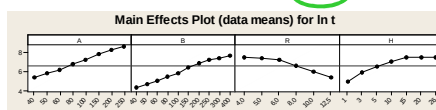
Regression Analysis: ln t versus A; B; R; H

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%



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

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

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	4,19634	0,06458	64,98	0,000
A	0,0293707	0,0004983	58,95	0,000
A ²	-0,00006627	0,00000180	-36,72	0,000
B	0,0112452	0,0002494	45,09	0,000
B ²	-0,00001339	0,00000053	-25,39	0,000
R	-0,42985	0,01493	-28,78	0,000
R ²	0,0078993	0,0008854	8,92	0,000
H	0,263908	0,002827	93,35	0,000
H ²	-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
A ²	-0,00023405	0,00000853	-27,45	0,000
A ³	0,00000041	0,00000002	20,33	0,000
B	0,0186978	0,0005849	31,97	0,000
B ²	-0,00005195	0,00000288	-18,03	0,000
B ³	0,00000006	0,00000000	13,58	0,000
R	-0,36744	0,05263	-6,98	0,000
R ²	-0,000164	0,006683	-0,02	0,980
R ³	0,0003187	0,0002661	1,2	0,231
H	0,464229	0,004944	93,90	0,000
H ²	-0,0252801	0,0004462	-56,65	0,000
H ³	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

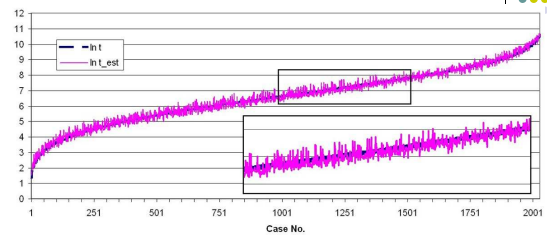
The regression equation is

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

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



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

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

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

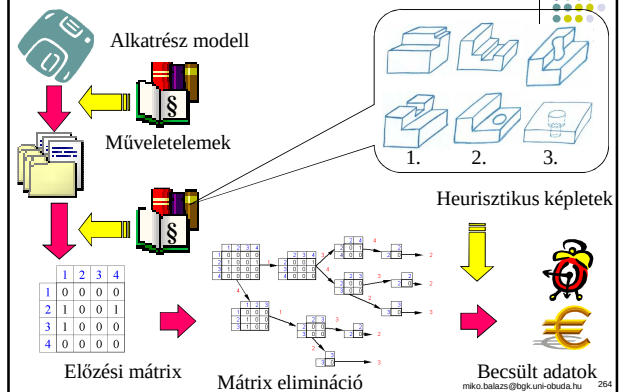
Mesterséges intelligencia módszerek



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

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

Szabály-alapú költségbecslés



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu 264

