



Óbudai Egyetem
Bányai Donát Gépezés és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar
Anyagtudományi és Gyártástechnológiai Intézet

Technológiai tervezés automatizálása

E01

Bevezetés, alapfogalmak

Dr. Mikó Balázs

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



A gyártástervezés feladata

Megtervezni a konstruktor által megtervezett
termék gyártási folyamatát.



2

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

A gyártástervezés feladata

A technológiai tervezés célja
a gyártáshoz szükséges
dokumentációk
előállítás.



3

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

A gyártástervezés nehézsége

Előgyártmány

A köztes állapotok száma
tetszőleges

Gyártási
eljárások sorozata

Különböző eljárásokkal
létrehozható ugyanaz az
állapotváltozás

Termék

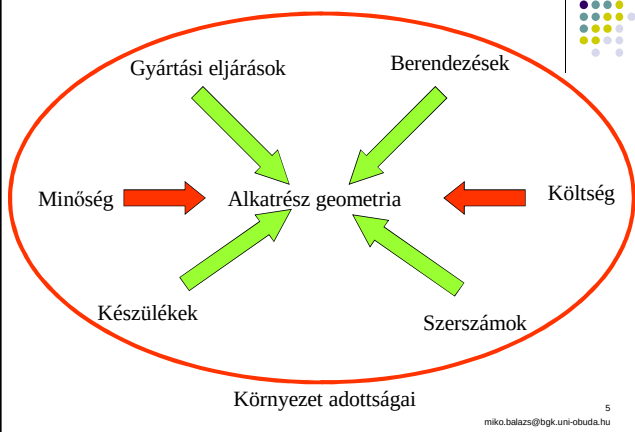
Ugyanaz az eljárás többféle
állapotot eredményezhet a
paraméterek függvényében

Az eljárások környezetfüggők

4

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Szintetizálás



5

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Szintetizálás

- ✓ Anyagtechnológia
- ✓ Gépgyártás technológia
- ✓ Forgácsoló megmunkálások
- ✓ Szerszámgépek
- ✓ CAD/CAM rendszerek
- ✓ Alkatrészgyártás I-II.
- ✓ Különleges megmunkálások
- ✓ Technológiai tervező rendszerek
- ✓ NC technológia és programozás
- ✓ Műszer és mérés technika
- ✓ Minőségbiztosítás

6

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Alapfogalmak, definíciók I.



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



7
miko.balazs@bgtk.uni-obuda.hu

Alapfogalmak, definíciók II.



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 számmal geometriailag és technológiailag összefüggő ráhagyási alakzat eltávolítását nevezzük műveletelemnek.

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

Alapfogalmak, definíciók III.



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

Megkülönböztethető állapotok: nyers állapot, közbeni 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)

9
miko.balazs@bgtk.uni-obuda.hu

Alapfogalmak, definíciók IV.



Állapotváltozás: az állapotjellemzők megváltozásának folyamata.

Nyers állapot: a gyártási folyamat megkezdése előtti állapot.

Közbeni állapot: az egyes műveletek közötti állapot.

Pillanatnyi állapot: a gyártási folyamat tetszőleges pillanatában fennálló állapot.

Kész állapot: a gyártási folyamat befejezése utáni állapot.

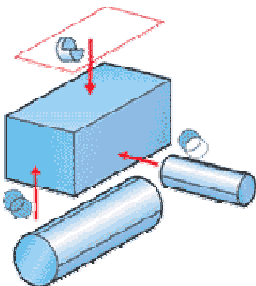
10
miko.balazs@bgtk.uni-obuda.hu

Alapfogalmak, definíciók V.



Felületelem: az alkatrész geometriai építőeleme.

Felületelem csoport: az alkatrész felület elemeinek geometriailag és technológiailag összefüggő csoportja.



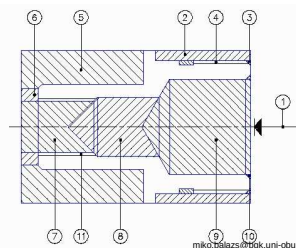
11
miko.balazs@bgtk.uni-obuda.hu

Alapfogalmak, definíciók VI.



Megmunkálási igény: a felületelem csoport nyers és kész állapota közti különbség.

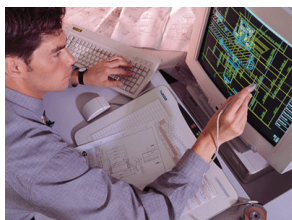
Ráhagyási alakzat: az alkatrész nyers és kész állapota közti geometriai különbség.



12
miko.balazs@bgtk.uni-obuda.hu

Gyártástervezési feladatok típusai I.

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.



13
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Gyártástervezési feladatok típusai II.

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

Ide soroljuk:

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



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Gyártástervezési feladatok típusai III.

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.



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

Gyártástervezési feladatok típusai IV.

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



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Gyártástervezési feladatok típusai VI.

Értékelés: a választott, vagy generált megoldás vizsgálata.



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

Gyártástervezési feladatok típusai V.

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



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Gyártástervezési feladatok típusai VII.

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



Döntés: a legjobb megoldás kiválasztása a lehetőségek közül heurisztikus módszerekkel.

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

Gyártástervezési feladatok típusai VIII.

Optimalítás: **Optimalizálás = maximális hatás elérése**

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

Több szintű optimalizálás: a hierarchikus szinteken végezzük az optimalizációt, a magasabb szint megoldása korlátozó feltételt jelent az alacsonyabb szinten megfogalmazott feladatnál.

20
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

A feladatmegoldás általánossága I.

Alkatrészek sokfélesége
Környezeti feltételek



A feladat modellje és általánossága nem lehet mindig általános érvényű!

- Általános
- Korlátoosan általános
- Parametrikusan környezetfüggő
- Struktúrálisan környezetfüggő
- Speciális

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

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.

Korlátoosan 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.

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

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 létezhet ugyan környezetfüggetlen legjobb megoldás, de ennek csak elvi jelentősége van, mivel az adott környezetben a feltételek hiánya okán nem alkalmazható.

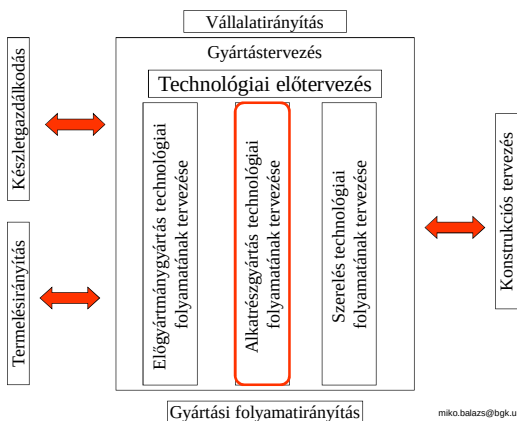
23
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

A feladatmegoldás általánossága IV.

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

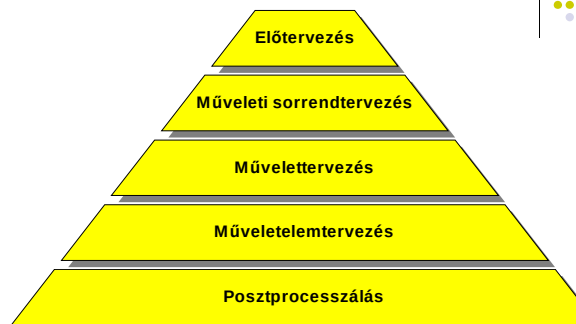
24
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

A gyártástervezés területei



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

A gyártástervezés szintjei



26
miko.balazs@bgtk.uni-obuda.hu

Előtervezés

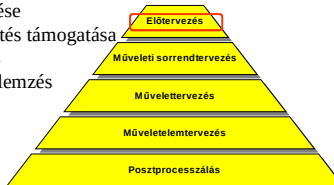
➤ A konstrukció technológiai bírálata

- 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



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

Műveleti sorrendtervezés

➤ A megmunkálási igények és módok meghatározása

➤ A megmunkálási bázisok kijelölése

➤ A szerszámgépek és készülékek kiválasztása

➤ A műveletek behatárolása

➤ A műveletek sorrendjének meghatározása



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

Művelettervezés

➤ Műveletelemek tartalmának és sorrendjének meghatározása

➤ Szerszámok kiválasztása

➤ Szerszámlrendezési terv készítése

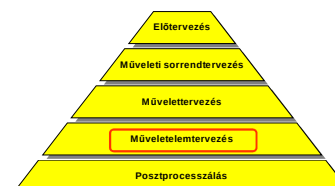


29
miko.balazs@bgtk.uni-obuda.hu

Műveletelem tervezés

➤ Forgácsolási paraméterek meghatározása

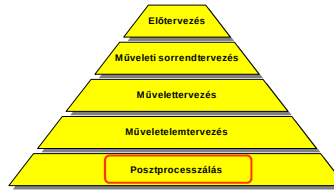
➤ Szerszámpályák meghatározása



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

Posztprocesszálás (illesztés)

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



31
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Technológiai tervezés automatizálása

E12

Tervezési dokumentumok

Dr. Mikó Balázs

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Dokumentumok

- Műveleti sorrendterv
- Műveletterv
- Műveleti utasítás
- Szerszámbeállítási terv
- Programhordozók
- Stb.

33
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Műveleti sorrendterv

Egy alkatrésze tartalmazza a műveleteket, azok sorrendjét, a szerszámgepeket és a készülékeket.

Műv. soroz.	Művelet megnevezése	MŰVELETI SORRENDTERV			
		Alkatrész megnevezése Fogazott tengely	Rajzsám: A-1	Anyag: BC 3	Sorszám: 6
				Előtervezés: 1	Lapszám: 1
1.	Darabolás	G 1	kőfűrész	prizma	
2.	Oldalazás, központfúrás	G 2	célgép	prizma	
3.	Nagyoló esztergálás I.	G 2	csúcs-eszterga	csúcs, menesztő	
4.	Nagyoló esztergálás II.	G 2	csúcs-eszterga	tolmány, csúcs	
5.	Menet esztergálás készítése	G 2	csúcs-eszterga	tolmány, csúcs	
6.	Előfűrés esztergálás I.	G 2	csúcs-eszterga	csúcsok	
7.	Előfűrés esztergálás II.	G 2	csúcs-eszterga	csúcsok	
8.	Horonyvágás	G 3	horony-megfogó	csatlakozó	
9.	Fogazás	G 4	fogazógép	csúcsok	
10.	Fogazás	G 4	fogazógép	tolmány	
11.	Hőkezelés	H 1	hőkezelő berendezés		
12.	Horonyvágás	H 2	horonyvágó berendezés		
13.	Menet esztergálás készítése	G 1	csúcs-eszterga	csúcsok, menesztő	
14.	Falatkészítés I.	G 5	csúcs-eszterga	csúcsok, menesztő	
15.	Falatkészítés II.	G 5	csúcs-eszterga	csúcsok, menesztő	
16.	Falatkészítés	G 5	csúcs-eszterga	csúcsok, menesztő	
17.	Fogazás	G 6	fogazógép	tolmány, csúcs	

Készítette: Miko Balázs
Ellenőrizte: Miko Balázs

Műv. soroz.	Művelet megnevezése	MŰVELETI SORRENDTERV			
		Alkatrész megnevezése Fogazott tengely	Rajzsám: A-1	Anyag: BC 3	Sorszám: 6
				Előtervezés: 1	Lapszám: 1
1.	Darabolás	G 1	kőfűrész	prizma	
2.	Oldalazás, központfúrás	G 2	célgép	prizma	
3.	Nagyoló esztergálás I.	G 2	csúcs-eszterga	csúcs, menesztő	
4.	Nagyoló esztergálás II.	G 2	csúcs-eszterga	tolmány, csúcs	
17.	Fogazás	G 6	fogazógép	tolmány, csúcs	

Készítette: Miko Balázs
Ellenőrizte: Miko Balázs

Műveletterv

Egy alkatrésze tartalmazza a műveleteket, a szerszámgepeket, a készülékeket, a műveletekhez tartozó műveletelemeket, szerszámokat, mérőeszközöket és a beállítandó technológiai paramétereket.

Műv. soroz.	Művelet megnevezése	MŰVELETTERV			
		Alkatrész megnevezése Fogazott tengely	Rajzsám: A-1	Anyag: BC 3	Sorszám: 6
				Előtervezés: 1	Lapszám: 1
1.	Darabolás	G 1	kőfűrész	prizma	
2.	Oldalazás, központfúrás	G 2	célgép	prizma	
3.	Nagyoló esztergálás I.	G 2	csúcs-eszterga	csúcs, menesztő	
4.	Nagyoló esztergálás II.	G 2	csúcs-eszterga	tolmány, csúcs	
17.	Fogazás	G 6	fogazógép	tolmány, csúcs	

Készítette: Miko Balázs
Ellenőrizte: Miko Balázs

MŰVELETERV		Anyag: BC 3		Műveletterv száma: 6	
Alkatrész megnevezése Fogazott tengely		Rajzsám: A-1	Nyomórét: Ø 140x495	Lapszám: 3	
Művelet soroz	MŰVELET LEÍRÁSA - VÁZLAT	Készítő: G.1	Gép-berendezés: KP 200 Körfűrészgép	Készülék: 681 - 1 sz. Prizma	Méret-mérő eszköz: Mérészsalag
1.	Darabolás				Szerszám: Fűrészfűrésze 800x4
					jellemző technológiai adatok $v = 10-30 \text{ m/min}$ $a_z = 0,05-0,15 \text{ mm/fog}$
1.1 Rudat befog prizma, ütköztet 1.2 Fűrészfel 495 ± 2 mm-re 1.3 Mdb-t kifog					
37 miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu					

Műveleti utasítás

Egy műveletre vonatkozóan tartalmazza mindazt amit a műveletterv a normaidőre vonatkozó információkkal.

MŰVELETI UTASÍTÁS		Műv. ut. száma	Lapszám
Gyártási jel	Rajzsám	Munkadarab megnevezése Fogazott tengely	Munkadarab jele
Anyag: BC3	Nyomórét: Ø 140x495	Művelet megnevezése: Esztergálás	Műveletterv sz. 6
Sor-szám	Művelet tagozódása	Mégn. felület	Szerszám, mérőeszköz, készülék
4.1	Mdb-t befog		PCLNR 3232 P 19
4.2	Esztergál Ø97x374	a	
4.3	V. oldalaz Ø97/128x	b	
4.4	Esztergál Ø83x234	c	
4.5	Esztergál Ø68x139	d	
4.6	Mdb-t kifog		
Tokmány Csúcs Tolómérő			
v: 98 m/perc n: 224 for/perc a: 0,3 mm/perc a: 4,3 mm/perc Fogsámsz: 5			
Készítők: Rajz: Ellenőrző: Jóváhagyó:			
Jel: Javította: Kelet: Ellenőrzte: Kelet:			
Jel: Javította: Kelet: Ellenőrzte: Kelet:			
Kapja: pld. oszt.			
* A művelet tagozódása, az előírt értékek és a norm.-előírt nyújtott idő a tervezetnél normális gyártási körülményekre, pl. normális gépi beállítás mellett értendő. Szükségmegoldások esetén, ha tényleges munkaidő hosszabb a norm. időnél, akkor...			
38 miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu			

MŰVELETI UTASÍTÁS		Műv. ut. száma	Lapszám
Gyártási jel	Rajzsám	Munkadarab megnevezése Fogazott tengely	Munkadarab jele
Anyag: BC3	Nyomórét: Ø 140x495	Művelet megnevezése: Esztergálás	Műveletterv sz. 6
Tokmány Csúcs Tolómérő			
v: 98 m/perc n: 224 for/perc a: 0,3 mm/perc a: 4,3 mm/perc Fogsámsz: 5			
Készítők: Rajz: Ellenőrző: Jóváhagyó:			
Jel: Javította: Kelet: Ellenőrzte: Kelet:			
Jel: Javította: Kelet: Ellenőrzte: Kelet:			
Kapja: pld. oszt.			
* A művelet tagozódása, az előírt értékek és a norm.-előírt nyújtott idő a tervezetnél normális gyártási körülményekre, pl. normális gépi beállítás mellett értendő. Szükségmegoldások esetén, ha tényleges munkaidő hosszabb a norm. időnél, akkor...			
39 miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu			

MŰVELETI UTASÍTÁS		Műv. ut. száma	Lapszám
Gyártási jel	Rajzsám	Munkadarab megnevezése Fogazott tengely	Munkadarab jele
Anyag: BC3	Nyomórét: Ø 140x495	Művelet megnevezése: Esztergálás	Műveletterv sz. 6
Tokmány Csúcs Tolómérő			
v: 98 m/perc n: 224 for/perc a: 0,3 mm/perc a: 4,3 mm/perc Fogsámsz: 5			
Készítők: Rajz: Ellenőrző: Jóváhagyó:			
Jel: Javította: Kelet: Ellenőrzte: Kelet:			
Jel: Javította: Kelet: Ellenőrzte: Kelet:			
Kapja: pld. oszt.			
* A művelet tagozódása, az előírt értékek és a norm.-előírt nyújtott idő a tervezetnél normális gyártási körülményekre, pl. normális gépi beállítás mellett értendő. Szükségmegoldások esetén, ha tényleges munkaidő hosszabb a norm. időnél, akkor...			
40 miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu			

MŰVELETI UTASÍTÁS		Műv. ut. száma	Lapszám
Gyártási jel	Rajzsám	Munkadarab megnevezése Fogazott tengely	Munkadarab jele
Anyag: BC3	Nyomórét: Ø 140x495	Művelet megnevezése: Esztergálás	Műveletterv sz. 6
Tokmány Csúcs Tolómérő			
v: 98 m/perc n: 224 for/perc a: 0,3 mm/perc a: 4,3 mm/perc Fogsámsz: 5			
Készítők: Rajz: Ellenőrző: Jóváhagyó:			
Jel: Javította: Kelet: Ellenőrzte: Kelet:			
Jel: Javította: Kelet: Ellenőrzte: Kelet:			
Kapja: pld. oszt.			
* A művelet tagozódása, az előírt értékek és a norm.-előírt nyújtott idő a tervezetnél normális gyártási körülményekre, pl. normális gépi beállítás mellett értendő. Szükségmegoldások esetén, ha tényleges munkaidő hosszabb a norm. időnél, akkor...			
41 miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu			

Szerszámbeállítási terv

A szerszámok elhelyezésére vonatkozó utasításokat és a szerszámbeállítás méreteit tartalmazza.

BMF BDGFK		Szerszám terv		Tervezte: Miko B
Gépgyártástechnológiai Tanszék				Dátum: 2005. szeptember 30.
Program száma: 5010		Szerszámgép: Vezérlés: NCT90M		
Alkatrész neve: Tartó		Alkatrész rajzsám: 05-001/01		
T	Szerszám	Ábra		
01	R216.33 20030-B520K D ₁ =20 L ₁ =57 L ₂ =92 a ₁ =20 d _m =20 z=3 SANDVIK			
02	R216.33 12030-B512K D ₁ =12 L ₁ =50,5 L ₂ =73 a ₁ =12 d _m =12 z=3 SANDVIK			
42 miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu				



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

Technológiai tervezés automatizálása

E02

A gyártástervezés elvei,
módszerei

Dr. Mikó Balázs

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



A gyártástervezés elvei



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

A gyártástervezés elvei. 50.

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”

A gyártástervezés elvei. 51.

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.

A gyártástervezés elvei. 52.

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.

A gyártástervezés elvei. 53.

Absztrakció



Nem lehet elkerülni a korai elkötelezettséget.

A lényeges részek önkényes kiemelése korlátozást jelent.

Absztrakció nélkül nincs tervezés.

A gyártástervezés elvei. 54.

Lokalitás

A kauzális világmodell szűkítése:

- Az okozat lokális.
- Dekompozíció.

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

Az egyes részek lokálisak, de nem izoláltak!

A feladat komplexitása csökkenthető.

Pl. Felületelem csoport – technológiai, nem konstrukciós.

A gyártástervezés alvei. 55

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.

A gyártástervezés alvei. 56

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
- Csoport technológiák
- Eset-alapú tervezés

A gyártástervezés alvei. 57

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 gyártástervezés alvei. 58

Heurisztikák

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

Csak szuboptimális megoldást garantálnak.

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

A gyártástervezés alvei. 59

Optimalizálás

Optimalizálás = maximális hatás elérése

~~„legoptimálisabb”~~

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

A gyártástervezés alvei. 60

Optimalizálás

Statikus optimalizálás: Z nem függ az időtől.
Dinamikus optimalizálás: Z függ az időtől.

Egyes paraméterek lehetnek:

- determinisztikus, vagy
- valószínűségi változók.

Jósági kritérium megfogalmazása:

- $f(Z)$
- gyakorlati célokat fogalmazzon meg

A gyártástervezés alapjai. 61.

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.

A gyártástervezés alapjai. 62.

A hagyományos technológiai tervezés módszerei

- Többfázisú iteratív módszer
- Típus technológiák alkalmazása
- Csoporth technológiák alkalmazása

A technológiai tervezés módszerei. 63.

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

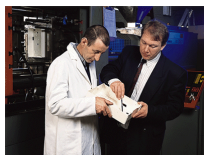
A technológiai tervezés módszerei. 64.

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



A technológiai tervezés módszerei. 65.

Típus technológiák

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

A technológiai tervezés módszerei. 66.

Típustechnológiák

Előnyök:

- korszerű ismeretek beépítése
- gyors tervezési folyamat



Hátrányok:

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

A technológiai tervezés módszerei. 67

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

A technológiai tervezés módszerei. 68

Csoporttechnológiák

Előnyök:

- gyors tervezési folyamat
- egységes technológiai folyamat

Hátrányok:

- előkészítés
- karbantartás
- technológia kidolgozottsága



A technológiai tervezés módszerei. 69

Típus- és csoporttechnológia

Típus- és csoporttechnológia

Alapvető különbség:

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

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

Az automatizált technológiai tervezés módszerei

- variáns módszer
- generatív módszer
- félgeneratív módszer
- szakértői rendszerek

A technológiai tervezés módszerei. 71

Alkalmazhatóság

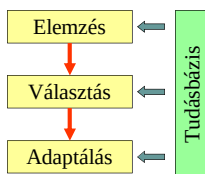
A technológiai tudás környezetfüggőségét vizsgálva elemezhető a választás.

1. Ha a technológiai tudás kész receptekben, megoldási sémákban adott, melyek lényegi változtatás nélkül felhasználhatók: **variáns módszer**.
2. Ha a tudás egzakt, környezetfüggetlen matematikai modellekben adott: **generatív szintézis**.
3. A tudás részben modellezhető, részben környezetfüggő receptek formájában adott: **félgeneratív szintézis**.
4. Hiányos, pontatlan, homályos a rendelkezésre álló technológiai tudás: **mesterséges intelligencia módszerek**.

A technológiai tervezés módszerei. 72

Variáns módszer

Hasonló alkatrész = Hasonló megmunkálási folyamat



A típustechnológia átültetése számítógépes környezetbe.

Előnyök:

- hatékony
- egyszerű
- átlátható

Hátrányok:

- változásokkal szemben érzéketlen
- nagy tudásbázis igény

A technológiai tervezési módszerek.

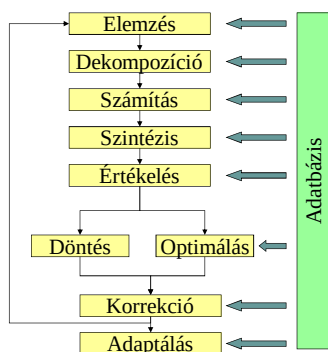
Generatív módszer

Apró mozaikokból, a konkrét feltételek részletes elemzésével szintézis útján állítja elő a folyamatot.

A technológiai tudást a rendszer algoritmusai tartalmazzák.

A technológiai tervezési módszerek.

Generatív módszer



Alkalmazás:

- művelet tervezés
- művelettem tervezés

A technológiai tervezési módszerek.

Generatív módszer

Előnyök:

Érzékenyen képes követni a munkadarab sajátosságait, a gazdasági cél változását, azaz képes optimális technológiák tervezésére.

Hátrányok:

- munkaigényes rendszerfejlesztés
- erőforrás igény
- környezeti változásokhoz nehezen adaptálható

Processzor – posztprocesszor elv alkalmazása

A technológiai tervezési módszerek.

Félgeneratív módszer

A variáns és a generatív módszerek előnyeinek ötvözése.

A tervezési műveletek egy részét generatív, más részét variáns módszerrel oldja meg.

A technológiai tudás kettős értelme:

- hogyan gyártani
- hogyan tervezni

Előnyök:

- optimalizáló képesség
- rugalmas tervezés
- környezeti változásokhoz egyszerű adaptálni

Hátrányok:

- bonyolult felépítés

A technológiai tervezési módszerek.

Félgeneratív módszer

Generatív módszer érvényesül, ha

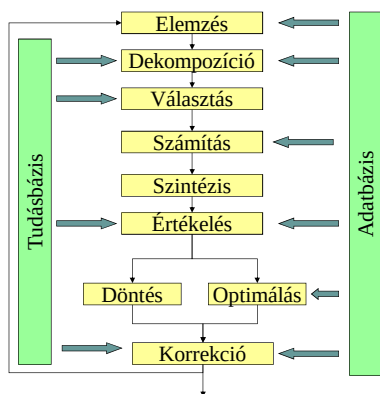
- meghatározható a tervezési részfeladatok olyan készlete, amely az adott szinten bármilyen alkatrészre alkalmazható tetszőleges környezeti feltételek mellett.
- általános alakban bonyolult megfogalmazni a megoldást, de több, párhuzamos modullal meg lehet valósítani.

Variáns elv érvényesül, ha

- környezet függő a feladat megoldása.

A technológiai tervezési módszerek.

Félgeneratív módszer



A technológiai tervezés módszerei. 79

Szakértői rendszer - definíció

A szakértői rendszer olyan számítástechnikai háttérű probléma megoldó rendszer, amely

- alapvetően különböző mesterséges intelligencia módszerekre épül,
- egy szűkebb problématerület (domain) ismereteit tartalmazza,
- segít nagy méretű, komplex problémák analizálásában illetve megoldásában
- figyelembe véve a humán szakértők probléma megoldási folyamatát.

A technológiai tervezés módszerei. 80

Szakértői rendszer alkalmazása

- a probléma megoldása gyakorlati tudást igényel,
- a problématerület jól körülhatárolható,
- a kiinduló adatok objektív módon leírhatók,
- kevés az emberi szakértő,
- fontos a probléma gyors megoldása.

A technológiai tervezés módszerei. 81

Szakértői rendszer segítségével hatékonyan támogatható problématerületek jellegzetes tulajdonságai:

A problématerület elég szűk ahhoz, hogy olyan tudást lehessen benne megragadni, amely nem mindenki számára kézenfekvő, ugyanakkor elég bonyolult ahhoz, hogy ilyen szakértelemre igény legyen.

1.

2.

Az adott területnek rendelkeznie kell emberi szakértőkkel, akiknek a tudásából ki lehet indulni a rendszer elkészítéséhez.

A technológiai tervezés módszerei. 82

3.

A humán szakértők között a szakterület alapkérdéseiben nagyfokú egyetértésnek kell lennie.

Szükséges, hogy az adott szakterületen számos tanpélda, alapadat is rendelkezésre álljon, mert csak így lehet a szakértői rendszert megbízhatóan tesztelni és tudásának korlátait meghatározni.

4.

5.

Általában annál jobb szakértői rendszert lehet építeni egy adott területen, minél jobban felosztható az illető terület olyan részproblémákra, amelyek egymással csak nagyon kevésbé interferálnak

A technológiai tervezés módszerei. 83

SzR problémátípusok

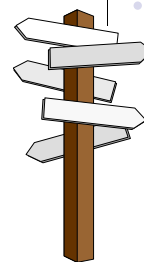
Procedurális problémák

Diagnosztizáló problémák

Monitorozó / őrző problémák

Objektum tervező problémák

Tevékenységtervező / ütemező problémák



A technológiai tervezés módszerei. 84

Döntéstámogató szakértői rendszer



A döntéstámogató szakértői rendszerek emlékeztetik a humán szakértőt a megfontolandó következményekre, a felderítendő alternatívákra stb., amelyek felett a szakértő esetleg elsiklana a döntéshozatal során.

A technológiai tervezés módszerei. 85

Döntéshozó szakértői rendszer



A döntéshozó szakértői rendszerek a probléma megoldásának megtalálásában segítik a problématerületen járatlan vagy kevésbé jártas felhasználót.

A technológiai tervezés módszerei. 86

Szakértői rendszerek hátrányai

• nehéz új, vagy a szokásostól eltérő helyzetekre felkészíteni,



• nem kreatív,



• a fejlesztés drága és időigényes.

A technológiai tervezés módszerei. 87

Összehasonlítás

Humán szakértő

A képességek és a tudás idővel változik

Felkészítése hosszú és költséges folyamat

Érzelmi állapota befolyásolja a döntéshozatalt

Ritka és drága



Szakértői rendszer

A tudása állandó

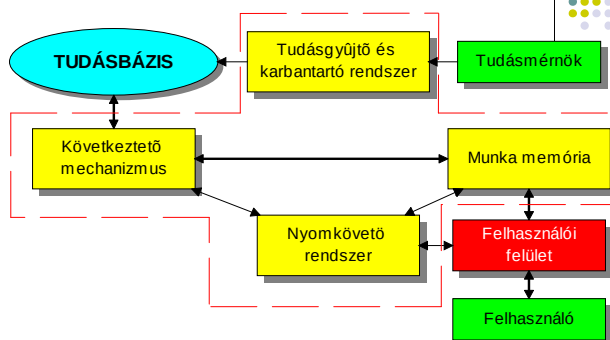
Fejlesztése drága, de sokszorosítható

Állandó és megismételhető eredményt biztosít

Használata és karbantartása viszonylag olcsó

A technológiai tervezés módszerei. 88

Szakértői rendszer felépítése I.



A technológiai tervezés módszerei. 89

Szakértői rendszer felépítése II.

A rendszer tudását a **tudásbázis** tartalmazza, amit a **tudásmérnök** állít össze és tart karban.

A tudásmérnök a problématerület ismerője, aki átlátja a problématerülethez kapcsolódó ismereteket és képes azt rendszerezni.



A technológiai tervezés módszerei. 90

91

A technológiai tervezés módszerei

A technológiai tervezés módszere

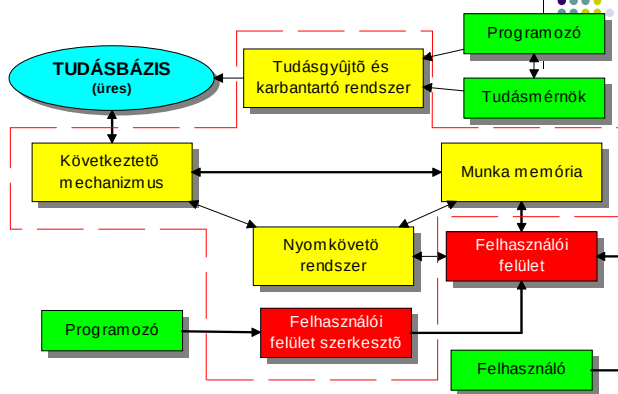


A technológiai tervezés módszerei 93



A technológiai tervezés módszere

ozó



95

A technológiai tervezés módszerei



Technológiai tervezés automatizálása

A gyártástervezés modelljei

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Mi a modell?

A valóság objektumainak leírására szolgáló eszköz.
A modell kiemeli az objektum lényeges tulajdonságait, így téve lehetővé annak kezelhetőségét.

Absztrakció

1 objektum – több modell

97
miko.balazs@bgt.uni-obuda.hu

Modell

Modell – az eredeti objektum reprezentációja.

Szinkron modell – nincsenek időbeni relációk – pl konstrukciós dokumentáció, diagram, léptékhelyes modell

Diakrónikus modell – időbeni egymásutániségot leíró szimulációs modell.

A teljes termék-szimuláció nem hajtható végre egyetlen modellel!

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

Modellek

A modellek a szimuláció során módot nyújtanak arra, hogy tanulmányozhassuk a rendelkezésre még nem álló, vagy hozzá nem férhető eredetiket.

Működési elv szerint:

- szerkezeti modell
- ikonos modell
- analóg modell
- matematikai modell
- vegyes

Felépítés szerint:

- anyagi (fizikai)
- szimbolikus

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

Modellek funkciói

- Lehetővé teszik a szimuláció végrehajtását.
- Optimalizáció biztosítása (paraméterek hatása a működésre).
- Vizualizálás, együttműködés.

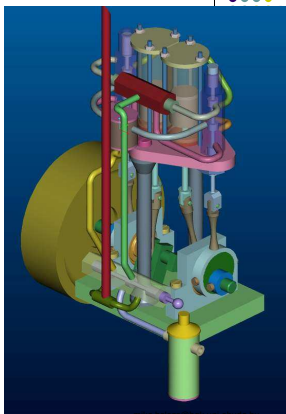


100
miko.balazs@bgt.uni-obuda.hu

Szerkezeti modellek

A szerkezeti modellek a tárgy vagy a folyamat kvalitatív (minőségi) struktúrájának a láthatóvá tételén alapszik.

Folyamatábrák,
kapcsolási rajzok,
grafikonok,
tömbvázlatok,
vázlatok, makettek,
manekenek.



Ikonos modellek

Az ikonos modellek a tárgy vagy a folyamat eredeti tulajdonságait a modell **azonos** tulajdonságaival reprezentálja.

A hasonlóság **nem** azonosság, mivel nem terjed ki minden jellemzőre.

Hasonlóság: geometriai, statikai, kinematikai, dinamikai, termikus, kémiai, egyéb.

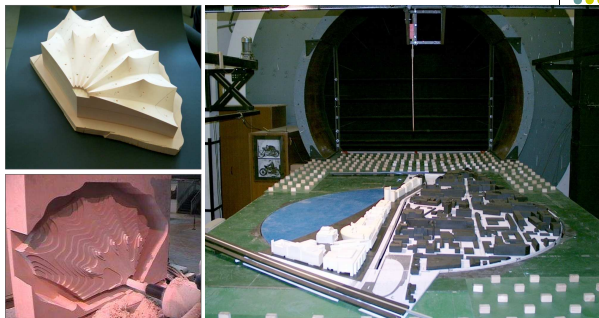
Az ikonos modellek anyagi modellek.

Képek, rajzok, makettek,
minták, léptékhelyes
modellek, prototípusok.



miko.balazs@bgt.uni-obuda.hu

Ikonos modellek - példák



Nemcsak a terméknek, de a környezetnek is hasonlóságot kell mutatnia.

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

Analóg modellek

Az analóg modellekben az eredeti valamely tulajdonságát a modell egy másik tulajdonsága reprezentálja. Ez feltételezi azt, hogy a másik tulajdonság ugyanolyan módon változik, mint az eredeti megfelelő tulajdonság.



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

Analóg modell - példa

Az Ohm-törvény:

$$I = \frac{k' \Delta E}{L} = k' F \Delta E$$

ahol:

I = az áramerősség

k' = az elektromos vezetőképesség

A = a vezeték keresztmetszete

L = a vezeték hossza

ΔE = a vezeték két vége közötti potenciálkülönbség

F = alaktényező ($= A/L$)

A Fourier-féle törvény:

$$H = \frac{Q}{t} = \frac{k \Delta T}{L} = k F \Delta T$$

ahol:

Q = a hőáram

t = az idő

H = az időegység alatt átáramló hőmennyiség

k = a hővezetési együttható

A = a rúd keresztmetszete

L = a rúd hossza

ΔT = a rúd két vége közötti hőmérséklet-különbség

F = az alaktényező ($= A/L$)

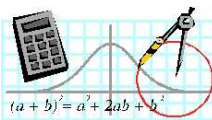
105
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Matematikai modellek

A matematikai modellek matematikai összefüggések segítségével előállított szimbolikus modellek.

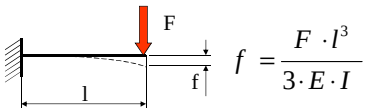
Elsődleges matematikai modellek: fizikai vagy kémiai törvényszerűségek, alapelvek felhasználásával írják le a rendszer vagy termék viselkedését.

Másodlagos matematikai modellek: származtatott matematikai modell.



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

Matematikai modellek - példa



$$f = \frac{F \cdot l^3}{3 \cdot E \cdot I}$$

$$f_1 = \frac{F_1 \cdot l_1^3}{3 \cdot E \cdot I_1} \quad f_2 = \frac{F_2 \cdot l_2^3}{3 \cdot E \cdot I_2}$$

$$\frac{f_2}{f_1} = \frac{F_2 \cdot l_2^3}{3 \cdot E \cdot I_2} \cdot \frac{3 \cdot E \cdot I_1}{F_1 \cdot l_1^3} = \frac{F_2 \cdot I_1}{F_1 \cdot I_2} \cdot \left(\frac{l_2}{l_1} \right)^3$$

$$f_2 = f_1 \cdot \frac{F_2 \cdot I_1}{F_1 \cdot I_2} \cdot \left(\frac{l_2}{l_1} \right)^3 \quad E = \frac{F_1 \cdot l_1^3}{3 \cdot f_1 \cdot I_1}$$

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

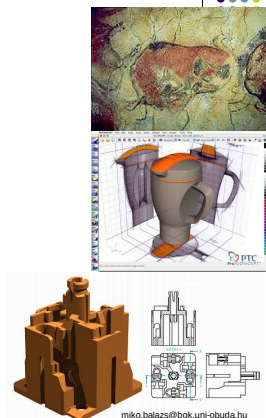
Modellek

- Munkadarab
- Szerszám
- Szerszám gép
- Gyártórendszer
- Gyártási folyamat

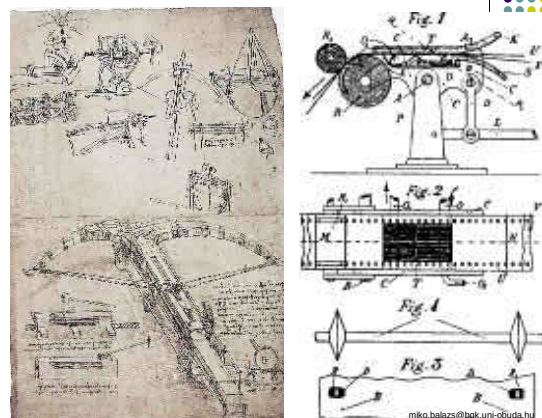
108
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Munkadarab modellezés

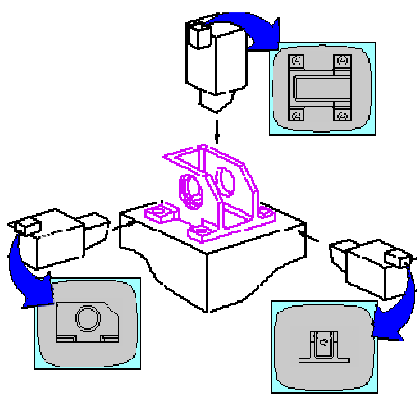
- Szóbeli közlés
- Szöveges leírás
- Szabadkézi rajz
- Műszaki rajz
- Számítógépes modell
- Technológiai kód
- Egyéb



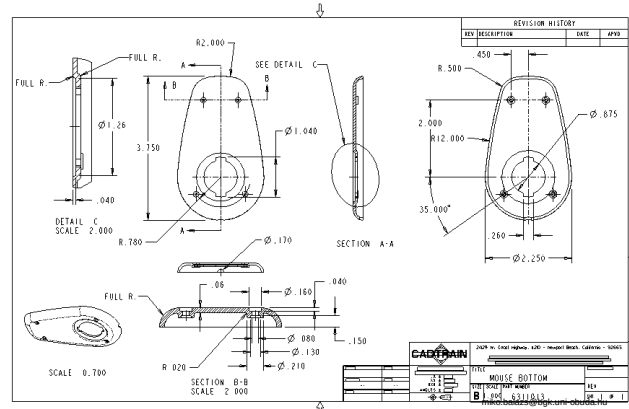
Rajz



Műszaki rajz



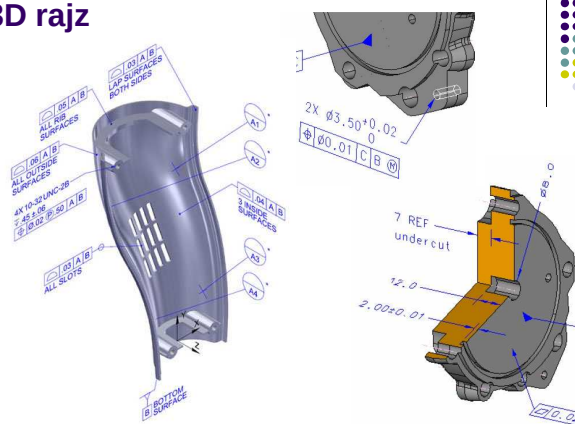
Műszaki rajz



Műszaki rajz információ tartalma

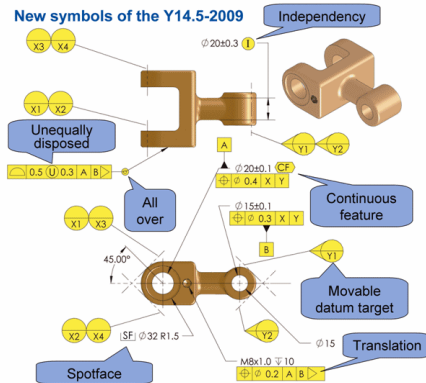
- Alak
- Anyag
- Méretek, tűrések
- Felületi minőség
- Hőkezelés
- Felület kezelés

3D rajz

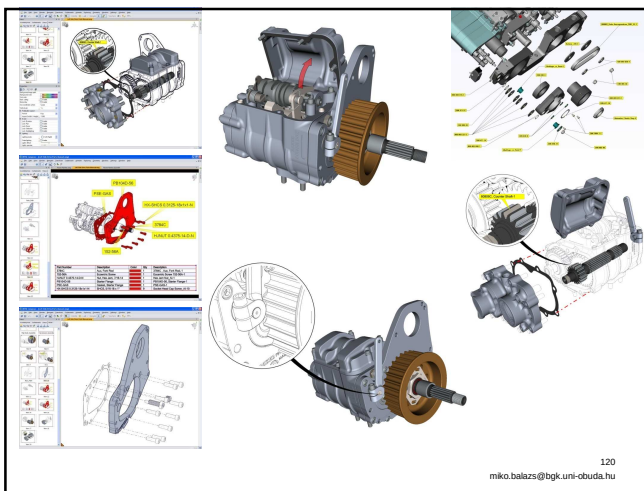
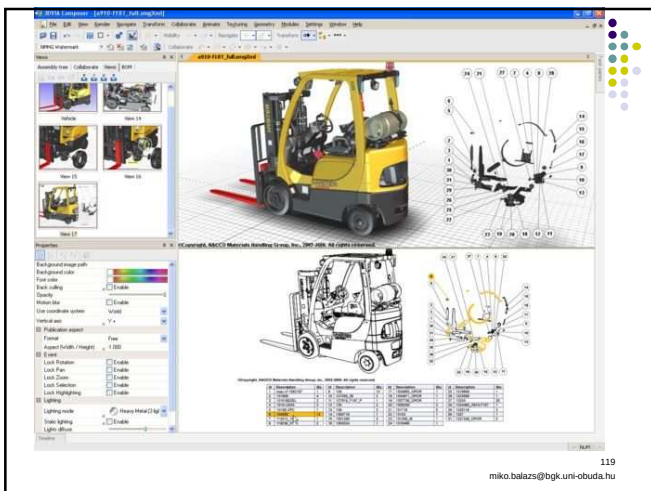
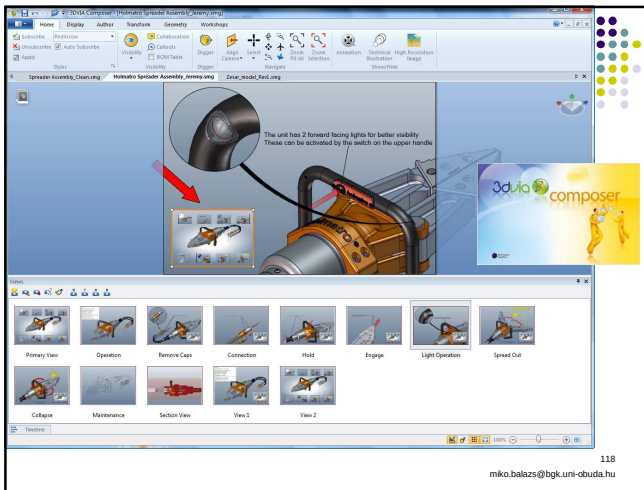
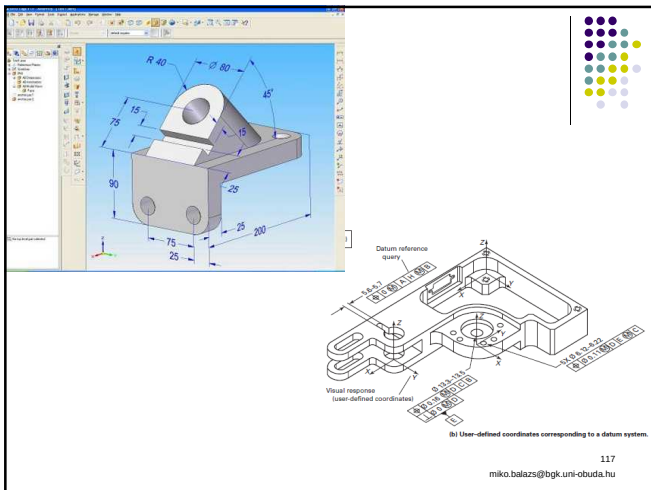
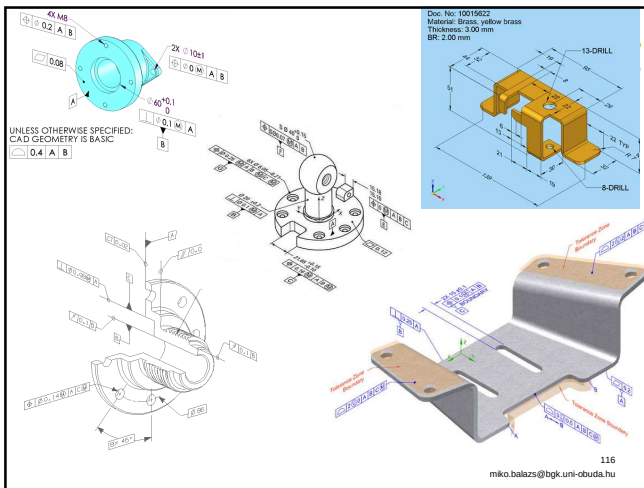


ASME Y14.5-2009

New symbols of the Y14.5-2009

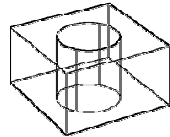
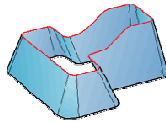
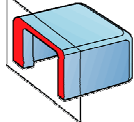


miko.balazs@btk.uni-obuda.hu

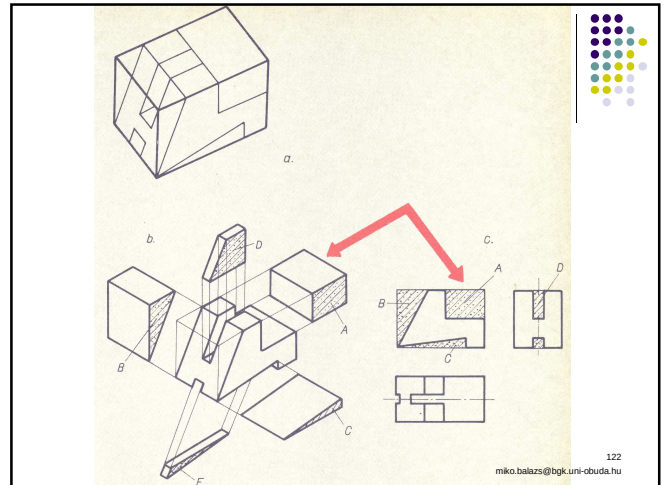


Számítógépes modell

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



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



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

Építőelemek

- Segéd elemek: pont, görbe, sík
- 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 ...

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

Technológiai kód

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

Típus technológia
Csoport technológia
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.

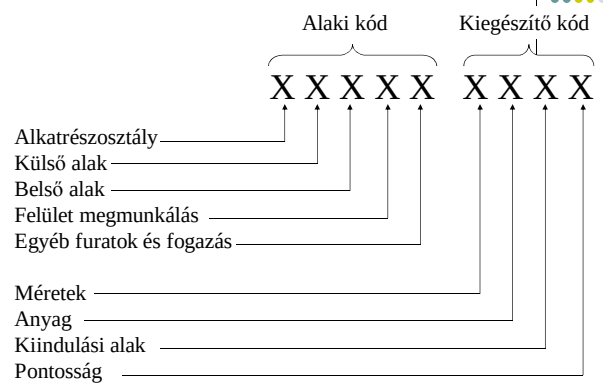
124
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Standard kódrendszerek

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

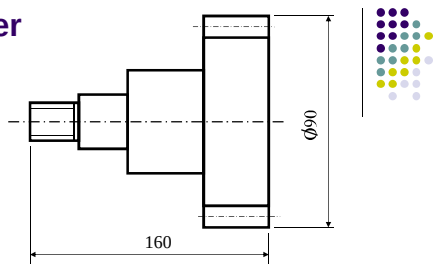
125
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Opitz rendszer



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

Opitz rendszer



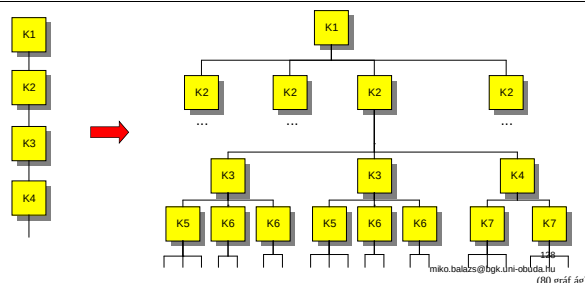
Forgástest $0.5 < L/D < 3$
 Külső alak egyoldalas, lépcsőzetes, egy irányba növekvő, egyik vége menetes
 Alaki elemek nélkül
 Horony kívül
 Fogazással

miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu

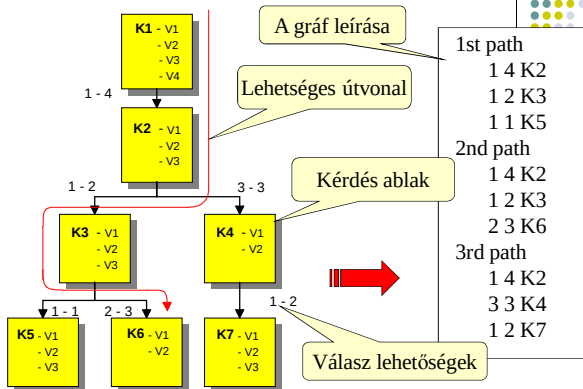
Nem-lineáris kódolás

Hagyományos kódolási rendszerek (pl. Opitz) → Túl merev

Szabadon definiálható kérdésgráf → Kezelhetetlen



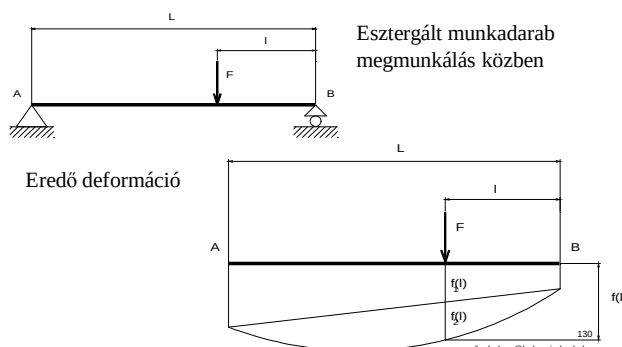
Nem-lineáris kódolás



miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu

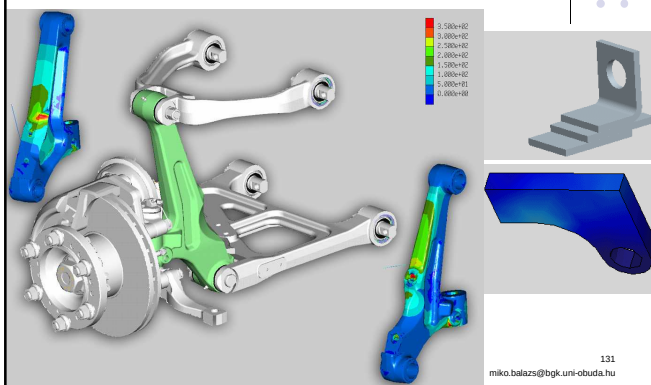
Mechanikai modell

Mechanikai modell



miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu

Végeselem modell



miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu

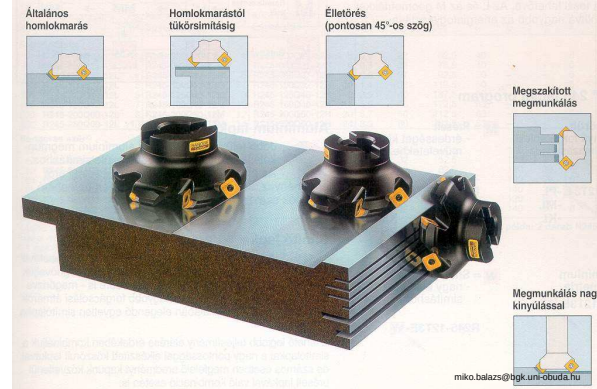
Szerszám modell

- Funkcionális modell
- Topológiai modell
- Geometriai modell
- Matematikai modell

miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu

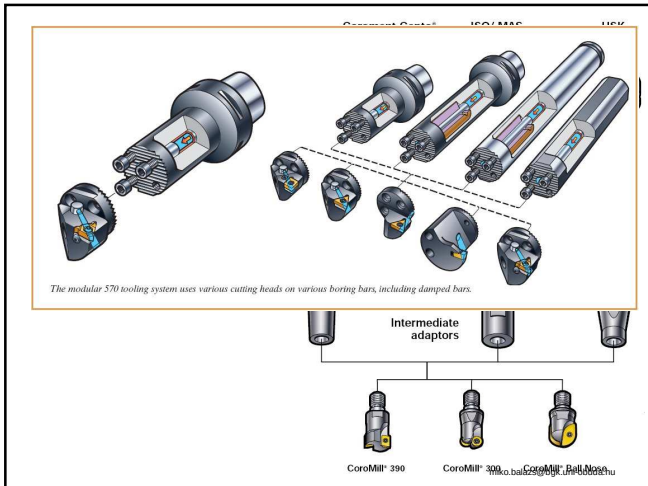
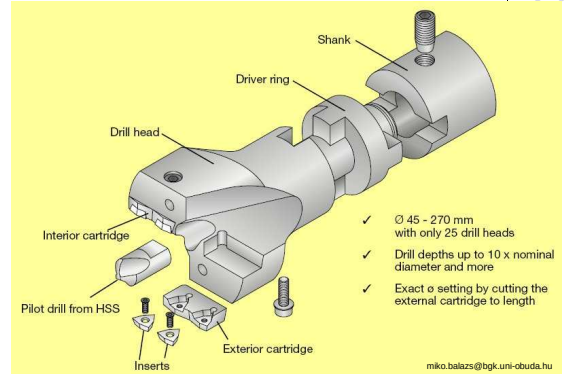
Szerszám modell

Funkcionális modell



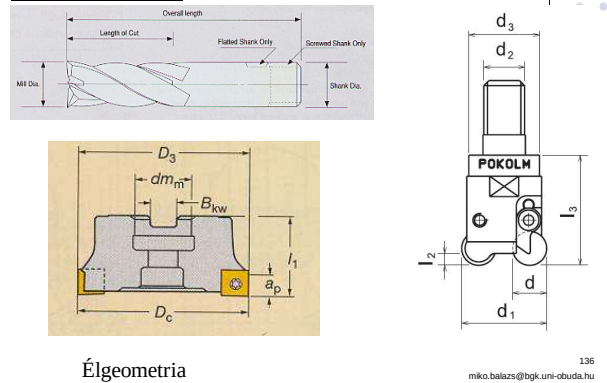
Szerszám modell

Topológiai modell



Szerszám modell

Geometriai modell

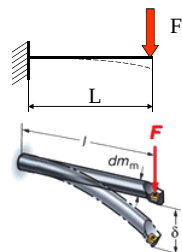


Szerszám modell

Matematikai modellek

Mechanikai modell

Pl.: eszterga szerszám



Taylor-féle éltartam összefüggés

$$T = C_T \cdot v^{Z_T} \cdot a^{X_T} \cdot f^{Y_T}$$

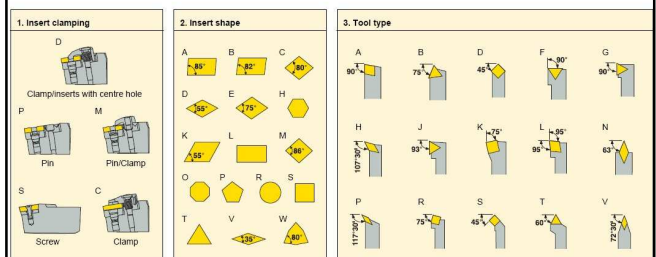
137

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Szerszám modell

As per ISO standard

P	W	L	N	R	25	25	M	06	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10



Szerszámgép modell

- Funkcionális modell
- Topológiai modell
- Mechanikai modell
- Geometriai modell

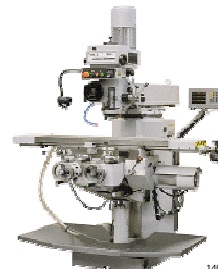
139
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Szerszámgép modell

Funkcionális modell

Mire alkalmas a szerszámgép?

- Megmunkálási típus (gépkalkulációs mártix)
- Szerszámméretek
- Munkatér méret
- Pontosság

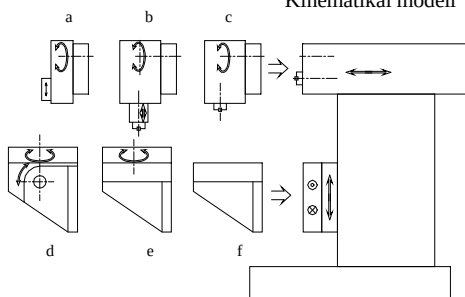


140
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Szerszámgép modell

Topológiai modell

A szerszámgép felépítése
Kinematikai modell

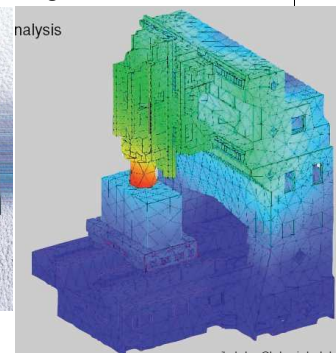


141
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Szerszámgép modell

Mechanikai modell

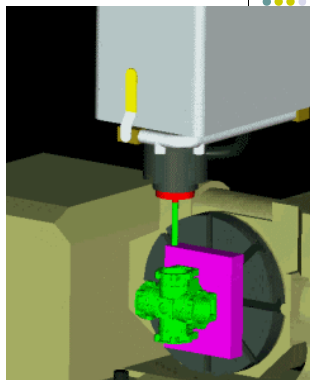
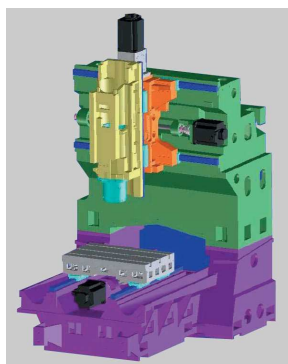
Rezgések és deformáció számítás



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

Szerszámgép modell

Geometriai modell



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

Gyártórendszer modellje

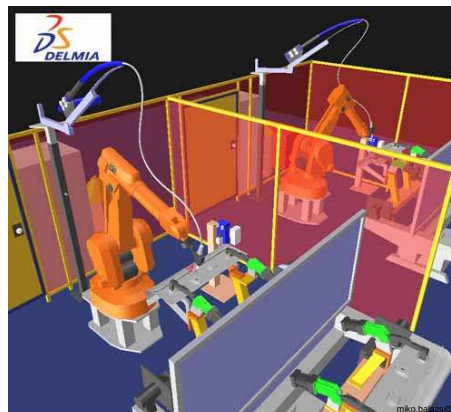
- Funkcionális modell
- Topológiai modell
- Geometriai modell

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

Gyártórendszer modell



Gyártórendszer modell



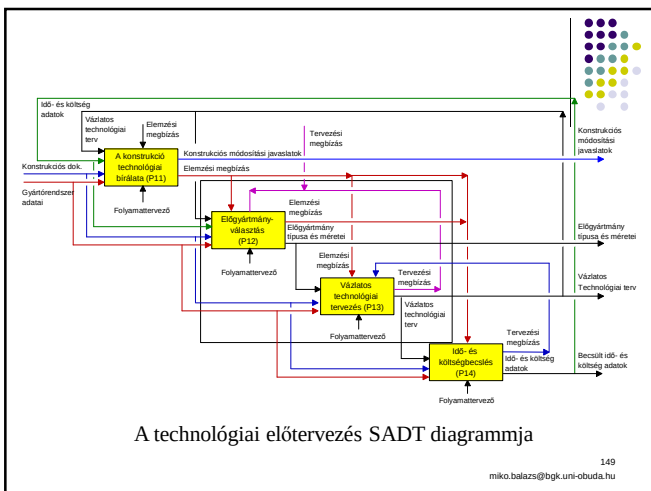
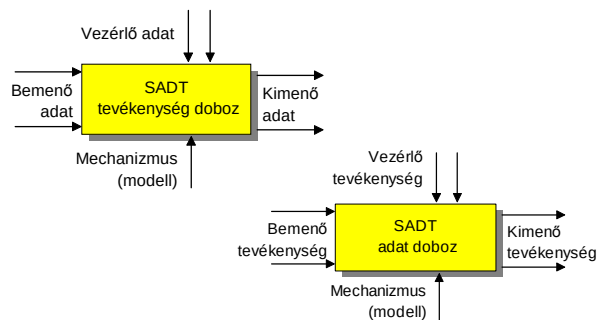
Gyártási folyamat modellje

Számos folyamatmodellezési technika létezik.

Cél a folyamat lépéseinek, azok sorrendjének, bemenő és kimenő paramétereinek, vezérlő paramétereinek egyértelmű leírása.

Folyamat modellezés

SADT – Structured Analysis Design Technique



A technológiai előtervezés SADT diagrammja

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

Technológiai tervezés automatizálása

E04

Technológiai előtervezés

Dr. Mikó Balázs

miko.balazs@bkgk.uni-obuda.hu

A gyártástervezés szintjei



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

Előtervezés

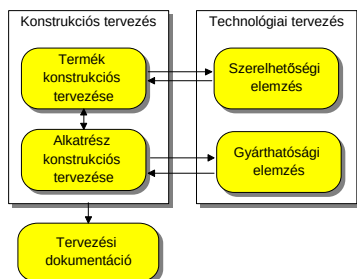
- **A konstrukció technológiai bírálata**
 - Szerelhetőségi elemzés
 - Gyárthatósági elemzés (globális, lokális)
 - Gyártáshelyes rajzi dokumentáció előállítás
- **Gyártástervezési rész folyamatok előkészítése**
 - Gyártás / beszerzés döntés támogatása
 - Előgyártmány választás
 - Az előgyártmány gyártási, az alkatrészgyártási és a szerelési folyamat elemzése
 - Vázlatos technológiai elemzés
- **Idő- és költségbecslés**



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Technológiai bírálat

A gyártmány technológiai bírálatának célja a gyártási folyamat racionalizálása, a gyártási költségek csökkentése.

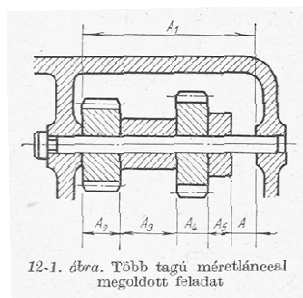


Szerepe:
• visszajelzés a konstrukciós tervezés részére
• biztosítja a gyártmány legyárthatóságát

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

Szerelhetőségi elemzés

1. Topológiai feltételek kielégítése.
2. Méretlánc analízis.



I2-1. ábra. Több tagú méretláncnál megoldott feladat

Szerelési tűrések kielégítése:

1. Teljes szerelhetőség
2. Részleges cserélhetőség
3. Utólagos illesztés
4. Válogató párosítás
5. Beszabályozás

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

Méretlánc analízis

Zárótag névleges értéke:

$$A = \sum_{i=1}^k A_i - \sum_{i=k+1}^m A_i$$

A_i előjeles:

- +, ha növelésével a zárótag növekszik;
- , ha növelésével a zárótag csökken.

A zárótag tűrése:

$$\Delta A_{\max} = \sum_{i=1}^k \Delta A_{i\max} - \sum_{i=k+1}^m \Delta A_{i\min}$$

$$\Delta A_{\min} = \sum_{i=1}^k \Delta A_{i\min} - \sum_{i=k+1}^m \Delta A_{i\max}$$

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

Gyárthatósági vizsgálat

Globális – gyártáshelyes tervezés, létezik-e olyan gyártási eljárás, mellyel az alkatrész egyes felületelem csoportjai legyárthatók?

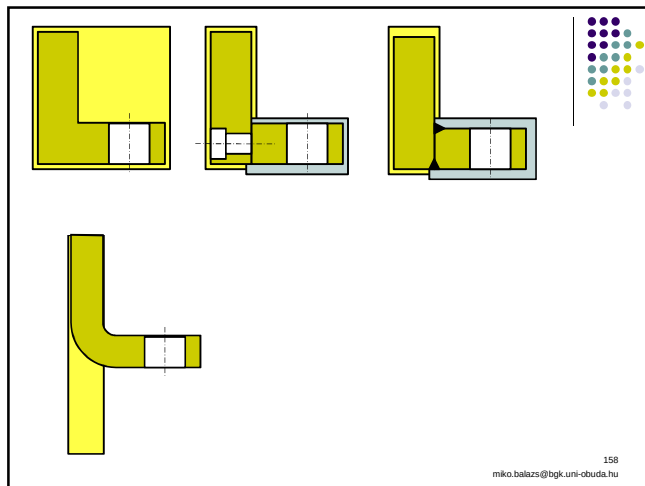
Lokális – az adott gyártórendszer lehetővé teszi-e az adott alkatrész legyártását?

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

Gyárthatósági mutatók

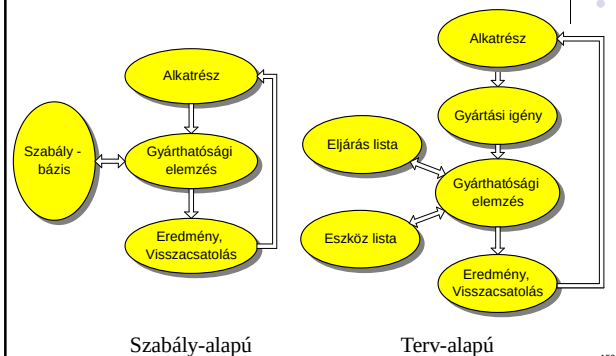
- Fajlagos anyagfelhasználás (gépeknél - kg/kW)
- Anyagkihasználási tényező (m_{br}/m_{net})
- Cserélhetőségi tényező
- Szabványosítási tényező
- Gyártási költség
- Gyártási idő

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



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

Gyárthatósági elemzés módszerei



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

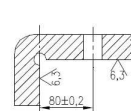
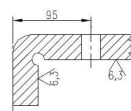
Példák technológiai bírálatra

Forrás:
H. Rögnitz: Célszerű szerkesztés a gépiparban
Nehézipari Könyvkiadó, 1953.

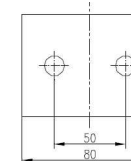
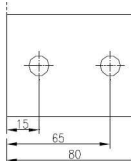


1. Rajzi ábrázolás

Rajz bírálat

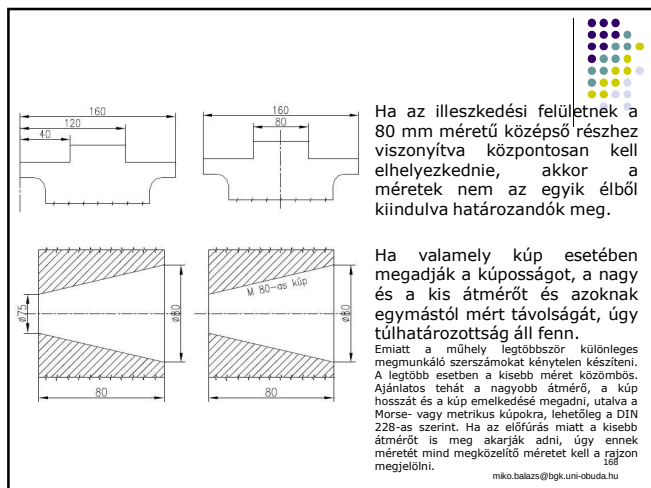
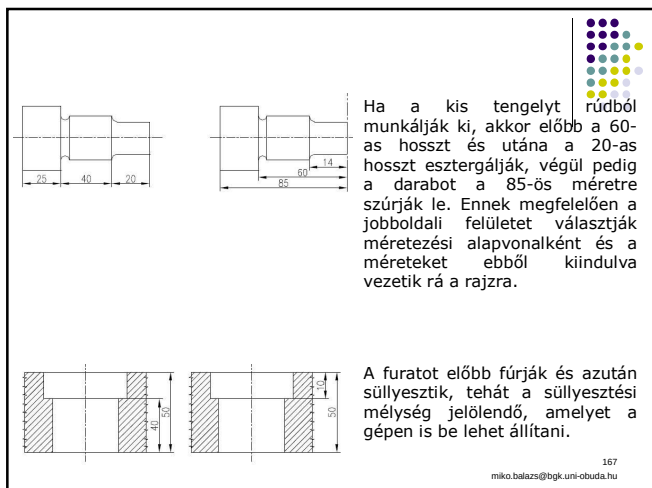
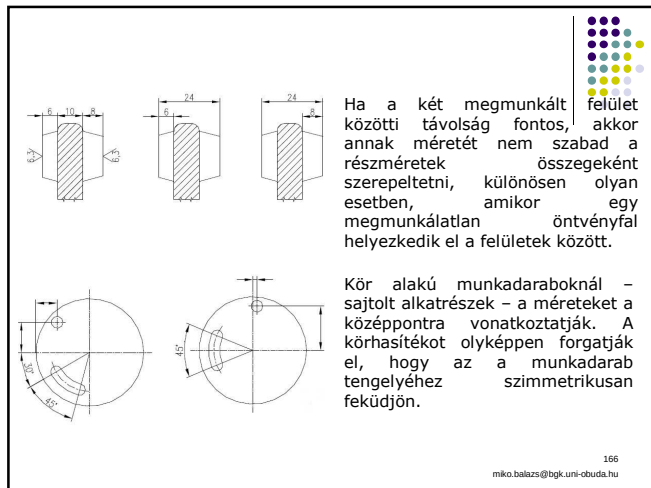
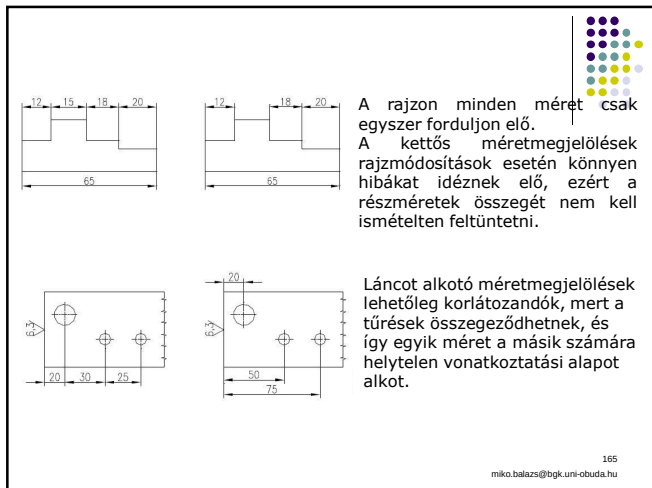
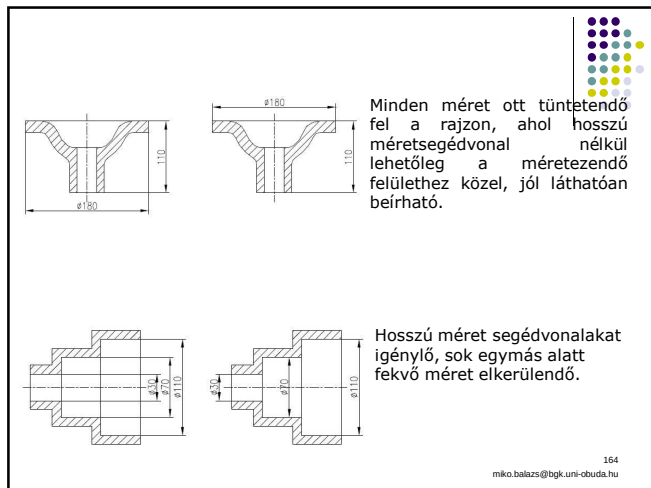
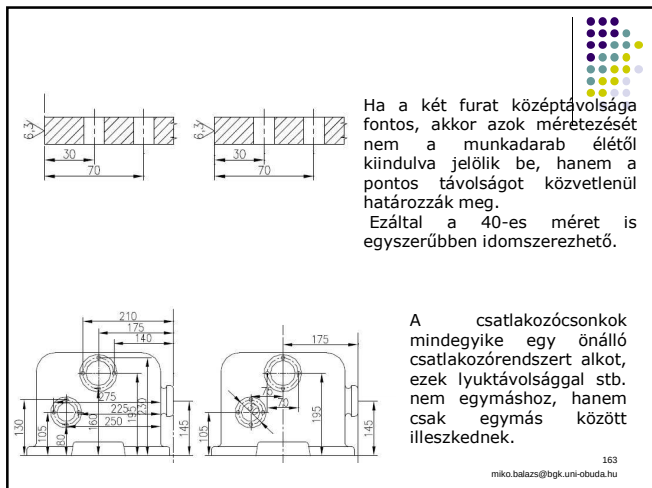


Megmunkálatlan felület méretezési alapfelület céljára alkalmatlan. Ha a 80-as méret – mint az ábrán – tűrésezett, úgy helytelen a megmunkálatlan felületet méretezési alapfelületül választani.



Ha a furatok helyzetének szimmetrikusnak kell lenni, úgy nem a munkadarab élétől kell kiindulni, hanem középtengelyt rajzolva, ennek megfelelően írjuk be a méreteket. Ha ugyanis a 80-as méret nagyon pontatlan, akkor a furatok középtávolsága egyenlő.

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



Fecskefarkú vezetékeknél azonos okokból határozzák meg csak az egyik szélességet, amely mérhető, továbbá a marónál 50 fokra szabványo-sított szöget. Az alsó méret ezután szükségszerűen adódik.

Furatoknak egymásközi helyzetével kapcsolatban három méret nem tartható be.

Az egyik megoldás szerint – baloldalon – csak a vízszintes és a függőleges távolságokat adják meg (különösen akkor, ha a műhelyben a fúrást koordináta-mozgású asztallal ellátott fűrőgépen végzik, mint pl. a helyzetfűrőgép a készülékgyártásnál), vagy a másik megoldás szerint – jobboldalon – csak két méretet, amelyek a helyzet meghatározására elegendők. Ha azonban valamilyen oknál fogva három méretet kell megadni, úgy az egyik méretet tájékoztató méretnek kell minősíteni.

169
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

A munkadarabot két felfogásra kell esztergán megmunkálni; az első felfogásnál kívülről fogják meg, a másodiknál pedig belülről egy tuskére. Ajánlatos a méreteknél olyan értelmű szétválasztása, hogy az első és a második felfogásra vonatkozó méretek elkülönítve jelentkezzenek.

170
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Ha a munkadarabon különböző munkákat végeznek el, mint ebben az esetben az esztergálás és a fúrás, akkor a vonatkozó méretmegjelöléseket is el kell osztani. Ezáltal a rajz az esztergályos és a fúrós számára áttekinthetőbbé válik.

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

3. Forgácsolás

Esztergálás

Többlépcsős tengelyeknél – mint amilyenek pl. a hajtóműgyártásnál fordulnak elő – a legkisebb megengedett átmérőből indulnak ki, amelyet azután takarékosan növelnek a különböző illesztéseknél. Különböző illesztéseknél nem minden esetben szükségesek különböző névleges méretek.

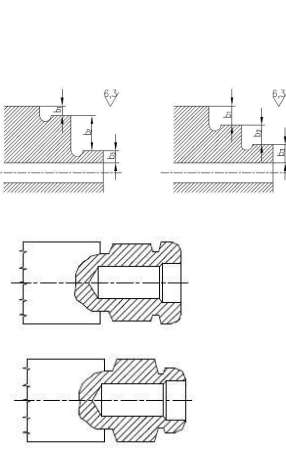
Olyan hosszú orsók teljes hosszban való leesztergálása, amelyeknek középső szakasza nyersen maradhat, gazdaságtalan, különösen ha, a munkadarabok stabilitása gyenge. Ha húzott anyagból indulnak ki, akkor a munkadarabot csak a végeken, tehát közvetlenül a befogásnál kell megmunkálni.

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

Revolveresztergákon és automataesztergákon végzett rúd munkánál, ha a rúd d külső átmérője megmunkálatlan marad, akkor a d_1 lehetőleg nagyra és az l_1 lehetőleg kicsire méretezendő.

Furatok kiesztergálása hosszú szakaszon költséges. Ezért vagy rövid alászúrást képeznek ki, vagy simán befúrnak és a furatba perselyt helyeznek.

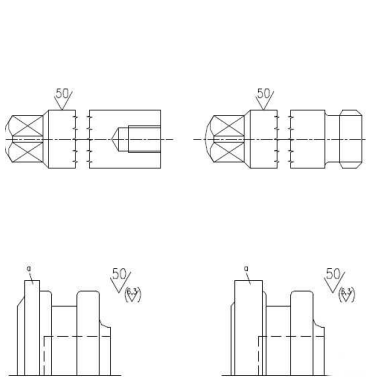
174
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



Revolveresztorgán célszerű a b1, b2, b3 lépcsők síkesztorgálását egyidejűleg végrehajtani. Mivel az esztorgálási időt a legnagyobb szélesség határozza meg, helyes ha a lépcsők lehetőleg egyforma szélesek.

Revolveresztorgákon végzett rúd munkáknál a revolverfej szerszámaival lehetőleg hosszirányú esztorgálást végezzünk. A jobbról bal felé emelkedő külső átmérők lehetővé teszik, hogy a fúrással egyidejűleg a külső átmérőt is esztorgáljuk. A helytelen kivétel a hatszögfejes revolveresztorgák alkalmazásánál széles beszurások esetén különleges szerszámok felhasználását teheti szükségessé.

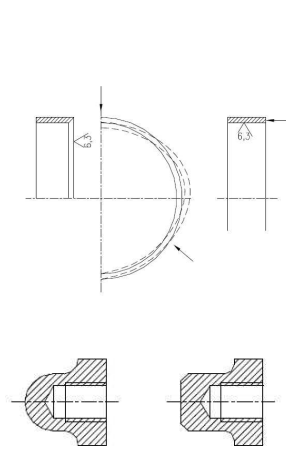
175
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



A hosszú orsó jobb oldali végén belsőmenetes furat van. Ezért az orsó nem fogható fel a csúcsok közé. Ha a belső menet helyett külső menetet választunk, akkor ezek a nehézségek megszüntethetők.

Egy munkadarab, amelynek pereme vékony, a-nál, csak bizonytalanul fogható be a hárompofás tokmányba, tehát nem lehet erősebb forgácsokat leválasztani.

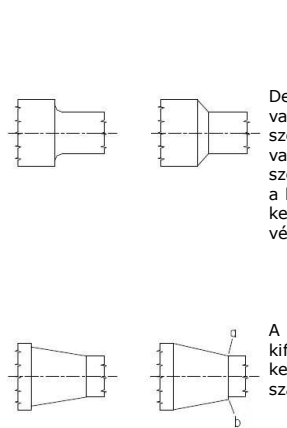
176
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



Ha vékonyfalú üreges testek külső felületét és homloklapját is esztorgálni kell, akkor azokat tokmányba fogják, miáltal az elhúzóds veszélye lép fel. Ha a homloklap megmunkálatlan maradhat, akkor a munkadarab a homloklapra ható szorítóvasakkal fogható fel anélkül, hogy elhúzódná.

Alakkések előállítására és karbantartása olcsóbb, ha a munkadarabok egyszerű, lehetőleg egyenes vonalú alakokkal rendelkeznek.

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

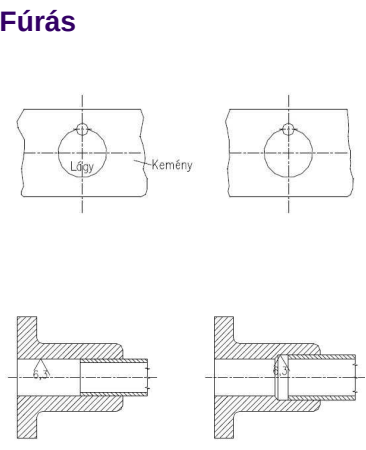


Derékszögű lépcsővel ellátott tengelynél vagy a tengelyt kell kedvezőtlenül dolgozó szerszámmal ($\kappa=90$ fok) megmunkálni, vagy az utánszuráshoz kell második szerszámot használni. 45 fokos lépcsőnél a kézmunkálás külön beszurókes nélkül kedvezően dolgozó esztorgakéssel végezhető el.

A kúpesztorgálás könnyebb, ha a kés kifuthat; még helyesebb, ha a vágási kezdés nem olyan, mint a-nál, hanem szabadon fekszik, mint b-nél.

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

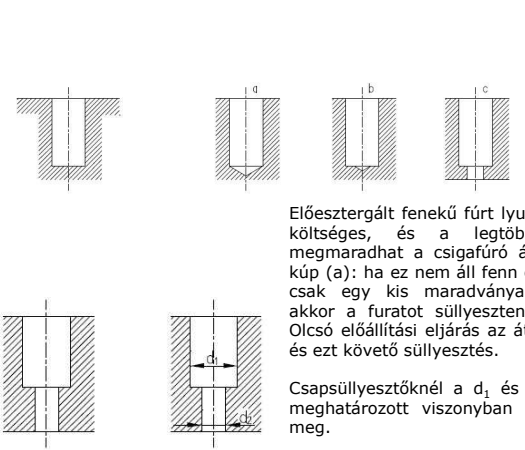
Fúrás



Ha két különböző keménységű anyagok kell csapolással rögzíteni, akkor fennáll annak a veszélye, hogy a csaplyuk fúrásánál a fúró elfut. Ezért ez a rögzítési mód csak megközelítően azonos keménységű anyagoknál alkalmazható.

Ha besajtoláshoz csak a furat rövid szakasza szükséges, akkor a teljes furatot nem kell mindig feldörzsölni. Természetesen fontos, hogy a dörzsárnak elegendő kifutása legyen.

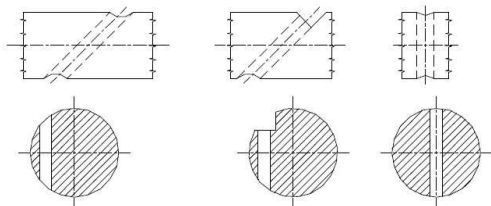
179
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



Előesztorgált fenekű fúrt lyuk előállítására költséges, és a legtöbb esetben megmaradhat a csigafúró által képzett kúp (a): ha ez nem áll fenn és a kúpnak csak egy kis maradványa maradhat, akkor a furatot süllyeszteni kell (b). Olcsó előállítású eljárás az átmenő fúrás és ezt követő süllyesztés.

Csaplyüesztőknél a d_1 és d_2 átmérők meghatározott viszonyban állapítandók meg.

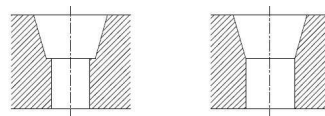
180
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



Ferde helyzetű fúrási kezdetnél mindenkor fennáll a veszély, hogy a fúró „elmászik”, vagy letörik. Ezért a felületet előzetesen süllyesztetni kell, vagy pedig – még helyesebben – a furatot kell a tengely középvonalára merőlegesen elhelyezni.

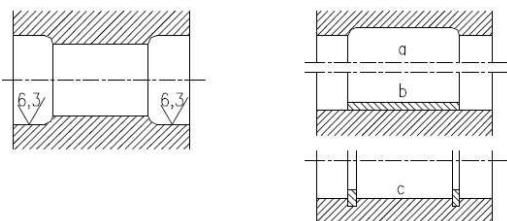
Furatok, amelyek egy hengerpalást oldalán futnak ki, ugyancsak süllyesztendők vagy pedig középpontosan helyezendők el.

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



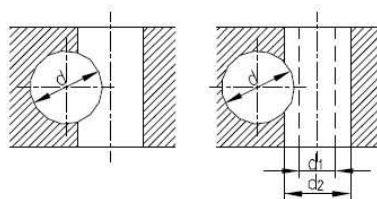
Kúpsüllyesztőknek kifarúási lehetőséget kell biztosítani. Különleges süllyesztőt, amelyet e süllyesztéshez külön készítenek el, élezní kell, amikor is a szerszám átmérője csökken, és a kívánt méret már nem érhető el, ha a furatlépcső miatt a süllyesztő nem hatolhat mélyebben a munkadarabba.

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



Rövid furatok, amelyeket dörzsölni kell – amint ez pl. a hajtóműgyártásban a gördülőcsapágyakkal kapcsolatban gyakran előfordul – úgy képzendők ki, hogy a szerszám kifuthasson (mint a-nál), mivel a dörzsár életterése miatt nem lehet azzal egészen a vállig dolgozni. Ha a csapágak közötti távolságot rögzíteni kell, akkor perselyt lehet beépíteni (mint b-nél), vagy pedig Seeger-gyűrűk szerelhetők be (mint c-nél).

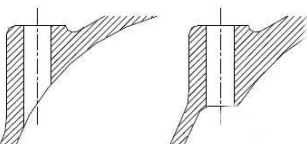
183
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



Ha két furat metszi egymást, akkor a második furat fúrásánál a fúró elfutásra hajlamos. Ezért a két furat távolságát célszerű úgy meghatározni, hogy előbb a d átmérőjű furat készre fúrják, utána a másik furatot előbb d_1 -re előfúrják, majd ezt követően d_2 -re süllyesztik.

Ha a két furat közötti tengelytávolság túlságosan kicsi, mint a baloldali képen, akkor a műhely a d furatba tuskét helyez el, tehát azt ismét tömörre teszi, mielőtt a d_2 furatot fúrja.

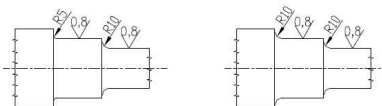
184
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



A csigafúró ferde kifarúása mindenkor veszélyes, és annak elfutását eredményezheti. Tehát nemcsak a jó fúrás-kezdésről hanem a jó kifarúásról is gondoskodni kell.

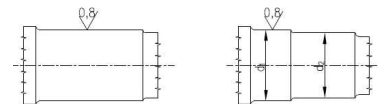
185
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Köszörülés

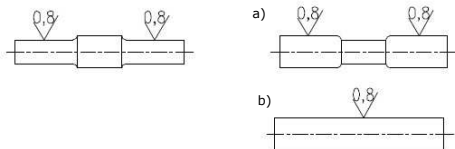


Többlépcsős munkadarabok esetében a saroklekerekítések sugara mindenkor azonos legyen, mert egyébként a köszörűkorongokat mindenkor cserélni kell, vagy ismételtlen a megfelelő saroksugarra szabályozni.

Ha valamely átmérőlépcső hosszának csak egyik szakaszát kell illesztésre köszörűlni, akkor ezt a rajzon meg kell jelölni, mert egyébként a műhely a teljes hosszat köszörűli.

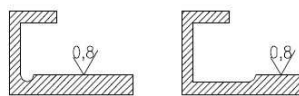


miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



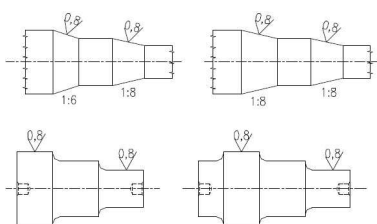
A munkadarab közepén elhelyezett támasztógallér szükségessé teszi, hogy a darabot központosítsák és csúcsok között fogják fel. Ha az orsót a) szerint képezik ki (és a távolság-meghatározásra osztott perselyt alkalmaznak), akkor az orsók csúcsnélküli eljárással köszörülhetők. Ebben az esetben még olcsóbb megoldás a b) szerinti, ehhez ugyan több köszörülési munka szükséges, azonban tömeggyártásnál e célra hűzött anyag használható.

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



Fedett helyzetű felületek köszörülése nehéz, mert a fezők- vagy szegmenstárcsák meglehetősen magasak, és védőköpennyel vannak körülvéve. Ezért a felületet vízszintes orsójú gépen, kis átmérőjű csiszolókoronggal kellene köszörülni, ami az eljárást megdrágítja.

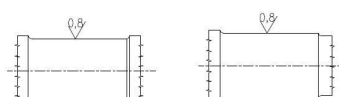
188
miko.balazs@btk.uni-obuda.hu



Ha egy tengelyen több kúpot kell köszörülni, akkor mindig azonos emelkedést kell választani. Ellenkező esetben a köszörűgép asztalát minden alkalommal át kell állítani.

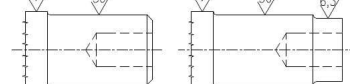
A munkadarab végein elhelyezett két köszörülési felület kedvezőtlen, mert a csúcsok közötti felfogásnál a menesztőt az egyik köszörülendő felületre kell felerősíteni. Ha a munkadarab egyik végén olyan szakasz van, amelyet nem kell köszörülni, akkor az ismételt átfogás megtakarítható. Ha a köszörülendő felület nem helyezhető át, akkor a műhely szempontjából gazdaságosabb lehet a munkadarab egyik végén egy ráhagyott részt meghagyni, amelyet a köszörülés után leszúrnak.

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

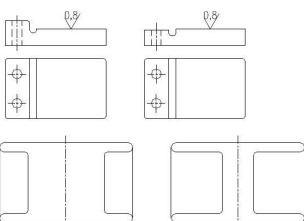


Két oldalon határolt csapágyhelyek köszörülése lehetséges, azonban költségesebb, mint olyan csapágyhelyeké, amelyek csak egyik oldalon határoltak, tehát a csiszolókorong egy vagy két irányban kifuthat.

Ha a köszörülendő tengely egyik végén mélyebb furat van, akkor köszörüléshez központosító sapkát kell felerősíteni, hogy a munkadarab csúcsok között felfogható legyen. Ebben az esetben azonban nem elégséges a külső átmérőt nagyolni, hanem azt pontos központossággal kell köszörülni.



190
miko.balazs@btk.uni-obuda.hu

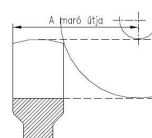


Magasabb fekvő felületek akadályozzák a síkköszörülést. Ha a köszörületlenül maradó felület mélyebben fekszik, akkor a munkadarab körasztalos is megköszörülhet.

Túláságosan nagy felületeket kimélyítenek, hogy a felesleges köszörülési költségek elkerülhetők legyenek. Fontos követelmény azonban még az is, hogy a megmaradó köszörülendő felületek a köszörűkorongot lehetőleg egyenletesen vegyék igénybe. Helytelenül kivitelezett alaknál a felület egyenlőtlen lesz, mert a csiszolókorong a középső részen a nagyobb ellenállás következtében jobban elnyomódik, a végeken viszont mélyebben hatol be.

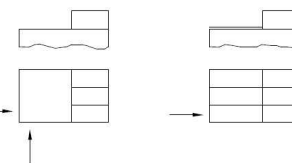
191
miko.balazs@btk.uni-obuda.hu

Marás



A villa egyenes vonalú feneke miatt hosszú kifutás szükséges, és ezért a marónak hosszú pályát kell befutni. Ha a feneket – a marókerületnek megfelelően – ívelt alakban képezik ki, akkor a marónak lényegesen rövidebb beszűrő mozgást kell végeznie.

A lépcsővel ellátott síkfelületet kétirányú marással kell megmunkálni és akkor könnyen kisebb kúszók keletkezhetnek. Ha már eredetileg kisebb kiemelkedő részt engedélyeznek, akkor az egyik műveletet meg lehet takarítani.



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

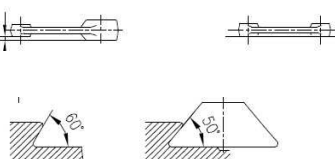


Ívelt és alakos felületeket hátraesztergált alakmarókkal kell megmunkálni. Ezek előállítására költségesebb és teljesítményük kisebb a helyes fogazású marókénál. Egyenes felületek marására viszont nagyteljesítményű marók használhatók.



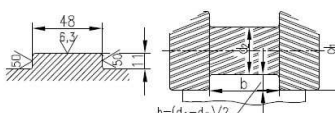
Egyenes fenekű villa homlokmaróval marható.

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



Valamennyi marási felület azonos magasságban fekvődjön. Ezáltal könnyebb a befogás és a marás.

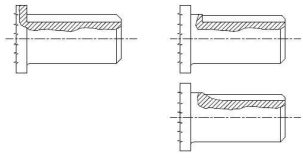
Fecskefarkalakú vezetékhez 50 fokos szöghomlokmarót szabványosítottak.



Ha lépcsős felületet csoportmaróval kell megmunkálni, akkor ügyeljünk arra, hogy a magassági különbség a normál maróátmérőknek, a szélesség a marószélességnek feleljen meg.

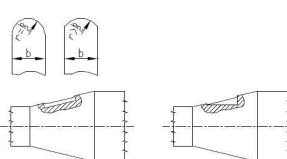
194
miko.balazs@btkg.uni-obuda.hu

Vállig nyúló horony, csak nehezen marható: helyesebb, ha a horony már a váll előtt kifut. Mindkét kivitelnél azonban ujjmaróval kell dolgozni. Olcsóbb megoldás, ha a kifutás kör alakú, mert akkor palástmaró használható.



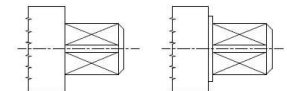
Fenekfelület csak nagy palástmaróval marható, ebben az esetben azonban nincs elegendő kifutási lehetőség. Ezek szerint csak az a nem gazdaságos lehetőség marad fenn, hogy a felületeket egy kis homlokmaróval munkáljuk meg, hacsak nem szerkesztjük át a munkadarabot.

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



A lekerekítéseket nem szabad úgy meghatározni, hogy $r = b/2$ legyen, ebben az esetben ugyanis tiszta felület alig érhető el: a lekerekítés helyesen $r > b/2$.

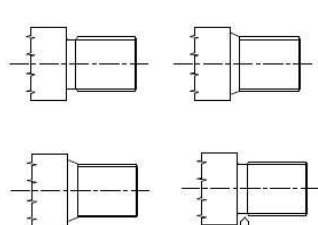
A gépbeállítási költségek kisebbek, ha a horony fenéke a munkadarab tengelyével párhuzamosan helyezkedik el.



Négyszögek marásánál feltétlenül munkalépcsőt kell biztosítani. Ez esetben a homlokfelületet előzetesen kész méretre esztergálhatjuk.

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

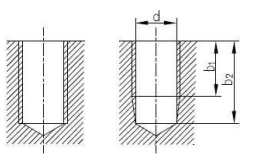
Menet



Rövid menetek marásánál – a menethengerléséhez hasonlóan – nincs szükség alászurásra. Ezáltal sok munka takarítható meg és a szilárdság is javul.

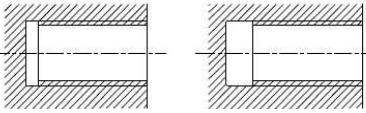
Az esztergakéssel vágott menetnél viszont alászurás szükséges, hogy a szerszám kifuthasson. Ugyanez vonatkozik egymenetű alakmaróval készített hosszú menetek marására is.

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



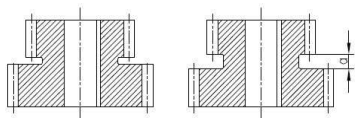
A menetfúrókat élettöréssel készítik. Helytelen ezért a menetet gondolkodás nélkül a furat fenekéig megrajzolni, hanem csak olyan hosszon kell ábrázolni, amely a tényleges igényeknek megfelel, ügyelve a kellő hosszúságú élettörésre ($b_1 - b_2 \approx d$).

Ha a vágódo belső meneteknél alászurást írnak elő, az ne legyen túlságosan rövid, mert így nem éri el a célját.

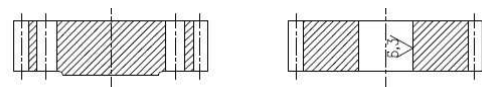


198
miko.balazs@btkg.uni-obuda.hu

Fogazát



Ha a homlokfogaskereket lefejtő eljárással munkálják meg, akkor biztosítani kell a szerszám kifutását. A legkisebb a távolság – amely tömbkereknél fontos – lefejtő vésésnél $a \approx 5 \text{ mm}$.

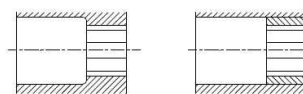


Ha pontos fogazásokat akarunk elérni, úgy elsősorban jól központosan kell felfognunk a munkadarabokat. Peremfuratok túlságosan rövid központosító lépcsővel erre nem felelnek meg. A leghelyesebb kiinduló felületként központos helyzetű furatot választani.

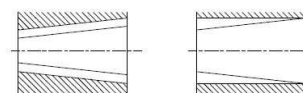
199

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Üregelés



Hosszú lépcsős furatok, amelyeknek csak egy szakaszát kell üregelni, kedvezőtlenek az üregelési művelet szempontjából. Ilyen esetben üregelt persely besajtolása célszerűbb.



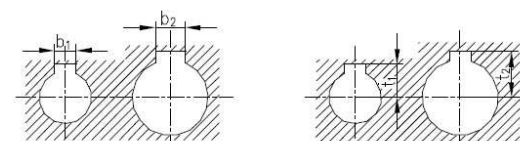
Ha kúpos furatban két hornyot kell üregeléssel kialakítani, célszerű azokat a tengellyel párhuzamosan kiképezni, mert akkor mindkét horny üregelése egy húzásra végezhető el. Helytelen kivételként két húzás szükséges.

200

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



A munkadarab megtámasztására az üregelésnél a furatra mérőleges helyzetű felületre van szükség, egyébként különleges befogókészülék szükséges.



Különböző szélességű hornyok üregeléséhez különböző üregelőtüskék szükségesek. Különböző t mélységű hornyok viszont ugyanazzal a tüskével üregelhetők. Ezáltal a sorozatgyártásnál jelentős szerszámköltségek takaríthatók meg.

201

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



Ha az üregelőtüskét a vágóérv egyoldalúan terheli, akkor a szerszám könnyen elmozdít.

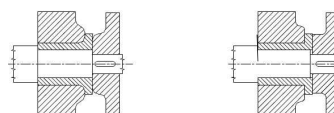
202

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

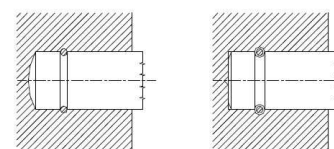
4. Illesztés és szerelés

Illesztés

Illeszkedést csak szükség esetén írjunk elő.



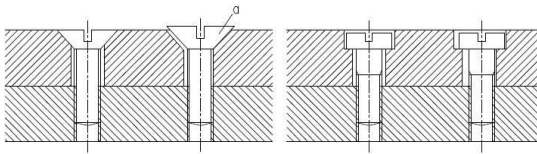
Általában nem szükséges a felékelt részt a tengely gallérján és a perselyen egyaránt felfektetni, hanem csak azok egyikén.



A nyomóorsó domború fejével támaszkodik a furat fenekének. Az orsó biztosítására két csap szolgál, hogy az, bár forgatható legyen, de azért nem legyen kihúzható. Következésképpen a csapok bőséges játékkal készíthetők az orsó hornyához viszonyítva.

204

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



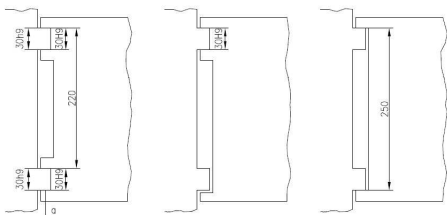
Ha süllyesztett fejű csavaroknál a furattávolságot nem tartják be, akkor az a csavarnál a kúp csak egyoldalúan fektethet fel, és a csavar megfeszül. A csavar feje túlnyúlik az alkatrész felületén, holott az volt a cél, hogy a csavar az alkatrész felületével egy szintet alkosson. Ilyen esetekben a hengeres fejű csavarok alkalmazása célszerűbb, mert lyuk távolságok tűrései nagyobbakra vehetők, és a süllyesztést a csavarfej magasságánál nagyobb mélységre képezik ki.

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



A lépcsős orsó egyidejűleg a fenéken és a gallérján nem fektethető fel, mert így a feladat túlhatározott; tehát már eredetileg is csak az egyik megoldást szabad előírni.

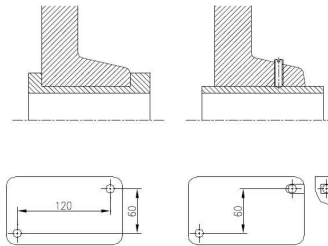
206
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



Ha a csuklós fedelet a baloldali rajz szerint készítik, akkor tűréseket kell betartani a keret két csuklópántjánál, a fedélnél, valamint a két csuklópánt egymás közötti távolságánál. Ha ezen kívül a fedélnek még **a**-nál is fel kell feküdnie, akkor ez további szűk tűrést igényel a furat távolságával kapcsolatban.

A helyes kiviteleknek csak az egyik csuklópántot kell szűken tűrésezni, vagy a 250-es távolságnak kell illeszkednie.

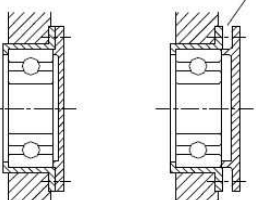
207
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



A kétrészes csapágyaknál a gallértávolság a házban és a perselyen szűk tűréseket igényel, hogy a persely el ne tolódjék. Egy egyszerű hernyócsavarral rögzített sima persely vagy csavar nélkül csak egyszerűen besajtolva, ugyanazt a célt gyakran olcsóbban éri el.

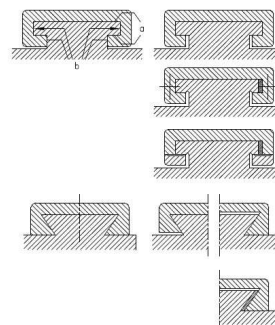
Ha valamely lemez központi helyzetét két csappon biztosítják, akkor helye, ha a lemezt a házzal együtt fúrják. Ha cserélhető alkatrészeket gyártanak, akkor a 120-as és 60-as furattávolságokat igen szűk tűrésekkel kell meghatározni. Ez a tűrés az egyik távolságra vonatkozólag elkerülhető a csap felvételére; a csapot lelapítják, hogy jobban felfeküdjön.

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



Golyóscsapágyat tengelyirányú elmozdulás ellen biztosítani egyszerűbben és biztosabban lehet, ha a fedél nem fekszik fel **a**-nál.

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

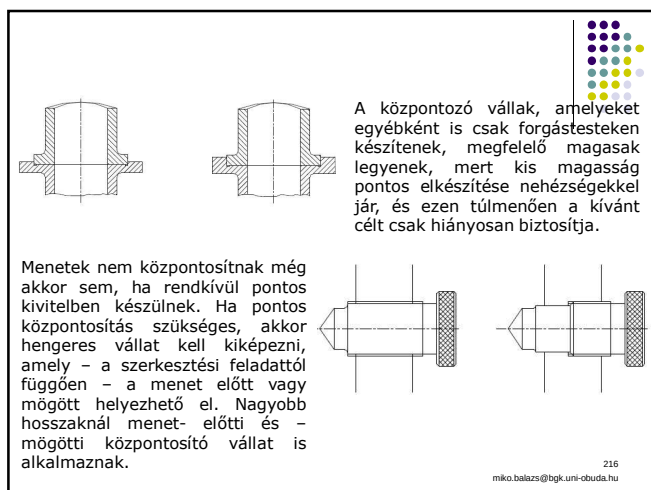
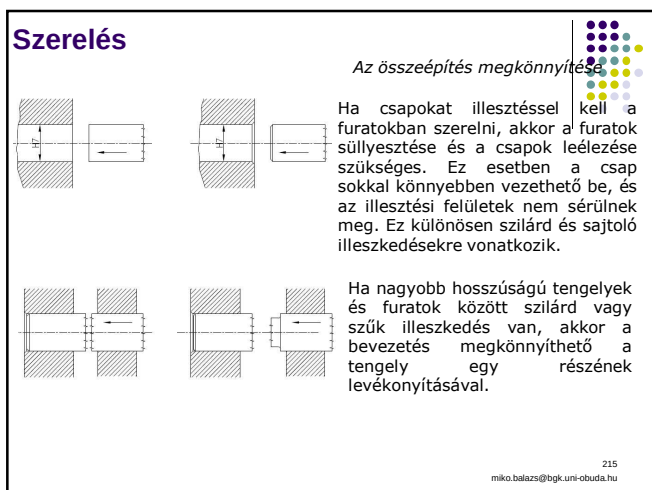
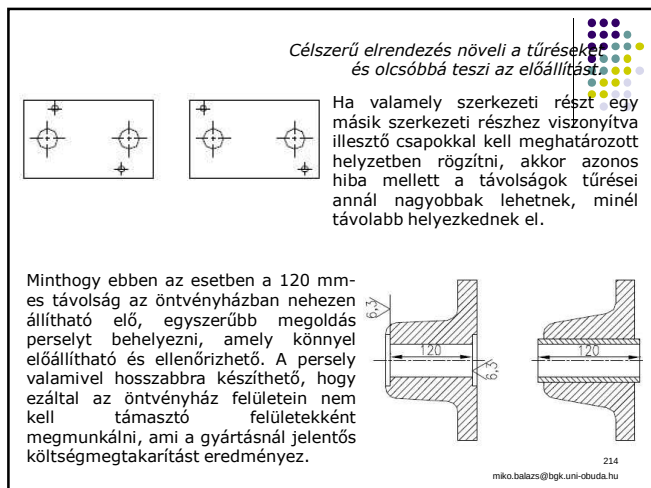
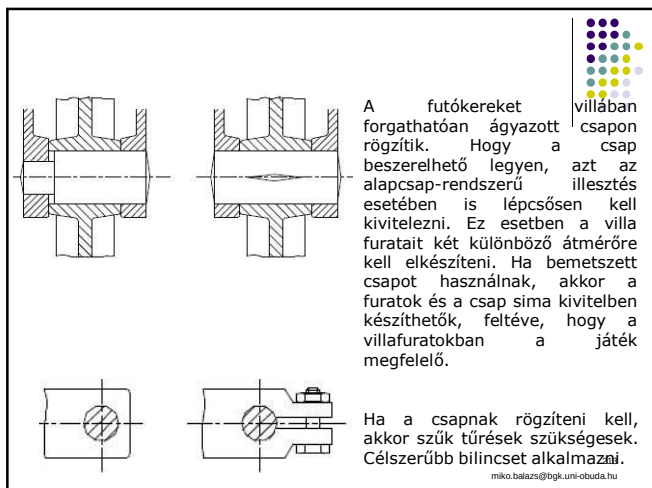
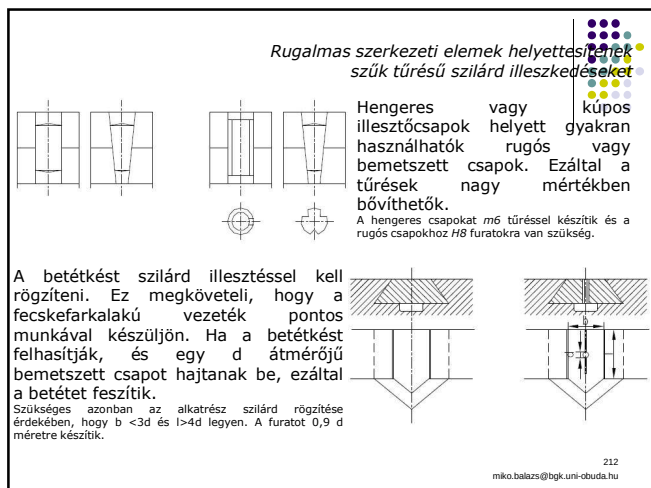
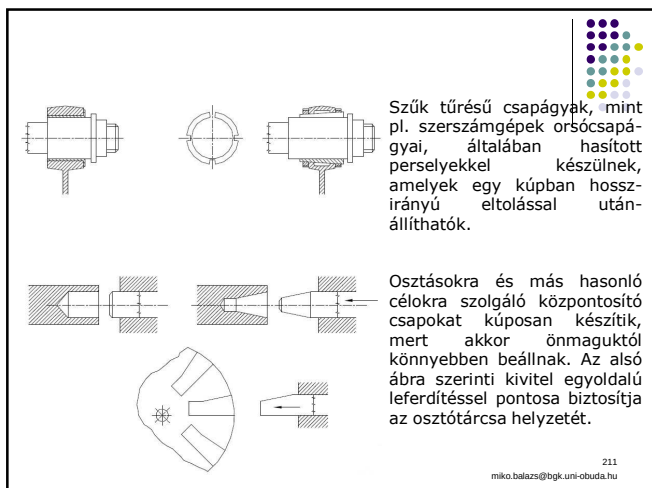


Szűk tűréseket utánállítással kerüljük el.

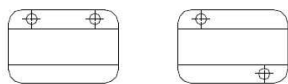
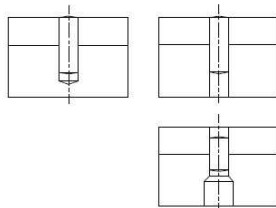
Helytelen szerkesztésű lapos vezetéknek, a és b helyeken fel kell feküdnie. Ez a gyakorlatban nem vihető keresztül. Az egyik b felfekvés mellőzhető. Célszerűbb azonban utánállító léceket használni; ezeknek további előnye, hogy a kopások kiegyenlítését is lehetővé teszik.

A baloldali fecskefarkalakú vezeték is túlhatározott, mert csak az egyik vízszintes felületen szabad felfeküdnie. Ebben az esetben is célszerű betétlécek alkalmazása.

210
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



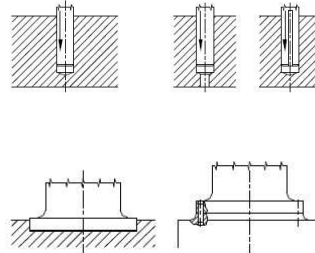
Ha központosítás céljaira illesztőcsapokat használnak, akkor ügyelni kell arra, hogy a csapok behelyezése és kiütése végrehajtható legyen. Zsákfuratoknál a csapot csak a felső rész leszerelése után lehet kihúzni. Célszerű ezért a furatokat egy nagyobb furatig továbbvinni.



Több illesztőcsap alkalmazásánál a köztávolság lehetőleg nagy legyen. Minél nagyobb a távolság, annál pontosabban biztosítható – azonos tűrés mellett – a munkadarab helyzete.

217

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

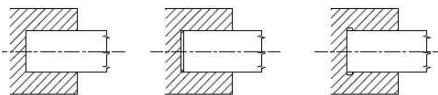


Csapok zsákfuratokba történő beszerelésekor gyakran keletkeznek légpárnák, különösen ha a csapokat beszírozták. Hogy a csapok benyomhatók legyenek, a furat végén egy kis légfuratot kell létesíteni, vagy – ha ez nem lehetséges – a csapot kis horonnyal kell elkészíteni.

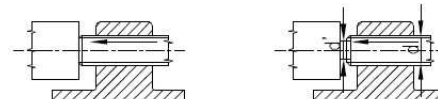
Az illeszkedési mélyedéseket pontosan kell esztergálni, vagy fúrni. Derékszögű alapfelületű alkatrészeknél az illeszkedő felületek ilyen megmunkálása rendkívül költséges, sőt esetleg olyan nagy költségeket okozhat, hogy gyakorlatilag nem kivitelezhető. Ilyen esetekben mindig illesztőcsapokat kell alkalmazni, amelyekkel ugyanaz az eredmény sokkal könnyebben érhető el.

218

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



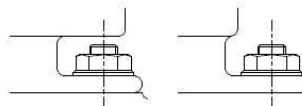
Zsákfuratok fenékrészeinek pontos megmunkálása nehézségekbe ütközik. Ezért ne is írjuk elő, hogy egy alkatrész pontosan sarokig bevezethető legyen. A furatokat ezért beszúrással készítik, vagy a beszerelendő alkatrész élét letörlik.



Nyomócsavaroknál a menetnek sohasem szabad a nyomófelületig érnie, mert különben annyira elnyomódik, hogy a csavart már nem lehet kicsavarni. A levékonyított rész d' átmérője kisebb legyen, mint a csavar d magátmérője.

219

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

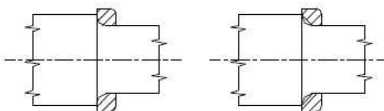


A csavarok mindig könnyen hozzáférhetők legyenek, és azokat úgy kell elhelyezni, hogy közönséges csavarkulccsal meghúzhatók legyenek.

220

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

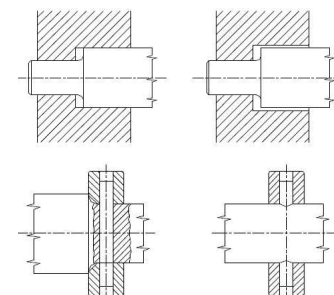
Túlhatározás – felesleges illesztési munka elkerülése



Az olyan tengelyeket, amelyeket nagyobb szilárdsági követelmények kielégítésére készítenek, fokozatos átmenetű lépcsőkkel állítják elő. E lekerekítéseket nem lehet egy ütköződarabba vagy állítógyűrűbe pontosan beesztergálni és mivel a felületek nem illeszkedhetnek egymáshoz pontosan, elégséges, ha a gyűrű felfekvő felületét csak ferdén letörlik.

221

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

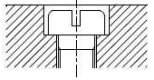
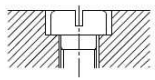


Lépcsős csap vagy lépcsős tengely csak egyik átmérőjén fekdjön fel.

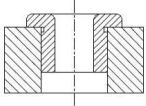
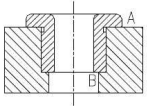
A csap nemcsak forgónyomatékot visz át, hanem a tárcsát tengelyirányban is rögzíti a tengelyen. Felesleges tehát a peremen való felfekvés, és gyakorlatilag nem is valósulhat meg, mert a könnyebb összeszerelés érdekében nagyobb tűrést – játékot – kell előírni.

222

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



Ha a csavarfejnek nem szabad túlnyúlnia, akkor helyesebb a furatot már eredetileg mélyebbre sülyeszteni.

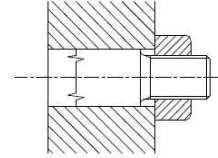
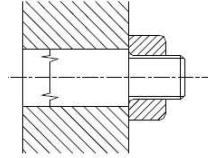


A fúróhüvely nem fekdühet fel A-nál és B-nél. Ezenkívül a lépcsős furat előállítása költségesebb, mint a simáé. Ezért a fúróhüvelyt csak a peremén fektetik fel.



223

miko.balasz@bgi.uni-obuda.hu

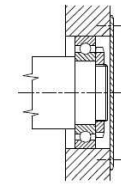
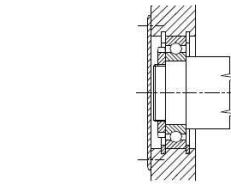
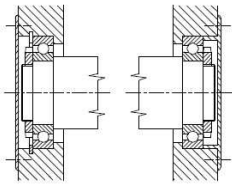


A menet előállításánál egy kifutó rész alakul ki. Azonban olyan esetben is, ha a menetet a vállig hengerlik, helyesebb azt hosszabbra készíteni, hogy a csavaranya könnyen felhúzható legyen.



224

miko.balasz@bgi.uni-obuda.hu

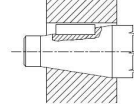
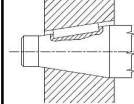


A tengely üzem közben felmelegszik. Ha a gördülőcsapágyakat mindkét oldalon tengelyirányban rögzítik, akkor könnyen megszorulhatnak. Azonkívül költséges műveletek szükségesek a tengely és a ház pontos köztávolságainak kialakításához. Ezért a két csapágó közül az egyik sima furatban fekdüdjék, hogy azt tengelyirányban ne kelljen illeszteni, és a tengely szabadon távolhasson.

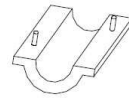
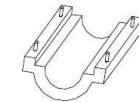


225

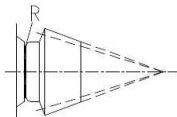
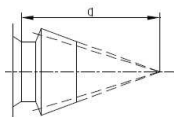
miko.balasz@bgi.uni-obuda.hu



Csapágycsészék helyzet rögzítésére horony és csapok egyidejű használata felesleges. Mivel a hornyok csak a keresztirányú helyzetet biztosítják, célszerűbb csapok alkalmazása, amelyek mind hossz-, mind keresztirányban rögzítenek.



miko.balasz@bgi.uni-obuda.hu

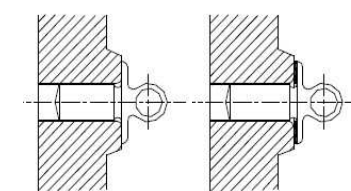


A kúpos fogaskerekek felfekvőfelülete és középtengelyeinek metszési pontja közötti a távolságnak pontosnak kell lennie, viszont ez a gyártásnál nehezen valósítható meg. R betétgyűrűk alkalmazásával a gyártás lényegesen könnyebb. A szerelőműhelynek különböző vastagságú gyűrűket bocsátanak rendelkezésre, amelyekből a szükségeseket a munkadarabok tényleges méretei alapján választják ki.



227

miko.balasz@bgi.uni-obuda.hu

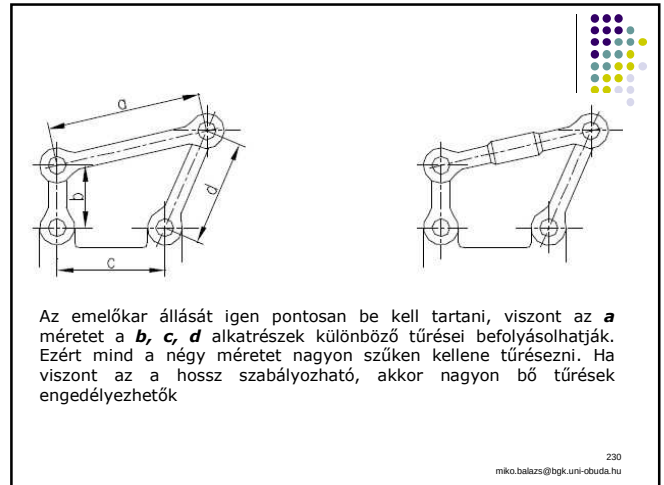
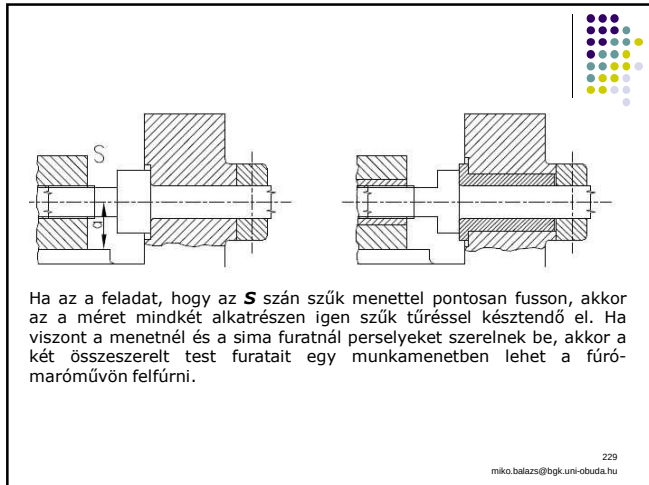


Ha a szemescsavarok becsavarása után előre meghatározott helyzetben kell lennie, akkor a menetet igen pontosan kell rávágni. Ez nagy nehézségekkel jár. Sokkal egyszerűbb egy R betétgyűrűt beszerezni, amelyet különböző vastagságokban bocsátanak a szerelőműhely rendelkezésére.



228

miko.balasz@bgi.uni-obuda.hu



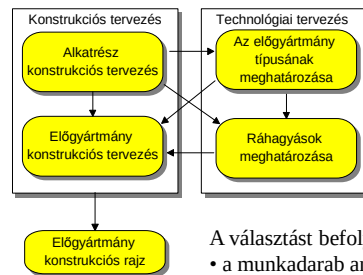
Venni vagy gyártani

Meghatározó tényezők:

- Műszaki lehetőségek
- Gyártórendszer terhelés
- Határidő
- Költség
- Az alkatrész jellege

231
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Előgyártmány választás



Meghatározandó:

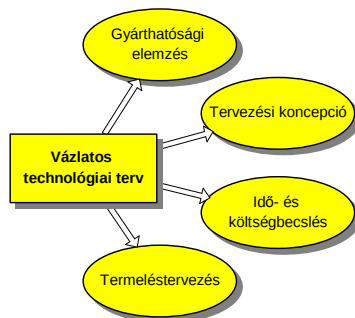
- az előgyártmány gyártási technológiája,
- az előgyártmány anyaga.

A választást befolyásoló tényezők:

- a munkadarab anyaga, geometriája, mérete, tömege
- a rendelkezésre álló gyártási technológiák
- határidő
- darabszám

232
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

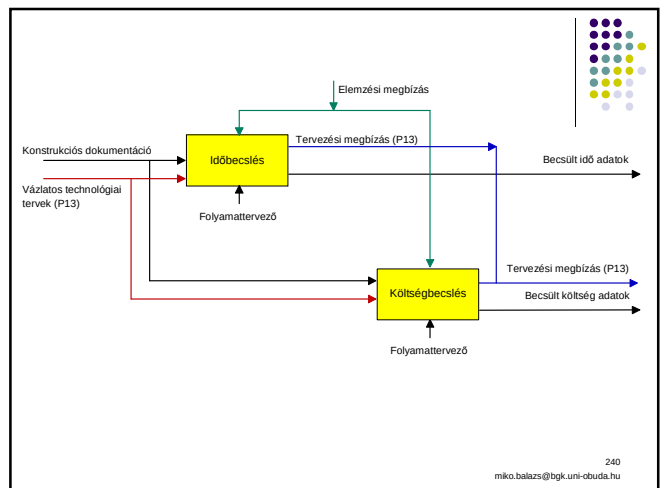
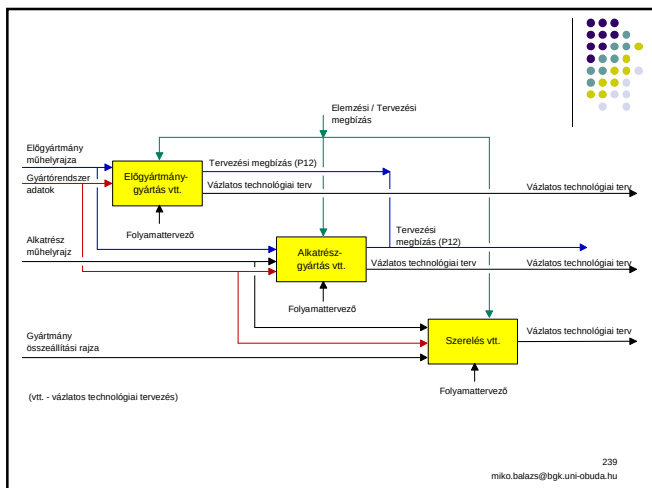
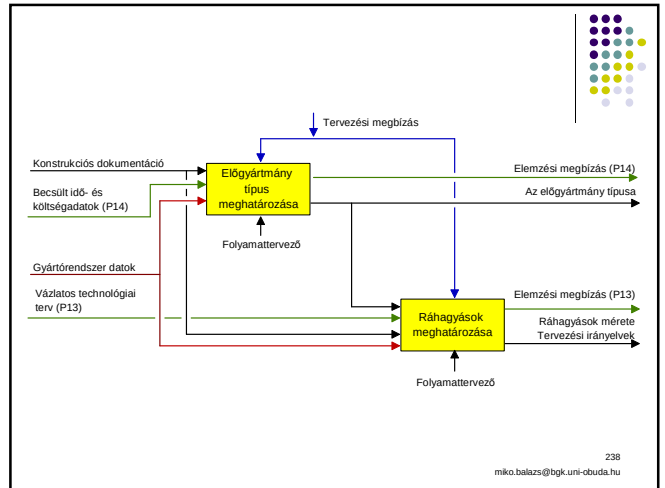
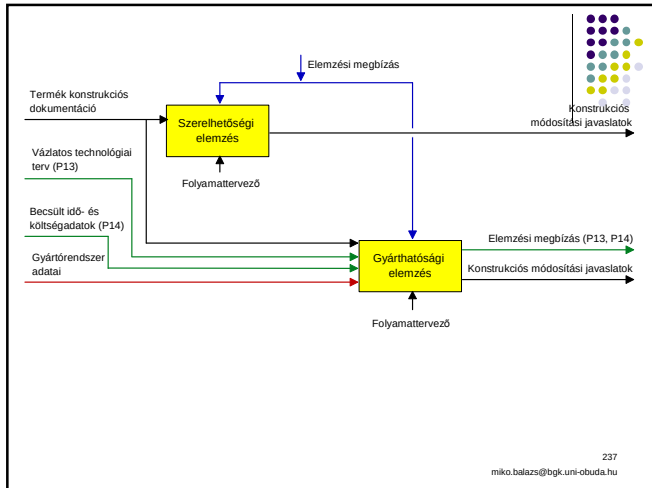
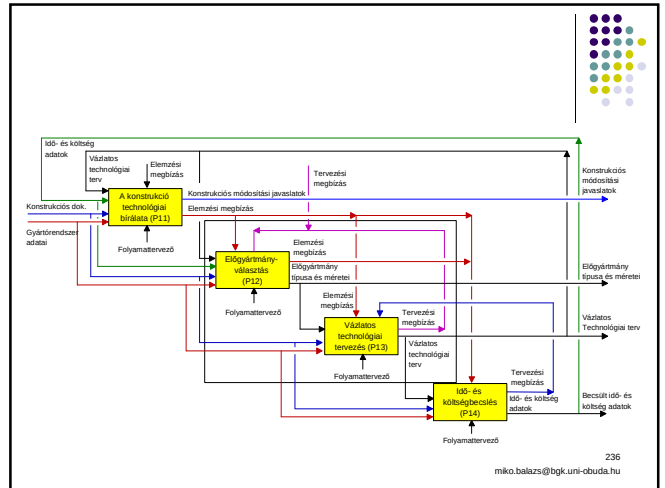
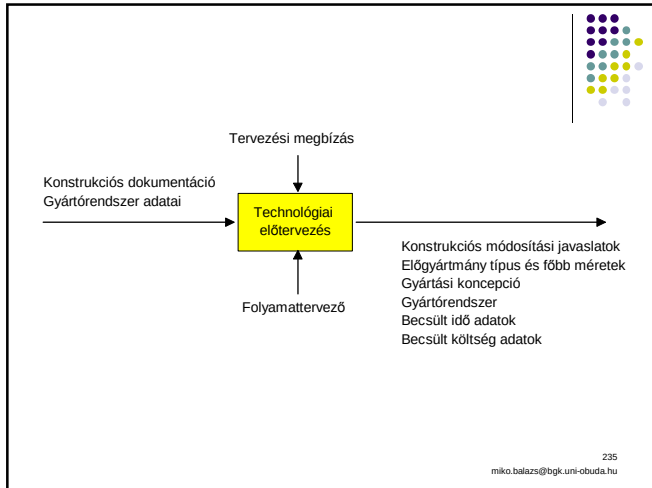
Vázlatos technológiai terv készítése



233
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

A technológiai előtervezés SADT diagrammja

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





Óbudai Egyetem
Bányászati és Biztonságtudományi Intézet
Anyagtudományi és Gyártástechnológiai Intézet

Technológiai tervezés automatizálása

E05

Előgyártmány választás

Dr. Mikó Balázs

miko.balazs@bgtk.uni-obuda.hu



Az előgyártmány választás lépései



- Az előgyártmány típusának meghatározása
- A ráhagyások meghatározása
- Több lehetséges megoldás esetén az optimális előgyártmány kiválasztása
- Az előgyártmány műhelyrajzának elkészítése

242
miko.balazs@bgtk.uni-obuda.hu

Előgyártmány típusok



- Hengerelt
- Húzott
- Kovácsolt
- Öntött

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

Hengerelt előgyártmány



Termelékeny, ezért olcsó előgyártási eljárás.



Célszerű választani, ha:

- kevés a forgácsleválasztás,
- kicsi a darabszám

Méret meghatározása:

Az alkatrész *legnagyobb* méretére számítjuk a szükséges ráhagyásokat, majd *felfelé* kerekítünk.

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

Megnevezés	Szabványszám MSZ	Szelvény jellemző méret(ek)	Mérethatárok
Hengerelt köracél	4337		$\varnothing 7-180$
Hengerelt négyzetacél	4341		$6-60$
Hengerelt laposacél	4342		$5 \times 10-50 \times 140$
Hengerelt hatszögacél	5725		$10-48$
Négyzetleges tűbbugák	357		$65-300$
Lapos tűbbugák	358		$50 \times 200-360 \times 500$
Négyzetes bugák sima felülettel	359		$50-180$
Finolemezt	23		$0.20-2.75$
Középlemezt	322		$3-7.5$
Durvalemezt	21		$8-100$

5.4. táblázat Hengerelt áruk fajtái

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

Hidegen húzott rudak



Alkalmazás:

- ha a külső felületet nem kell megmunkálni.

Méretpontosság: h_{10}, h_9, h_8
Felületi érdesség: $R_a=12.5$

Méret meghatározása:

Az alkatrész *legnagyobb* mérete.

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

Megmunkálás	Szabványszám	Szelvény	Méretehatárok
Húzott acél	4379		1÷80
Húzott hatszögacél	4376		4÷46
Húzott köszörült kerecacél	4370		1÷100
Húzott négyzetacél	4374		3÷50

5.6. táblázat Hidegen húzott rudak típusai

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

Kovácsolt előgyártmányok

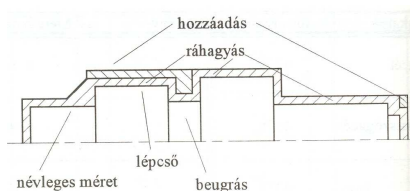
Kedvező mechanikai tulajdonságok.

- Szabadalakító kovácsolás
- Süllyesztékes kovácsolás
- Süllyesztékes kovácsolás vízszintes kovácsológépen
- Finomkovácsolás

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

Szabadalakító kovácsolás

- Nehézkés
- Pontatlan
- Korlátlan súly és méret
- Csak egyszerűbb alkatrészeknél alkalmazható
- Kis darabszámnál is gazdaságos



5.7. ábra Hozzáadások

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



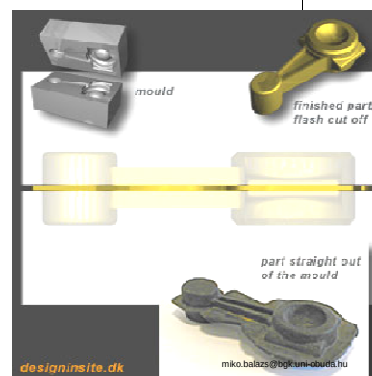
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



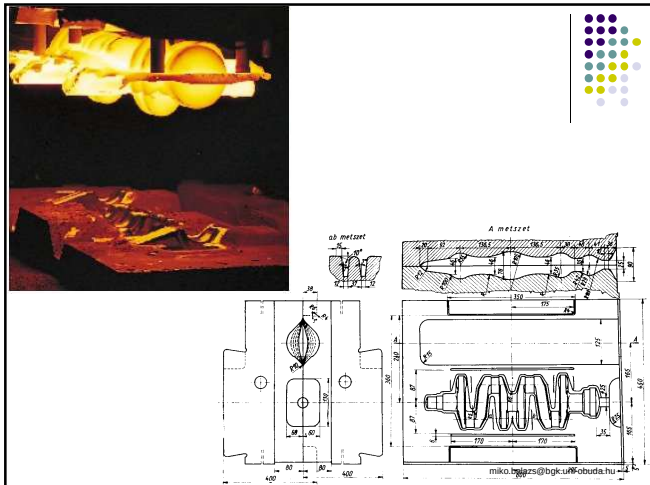
251
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Süllyesztékes kovácsolás

- Az alakítás zárt üregben történik.
- Bonyolultabb alakú darab is készíthető.
- Egy nagyságrenddel pontosabb.
- Drága szerszám.
- Sorozat és tömeggyártás.

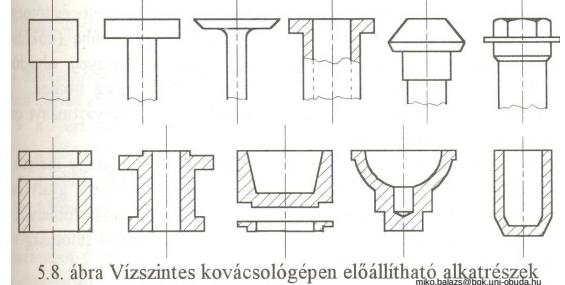


miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



Kovácsolás vízszintes kovácsológépen

- Rúdanyagból, duzzasztással.
- Termelékeny.
- Egyszerű forgástest.
- Kis méret.



Finomkovácsolás

- Rúdanyagból lépcsős kúpos tengely.
- A munkadarab forog.
- Nagyolási pontosság elérhető.

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

Öntött előgyártmányok

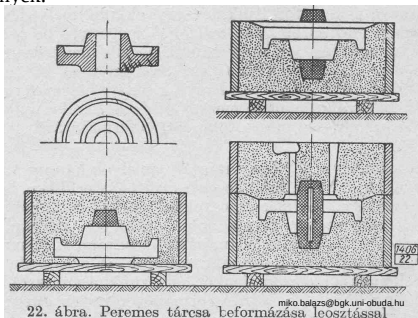
- Öntés homokba kézi formázással
- Öntés homokba gépi formázással
- Öntés fémformába
- Precíziós öntés
- Nyomásos öntés



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Öntés homokba kézi formázással

- Faminta.
- Pontatlan.
- Egyedi és kis sorozat.
- Nagy tömegű öntvények.



22. ábra. Peremes tárcsa leformázása leosztással
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



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



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Öntés homokba gépi formázással



- Fém minta.
- A homok gépi tömörítése.
- Pontosabb, jobb minőségű öntvény.
- Nagysorozat és tömeggyártás.

260

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Öntés fémformába



- Fémről készült formába történik az öntés.
- Drága szerszám.
- Pontos öntvény
- Nagysorozat és tömeggyártás



261

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Öntési folyamat 1



1. Kokilla tisztítása



2. Szűrő behelyezése



3. Szűrő a kokillában



4. A kokilla zárása

262

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Öntési folyamat 2



5. Öntés



6. Dermedés



7. A kokilla nyitása



8. Ellenőrzés

263

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

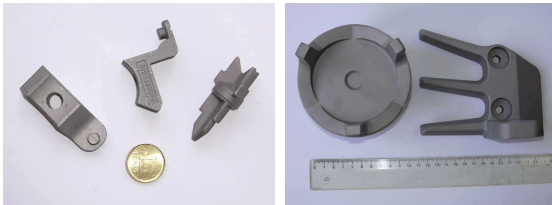


264

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

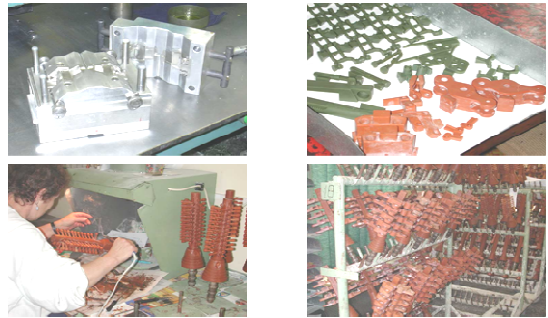
Precíziós öntés

- Viaszmintát beformázás után kiolvasztják, a helyére öntik a fémot.
- Kis alkatrészek.
- Nagyon pontos.



265
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

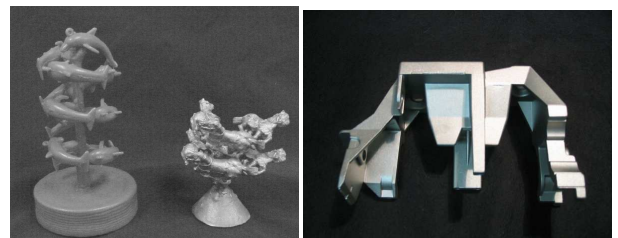
Precíziós öntés folyamata 1



266
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



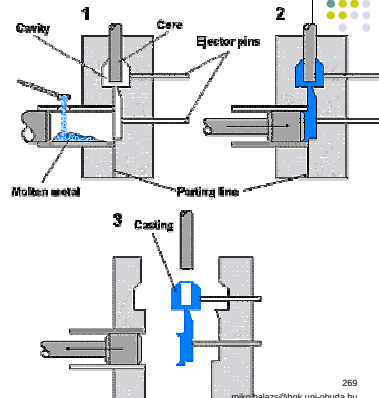
267
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



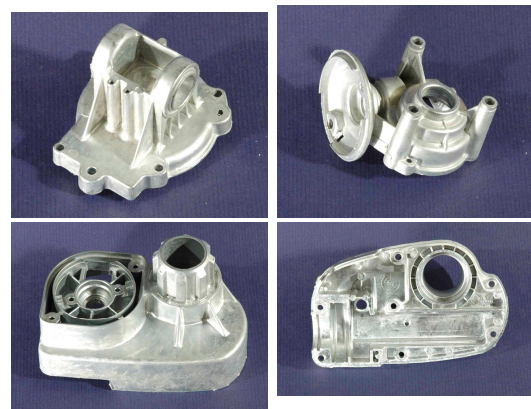
268
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Nyomásos öntés

- Drága szerszám.
- A legpontosabb öntési eljárás.
- Csak alacsony olvadáspontú fémekre.



269
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



270
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Ráhagyások meghatározása

Gyártási hibák:

- a kész alak eltérése a geometriai alaktól
- a méret eltérése a pontos mérettől
- a felület eltérése az ideális felülettől
- a felületi réteg fizikai és kémiai roncsolódása

A ráhagyásnak biztosítani kell a fenti hibák kijavításának lehetőségét.

271
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

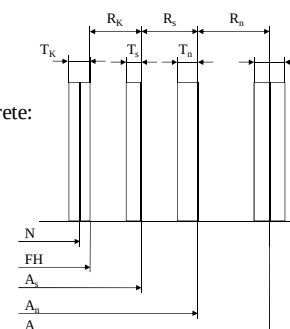
Ráhagyások meghatározása

A teljes ráhagyás:

$$R = R_k + R_s + R_n$$

Az előgyártmány alapmérete:

$$A_e = FH + R_k + R_s + R_n$$



272
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

A megmunkált felület hibái

- mérethiba r_m
- alakhiba r_a
- mikrogeometriai hiba (felületi érdesség) r_f
- a felületi réteg hibája r_r

A művelet hibái

- helyzetmeghatározási hiba r_b
- készülék befogási hiba r_k

273
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

A maximális hiba

$$R_{\max} = r_m + r_a + r_f + r_r + r_b + r_k$$

Állandó hibák Véletlen hibák

Műveleti ráhagyás: $R = r_f + r_r + k \cdot \sqrt{r_m^2 + r_a^2 + r_b^2 + r_k^2}$
 $k=1-2$

Teljes ráhagyás: $R_t = \sum_{i=1}^n R_i$

274
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Ráhagyások meghatározása kézikönyvek segítségével

Külső felületek simító esztérgálásakor az átmérőre alkalmazandó ráhagyási értékek (mm)

Külső felület átmérője	A munkadarab hossza			Tűrési átmérőre
	500-ig	500...1000	1000 felett	
6...18	1,0	1,2	1,5	0,4
18...50	1,5	1,5	2,0	0,6
50...120	1,5	1,5	2,0	0,8
120...260	2,0	2,0	3,0	1,0
260...500	3,0	3,0	3,0	1,2

PL.: Rábel György: Gépipari technológusok zsebkönyve,
Műszaki könyvkiadó, Bp. 1977.

275
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Ráhagyások empirikus számítása

A ráhagyások ajánlott értékei oldalanként értendők, azaz egy oldalról végzett forgácsolásnál egyszeres, két oldalról végzett megmunkálásnál kétszeres értékkel kell számolni.

R_k – köszörülési ráhagyás IT11

R_s – simítási ráhagyás IT14

R_n – nagyolási ráhagyás IT16

A fenti ráhagyások akkor elegendőek, ha a megelőző megmunkálás pontossága (tűrése) az alábbi:

T_s – simítási tűrés IT9

T_n – nagyolási tűrés IT12

A nagyolási ráhagyásnál megadott érték akkor használható, ha az előzetes megmunkálás hengerlés volt.

276
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Alaptűrések, μm

Névleges méret, mm	Tűrésfokokozatok																			
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
3-ig	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600	1000	1400
3 felett 6-ig	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750	1200	1800
6 felett 10-ig	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800
10 felett 18-ig	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800	2700
18 felett 30-ig	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100	3300
30 felett 50-ig	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500	3900
50 felett 80-ig	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000	4600
80 felett 120-ig	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500	5400
120 felett 180-ig	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000	6300
180 felett 250-ig	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600	7200
250 felett 315-ig	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200	5200	8100
315 felett 400-ig	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600	5700	8900
400 felett 500-ig	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000	6300	9700

Az IT14...IT18 1 mm alatt nem érvényes.

277

miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu

A számított műveletközi métereket és tűréseket kerekíteni kell az alábbiak szerint:

	Méret	Tűrés
Előgyártás	1	0,5
Nagyolás	0,5	0,05
Simítás	0,1	0,02
Köszörülés	Kész méret	Kész méret tűrése

Példa

Méret: $\varnothing 60 \text{ k5} \rightarrow \varnothing 60^{+0,015/+0,002}$

- Felső határméret: $FH=60,015$
- Köszörülési ráhagyás: $R_k=2 \times IT11=2 \times 0,190=0,380$
- Simítási alpméret: $A_s=FH+R_k=60,395$
kerekítve (tizedre): $A_{sker}=60,4$
- A simítás tűrése: $T_s=IT9=0,074$
kerekítve (2 századra): $T_{sker}=0,08$
- Simítási méret: $S=A_{sker}^{0/T_{sker}}=60,4^{0/-0,08}$
- Simítási ráhagyás: $R_s=2 \times IT14=2 \times 0,740=1,480$
- Nagyolási alpméret: $A_n=A_{sker}+R_s=61,880$
kerekítve (0,5-re): $A_{nker}=62$
- A nagyolás tűrése: $T_n=IT12=0,300$
kerekítve (5 századra): $T_{nker}=0,30$
- Nagyolási méret: $N=A_{nker}^{0/T_{nker}}=62^{0/-0,3}$
- Nagyolási ráhagyás: $R_n=2 \times IT16=2 \times 1,9=3,800$
- Előgyártmány alpmérete kerekítve (mm-re): $A_e=A_{nker}+R_n=65,80$
 $A_{eker}=66$

Egyéb tényezők

- hőkezelés során okozott hibák
- tárolási deformáció
- szállítási deformáció

Az optimális előgyártmány kiválasztása

Gyártási költség vizsgálata

$$K_{gyártás} = K_{előgyártás} + K_{alkatrészgyártás} + K_{szerelés}$$

$$K_{előgyártás} = 1/n \cdot K_{szerszám} + K_{anyag} + K_{megmunkálás}$$

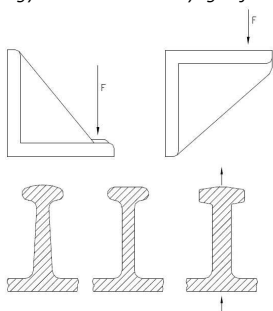
$$K_{alkatrészgyártás} = 1/n \cdot K_{szerszám} + K_{megmunkálás} - K_{forgács}$$

Az előgyártmány műhelyrajza

The drawing shows a mechanical part with various cross-sections labeled 'A metszet', 'B metszet', 'C metszet', 'D metszet', and 'E metszet'. Dimensions are provided for various features, including diameters (e.g., 150, 235, 145, 140, 135, 130, 125, 120, 115, 110, 105, 100, 95, 90, 85, 80, 75, 70, 65, 60, 55, 50, 45, 40, 35, 30, 25, 20, 15, 10, 5, 0) and lengths (e.g., 150, 235, 145, 140, 135, 130, 125, 120, 115, 110, 105, 100, 95, 90, 85, 80, 75, 70, 65, 60, 55, 50, 45, 40, 35, 30, 25, 20, 15, 10, 5, 0).

Öntéshelyes konstrukció

A gyártási alakot az anyag sajátosságainak megfelelően kell megszerkeszteni.

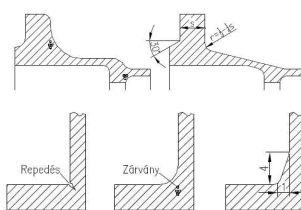


Az öntött fémek nyomószilárdsága nagyobb, mint a szakítószilárdsága. Annak érdekében, hogy az anyag gazdaságosan legyen kihasználható, a bordákat, merevítéseket stb. úgy kell elhelyezni, hogy a külső erők csak nyomófeszültségeket hozzanak létre.

Ha idomszerelvényeket hajlításra vesznek igénybe, akkor a legnagyobb húzófeszültségek a határterületeken lépnek fel. A határterületeket tehát anyagvastagítással meg kell erősíteni. Az anyag legkedvezőbben a lapos felületek vastagításával használható, mert ezek könnyebben formázhatók be, ezenkívül mintáik is olcsóbban állíthatók elő, mint a kerek- vagy félkerek vastagításoké.

283
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

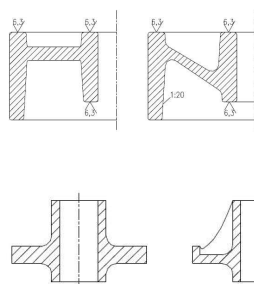
A gyártási alakot az öntési eljárás követelményeinek megfelelően öntésre célszerűen – kell megszerkeszteni.



Mindazon a helyeken, ahol anyaghalmozódás van, szivódások keletkeznek. Ilyenek gyakran az átmeneti szakaszokon jönnek létre, ha a lekerekítések túlságosan nagy sugárral készülnek.

Sugárméretet $r \sim 1/3 \dots 1/4$ s (falvastagság) választandó. Ha az átmenetek nagyon hirtelenek, könnyen repedések keletkeznek és egy vékony fal egy vastag falhoz csatlakozik. Ezért fokozatos, ferde átmeneteket kell kialakítani, amelyek kúposága $\sim 1:4$.

284
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



A beöntésnél a folyékony munkaanyag alulról emelkedik felfelé. Ha az anyag nagyobb vízszintes térbe lép, akkor elveszi összetartását, ezenkívül a tér felső részén gyűlnek össze a légbuborékok. A felületen beszakadások és hiányos tömörségű helyek keletkeznek; a munkaanyag alacsony szilárdságú és csúnya felületű lesz.

Ha valamely munkadarab egyes részei nem egyszerre hűlnek le, akkor nagy öntési feszültségek, ha pedig a felületek elhúzódnak, repedések keletkeznek. Ilyen feszültségek legbiztosabban azáltal kerülhetők el, ha a falvastagságokat egyenlőre veszik.

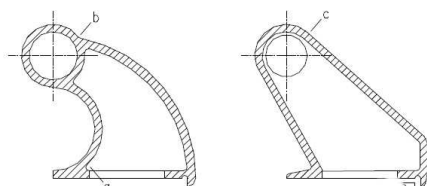
285
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



A kerek koszorúja csak azután szilárdul meg, amikor a gerinctárcsa már lehűlt és nem képes utánaengedni, ezért repedések keletkezése elkerülhetetlen. A szerkesztőnek a koszorút és az agyat emiatt lehetőleg vékonyra, a tárcsát viszont vastagodó alakban kell tervezni, vagy pedig a tárcsát ferdén kell elhelyeznie. Ez esetben, ha a koszorú később hűlt le és a tárcsát feszíti, akkor felfelé utánaengedhet.

286
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

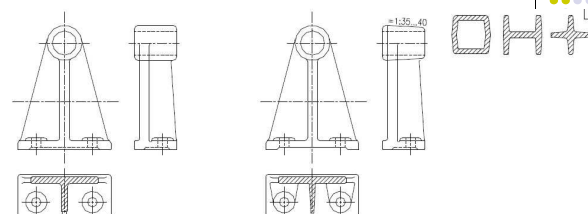
A minták és a magok lehetőleg egyszerű alakúak legyenek



Az egyenletes felületekkel ellátott minták sokkal olcsóbban állíthatók elő, mint a hajlított alakúak. Ugyanez vonatkozik a magsekre is. A holt sarkok (a) különösképpen kerülendő, úgyszintén a bemélyedések (b), mert ezek drágítják az elkészítést. Ezért ha más okok nem szólnak ellene, sima síkfelületeket kis lekerekítéssel, átmeneteket hengeres felületekbe pedig érintőlegesen kell kiképezni.

287
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

A beformázás messzemenően megkönnyítendő

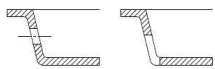


Ha az osztási síkot meghatározták, akkor a külső felületeket kúposan kell kiképezni, hogy a minták a formából könnyen kiemelhetők legyenek.

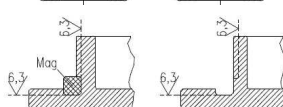
A kúposágot a rajzon feltétlenül jelezni kell. A dőlés kb. 2 fok, tehát 1:25...1:50 között fekszik. A keresztbordákat is úgy kell szerkeszteni, hogy a beformázást ne nehezítsék meg.

288
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Alámetszések és magok kerülendők



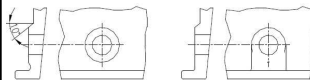
A magok drágák, ezenkívül megnehezítik a beformázást. Nyitott keresztmetszeteket kell választani és a szükséges nyílásokat úgy kell elhelyezni, hogy magokra ne legyen szükség.



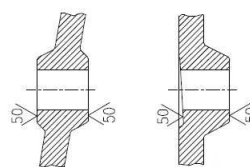
A munkalécet is gyakran úgy szerkesztik, hogy magok szükségesek. Sok esetben azonban a munkalécet mellőzhető és a tömör anyagba munkálható be.

289

miko.balazs@bgt.uni-obuda.hu



Ha a ráhelyezett részek nem kerülhetők el, akkor azokat jól le kell ferdíteni (kb. 30 fok). A formázás szempontjából azonban jobb, ha a mintán egy sima felületet hozunk létre, miáltal a ráhelyezett rész felesleges és formázás, valamint a tisztítás munkája egyszerűbb.

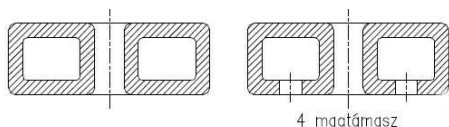


Két szem egy falnak két oldalán helyettesítendő egy szemmel és egy súllyesztéssel.

290

miko.balazs@bgt.uni-obuda.hu

A magok biztos feltámasztással építendő be



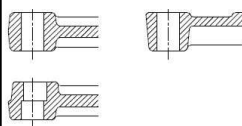
4 magtámasz

A magtámaszok könnyen tömítenek helyeket eredményeznek. Ezenkívül a magok nem eléggé biztosan fekszenek fel és pontatlan méretek állhatnak elő. Ezért már a szerkesztésnél kellő számú maglyukról kell gondoskodni még abban az esetben is, ha ez gyakran azzal a hátránnyal jár, hogy a munkadarabban a nyílásokat később ismét be kell zárni.

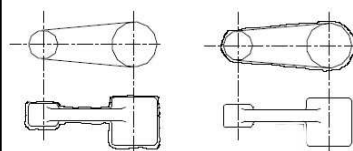
291

miko.balazs@bgt.uni-obuda.hu

Az osztási sorja rontja a méretpontosságot és a külső megjelenést



Az osztási síkot úgy kell elhelyezni, hogy a beformázás egyszerű és olcsó legyen. Fontos továbbá az is, hogy a megmunkálatlan felületeknek jó külsejük és méretpontosságuk legyen és osztási sorják ne vágják őket. Ezenkívül mindig fennáll annak veszélye is, hogy a formaszekrények egymáshoz viszonyítva eltolódnak és ezáltal a méretpontosság még rosszabbodik.

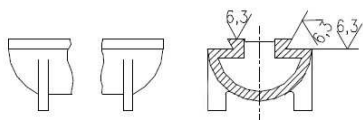


A munkadarabot sorjamentesíteni kell. Ha az osztályozási sorja kedvezőtlenül fekszik, akkor ez megnehezíti és megrágitja a sorjátlanítást. Ez is fontos szempont annak eldöntésénél, hogy hol legyen az osztási sorja.

292

miko.balazs@bgt.uni-obuda.hu

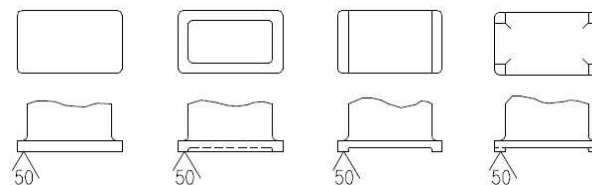
A következő forgácsoló megmunkálás megkönnyítendő



Minden forgácsoló megmunkálás fontos előfeltétele, hogy a munkadarab jól és biztosan legyen befogható. Különösen öntvényeknél fordul gyakran elő, hogy a munkadarabnak egy lekerekített, tehát alkalmatlan felületen kell felfeküdnie. Ilyen esetekben támaszokat kell önteni, amelyek a megmunkálás után eltávolíthatók.

293

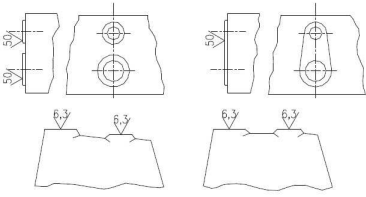
miko.balazs@bgt.uni-obuda.hu



A nagy támaszfelületeket osszuk meg. Ha a felület kikönnnyítik, akkor a forgácsolási megmunkálás munkaideje általában nem csökken, mert a maróknak vagy a gyalukésnek a teljes felületen át kell futni. Mindkét célszerű kivételnél viszont jelentős munkaidő takarítható meg, mivel csak keskeny léceket kell forgácsolással megmunkálni.

294

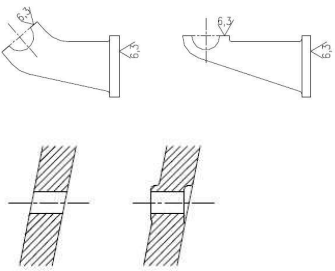
miko.balazs@bgt.uni-obuda.hu



A szorosan egymás mellett fekvő felületeket, mint pl. szemeket, egyesítsük egy felületté. A munkadarab szempontjából a megszakítás nélküli vágás kedvezőbb, azonkívül a mintán egy ráhelyezett szem megtakarítható. (Ha viszont a szemek súllyesztéssel munkálандók meg, akkor a két szem egyesítése helytelen lenne.)

Az egymáshoz köze fekvő felületek minden esetre azonos magasságúak legyenek. Ezáltal a mellékidők csökkenthetők, mert a szerszámot csak egyszer kell beállítani. Azonkívül a forgácsolási idő is csökken, ha a szerszám egyidejűleg valamennyi felületen végigfuthat.

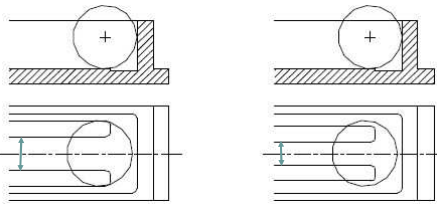
295
miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu



Ferde helyzetű megmunkálási felületek a műhely szempontjából mindig kedvezőtlenek, mert a munkadarabokat csaknem mindig különleges készülékbe kell befogni, vagy legalábbis befogásuk nehéz. A megmunkálási felületek tehát azonos síkokban és egymáshoz derékszögben helyezkedjenek el.

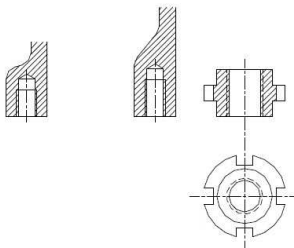
Ha a felületeket ferde irányból kell megfúrni, akkor a szerszámok könnyen törnek, vagy elvezetődnek. Ilyen esetben szemeket kell alkalmazni, vagy a falakat vastagabbra kivitelezni, hogy a felületek súllyesztethők legyenek.

296
miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu



A megmunkálандó felületek hozzáférhetően feködjenek, hogy a szerszámmal jól legyenek elérhetők. A helytelen kivitelnél a megmunkálás sem palástmaróval, sem homlokmaróval nem végezhető el. Ha a megmunkálандó léceknek szorosan a falig kell érniük, akkor azokat egymáshoz közelebb kell elhelyezni; így a megmunkálás homlokmaróval is elvégezhető.

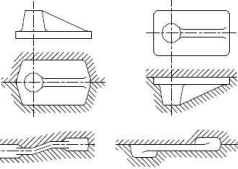
297
miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu



Öntvénytestekbe menetek is vághatók. Különösen könnyűfém és nyomással előállított öntvényeknél azonban a furatok kellő mélységűek legyenek, mivel ezen öntvények anyaga csak alacsony szilárdságú. Ha nagyobb erők átvitele szükséges, vagy a csavarokat gyakran oldják, akkor acélból készült menetperselyek öntendők be

298
miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu

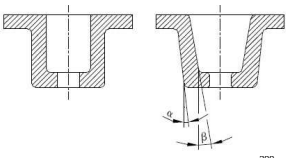
Súllyesztékes kovácsolás



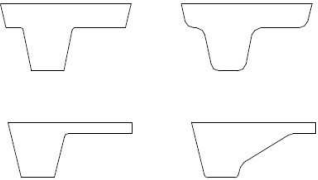
A fánctól (sorjavarratot) úgy kell elhelyezni, hogy az alkatrész mentesítése a fánctól könnyen elvégezhető legyen. A zavaró leferdítések – itt azonban a bemutatott helytelen kivitelnél szükségesek – egyúttal elkerülhetők.

A fánctól (sorjavarratot) lehetőleg csak egyetlen síkban legyen.

A súllyesztékes kovácsolással előállított alkatrészeknél a súllyesztékbe nyúló felületeknél dőlést kell biztosítani, a lyukakat pedig kúposan kell kiképezni. Súllyesztékes kovácsdaraboknál a belső felületeket 11° , a külsőket 6° dőléssel képezik ki.



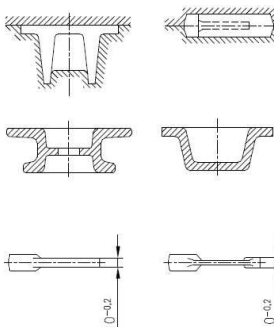
299
miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu



Valamennyi átmenetet és sarkot jól le kell kerekíteni. Ebben az esetben a munkaanyag könnyebben folyik és a súllyesztékkel nagyobb számú munkadarab állítható elő, ami az előállítási költségeket nem csekély mértékben csökkenti.

Hirtelen keresztmetszet átmenetek elkerülendők. A munkaanyag nem tud átfolyni és a keskeny szakaszon túlságosan gyorsan hűl ki.

300
miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu



Süllyesztékekben mély üregek, különösen vékony bordák számára nehezen állíthatók elő. Azonkívül ilyen helyeken a munkanyag csak nehezen folyik, ezáltal a süllyesztéket erősen igénybe veszi, és így élettartama rövidebb.

Lehet ugyan alámetszett alakú munkadarabokat is előállítani, ilyen gyártási idomok azonban drágák, mivel külön műveleteket és különleges szerszámokat igényelnek. Az egy oldalon kiképzett perem lényegesen olcsóbb megoldás.

Felületeket, amelyek között szűk túréseket kell betartani, lehetőleg kis méretűekre alakítsunk.

301
miko.balazs@bgtk.uni-obuda.hu



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

Technológiai tervezés automatizálása

E06

Költségbecslési módszerek

Dr. Mikó Balázs

miko.balazs@bgtk.uni-obuda.hu

Az idő- és költségbecslés feladata

Meghatározni a gyártás várható időszükségletét és költség igényét.



303
miko.balazs@bgtk.uni-obuda.hu

A költségbecslés szerepe

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



304
miko.balazs@bgtk.uni-obuda.hu

A költségbecslés problémája

↓ Befektetett munka



↗ Pontosság ↑

305
miko.balazs@bgtk.uni-obuda.hu



Probléma:

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

306
miko.balazs@bgtk.uni-obuda.hu

Költségbecslési módszerek



- Intuitív
- Analóg
- Parametrikus
- Analitikus
- MI alapú

307
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Intuitív módszer



Intuícióra, tapasztalatra épít

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



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Analóg módszer

Összehasonlítás korábbi termékekkel

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

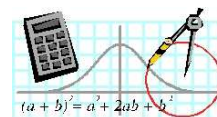


Parametrikus módszer



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

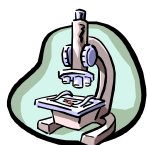
- Egyszerű
- Gyors
- Csak durva becslésre



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

310
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Analitikus módszer



A feladat részletes dekomponálása, részszámítások összegzése

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



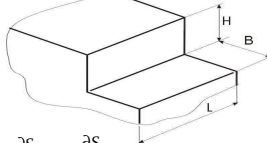
Költségbecslési módszerek

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

312
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Parametrikus gyártási idő becslés

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



Legkisebb négyzetek módszere

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

$$\frac{\partial S}{\partial C} = 0 \quad \frac{\partial S}{\partial X_L} = 0$$

$$\frac{\partial S}{\partial X_B} = 0 \quad \frac{\partial S}{\partial X_H} = 0$$

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

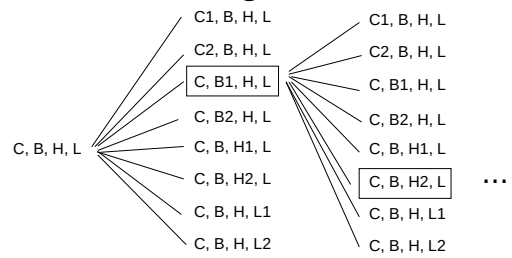
$$\frac{\partial S}{\partial X_L} = 2 \cdot \sum_{i=1}^n (-t_i \cdot C \cdot L_i^{X_L-1} \cdot B_i^{X_B} \cdot H_i^{X_H} \cdot \ln L_i + C^2 \cdot L_i^{2X_L-1} \cdot B_i^{2X_B} \cdot H_i^{2X_H} \cdot \ln L_i) = 0$$

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

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

miko.balazs@btk.uni-obuda.hu

Numerikus kereső algoritmus



Változás

Hiba

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

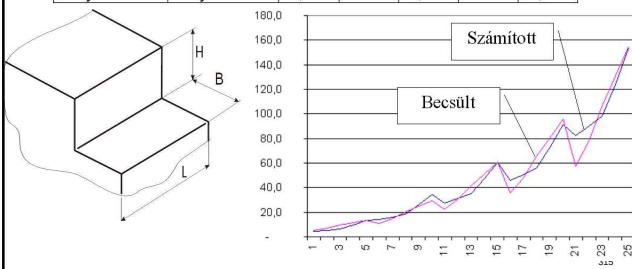
$$D_i = \frac{\sum_j |t - t_{i,j}|}{j}$$

314

miko.balazs@btk.uni-obuda.hu

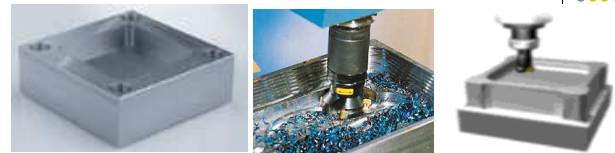
Eredmények

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

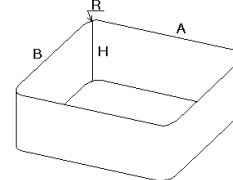


miko.balazs@btk.uni-obuda.hu

Zseb nagyoló marása



A – Hossz
B – Szélesség
H – Mélység
R – Rádusz



31816

miko.balazs@btk.uni-obuda.hu

Adatbázis

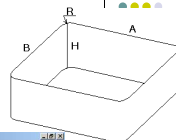
2028 eset:

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

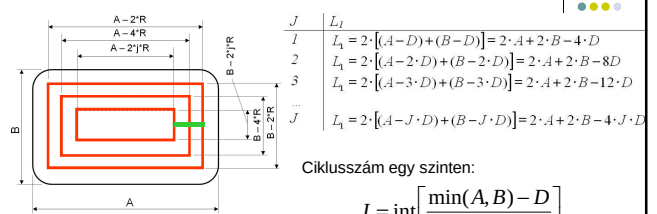


A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
Length (mm)	Width (mm)	Depth (mm)	Radius (mm)	Height (mm)	Total diameter (mm)	No. of cycles	Depth of cut (mm)	Cutting speed (mm/min)	No. of revolutions (mm)	Feed per tooth (mm)	Speed of feed (mm/min)	Total path (mm)	Min. distance (mm)			
13	33	40	40	12,5	1	25	1	1,5	155	10974	5	0,11	1095,47	60		
14	33	40	40	12,5	1	25	1	1,5	155	10974	5	0,11	1095,47	80		
15	33	40	40	12,5	1	25	1	1,5	155	10974	5	0,11	1095,47	100		
16	33	40	40	12,5	1	25	1	1,5	155	10974	5	0,11	1095,47	120		
17	33	40	40	12,5	1	25	1	1,5	155	10974	5	0,11	1095,47	140		
18	33	40	40	12,5	1	25	1	1,5	155	10974	5	0,11	1095,47	160		
19	33	40	40	12,5	1	25	1	1,5	155	10974	5	0,11	1095,47	180		
20	33	40	40	12,5	1	25	1	1,5	155	10974	5	0,11	1095,47	200		
21	33	40	40	12,5	1	25	1	1,5	155	10974	5	0,11	1095,47	220		
22	33	40	40	12,5	1	25	1	1,5	155	10974	5	0,11	1095,47	240		
23	33	40	40	12,5	1	25	1	1,5	155	10974	5	0,11	1095,47	260		
24	33	40	40	12,5	1	25	1	1,5	155	10974	5	0,11	1095,47	280		
25	33	40	40	12,5	1	25	1	1,5	155	10974	5	0,11	1095,47	300		

31717

miko.balazs@btk.uni-obuda.hu

Szerszámút hossza



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 fogásvétel mozgás hossza:

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

31818

miko.balazs@btk.uni-obuda.hu

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

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

31919

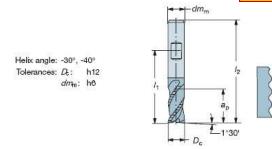
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Szerszám

Roughing end mill

Kordell
Hardness <28HRC

SANDVIK
Coromant



Helix angle: -30°/-40°
Tolerances: Dc: h12
dmm: h8

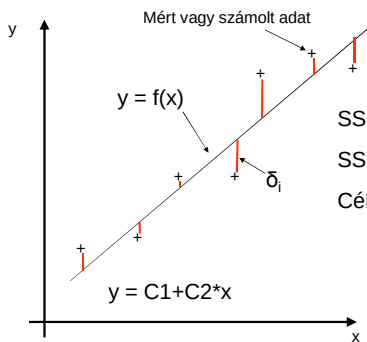
		Dimensions, mm							M	
Dc	Ordering code	Front type, Zs	dmm	A	B	Helix angle, mm	Max ap		ac	ac
6	R216.33-06030-B507K	3	6	36	54	35.50	7.0			
8	R216.33-08030-B509K	3	8	40	56	45.00	9.0			
10	R216.33-10030-B511K	3	10	46	66	56.00	11.0			
12	R216.33-12030-B512K	3	12	50.5	73	71.00	12.0			
14	R216.33-14030-B514K	3	14	52.5	75	80.00	14.0			
16	R216.33-16030-B516K	3	16	58	82	90.00	16.0			
20	R216.33-20030-B520K	3	20	67	92	112.00	20.0			

A = programming length

32920

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Regresszió

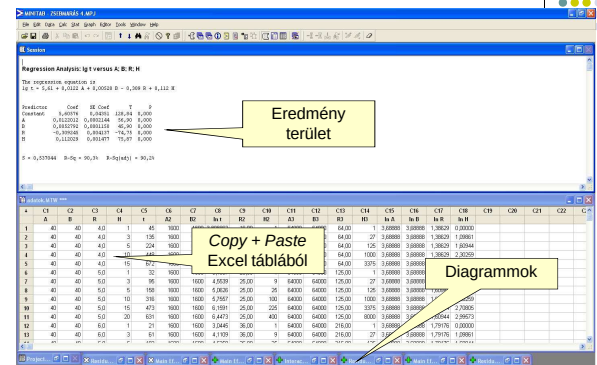


SS = $\sum \delta_i^2$
SS : Négyzetösszeg
Cél: SS $\Rightarrow$ MIN

32921

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

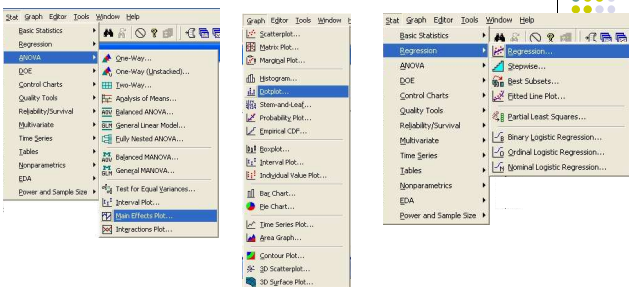
MiniTab v14



32922

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

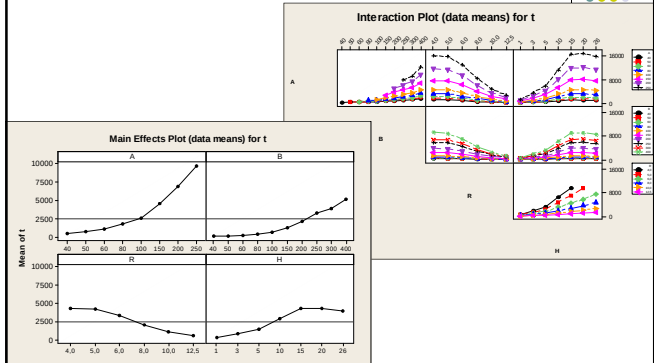
MiniTab v14



32923

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Main effects plot – Interaction plot



32924

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

#1 regresszió - lineáris

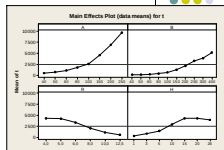
Regression Analysis: t versus A; B; R; H
The regression equation is

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

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

32925

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

#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%

32926

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Regression #3 - logarithmic

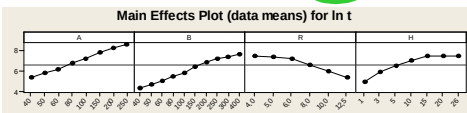
Regression Analysis: ln t versus A; B; R; H

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%



32727

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

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%

32928

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

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	0,00000852	-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	1,2	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.

32929

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Regression #6 - log, modified

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

The regression equation is

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

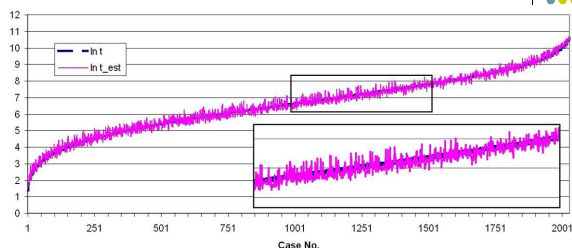
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	3,33362	0,03017	110,51	0,000
A	0,0293667	0,0003926	74,81	0,000
A2	-0,00006625	0,00000142	-46,59	0,000
B	0,0112544	0,0001965	57,28	0,000
B2	-0,00001341	0,00000042	-32,28	0,000
R	-0,298923	0,001683	-177,66	0,000
H	0,465276	0,005872	79,24	0,000
H2	-0,0253605	0,0005299	-47,86	0,000
H3	0,00047959	0,00001300	36,90	0,000

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

33030

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Results - Conclusions



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

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

3331
miko.balazs@bgtk.uni-obuda.hu

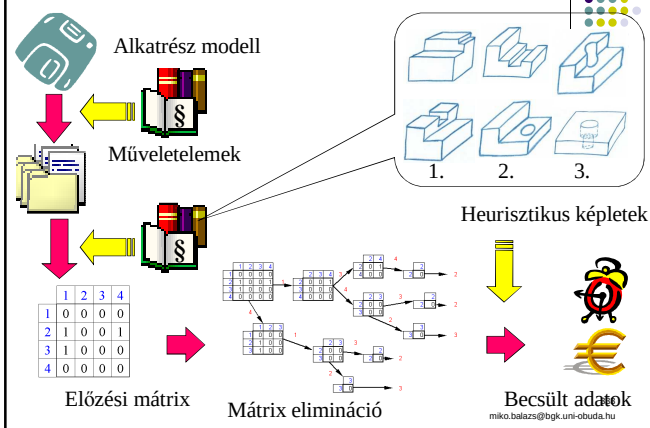
Mesterséges intelligencia módszerek



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

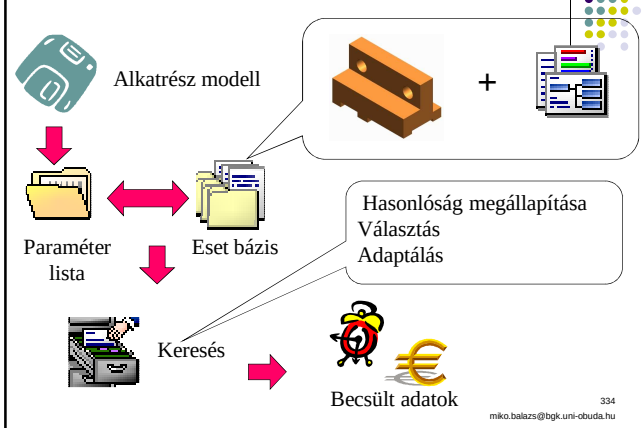
332
miko.balazs@bgtk.uni-obuda.hu

Szabály-alapú költségbecslés



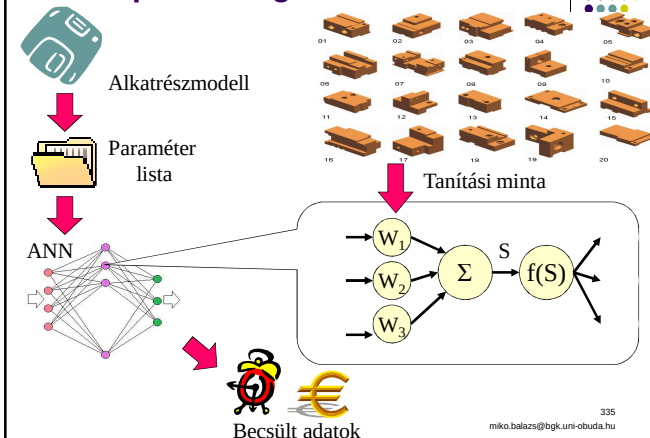
miko.balazs@bgtk.uni-obuda.hu

Eset-alapú költségbecslés



334
miko.balazs@bgtk.uni-obuda.hu

ANN-alapú költségbecslés



335
miko.balazs@bgtk.uni-obuda.hu



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

Technológiai tervezés automatizálása

E08

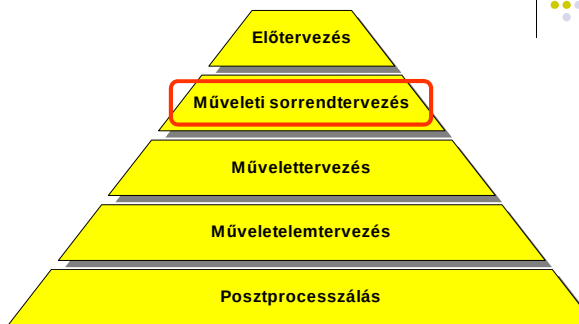
Műveleti sorrendtervezés

Dr. Mikó Balázs

miko.balazs@bgtk.uni-obuda.hu



A gyártástervezés szintjei



337
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Műveleti sorrendtervezés

- ❖ Megmunkálási igények felmérése
- ❖ Megmunkálási módok meghatározása
- ❖ A gyártási bázisok kijelölése
- ❖ A szerszámgépek és készülékek kiválasztása
- ❖ Műveletek kijelölése
- ❖ Műveletek sorrendjének meghatározása
- ❖ Műveletek közötti állapotok meghatározása

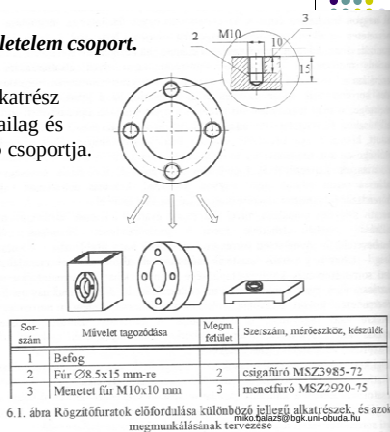


miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

szemlélet

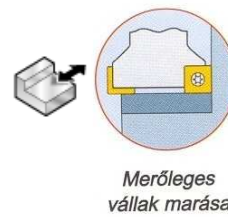
Az elemzés egysége a felületelem csoport.

Felületelem csoport: az alkatrész felület elemeinek geometriailag és technológiailag összefüggő csoportja.



Felületelem csoport vs. felületelem

A felületelemek megmunkálása hatással lehet más felületelemekre.
Egy felületelem megmunkálása függ más felületelemtől.

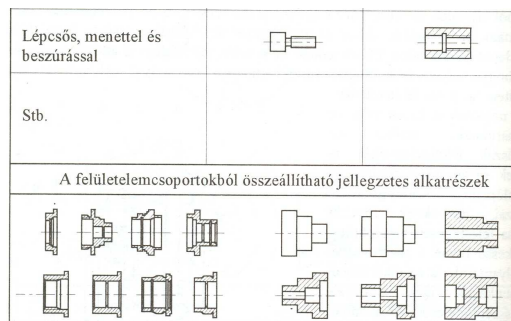


340
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

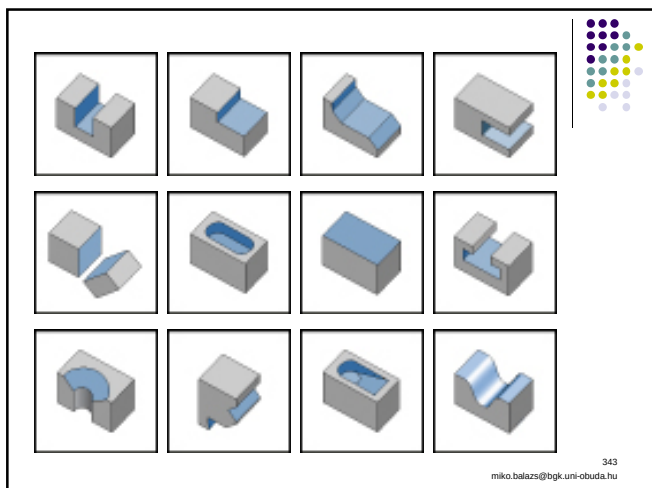
Példa: tengely

Megnevezés	Vázlat	
	Külső	Belső
Palást		
Homlok		
Lépcsős		
Lépcsős, beszúrással		
Lépcsős, kúppal		

341
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



342
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



Felületelem csoportok kijelölése

- Egy csoportba olyan felületek sorolhatók, amelyeknek a megmunkálás szempontjából lényeges geometriai jellemzőik azonosak,
- az egy csoportba tartozó felületek a gyártóberendezéstől azonos technológiai képességet követeljenek meg,
- azonos jellegű megmunkálásokat igényeljenek,
- a csoportba soroláskor figyelembe kell venni a munkadarab anyagát, amennyiben az jelentősen befolyásolja a megmunkálást.

344
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Állapotok

Minden egyes felületelem csoport típusra létezik egy legdurvább nyers és egy legfinomabb kész állapot. E két állapot közötti véges számú átmenetek diszkrét sorozatot alkotnak.

A felületelem csoportok állapotai objektív állapotjellemzőkkel definiálhatók, amelyek függetlenek a gyártóberendezéstől és a megmunkálási módtól.

345
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Megmunkálási mód

viszonya a felületelem csoportok állapotváltozási folyamatával:

- ☐ egy megmunkálási móddal általában a felületelem csoport több egymás utáni állapota is elkészíthető,
- ☐ egy megmunkálási móddal többféle felületelem csoport bizonyos állapotát vagy állapotait lehet elkészíteni,
- ☐ a felületelem csoport egy adott állapota különböző megmunkálási módokkal is elkészíthető,
- ☐ ahhoz, hogy a felületelem csoport a nyers állapotból a kész állapotba hozzuk, több megmunkálási mód egymás utáni alkalmazása szükséges.

346
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Megmunkálási mód

viszonya a szerszámgépekkel:

- ❖ egy adott megmunkálási mód különböző szerszámgépeken is megvalósulhat,
- ❖ egy szerszámgépen általában több megmunkálási mód valósítható meg,
- ❖ adott megmunkálási mód különböző szerszámgépeken eltérő költséggel valósítható meg.

347
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Megmunkálási igény felmérése

1. A konkrét alkatrész geometriája alapján meg kell határozni a felületelem csoportokat (geometriai dekompozíció).
2. A nyers és kész állapot ismeretében meghatározható a megmunkálási igény.
3. A megmunkálási igény alapján kiválasztható a megmunkálási módok sorozata.

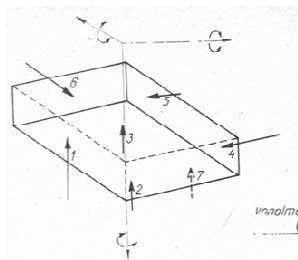
348
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

A gyártási szakaszok kijelölése

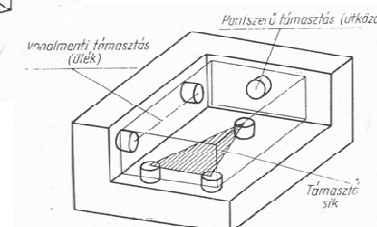
1. Léteznek olyan, a gyártási körülményekből fakadó technológiai követelmények, melyek megkövetelik, hogy az alkatrészek megmunkálásának folyamatát nagyobb szakaszokra tagoljuk.
2. A teljes alkatrész megmunkálását nagyoló, simító stb szakaszokra bontjuk. A nem forgácsolás jellegű műveletek (hőkezelés, hegesztés, felületkezelés stb) beiktatása is a megmunkálási folyamat szakaszolását eredményezi.
3. További szakaszolást jelent, hogy csak azonos technológiai **bázisfelületekről** történő megmunkálások kerülhetnek egy műveletbe.

349
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

A munkadarab szabadságfokai



szabadságfok: egy dimenziós elmozdulási lehetőség.



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Bázisok

Bázis: a munkadarab azon eleme, melytől más elemek helyzetét határozzuk meg

Osztályozás 1:

- Szerkesztési bázis: a konstruktőr adja meg a műhelyrajzon, a működés szempontjait tükrözi.
- Technológiai bázis: a gyártás során az alkatrész megmunkálására illetve mérésére szolgál.

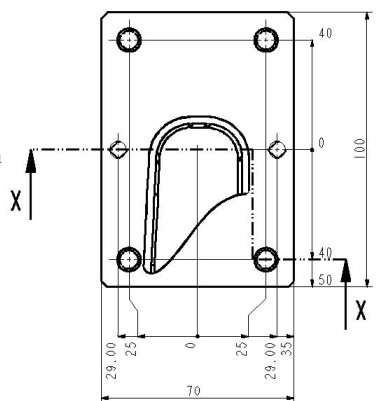
Szerkesztési b. = Technológiai b. → Főbázis

351
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Bázisok

Osztályozás 2:

- Valóságos bázis: létezik az alkatrészen. (pl. a darab oldala)
- Elméleti bázis: nem létezik az alkatrészen. (pl. furat középvonala)

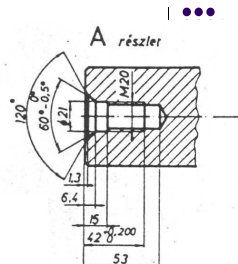


miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Bázisok

Technológiai bázisok osztályozás 1:

- a megmunkálás foka szerint: nyers / közbenső / simított
- létesítés módja szerint: természetes bázis / mesterséges vagy segéd bázis
- szerepe szerint: felfogási / mérési / ellenőrzési
- geometriai alak szerint: sík / hengeres / sík + hengeres / menet / evolvens



353
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Bázisválasztás elvei

- ✓ Szerkesztési bázist válasszunk technológiai bázisnak.
- ✓ Nyers bázist csak egyszer használjunk.
- ✓ A bázisfelület jó leszorítási lehetőséget biztosítson, a deformáció minimális legyen.
- ✓ A bázisfelület könnyen megmunkálható legyen.
- ✓ A bázisváltások száma minimális legyen.
- ✓ Felfekvő bázis: legkiterjedtebb felület.
- ✓ Tájoló bázis: leghosszabb felület.
- ✓ Ütköztetési bázis: legkisebb felület.
- ✓ Mérési bázis sok méret kiinduló felülete legyen.
- ✓ Mérési bázis a legszigorúbban tűrt felület.

354
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Készülékek

- A készülékek szerepe a munkadarab illetve a szerszám helyzetének meghatározása és megtartása a megmunkálás során.

355
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Készülékek alkalmazásának műszaki előnyei

- Pontosabb felfogás
- Pontosabb megmunkálás

356
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Készülékek alkalmazásának gazdasági előnyei

- Rövidebb felfogási idő
- Előrajzolás elmaradása
- Kevésbé képzett szakember alkalmazása
- Anyagköltség csökkenés
- Selejtcsökkenés
- Minőség javulás
- Műveleti idő csökkenése

357
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Készüléket kell használni, ha

- Készülék nélkül nem munkálható meg az alkatrész (pl. osztókészülék alkalmazása).
- Ha az adott pontosság készülék nélkül nem érhető el (pl. fúrópersely alkalmazása).
- Ha a munkadarab gyártási költsége kisebb, mint készülék használata nélkül.

358
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Készülékfajták

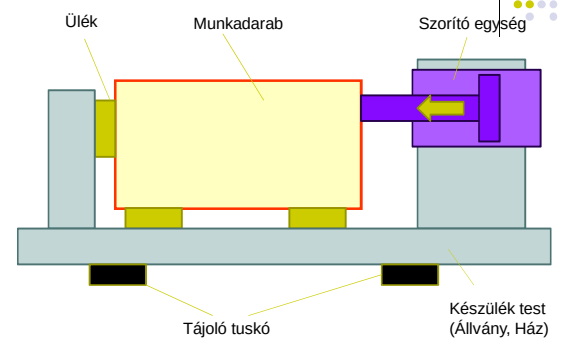
- ❑ Mdb befogó
- ❑ Szerszám befogó
- ❑ Szerszám vezető
- ❑ Mérő
- Egyetemes
- Speciális
- EÖK / Szabványos elemekből összeállított

- Mechanikus
- Hidraulikus
- Mágneses

- ❖ Fúró
- ❖ Maró
- ❖ Eszterga
- ❖ Üregelő
- ❖ Kőszörülő
- ❖ stb.

359
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

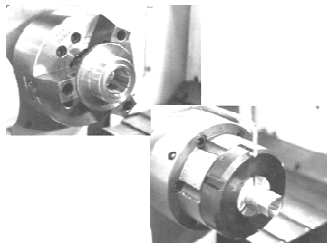
Munkadarab befogó készülék részei



360
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

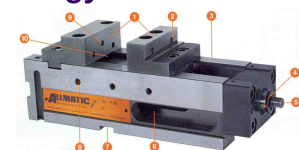
Egyetemes készülékek

- Tokmány
- Patron
- Satu
- Körasztal
- Osztómű
- Mágnesasztal



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Egyetemes készülékek



Gépsatu



Tokmány



Mágnesasztal

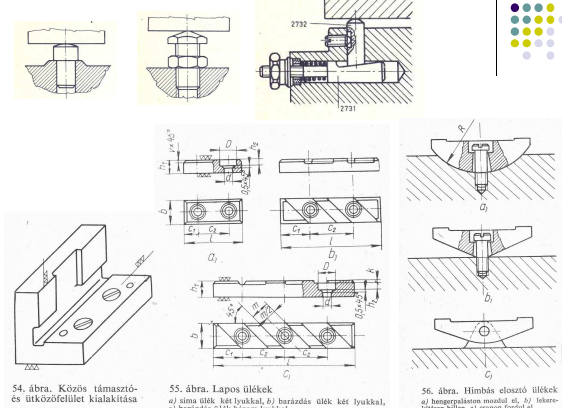
362
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Szabványos elemekből



363
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Ülékek



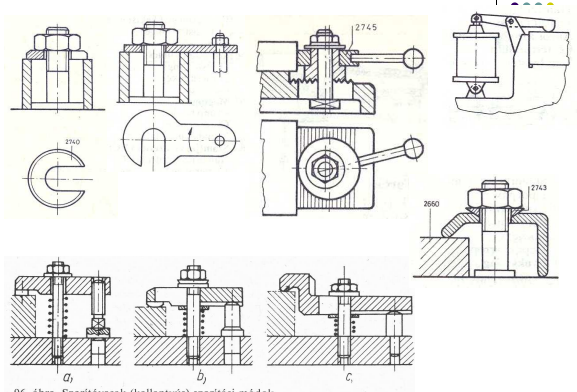
54. ábra. Közös támaszó- és ütközőfelület kialakítása

55. ábra. Lapos ülések
a) alma ülék két lyukkal, b) barázda ülék két lyukkal, c) barázda ülék három lyukkal

56. ábra. Hímbás elosztó ülések
a) hengergátlóval, b) tekercsláttal, c) szögcsatlóval

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

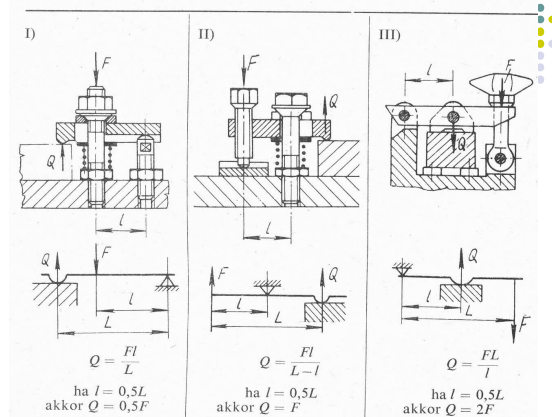
Szorító elemek



96. ábra. Szorítóvasak (kallantyús) szorítási módok
a) elfordítható-, b) eltolható-, c) görbített szorítóval

365
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Szorítóval elérhető szorítóerők



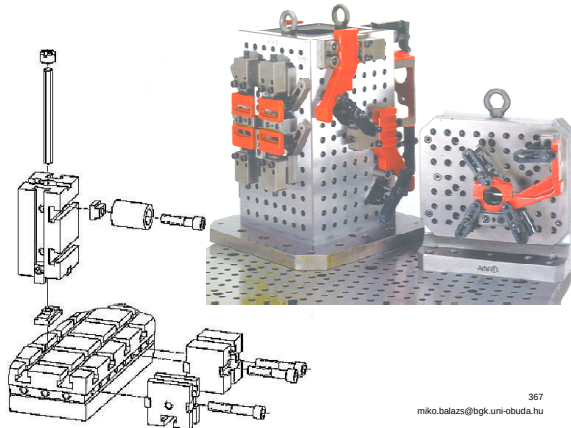
I)
 $Q = \frac{Fl}{L}$
ha $l = 0,5L$
akkor $Q = 0,5F$

II)
 $Q = \frac{Fl}{L-l}$
ha $l = 0,5L$
akkor $Q = F$

III)
 $Q = \frac{FL}{l}$
ha $l = 0,5L$
akkor $Q = 2F$

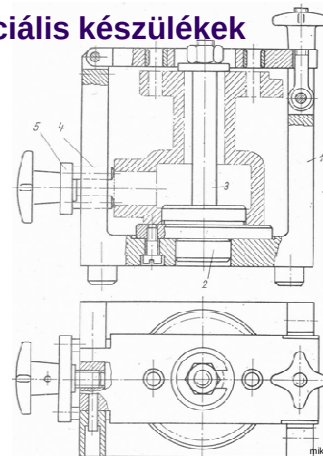
366
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

EÖK készülékek

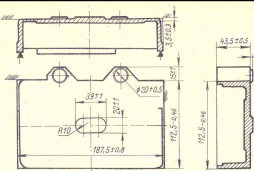


367
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

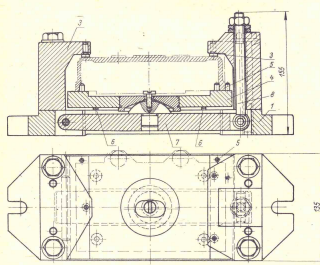
Speciális készülékek



368
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

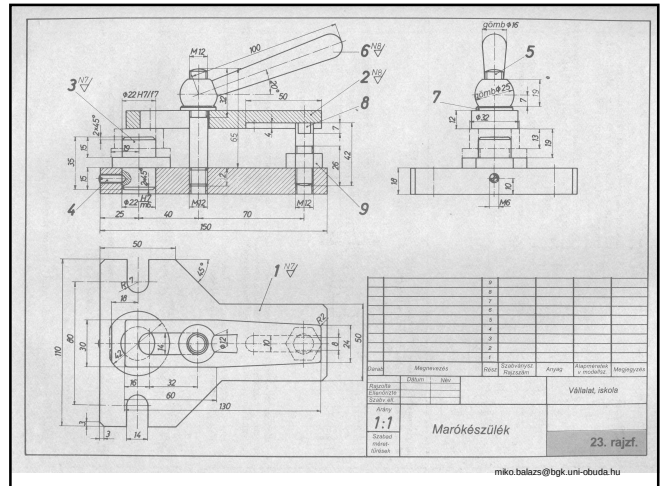


266. ábra. Öntött munkadarab műhelyrajza

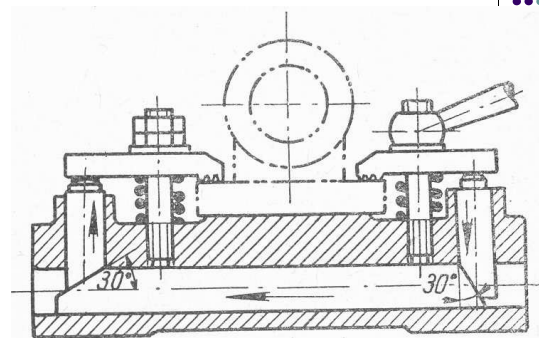


267. ábra. Alutól szorító marókészülék a 266. ábra munkadarabjának maráshoz

369
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

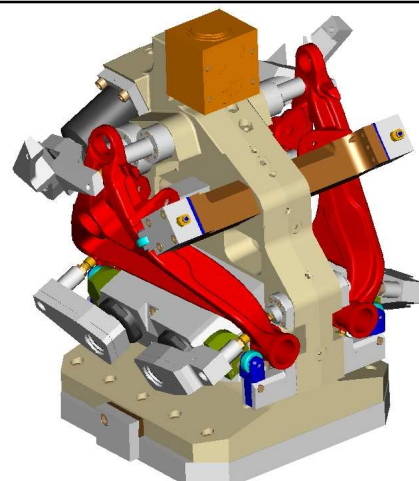


370
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

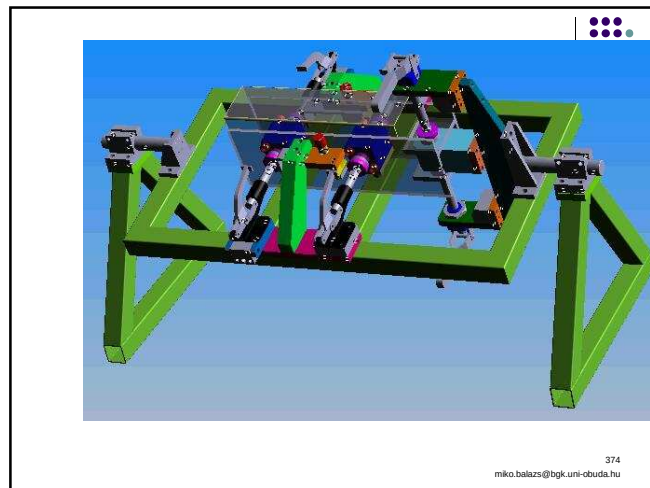
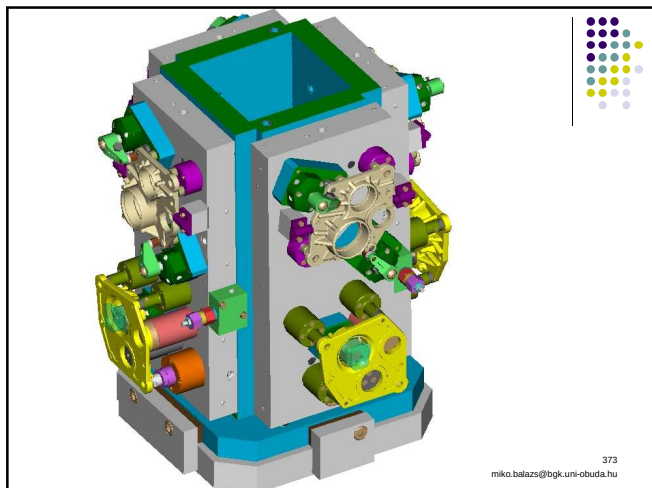


104. ábra. Több szorítóvas megszorítása ék-kialakítású áttétellel

371
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



372
balazs@bgk.uni-obuda.hu



KÜLÖNBÖZŐ KÉSZÜLÉKEK KÖLTSÉGEINEK ÖSSZEHASONLÍTÁSA	
Egycélú készülék Költségek 8-100%	
Szabványos szerkezeti elemekből felépített készülék Költségek 5-45%	
Modulelemekből összeállított készülék Költségek 8-12%	

375
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Készülékezési igény

- Mit munkálunk meg?
- Hogyan munkáljuk meg?
- Milyen gépen?
- Hol legyen megtámasztva?
- Hol legyen leszorítva?
- Hogyan legyen leszorítva?

KÉSZÜLÉKSZERKEZÉSTESTI KÉRDŐ LAP

Projekt kód	280.00.3912-022	Munkaadó megnevezése	BAK	Működési terület száma	14/1998
Működési pont	2/14	Működési megnevezése	Marás II	Szerkezeti jel	MAHO MC50
Szerkezeti megnevezése	Kétsapós készülék K1255				

VÁZLAT

Működési elv, megnevezés
Függőleges lapon, kétsapós tájolással, szorítva a jelölt helyen.

Dátum: 1998. miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Helyzet-meghatározás rajzi jelölése

Külső síkok szerinti helyzetmeghatározás elemei Támasztóelemek			
Megnevezés	Oldalnézet	Felülnézet	Alulnézet
Csapos ülékek, lapos ülékek, sarok ülékek, általában minden fix támasztóelem			
Mozgó ülékek, mozgó báb, általában minden mozgó támasztó elem			
Önbeálló ülék, elosztó ülék, beálló támasz			
Beállítható ülékek			

377
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Belső síkok szerinti helyzetmeghatározás elemei Központosítóelemek	
Megnevezés	Jelkép
Állócsúcs	
Forgócsúcs	
Kitérőcsúcs	
Menesztőcsúcs	
Szorító központosító elemek: tokmánpofa, palron, expanziós vagy merev fűske és hüvely. Központosítócsap, tájolócsap.	
Önszorító központosító elem: tokmány, fűske, hüvely	
Kiegészítő elem	
Menesztő elem	

378
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Szorítóelemek			
Megnevezés	Oldalnézet	Felülnézet	Alulnézet
Egyponton történő közvetlen szorítás			
Két- vagy többponton történő megosztott szorítás			
Gépi szorításnál az energiaforrás betűjelei: Pneumatikus szorítás: P Hidraulikus szorítás: H Villamos szorítás: E Vákuumos szorítás: V Mágneses szorítás: M Egyéb szorítás: Szövegesen			

379
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

A befogó elemek felületére vonatkozó információk Kiegészítő rajzjelek	
Az elem felülete	Jelkép
Sík (csapos ülék, lapos ülék stb.)	
Gömb (domború fejű csapos ülék, beálló támasz, stb.)	
Henger (tűskék, központozító csapok, befogó hűvelyek, stb.)	
Prizma (álló- és mozgó prizmák)	
Kúp (kúpos tűskék, stb.)	
Szakaszos (rovátkolt-, menetes-, megszakított-, csonkított felület)	

380
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Alkalmazási szabályok	
Több azonos támasztóelem ábrázolható egy rajzzel, de mellette jobbra meg kell adni az elemek számát.	
A támasztó és központozító elemek, a központozító csúcsok kivételével mutatóvonalon is megadhatók.	
A központozító csúcsok rajzjeleit a vonatkozó tengelyen kell feltüntetni.	
Több azonos szorítóelem is ábrázolható egy rajzzel, de mellette jobbra meg kell adni az elemek számát.	

381
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

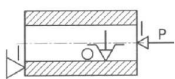
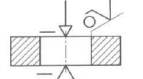
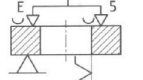
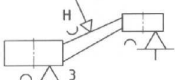
A szorítóelem jelét a hatásvonalon kell elhelyezni (nem kerülhet mutató vonalra).	
A működetés energia forrásának betűjelét a rajztól balra kell megadni.	
A kiegészítő rajzjeleket az alap rajztól balra kell megadni (kivéve a szakaszos felület rajzjelét).	
A szakaszos felület kiegészítő rajzjelét az egyes helyzetmeghatározó vagy szorító elemek rajzjével együtt kell feltüntetni (mozgó ülék rovátkolt, rovátkolt szorító felület, tájolócsap).	
A központozító és szorítóelemek rajzjeleit egy ábrán összevontan kell feltüntetni.	

Alkalmazási példák	
	BEFOGÁS TOKMÁNYBA Hárompofás kézi tokmány, hosszirányú ütköztetés nélkül
	BEFOGÁS TOKMÁNYBA HOMLOKÜTKÖZTETÉS Hárompofás elektromos tokmány, hosszirányú ütköztetés 3 ponton
	BEFOGÁS TOKMÁNYBA TÁMASZTÁS HOMLOKFELÜLETEN Hárompofás hidraulikus tokmány, hosszirányú ütköztetés 1 ponton
	BEFOGÁS TOKMÁNYBA HOMLOKÜTKÖZTETÉS, TÁMASZTÁS FORGÓCSÚCCSAL ÉS ÁLLÓ BÁBBAL

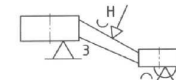
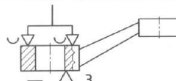
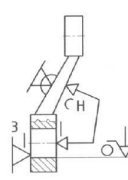
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

	BEFOGÁS TOKMÁNYBA HOMLOKÜTKÖZTETÉS, TÁMASZTÁS FORGÓCSÚCCSAL ÉS MOZGÓ BÁBBAL
	BEFOGÁS CSÚCSOK KÖZÉ Menesztés körmös csúccsal, támasztás forgó csúccsal
	BEFOGÁS ÁLLÓ CSÚCSOK KÖZÉ Menesztés esztergészívvél, és menesztőírcsával
	BEFOGÁS KITERŐ CSÚCS ÉS FORGÓCSÚCS KÖZÉ Menesztés önszorító tokmánnyal

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Alkalmazási példák	
	BEFOGÁS TÜSKÉRE Központosítás hengeres tüskével, homlokütköztetés, szorítás síkfelületen pneumatikus szorítóval
	BEFOGÁS TÜSKÉRE Támasztás sík felületen, központozás hengeres csappal, szorítás síkfelületű erőátadó elemmel.
	BEFOGÁS KÉSZÜLÉKBE Központosítás hengeres csappal, felfektetés három fix üléken szorítás öt helyen gömbfelületű szorítóval
	BEFOGÁS KÉSZÜLÉKBE támasztás három domború fix ülékkel, és egy domború beállítható ülékkel, szorítás domború felületű szorítóval

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

	BEFOGÁS KÉSZÜLÉKBE Támasztás három síkfelületű fix ülékkel, és egy beállító támasszal. Szorítás mint előbb.
	BEFOGÁS KÉSZÜLÉKBE Támasztás három síkfelületű fix ülékkel. Szorítás villaszerű domború felületű szorítóval.
	BEFOGÁS KÉSZÜLÉKBE Támasztás három fix ülékkel és egy beállító támasszal. Központosítás hengeres csappal. Szorítás hidraulikus szorítóval.

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Korlátok és variációk

Az egyes szakaszokon belül a megmunkálások sorrendjében a sok kötöttség mellett számos kötetlenség is van, azaz az egyes részmegmunkálások sorrendje variálható.

A kötelező előzési feltételek betartása után a sorrend optimalítása a különböző variációk feldolgozása révén lehetséges.

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Optimális műveleti sorrendterv

A műveleti sorrendet adottnak tekintjük, ha megadjuk a tevékenységek sorrendjét és minden tevékenységhez kiválasztunk egy szerszámgépet és egy megmunkálási módot.

A feladat azon műveleti sorrend meghatározása, amely kielégíti a tevékenységekre megadott előzési feltételeket és esetében a megmunkálási és az átállási költségek összege minimális.

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Matematikai modell elemei

Tevékenységek száma: $1 \dots I \dots N$

Az I . tevékenység változatának száma: $1 \dots i \dots n_i$

Kötöttségek jelölése: $(I \Rightarrow J)$

Átállási költség:

I . tevékenység i . változatáról J . tevékenység j . változatára: c_{ij} ($I, J=1 \dots N, i=1 \dots n_i, j=1 \dots n_j$)

Megmunkálási költség:

Az I . tevékenység i . változatának megmunkálási költsége b_{ii} ($I=1 \dots N, i=1 \dots n_i$)

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

„Utazó ügynök” feladat

Az ügynöknek N országot kell végiglátogatnia, mindegyiket egyszer és csak egyszer. Minden országban több város van, azonban országonként csak egy várost érinthet. Az országok körbejárási sorrendjére vonatkozóan kötöttségek vannak.

Ismerjük a városok közötti utazási költségeket, valamint az egyes városokban tartózkodás költségét.

Keressük az országok körbejárási sorrendjét és a meglátogatandó városokat úgy, hogy a körutazás összköltsége minimális legyen.

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Megfeleltetések

Országok = Tevékenységek
 Városok = Tevékenység változatok
 Tartózkodási költség = Megmunkálási költség
 Utazási költség = Átállási költség

391
 miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Precedencia gráf G_p

Előzési feltételek leírása

$G_p(N, P)$

$N = (0, 1, \dots, I, \dots, N)$, $P = ((I, J) \mid I \Rightarrow J, I, J \in N)$

0. tevékenység fiktív, innen indulunk és ide érünk vissza

G_p gráf csúcsmátrixa $P = (P_{IJ})$

$P_{IJ} = 1$, ha $I \Rightarrow J$, egyébként 0

392
 miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Költség gráf G_K

$G_K(V, A)$

$V = (I_1, \dots, I_n, I_1, \dots, I_n, N_1, \dots, N_n)$

Két változatot akkor köt össze él, ha a tevékenységek sorrendjét az előzési kötöttségek nem zárják ki.

G_K csúcsait N csoportba soroljuk, egy csoporton belül nem vezethet él.

Az élekhez rendelt súlyok a gyártási és az átállási költségeket jelentik:

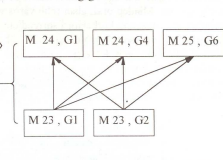
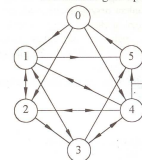
$$a_{i,jj} = b_{jj} + c_{i,jj}$$

393
 miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

A modell elemei

Precedencia-gráf G_p

A költség-gráf részlete G_K



	0	1	2	3	4	5
0	0	1	1	0	1	0
1	0	0	1	1	1	1
2	0	1	0	1	1	0
3	0	1	0	0	1	1
4	0	1	1	1	0	1
5	1	0	0	0	0	0

A G_p gráf csúcsmátrixa

	1	2	3
1	400	300	250
2	450	300	250

Költség mátrix részlete

394
 miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

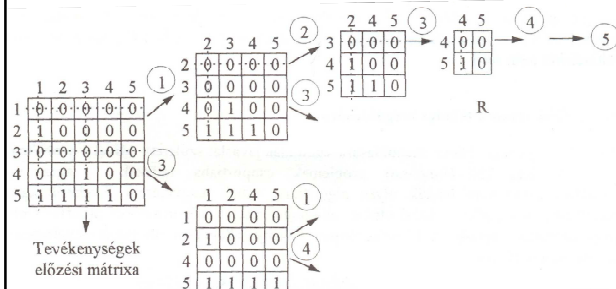
Megoldási módok

Egzakt módon nem oldható meg (NP-teljes probléma)

- Teljes leszámolás módszere
- Mátrix redukciós módszer
- Vektoros módszer

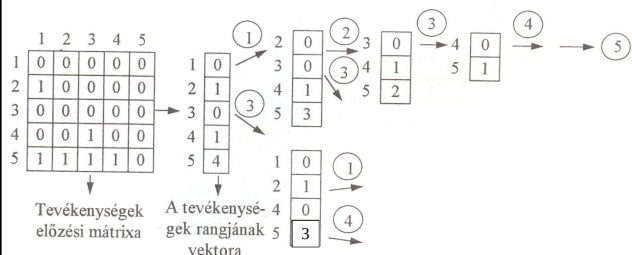
395
 miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Mátrixredukció



396
 miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Vektoros módszer



397
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Közbenső állapotok meghatározása

- ❖ felületelemenként meghatározzuk a megmunkálási ráhagyásokat
- ❖ hozzáadjuk az előző művelet közbenső kontúrjához a ráhagyásokat
- ❖ a kontúrok egyszerűsítése
- ❖ a közbenső kontúr és a tűrések egyszerűsítése

398
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Technológiai tervezés automatizálása

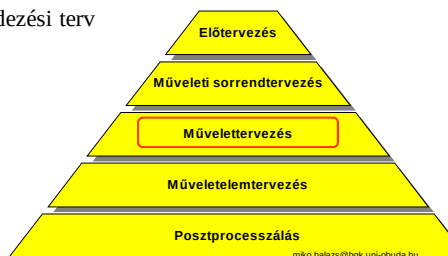
E10
Művelet tervezés

Dr. Mikó Balázs

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Művelet tervezés

- ❖ Leválasztási terv készítése
- ❖ Műveletelemek generálása
- ❖ Szerszámválasztás
- ❖ Műveletelemek összevonása
- ❖ Műveletelemek sorrendjének meghatározása
- ❖ Szerszámelrendezési terv készítése



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Alap adatok

- Művelet előtti és utáni állapot
- Szerszámgép
- Befogás, készülék
- Megmunkálási módok és sorrendjük, felületelem csoportokhoz rendelve

401
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Definíció (ismétlés)

Művelet: a gyártási folyamat azon része, amely egy szerszámgépen, egy felfogásban történik.

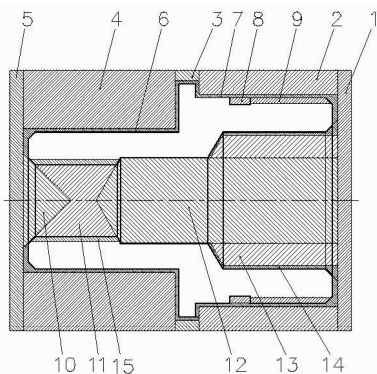
Műveletelem: a gyártási folyamat azon része, amely során egy geometriailag és technológiailag összefüggő ráhagyási alakzatot egy adott számmal távolítunk el.

A technológiai tervezés műveletenként autonóm feladat.

402
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Leválasztási terv készítése

Célja: a ráhagyási alakzathoz műveletelemeket rendelni.



403
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Leválasztási terv készítés lépései

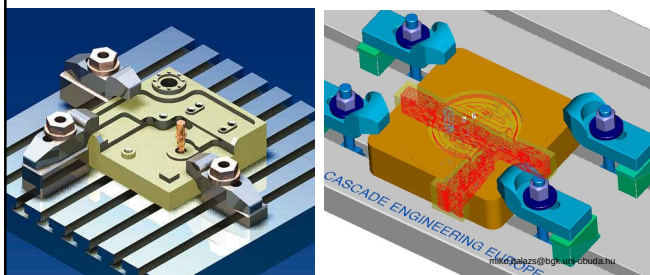
- ✓ gyárthatósági vizsgálat
- ✓ közbelső alkatrészállapotok meghatározása
- ✓ műveletelemek generálása

404
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Leválasztási terv készítése

Gyárthatósági vizsgálat:

- A készülék által takart felületek meghatározása
- A szerszám mozgáspályáját befolyásoló készülékelemek meghatározása
- A megmunkálandó felületekhez történő hozzáférés ellenőrzése



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Műveletelemek generálása

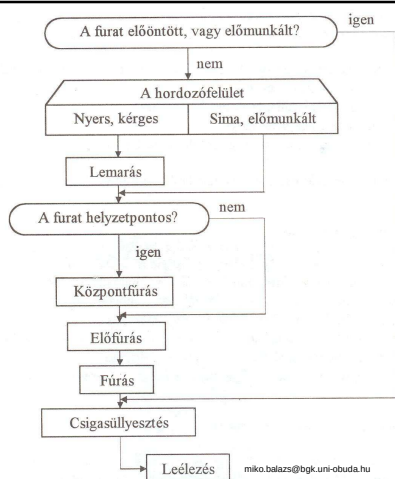
A műveletelemek generálása során kijelöljük az alkatrész felületelem csoportjainak előállításához szükséges műveletelemekhez tartozó ráhagyásalakzatokat és a műveletelemek végrehajtásához szükséges szerszámokkal szembeni követelményeket.

Az alkatrészt alkotó felületelem csoportokhoz a kiindulási állapot és a kész állapot figyelembevételével hozzárendelhetők a műveletelemek tipizált sorozatai

406
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Műveletelemek generálása

Példa:
furatmegmunkálás



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

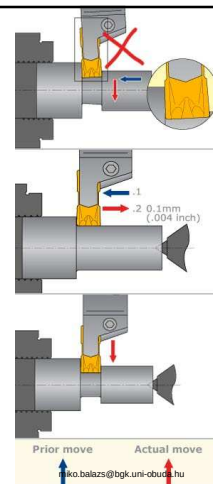
Szerszámválasztás

- Szerszámválasztási kritériumok alapján történik.
- A szerszámválasztási kritériumok eset függők.

Általános kritériumok:

- Munkadarab anyaga
- Megmunkálási mód
- A megmunkálás jelege (nagyolás / simítás)

Törekedni kell a minimális szerszám számra és a szerszámváltások minimalizálására.



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

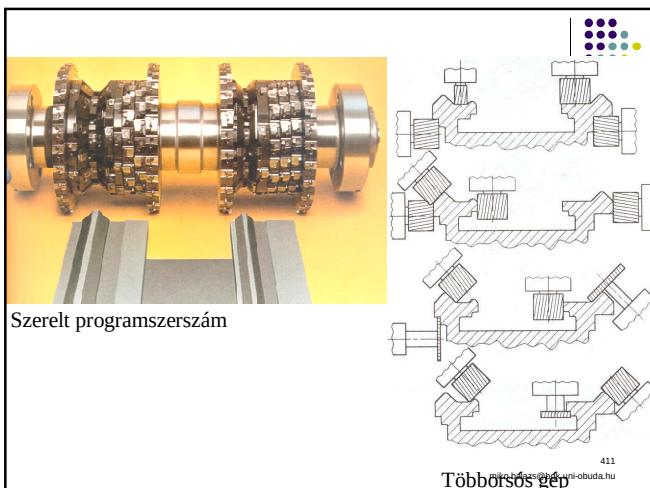
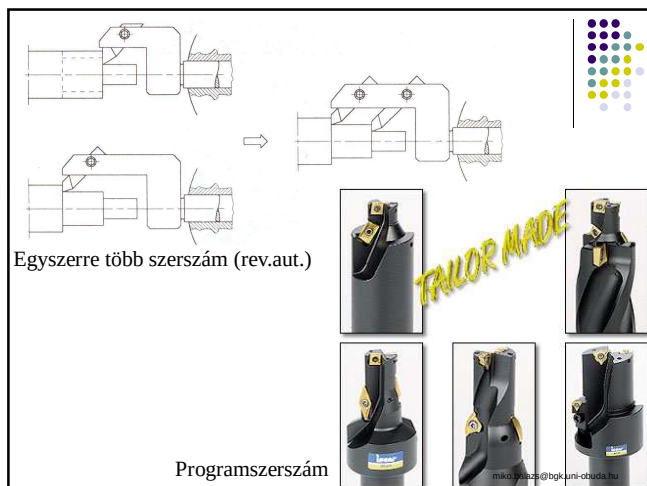
Műveletilem összevonás

Célja a ciklusidő csökkentése.

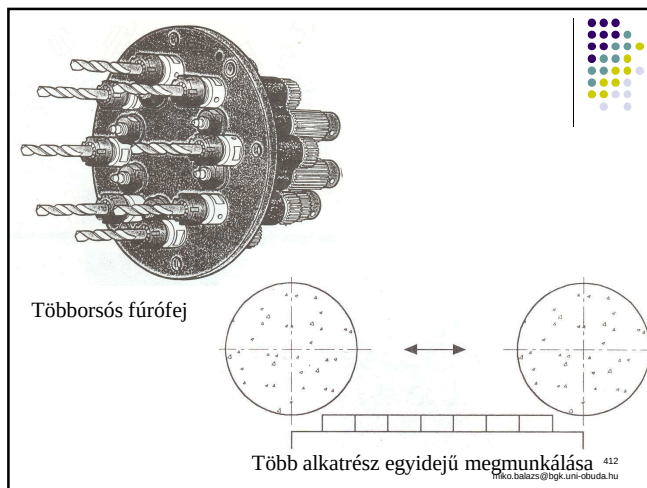
Az összevonás általános feltételei:

- A szerszámgép alkalmas az együttes végrehajtásra
- Az együtt dolgozó szánok, szerszámok nem akadályozzák egymást.
- Az együtt dolgozó szerszámok optimális paraméterekkel dolgoznak.
- A műveletelemek megmunkálási ideje közel azonos.
- Az együttes teljesítmény igény nem haladja meg a gép teljesítményét
- Nem keletkezik túl nagy deformáció.
- A két műveletilem megmunkálási fokozata azonos.

409
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



411
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



412
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

meghatározása

Az előzési kötöttségek betartása mellett a mellémozgások ideje (összekötő mozgások, szerszámváltás) legyen minimális.

Megoldás: ld. műveleti sorrendtervezés

413
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Szerszámelrendezési terv

Csak szerszámtárral rendelkező gépek esetén.
Cél: a szerszámváltások idejének minimalizálása.

Befolyásoló tényezők:

- ☐ a műveletelemek végrehajtási sorrendje
- ☐ a szerszámtár típusa (helykód / címkód)
- ☐ a szerszámhelyekre befogható szerszámok típusa
- ☐ a szerszámok mérete



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



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

Technológiai tervezés automatizálása

E11

Műveletelem tervezés

Dr. Mikó Balázs

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



Műveletelem tervezés

- ❖ Forgácsolási paraméterek meghatározása
- ❖ Mozgáspályák tervezése



416
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

meghatározása

- ✓ Tapasztalat
- ✓ Kézikönyvek alapján
- ✓ Szerszámkatalógusok alapján
- ✓ Optimalizálás segítségével

417
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Kézikönyvek

C139. táblázat. Forgácsolási adatok
Marás R6 gyorsacélmaróval

A munkadarab	keménysége, HB vagy szakítószilárdság, σ_B , kN/mm ²	v m/min	e_1 , mm/fog		
			palástmaró	homlokmaró	tárcsamaró
acél	50-ig	24...32	0,1	0,12	0,08
	70-ig	20...26	0,09	0,11	0,07
	90-ig	16...20	0,08	0,1	0,06
	90 felett	12...14	0,07	0,09	0,05
acélöntvény		20...24	0,09	0,11	0,07

Egyszerű
Gyors

MKGS sajátosságait nem veszi figyelembe

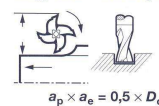
418
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Szerszámkatalógusok



Szerszámkatalógusok

Nagyolás – horonymarás, minőség GC1020



$$a_p \times a_e = 0,5 \times D_c$$

ISO	CMC	Forgácsolási sebesség v_c m/perc
P	02.1	90-120
M	05.21	50- 90
K	08.2	90-140

D_c mm	Fogankénti előtolás f_z mm/fog
1	0,001-0,005
2	0,005-0,015
3	0,01-0,02
4	0,015-0,034
5	0,02-0,03
6-7	0,02-0,04
8-9	0,03-0,045
10	0,035-0,05
12	0,035-0,06
16	0,04-0,07
18-20	0,05-0,08
25	0,06-0,09

Egyszerű
Gyors
Szerszám specifikus
Anyagcsoport specifikus

Gép és készülék nincs
figyelembe véve
A szerszámnak csak bizonyos
tulajdonságait vesz figyelembe

420
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Optimalizálás

Matematikai modell amely figyelembe veszi az MKGS rendszer valamennyi elemének képességét, korlátait.

A matematikai modell elemei:

- ❖ Feltételrendszer
- ❖ Célfüggvény
- ❖ Éltartam összefüggés

421
miko.balazs@bgt.uni-obuda.hu

Feltételrendszer

A feladat korlátainak meghatározása.

A korlátfüggvények lehetnek:

- Homogén korlátok
 - Előtolás
 - Fordulatszám
- Inhomogén korlátok

422
miko.balazs@bgt.uni-obuda.hu

1.1.1 Előtolás korlátok

- szerszám gép minimális és maximális előtolása

$$f_{gmin} \leq f \leq f_{gmax}$$

- a szerszámra megengedett minimális és maximális előtolás

$$f_{szmin} \leq f \leq f_{szmax}$$

- a feltületi érdességgel összefüggő előtoláskorlát

$$f \leq f_{R_s}$$

- stb

423
miko.balazs@bgt.uni-obuda.hu

1.1.2 Fordulatszám korlátok

- a szerszám gép minimális és maximális fordulatszáma

$$n_{gmin} \leq n \leq n_{gmax}$$

- a szerszámra megengedett minimális és maximális vágósebességből adódó fordulatszám

$$n_{szmin} \leq n \leq n_{szmax}$$

az éltartam összefüggés érvényességi tartománya

$$n_{Tmin} \leq n \leq n_{Tmax}$$

- stb

424
miko.balazs@bgt.uni-obuda.hu

1.1.3 Forgácsoló erő korlát

$$F \leq F_{meg}$$

$$F = C_F * a^{x_F} * f^{y_F} * v^{z_F}$$

$$f^{y_F} * v^{z_F} = \frac{F_{meg}}{C_F * a^{x_F}} * \left(\frac{1000}{D * \Pi} \right)^{z_F}$$

1.1.4 Nyomaték korlát

$$M \leq M_{meg}$$

$$M = F * d$$

$$f^{y_F} * v^{z_F} = \frac{M_{meg}}{C_F * a^{x_F}} * \left(\frac{1000}{D * \Pi} \right)^{z_F} * \frac{1}{d}$$

1.1.5 Teljesítmény korlát

$$P \leq P_{meg}$$

$$P = M * \omega$$

$$f^{y_F} * v^{z_F} = \frac{P_{meg} * \eta * 60 * 1000}{C_F * a^{x_F}} * \left(\frac{1000}{D * \Pi} \right)^{1+z_F}$$

425
miko.balazs@bgt.uni-obuda.hu

Célfüggvény

1.2.1 Minimális költség célfüggvény

$$K = K_I + K_{II} + K_{III}$$

$$K_I = t_f * C_M$$

$$K_{II} = K_{sz} * \frac{t_f}{T}$$

$$K_{III} = t_{cs} * C_M * \frac{t_f}{T}$$

C_M : a szerszám gép percköltsége

K_{sz} : egy elezésre jutó szerszám költség

t_{cs} : szerszám-cseretidő

$$t_f = \frac{L}{n * f} \quad : \text{főidő}$$

$$K = \frac{L * C_M}{n * f} * \left(1 + \frac{t_{cs} + \frac{K_{sz}}{C_M}}{T} \right) \quad K \rightarrow \min$$

miko.balazs@bgt.uni-obuda.hu

1.2.2 Maximális termelékenység célfüggvény

$$t = t_I + t_{II}$$

$$t_I = \frac{L}{n^k \cdot f}$$

$$t_{II} = t_{cs} \cdot \frac{t_I}{T}$$

$$t = \frac{L}{n^k \cdot f} \cdot \left(1 + \frac{t_{cs}}{T}\right) \quad \frac{1}{t} \rightarrow \max$$

427

miko.balazs@bgt.uni-obuda.hu

Éltartam összefüggés

1.3 Éltartam összefüggés

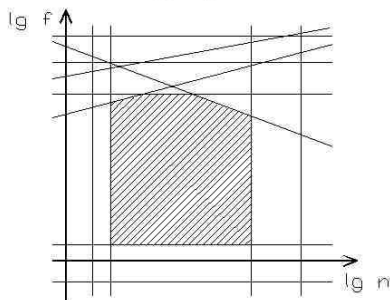
Taylor-féle $T = C_T \cdot \gamma^{2T} \cdot a^{x_T} \cdot f^{y_T}$, $T^m = \frac{C_v}{\gamma^x \cdot f^{y_T} \cdot a^{x_T}}$

428

miko.balazs@bgt.uni-obuda.hu

Keresési tartomány

A feltételrendszer ábrázolása $\lg n - \lg f$ koordináta rendszerben



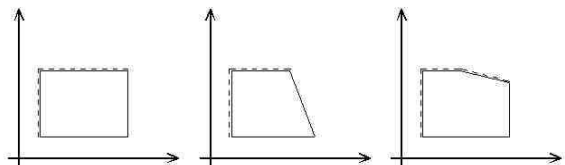
- felső korlátok közül a legkisebb
- alsó korlátok közül a legnagyobb

429

miko.balazs@bgt.uni-obuda.hu

Optimum esélyes határvonal

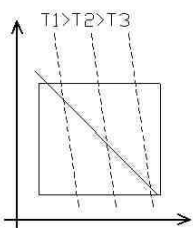
1. Tétel: Az optimumesélyes pontok mértani helye ott van, ahol a tartomány belsejéből indított -45°-os egyenes metszi a tartomány határát.



430

miko.balazs@bgt.uni-obuda.hu

Bizonyítás: A -45° -os egyenes mentén az $n \cdot f$ szorzat állandó, valamint a szerszám éltartam (T) nő.



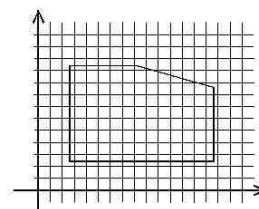
$K_I = \text{állandó}$
 $K_{II} \text{ csökken}$
 $K_{III} \text{ csökken}$ } $\Rightarrow K \text{ csökken}$

431

miko.balazs@bgt.uni-obuda.hu

Megoldási módszerek

4.1 Fokozatos fő- és mellékhatómű esetén

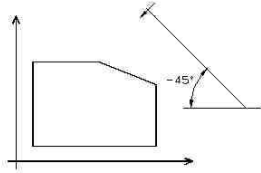


A pont párokban kiszámítjuk a célfüggvény értékét, majd kiválasztjuk a legkedvezőbbet.

432

miko.balazs@bgt.uni-obuda.hu

4.2 Goranszkij-módszer

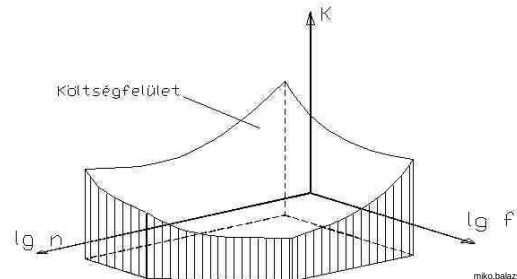


- az éltartam korlátfüggvény
- -45° -os egyenessel közelíti a tartományt, ahol először érinti, az az optimális pont
- $n \cdot f \rightarrow \max$

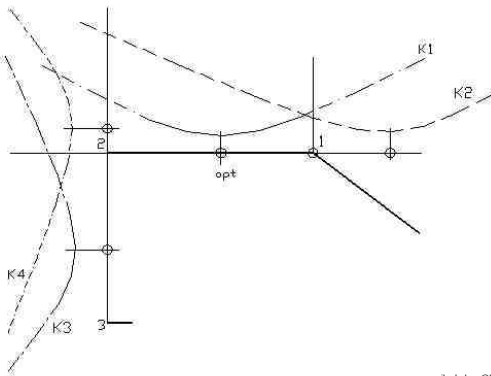
433
miko.balazs@btk.uni-obuda.hu

Optimalás

2. Tétel: Ha a célfüggvénynek létezik lokális szélsőértéke és az a tartományon belül van, akkor az egyben az optimum pont is. Más esetben csak valamelyik sarokpont lehet.



434
miko.balazs@btk.uni-obuda.hu



435
miko.balazs@btk.uni-obuda.hu

Szélsőérték számítás

Szélsőérték meghatározása: $\frac{\partial K}{\partial T} = 0$

A szélsőértékhez tartozó éltartam: $T_{sz} = \frac{1 + y_v \cdot N_j - (N_j + 1) \cdot m}{m \cdot (N_j + 1)} \cdot C_T$

$$N_j = -\frac{z_j}{y_j}, \quad y_j \cdot g_j + z_j \cdot g_j \cdot n = C$$

436
miko.balazs@btk.uni-obuda.hu

Az eljárás algoritmus

Az optimalás algoritmus:

1. Kiszámítjuk az éltartam értékét az 1. pontban (T_1).
2. Kiszámítjuk az 1-2. szakaszra a T_{sz1} értékét (T_{sz1}).
3. Ha $T_1 \geq T_{sz1}$, akkor az 1. pont az optimális.
4. Ha $T_1 < T_{sz1}$, kiszámítjuk T_2 -t.
5. Ha $T_2 \geq T_{sz1}$, akkor T_{sz1} -hez tartozó pont az optimális.
6. Ha $T_2 < T_{sz1}$, akkor az eljárást megismételjük a 2. pontra (T_2) és a 2-3. szakaszra (T_{sz2}).

437
miko.balazs@btk.uni-obuda.hu

Optimális fogóasztás

R : ráhagyás

a_{min} : minimális fogásmélység

a_{max} : maximális fogásmélység

i : fogásszám

$$i_1 = \left\lceil \frac{R}{a_{max}} \right\rceil + 1$$

$$a_1 = \left(\frac{R}{i_1} \right) \rightarrow K_1$$

$$i_2 = i_1 + 1, a_2 = \left(\frac{R}{i_2} \right) \rightarrow K_2$$

1. Ha $K_1 > K_2 \rightarrow i_3 = i_2 + 1$
2. Ha $K_1 < K_2 \rightarrow a_1$ a jó

438
miko.balazs@btk.uni-obuda.hu

ESZTERGÁLÁS		JAVASLATOK ÉS MEGOLDÁSOK							
PROBLÉMÁK		Csikizés a forgácsolási sebességet	Növeksztés a forgácsolási sebességet	Csikizés az előtolást	Növeksztés az előtolást	Csikizés a foglamléységet	Növeksztés a foglamléységet	Válaszon kopássalóbb minőség	Válaszon szívsóbb minőség
Hátkopás		x						x	
Csorbuló kopás		x						x	
Kráteres kopás		x	x					x	x
Képlékeny alakváltozás		x	x					x	
Élritét képződés		x							x
Kis repedések a forgácsoló élre merőlegesen								x	
Kis forgácsoló él darabok kltőredézése		x						x	x
Lapkatörés			x	x				x	
Forgácsolóélódás				x	x				
Rémegés		x		x	x			x	x

439

miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu

MARÁS		JAVASLATOK ÉS MEGOLDÁSOK							
PROBLÉMÁK		Csikizés a forgácsolási sebességet	Növeksztés a forgácsolási sebességet	Csikizés a foglamléységet	Növeksztés a foglamléységet	Válaszon kopássalóbb minőség	Válaszon szívsóbb minőség	Válaszon kopássalóbb minőség	Válaszon szívsóbb minőség
Hátkopás		x							
Csorbuló kopás		x							
Kráteres kopás		x							
Képlékeny alakváltozás		x	x	x					
Élritét képződés			x	x					
Kis repedések a forgácsoló élre merőlegesen		x							
Kis forgácsoló él darabok kltőredézése			x						
Lapkatörés				x					
Rémegés				x					
Roszt felületi érdesség		x	x	x					

440

miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu

FÚRÁS		JAVASLATOK ÉS MEGOLDÁSOK							
PROBLÉMÁK		Előző úja a fúrt	Növeksztés a fúrt	Válaszon szívsóbb minőség	Csikizés az előtolást	Tökéletesítés a stabilitást, rögzítés úja az	Ellenőrzés a fúrt alját vagy a kompenzációt	Ellenőrzés a fúrt alját vagy a kompenzációt	Ellenőrzés a fúrt alját vagy a kompenzációt
A fúrt homlokoldali törése		x		x				x	
Kopás a fúrt külső átmérőjén		x						x	x
Méret alatti/feletti fúrt		x		x				x	
Beszorult a forgács a fúrtcsatornába			x	x	x			x	x
Rezgések				x	x			x	
Kis forgácsoló él darabok kltőredézése		x	x					x	x
Aszimmetrikus fúrt				x	x			x	
Alacsony éltartam		x			x			x	x

441

miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu

Szerszámtervezése

Általános szempontok:

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

442

miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu



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

Technológiai tervezés automatizálása

E11

CAM rendszerek

Dr. Mikó Balázs

miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu

CAM rendszerek

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



444

miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu

CAM rendszerek



CAM rendszerek csoportosítása

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

446

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Dimenzió szám

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

447

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

- 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

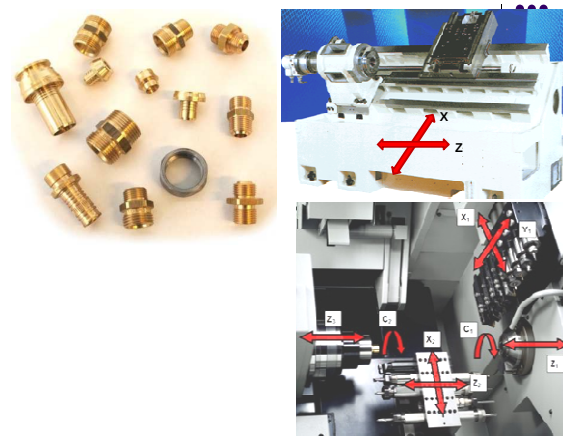
448

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

- 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)

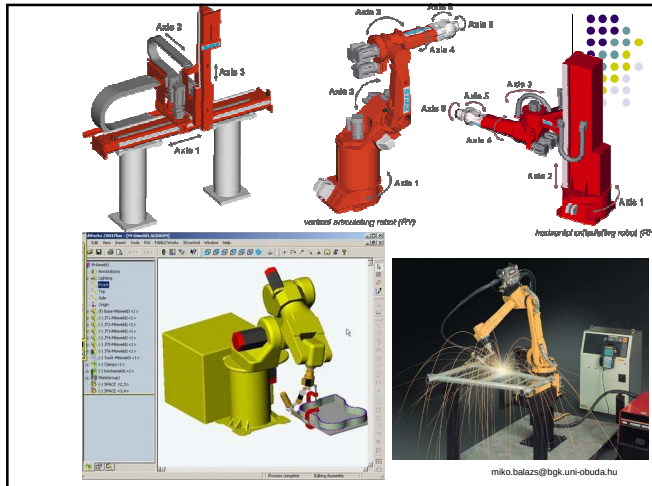
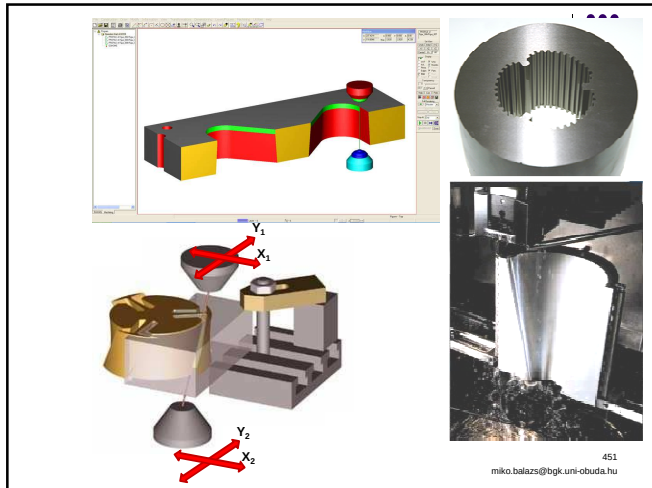
449

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



450

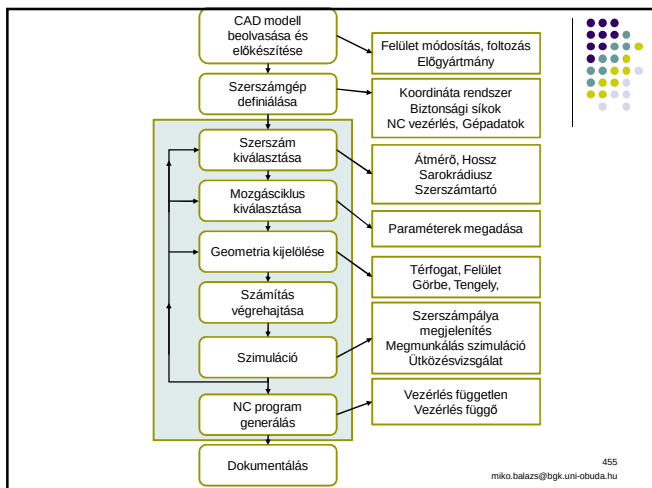
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



CAM munkafolyamat

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

454
miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu



0. – Technológiai tervezés

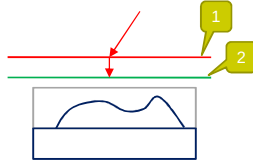
1. – CAD modell beolvasása és előkészítése

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

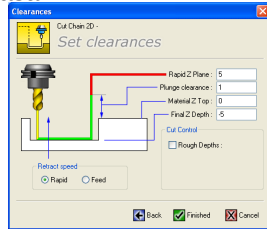
455
miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu

2. – Szerszámgép választás

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



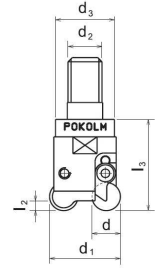
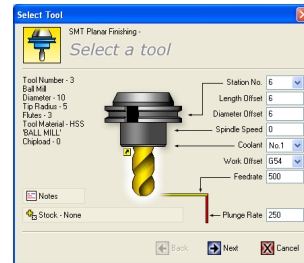
- 1 – biztonsági sík, felette 3D gyorsmozgás engedélyezett
2 – kiemelési sík, összekötő mozgások síkjá



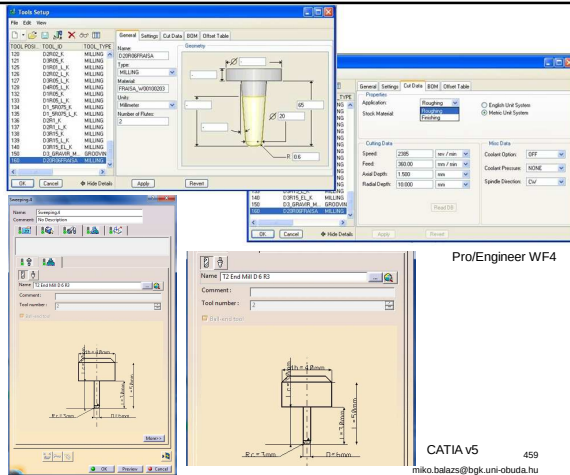
miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu

3. – Szerszám kiválasztása, kijelölése

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



miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu



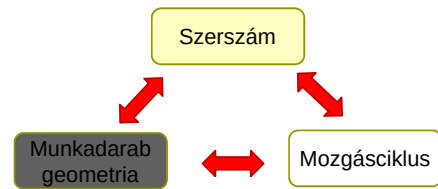
Pro/Engineer WF4

CATIA V5

miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu

4. – Mozgásciklus választás

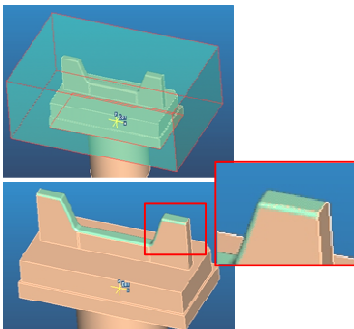
- Adott megmunkálási módhoz fejlesztett ciklusok
- Standard ciklusok
- Egyedi (CAM rendszer függő) ciklusok
- Egy feladat több módon is megoldható
- Szerszám – Geometria – Mozgáspálya



miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu

5. – Geometria kijelölése

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



461

miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu

6. – Számítás végrehajtása

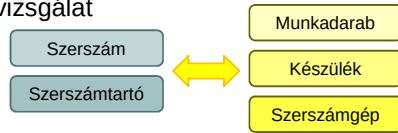


462

miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu

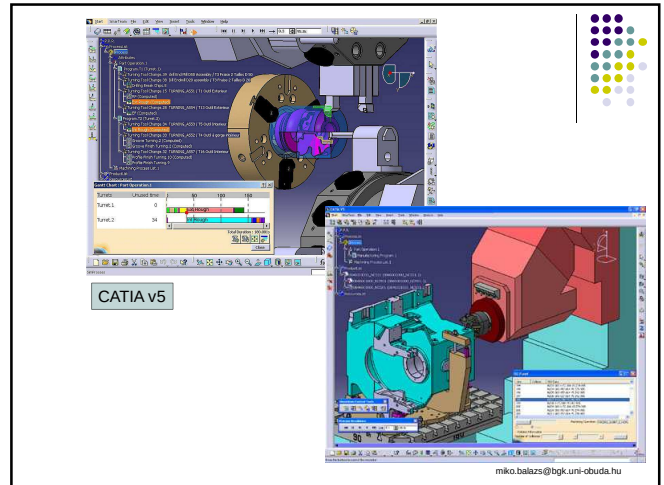
7. – Szimuláció

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



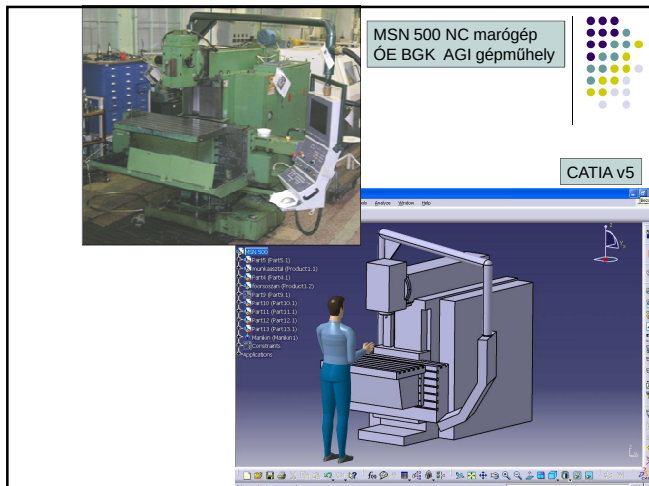
- Egyéb szimulációk
 - Megmunkálási idő
 - Gépteljesítmény

463
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



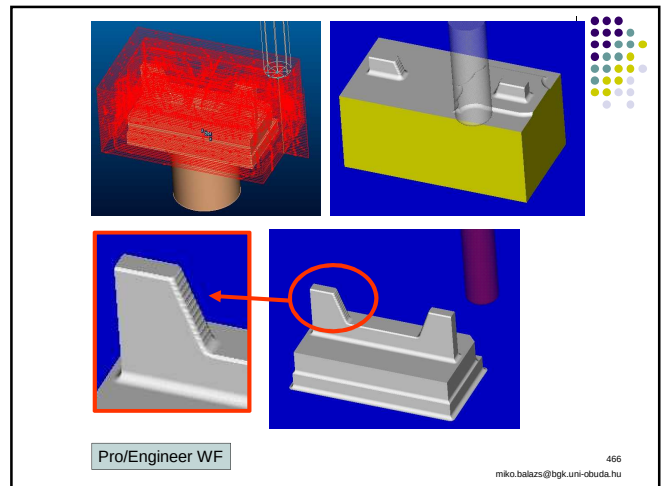
CATIA v5

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



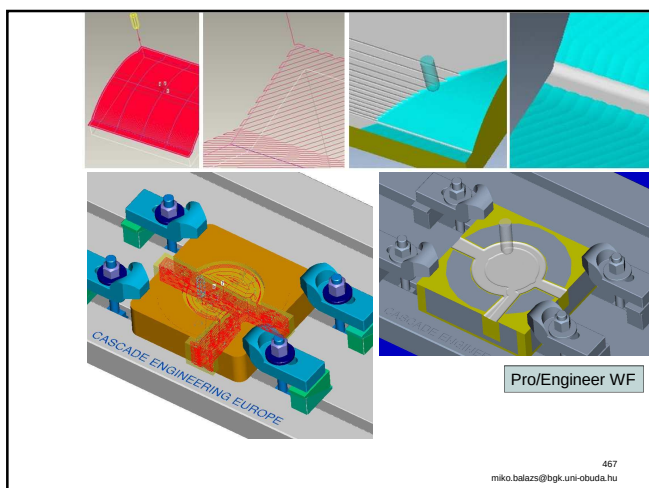
MSN 500 NC marógép
ÖE BGK AGI gépműhely

CATIA v5



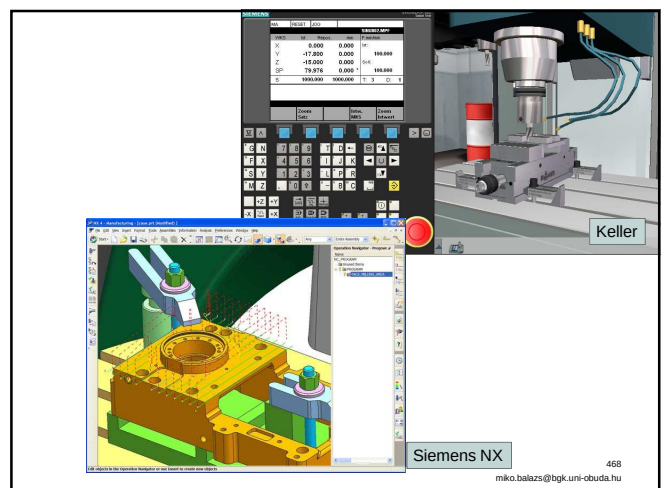
Pro/Engineer WF

466
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



Pro/Engineer WF

467
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

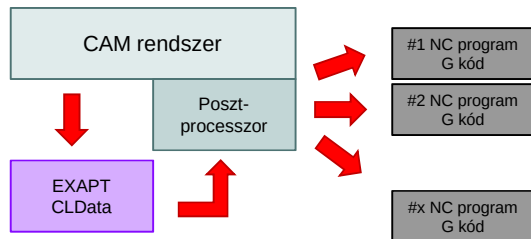


Siemens NX

468
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

8. – NC program generálása

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



469
miko.balazs@btk.uni-obuda.hu

APT

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

EXAPT

- Extended APT
- 1964.
- Németország, EU

470
miko.balazs@btk.uni-obuda.hu

```

%%* Pro/CLFile Version Wildfire 4.0 - C000
%%-> MFONO / 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,
S 0.000, 1.000, 0.000, 0.000,
S 0.000, 0.000, 1.000, 0.000
SPINDL / RPM, 2365.000000, 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
    
```

471
miko.balazs@btk.uni-obuda.hu

9. – Dokumentálás

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

472
miko.balazs@btk.uni-obuda.hu

Sz. Nr.	Program nev- Pr. name	T	Szerszám Tool	Tip- Type	St. hossz T. length	Balazs Ext. mat.	Idő Time	Forg. Step	Előtolás Feed	For.Lan. Rotation	Megjegyzés Notes
1	S0101-1	T22	Ø25.000 D25 R0.000 Ø15.000 POKOLM 3 25 200		0.300	28	4:0.800 6:15.500	2400	2700		
2	S0101-2	T14	Ø1.980 D8 R0.5 FRAISA Ø0.500 FRAISA 5250.388		0.300	2	4:0.300 6:1	2150	3580		
3	S0101-3	T38	Ø16.000 D16 R0.150 (E) Ø8.000 ISCAR CM D16-A-C16		0.300	8	4:0.500 6:1	1350	3150		megnyitás
4	S0101-4	T18	Ø11.980 D12 R0.5 FRAISA Ø0.500 FRAISA 5250.496		0.000	8	4:0.150 6:1	6000	8000		
5	S0101-5	T14	Ø1.980 D8 R0.5 FRAISA Ø0.500 FRAISA 5250.388		0.000	2	4:0.100 6:1	8000	12000		

miko.balazs@btk.uni-obuda.hu

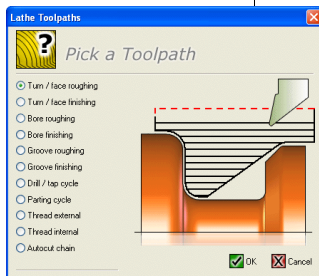
Esztergálás CAM rendszerekben

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

474
miko.balazs@btk.uni-obuda.hu

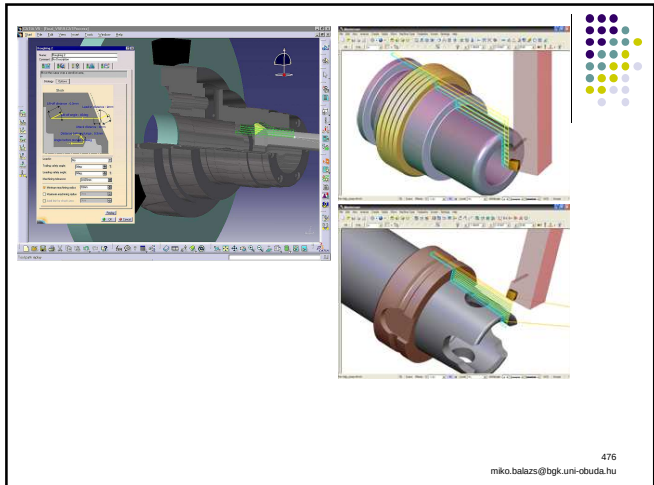
Esztergálás CAM rendszerekben

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



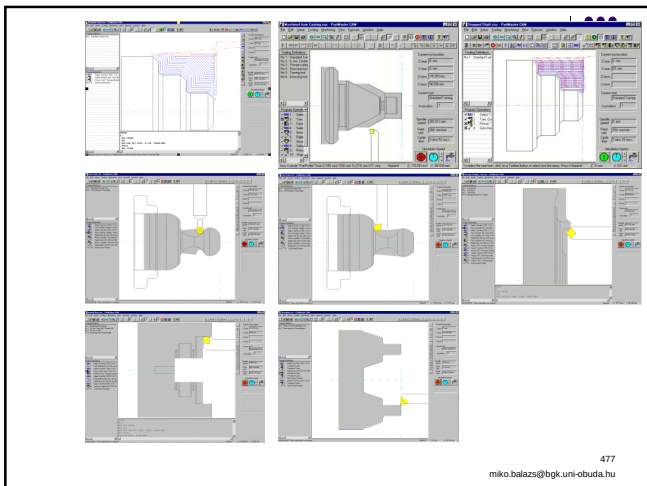
475

miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu



476

miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu



477

miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu

2.5D-s marási stratégiák

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

478

miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu

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

479

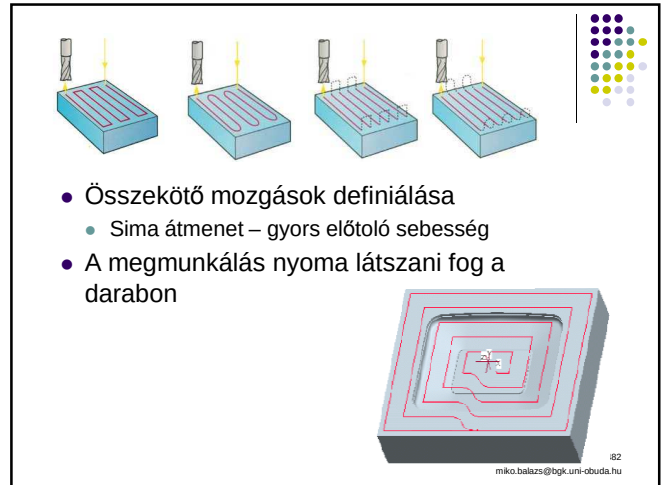
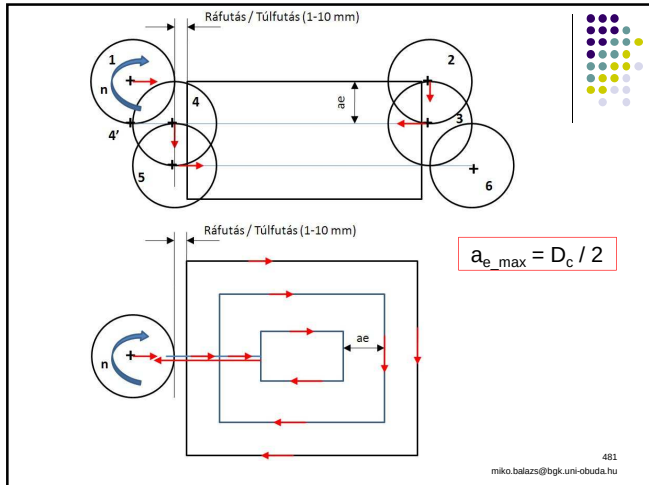
miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu



Adott irányú megmunkálás
(pásztázás)

Kontúrkövető
megmunkálás

miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu



Térfogat marás

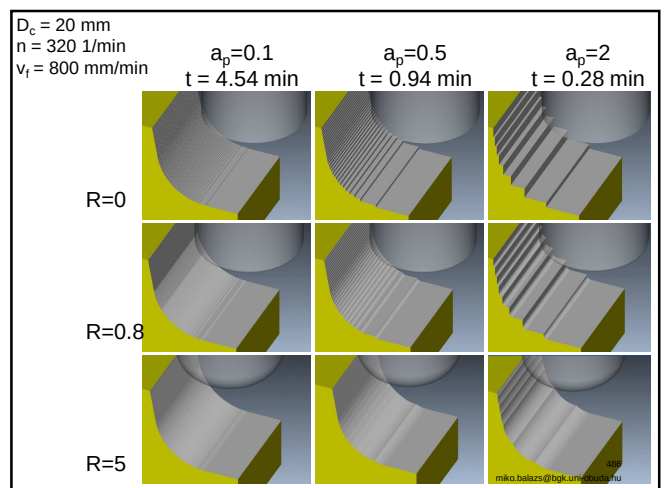
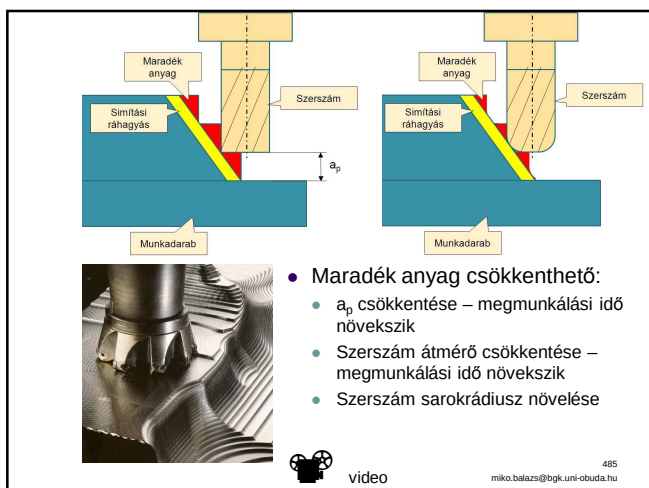
- Alapvetően nagyolásra használjuk
 - Simítási ráhagyás megadása
- Stratégia:
 - adott irányú marás
 - kontúrkövető marás
 - spirál marás
- Fogásvétel:
 - Darabon kívül
 - Darabon belül
 - Z irányban
 - Egyenes bemerülés – rampolás ($\alpha = 2-8^\circ$)
 - Spirál bemerülés ($\alpha = 2-8^\circ$, $R_{min}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



483
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

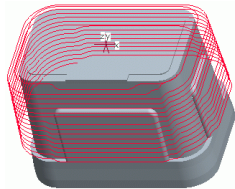
- A nagyolás mellett a kontúr simítható
 - Nagyolás + Kontúrsimítás
 - Kontúrsimítás + Nagyolás
 - Nagyolás + Kontúrsimítás szintenként
 - Nagyolás + Kontúrsimítás kisebb fogásmélységgel
 - Kontúrsimítás
- Szigetek kezelése adott irányú marás esetén:
 - Megszakít – kiemel – folytat (kerülendő)
 - Visszafordul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

484
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



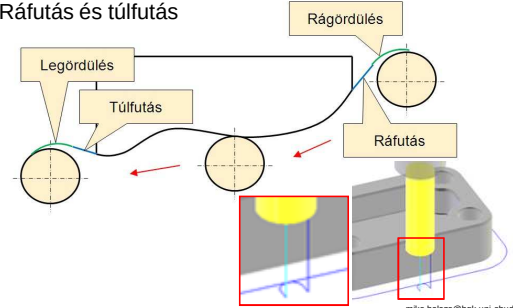
Teraszoló kontúrsimítás

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



487
miko.balazs@bgt.uni-obuda.hu

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



488
miko.balazs@bgt.uni-obuda.hu

Roughing:
Material: Prehardened steel
Tool: CoroMill Plura 216.42/1010
ap/ae mm ... 180.5
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

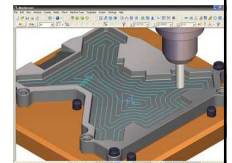
Finishing:
Material: Still the same set-up
Tool: CoroMill Plura 216.42/1010 and CoroGrip Precision Power Chuck
ap/ae mm ... 0.25/0.25
n rpm ... 13000
vc, m/min ... 400
vf, mm/min ... 3300

Total savings 122,000 Euro/year
(producing 400 moulds per year with a cost saving of 305 Euro per mould)

489
miko.balazs@bgt.uni-obuda.hu

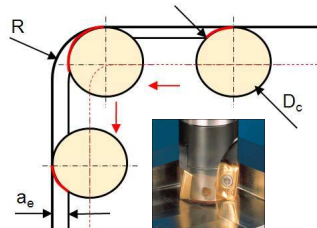
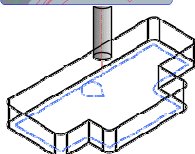
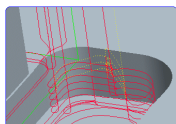
Zsebmarás

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



490
miko.balazs@bgt.uni-obuda.hu

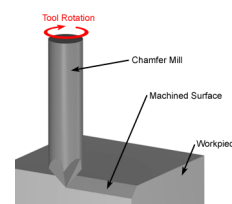
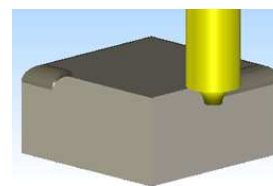
- Belső sarkok esetén
 - $D_c < 2R$
 - A rádiusz mentén nő a forgács hossz, nő a szerszám terhelés
 - Előtolási sebességet (v_f) érdemes csökkenteni



491
miko.balazs@bgt.uni-obuda.hu

Sarokmarás

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



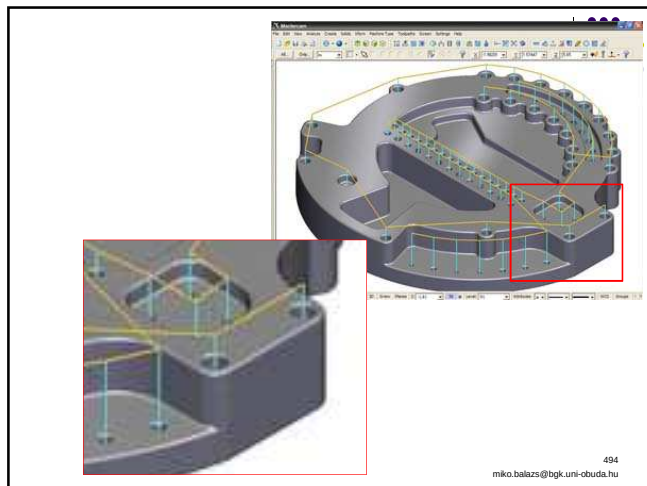
492
miko.balazs@bgt.uni-obuda.hu

Fúrás

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



493
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



494
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

3D marási stratégiák

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

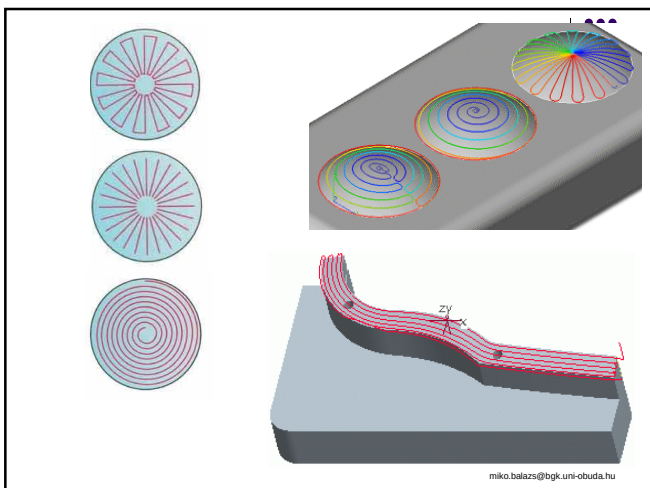
495
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

3D felület simítás

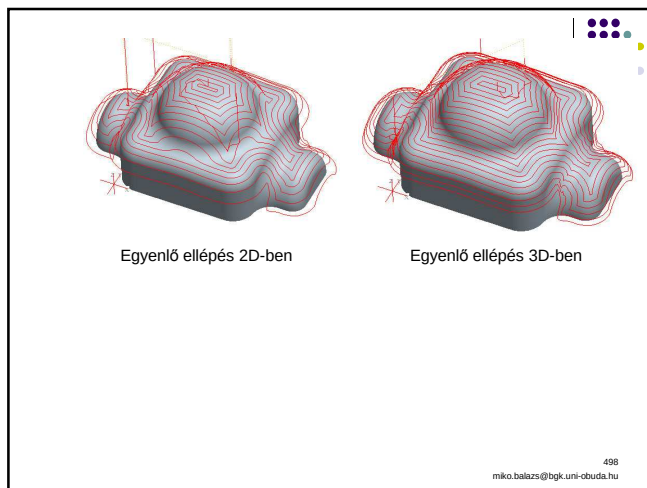
- Szerszám: gömbvégű maró
- 45°-nál laposabb felületek simítása
- Megmunkálás iránya:
 - Adott irányban xy síkban
 - Kontúrkövetés
 - Paraméter vonal követés
 - Vetített trajektória
 - Sugár irányú
 - Spirál



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

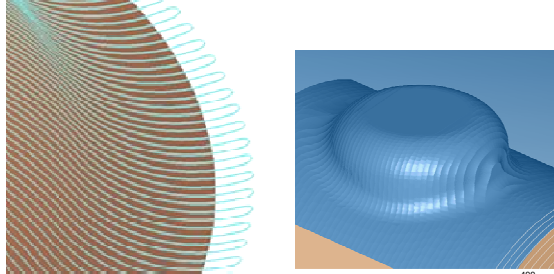


miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



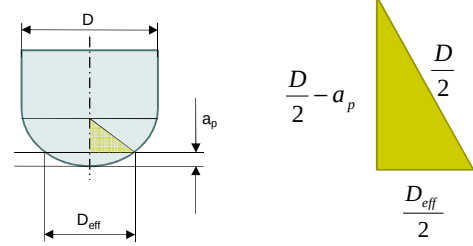
498
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

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



499
miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu

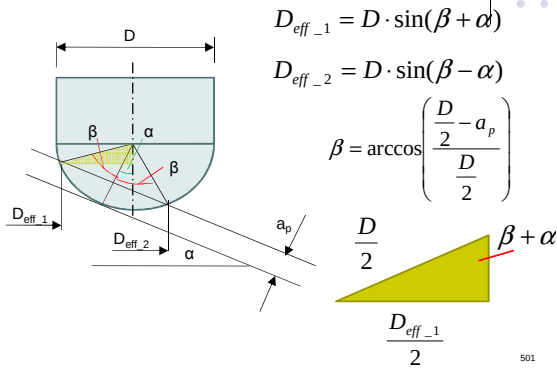
Gömbvégű maró dolgozó átmérője



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

500
miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu

Gömbvégű maró dolgozó átmérője



$$D_{eff_1} = D \cdot \sin(\beta + \alpha)$$

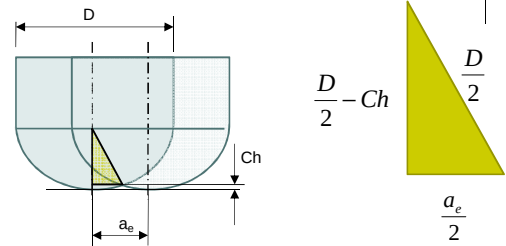
$$D_{eff_2} = D \cdot \sin(\beta - \alpha)$$

$$\beta = \arccos\left(\frac{\frac{D}{2} - a_p}{\frac{D}{2}}\right)$$

$$\frac{D_{eff_1}}{2} = \frac{D}{2} \cdot \sin(\beta + \alpha)$$

501
miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu

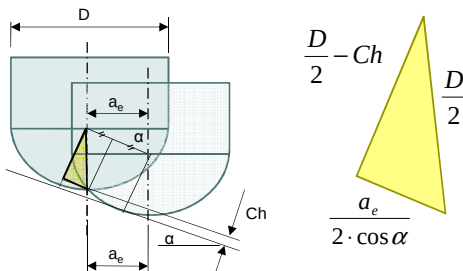
Barázda magasság (cusp height)



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

502
miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu

Barázda magasság (cusp height)



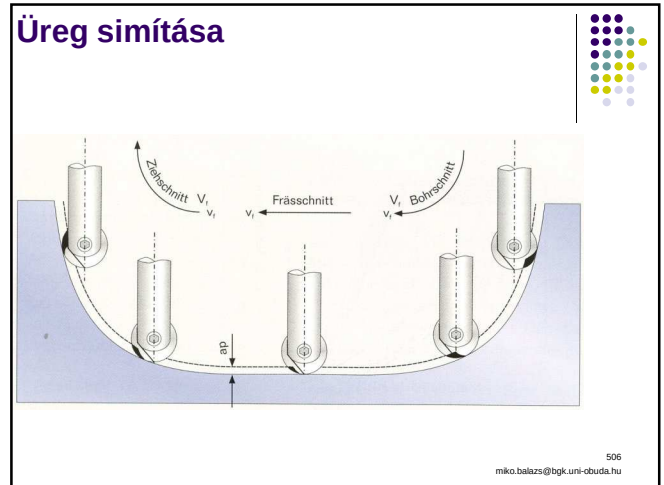
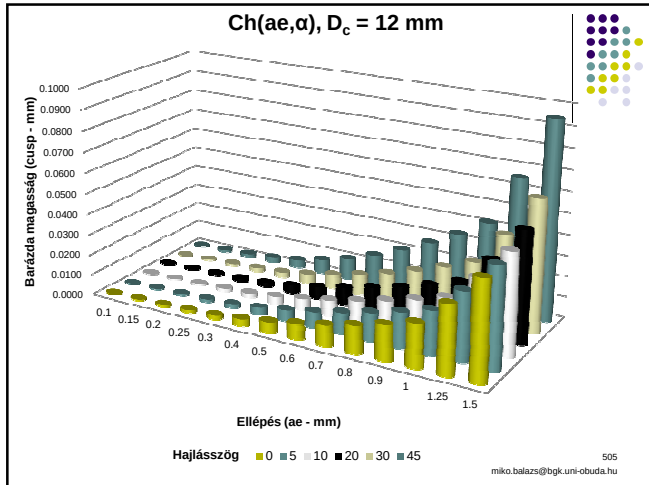
$$Ch = \frac{D}{2} - \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - \left(\frac{a_e}{2 \cdot \cos \alpha}\right)^2}$$

503
miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu

ae		Cusp height															
D	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.25	1.5			
6	0.0004	0.0009	0.0017	0.0026	0.0038	0.0067	0.0104	0.0150	0.0209	0.0268	0.0339	0.0420	0.0658	0.0953			
8	0.0003	0.0007	0.0013	0.0020	0.0028	0.0050	0.0078	0.0113	0.0153	0.0201	0.0254	0.0314	0.0491	0.0709			
10	0.0003	0.0006	0.0010	0.0016	0.0023	0.0040	0.0063	0.0090	0.0123	0.0160	0.0203	0.0251	0.0392	0.0566			
12	0.0002	0.0005	0.0008	0.0013	0.0019	0.0033	0.0052	0.0075	0.0102	0.0133	0.0169	0.0209	0.0326	0.0471			
16	0.0002	0.0004	0.0006	0.0010	0.0014	0.0025	0.0039	0.0056	0.0077	0.0100	0.0127	0.0156	0.0246	0.0352			
20	0.0001	0.0003	0.0005	0.0008	0.0011	0.0020	0.0031	0.0045	0.0061	0.0080	0.0101	0.0125	0.0196	0.0282			
α: 0.00																	
ae		Cusp height															
D	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.25	1.5			
6	0.0004	0.0010	0.0017	0.0027	0.0039	0.0069	0.0108	0.0155	0.0211	0.0276	0.0350	0.0433	0.0679	0.0983			
8	0.0003	0.0007	0.0013	0.0020	0.0029	0.0052	0.0081	0.0116	0.0158	0.0207	0.0262	0.0324	0.0507	0.0732			
10	0.0003	0.0006	0.0010	0.0016	0.0023	0.0041	0.0064	0.0093	0.0126	0.0165	0.0209	0.0258	0.0404	0.0583			
12	0.0002	0.0005	0.0009	0.0013	0.0019	0.0034	0.0054	0.0077	0.0105	0.0138	0.0174	0.0215	0.0337	0.0485			
16	0.0002	0.0004	0.0006	0.0010	0.0015	0.0026	0.0040	0.0058	0.0079	0.0103	0.0131	0.0161	0.0252	0.0363			
20	0.0001	0.0003	0.0005	0.0008	0.0012	0.0021	0.0032	0.0046	0.0063	0.0083	0.0104	0.0129	0.0202	0.0290			
α: 10.00																	
ae		Cusp height															
D	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.25	1.5			
6	0.0005	0.0011	0.0019	0.0030	0.0042	0.0076	0.0118	0.0170	0.0232	0.0304	0.0385	0.0476	0.0747	0.1081			
8	0.0004	0.0008	0.0014	0.0022	0.0032	0.0057	0.0089	0.0128	0.0174	0.0227	0.0288	0.0355	0.0557	0.0804			
10	0.0003	0.0006	0.0011	0.0018	0.0025	0.0045	0.0071	0.0102	0.0139	0.0182	0.0230	0.0284	0.0444	0.0641			
12	0.0002	0.0005	0.0009	0.0015	0.0021	0.0038	0.0059	0.0085	0.0116	0.0151	0.0191	0.0236	0.0370	0.0533			
16	0.0002	0.0004	0.0007	0.0011	0.0016	0.0028	0.0044	0.0064	0.0087	0.0113	0.0143	0.0177	0.0277	0.0399			
20	0.0001	0.0003	0.0006	0.0009	0.0013	0.0023	0.0035	0.0051	0.0069	0.0091	0.0115	0.0142	0.0221	0.0319			
α: 20.00																	

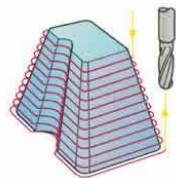
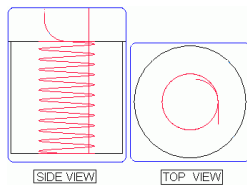
miko.balazs@tut.fi

504
miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu



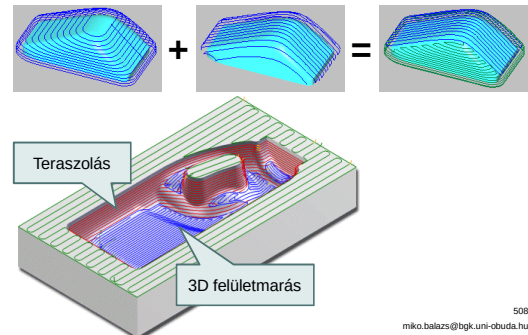
3D helikális simítás

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



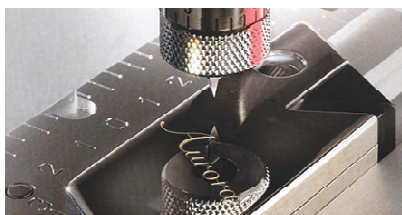
Kombinált simítás

- Felületek automatikus szétválasztása



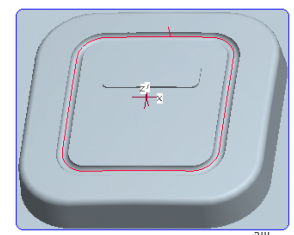
Gravírozás

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



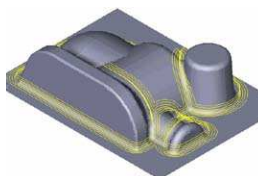
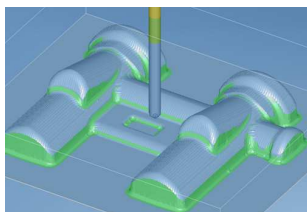
Trajektória marás

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



Maradékanyag megmunkálás

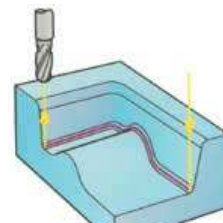
- Az előző megmunkálás során nem megmunkálható geometria újra munkálása
- Teraszoló marás vagy felület simítás



511
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Térbeli sarokmarás

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

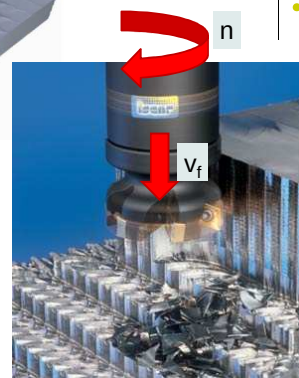
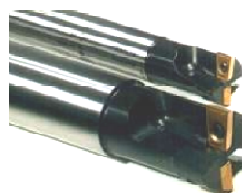
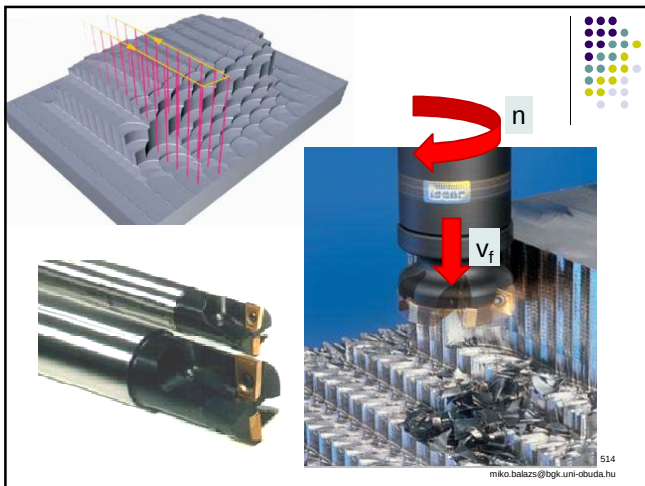


512
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

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

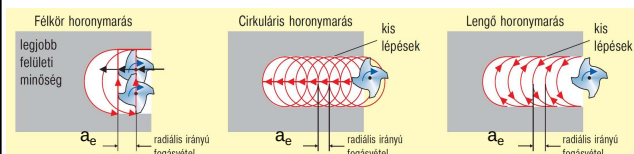
513
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



514
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

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

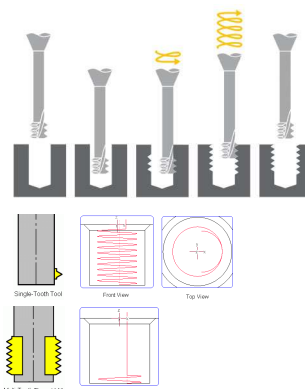


Video - Seco

515
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Különleges mozgásciklusok

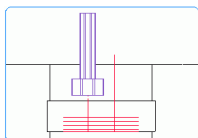
- Menet marás



516
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Különleges mozgásciklusok

- Alámetszések marása
- Szerszám szár csökkentett átmérővel

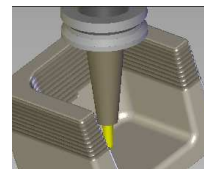


517

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

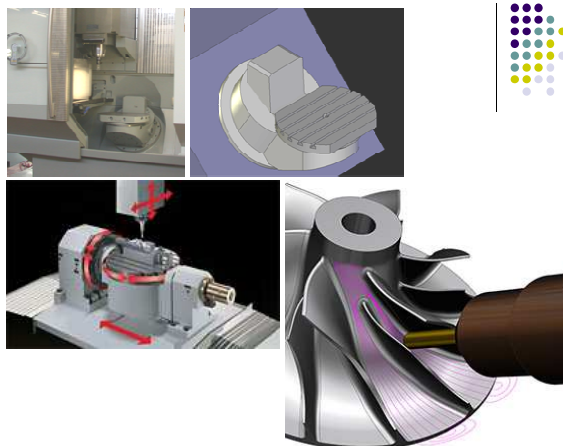
5D-s marás

- 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

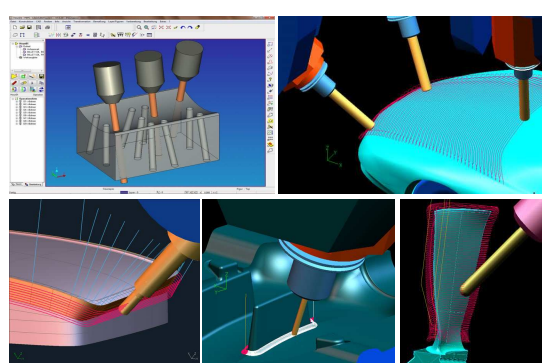


518

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



video

520

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Nagyolási stratégiák összehasonlítása

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

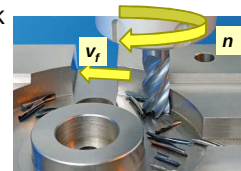
Marási technológia

- Szerszám: anyag, felépítés, geometria
- Forgácsolási paraméterek

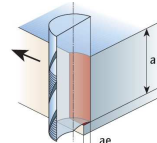
$$Q = a_p \cdot a_e \cdot v_f \left[\frac{\text{cm}^3}{\text{min}} \right]$$

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

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

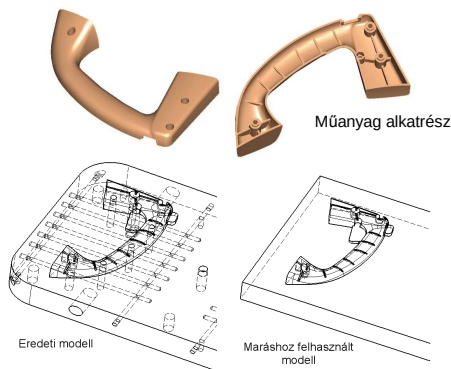


- HSM – high speed milling
- HPM – high performance milling
- HFM – high feed milling



miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

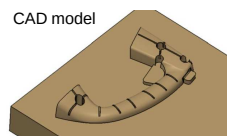
Teszt alkatrész



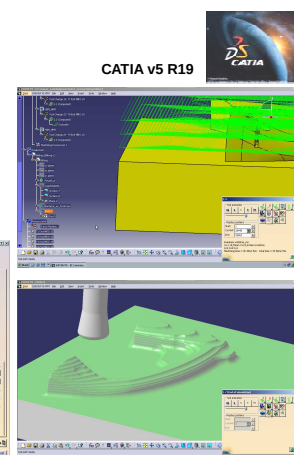
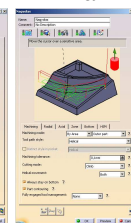
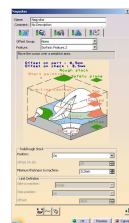
523
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Teszt alkatrész

CAD model



Nagyolás



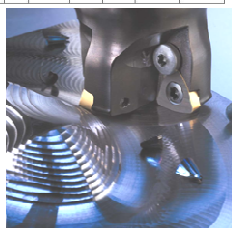
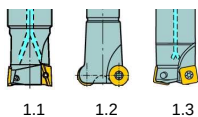
524
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

#1 – különböző szerszámgeometria

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

Azonos szerszámtérő
Keménység lapkás marószerszámok

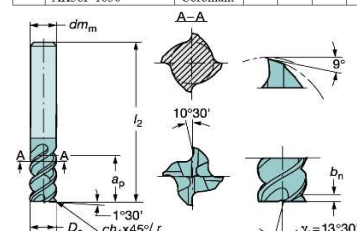
- 1.1 – sarkos szerszám, sarokrádiusszal
- 1.2 – kör lapkás szerszám
- 1.3 – nagy előtolású szerszám HFM



525
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

#2 – Különböző átmérő

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



Azonos típusú szerszámok
Tömör keménység marók

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

526
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

#3 – Marási koncepció

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

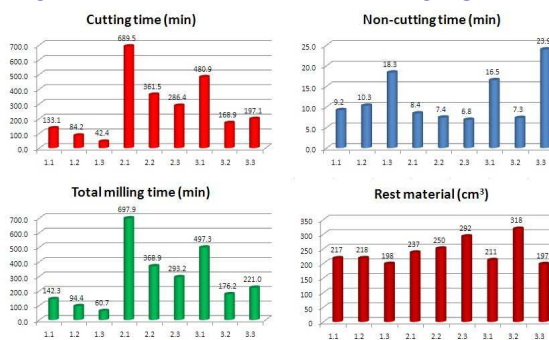


Azonos átmérő
Tömör keménység marók

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

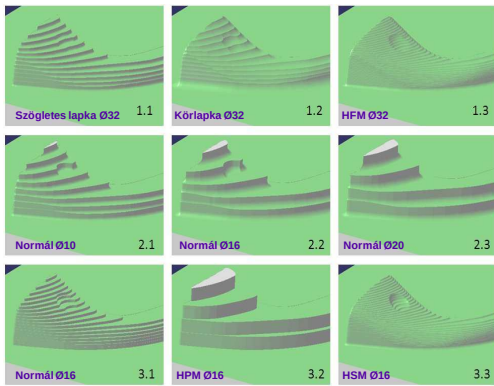
527
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Gyártási idő és maradék anyag



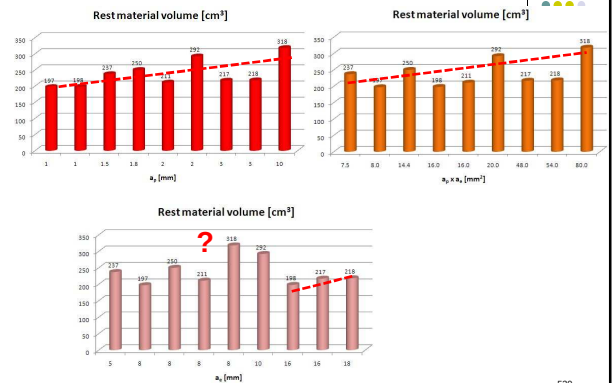
528
miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

Maradék anyag



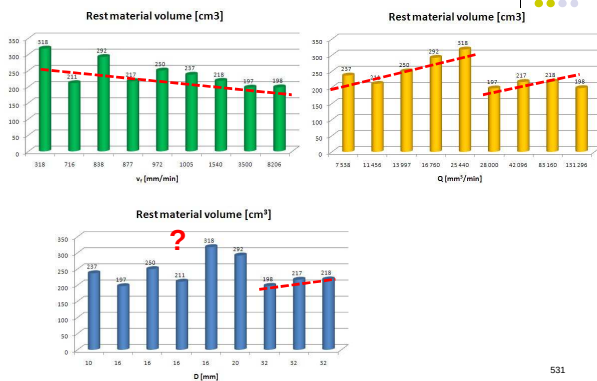
529
miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu

Következtetések



530
miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu

Következtetések



531
miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu



VÉGE

532
miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu