

HPM (High Performance Machining), **HSM** (High Speed Machining) & **MTM** (Multi Task Machining)



ÓÉ BGK AGI GtSz

dr. Sipos Sándor

Mit jelentenek ezek a rövidítések?

HPM & HSM & MTM

- korszerű technológiai körülmények
- korszerű szemléletmód
- válaszok a XXI. század kihívásaira
 - megbízható termék/gyártás
 - környezetbarát termék/gyártás
 - ár/értékarány
 - gazdasági rendszerek konkurenciaharca



ÓÉ BGK AGI GtSz

dr. Sipos Sándor

A nagyteljesítményű forgácsolás (HPM)

Definíció(szerűség):

- a teljes forgácsolási folyamat optimalizálására épülő módszer
- alkalmazása **általában** nem igényel különleges szerszámgépet
- elsősorban a **szerszáminnovációra** és
- új **elvek**re, forgácsolási stratégiákra és módszerekre épül.

Célok:

- a legnagyobb termelékenység elérése
- közepes sebesség + igen nagy forgácskeresztmetszet
- növelt (esetenként nagyon nagy) előtolás, ezek mellett
- fontos szerep jut a minőségbiztosításnak is!



ÓÉ BGK AGI GtSz

dr. Sipos Sándor

A nagyteljesítményű forgácsolás (HPM)

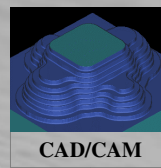
Feltételei:



Gép



Vezérlés

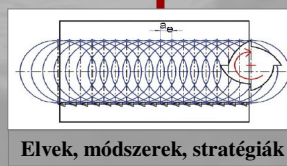


CAD/CAM

Nagyteljesítményű forgácsolás



Szerszám



Elvek, módszerek, stratégiák



ÓÉ BGK AGI GtSz

dr. Sipos Sándor

A nagyteljesítményű forgácsolás (HPM)

Példa:

High Performance Machining

Horonymarás szokásos módszerrel

Munkadarabanyag: X153CrMoV12
(W.Nr. 1.2379)

Szerszám: $\phi 16/z=4$ méretű, tömör
keményfémmaró, Weldonos

Bevonat: TiAlN

Fogásszélesség: $a_e=b_w=16$ mm

Fogásmélység: $a_p=24$ mm ($1,5 \times D$)

Forgácsolósebesség, v_c , m/min: 90

Fogankénti előtolás, f_z , mm: 0,035

Előtolósebesség, v_f , mm/min: 250

Anyagleválasztási sebesség:

$V' = 96 \text{ cm}^3/\text{min}$

Horonymarás HPC módszerrel

Munkadarabanyag: X153CrMoV12
(W.Nr. 1.2379)

Szerszám: $\phi 16/z=4$ méretű, tömör
keményfémmaró, Weldonos

Bevonat: TiAlN

Fogásszélesség: $a_e=b_w=16$ mm

Fogásmélység: $a_p=24$ mm ($1,5 \times D$)

Forgácsolósebesség, v_c , m/min: 180

Fogankénti előtolás, f_z , mm: 0,07

Előtolósebesség, v_f , mm/min: 1002

Anyagleválasztási sebesség:

$V' = 384 \text{ cm}^3/\text{min}$

Forrás: wnt.com



ÓÉ BGK AGI GtSz

dr. Sipos Sándor

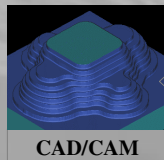
A nagyteljesítményű forgácsolás (HPM)

Követelmények:

High Performance Machining



- megfelelő teljesítmény ($P_c \gg 10 \text{ kW}$)
- megfelelő merevség (főorsó, szánok)
- főorsó fordulatszáma: $\sim 10\,000 \text{ min}^{-1}$



- megfelelő gyorsaság
- rugalmas programozhatóság
- korszerű makrociklusok

- megfelelő gyorsaság
- rugalmas programozhatóság
- korszerű leválasztási stratégiák



ÓÉ BGK AGI GtSz

dr. Sipos Sándor

A nagyteljesítményű forgácsolás (HPM)

High Performance Machining

Szerszáminnováció

- Lásd később

Szerszámbe fogás

- merevség
- szerszámútés

Szerszám

Tervezhetőség

- éltartam (perc, úthossz)
- folyamatbiztonság

Felhasználás

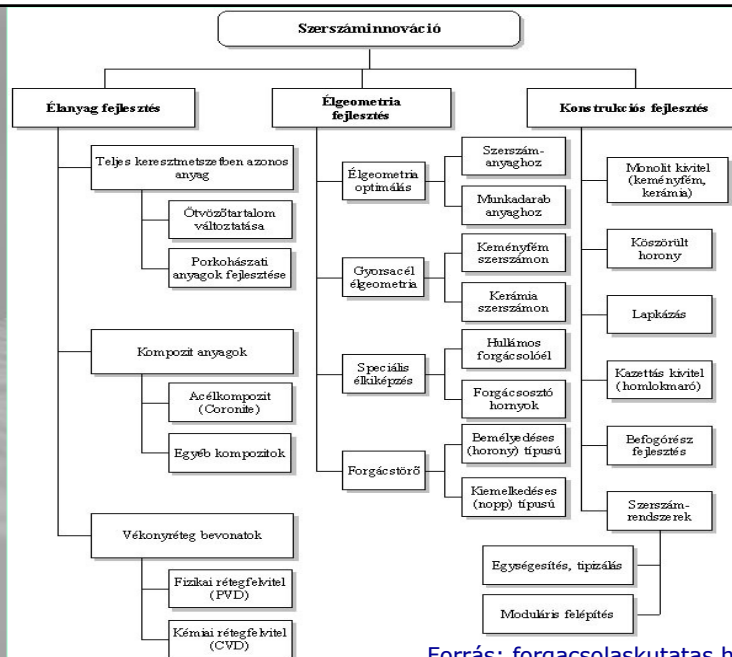
- éltartam (perc, úthossz)
- folyamatbiztonság



ÓÉ BGK AGI GtSz

dr. Sipos Sándor

High Performance Machining



Forrás: forgacsolaskutatas.hu



ÓÉ BGK AGI GtSz

dr. Sipos Sándor

A nagyteljesítményű forgácsolás (HPM)

High Performance Machining



Forrás: forgacsolaskutatas.hu



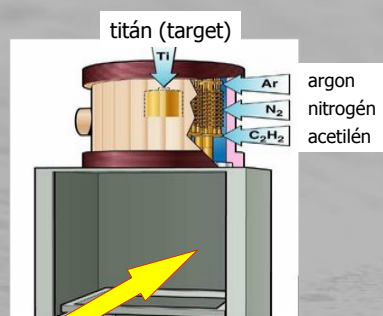
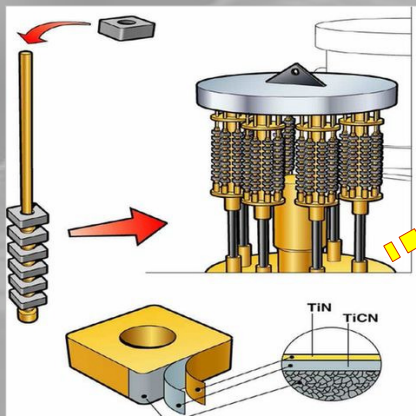
ÓÉ BGK AGI GtSz

dr. Sipos Sándor

PVD (csak ismétlésként)

High Performance Machining

- < 500 °C
- kb. 5 óra
- környezetbarát eljárás



Jellemzők:

- ☐ vékony rétegek
- ☐ keményebb a CVD-nél
- ☐ éles élek
- ☐ rétegvastagság: 2 ... 15 µm

Forrás: Sandvik Coromant



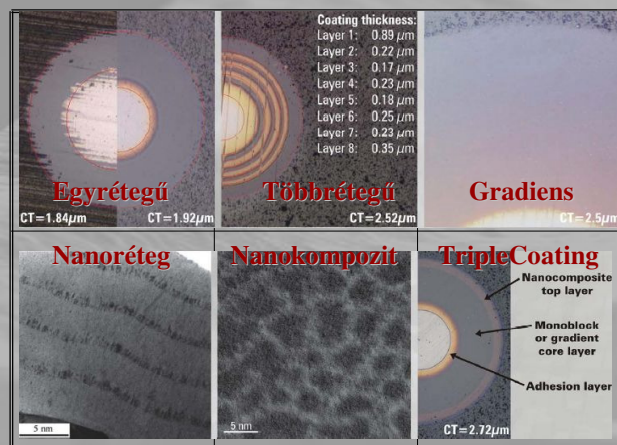
ÓÉ BGK AGI GtSz

dr. Sipos Sándor

A nagyteljesítményű forgácsolás (HPM)

PVD bevonattípusok:

High Performance Machining



Forrás: PLATIT – Compendium 2011

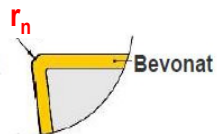


ÓÉ BGK AGI GtSz

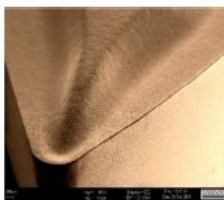
dr. Sipos Sándor

Éllekerekedés

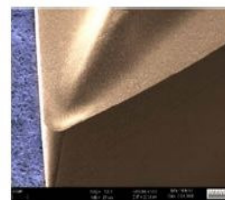
- A kisebb éllekerekítés minden irányban kisebb forgácsoló erőket ébreszt
 - Könnyebb forgácsolási körülmények, csökkenő szerszámkihajlás
- A köszörült lapkák éllekerekítése kisebb a préselt típusokénál
- A bevonat nélküli (pl. cermet) és vékony PVD bevonatú lapkák a legélesebbek (pl. GC1115, 2 μm PVD)



DCMT 11 T3 04-UM GC1115
s = $\pm 0,13$ iC = $\pm 0,05$ - $\pm 0,15$



DCGT 11 T3 04-UM GC1115
s = $\pm 0,13$ iC = $\pm 0,025$



DCET 11 T3 02-UM GC1115
s = $\pm 0,025$ iC = $\pm 0,025$

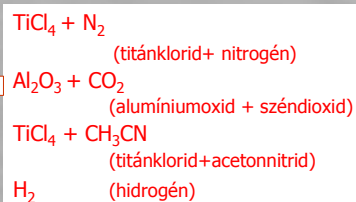
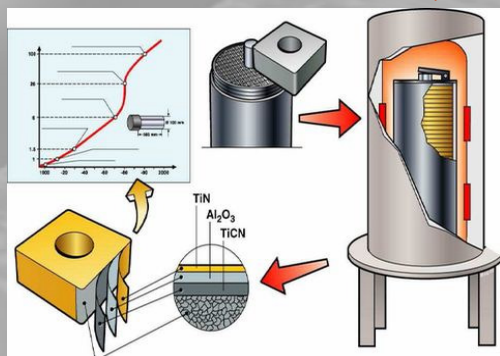


ÓÉ BGK AGI GtSz

dr. Sipos Sándor

CVD (csak ismétlésként)

- > 1000 °C
- kb. 30 óra
- környezetet károsító eljárás



Jellemzők:

- ❑ vastag rétegek
- ❑ szívósabb a PVD-nél
- ❑ csúcs hatás → éllekerekedés
- ❑ rétegvastagság: 5 ... 50 µm

Forrás: Sandvik Coromant



ÓÉ BGK AGI GtSz

dr. Sipos Sándor

A nagyteljesítményű forgácsolás (HPM)

Élgeometria:

- különböző horonyszögek
- egyenlőtlen radiális osztás
- forgácsosztó horony
- optimált horonyalak
- optimált élszögek
- élvédelem (letörés, rádiusz)



Forrás: guehring.com



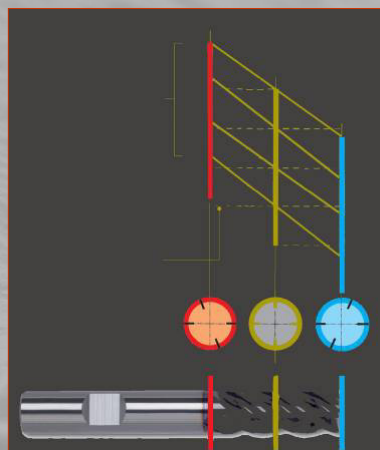
ÓÉ BGK AGI GtSz

dr. Sipos Sándor

A nagyteljesítményű forgácsolás (HPC)

Élgeometria:

- különböző horonyszögek
- egyenlőtlen radiális osztás
- forgácsosztó horony
- optimált horonyalak
- optimált élszögek
- élvédelem (letörés, rádiusz)



A nagyteljesítményű forgácsolás (HPM)

Élgeometria:

- különböző horonyszögek
- egyenlőtlen radiális osztás
- forgácsosztó horony
- optimált horonyalak
- optimált élszögek
- élvédelem (letörés, rádiusz)



A nagyteljesítményű forgácsolás (HPM)

Élgeometria:

- különböző horonyszögek
- egyenlőtlen radiális osztás
- forgácsosztó horony
- **optimált horonyalak**
- optimált élszögek
- élvédelem (letörés, rádiusz)



A nagyteljesítményű forgácsolás (HPM)

Élgeometria:

- különböző horonyszögek
- egyenlőtlen radiális osztás
- forgácsosztó horony
- optimalizált horonyalak
- **optimált élszögek**
- élvédelem (letörés, rádiusz)



A nagyteljesítményű forgácsolás (HPM)

Élgeometria:

- különböző horonyszögek
- egyenlőtlen radiális osztás
- forgácsosztó horony
- optimált horonyalak
- optimált élszögek
- élvédelem (letörés, **rádiusz**)

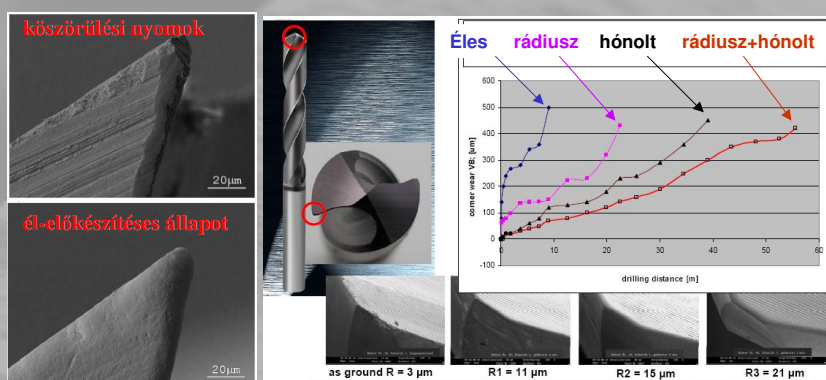


ÓÉ BGK AGI GtSz

dr. Sipos Sándor

A nagyteljesítményű forgácsolás (HPM)

Élminőség:



Tömör keménymanyagú fúrók

Forrás: PLATIT – Compendium 2011



ÓÉ BGK AGI GtSz

dr. Sipos Sándor

A nagyteljesítményű forgácsolás (HPM)

Edge Treatment Methods							
Hand grinding	Chucking grinding without round file	Buffing	Polishing (Polishing)	Pressure Blasting Dry	Pressure Blasting Wet	Water Beam	Chemical polishing
Quality	⊕⊕ best	⊕ good	⊕ good	○ medium	⊕ good	⊕ good	⊕ good
Constancy	depending on person	⊕ good	⊕ good	○ medium	⊕ good	⊕ good	⊕ good
Flexibility	⊕⊕ very high	⊕ high	○ medium	○ medium	⊕ high	○ medium	⊕ high
Productivity	⊖ low	○ medium	○ medium	○ medium	⊕ high	⊕⊕ very high	○ medium
Prices	salary only	⊖ high	○ medium	⊕ low	○ medium	⊖⊖ very high	⊖ high
Standard machines available		✓ yes	✓ yes	✓ yes	✓ yes		✓ yes
Flute polishing possible		✓ yes	✓ yes	✓ yes	✓ yes		○ limited in depth
Droplet removal possible		✓ yes	✓ yes	✓ yes	✓ yes		✓ yes
Special features	typical for small regrinders	commonly used for end mills, difficult for taps	droplet removal difficult for small diameters	residual materials on the surface	no residual mat. after blasting, high air consumption	only for large scale production, corrosion protection needed	demagnetizing necessary



ÓÉ BGK AGI GtSz

dr. Sipos Sándor

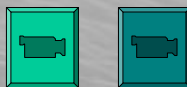
Forrás: PLATIT – Compendium 2011

A nagyteljesítményű forgácsolás (HPM)

Korszerű elvek, módszerek és stratégiák

Marási mozgásciklusok:

⇒ **Síkmarás**



⇒ **Zsebmarás: lekerekítés**



ÓÉ BGK AGI GtSz

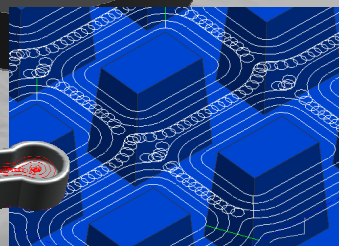
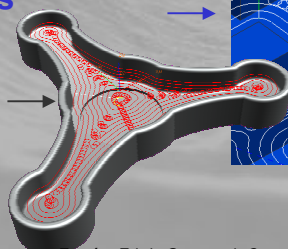
dr. Sipos Sándor

Forrás: PLATIT – Compendium 2011

Trochoid(e)ális mozgásciklusú marás

High Performance Machining

- zsebmarás



Forrás: Edwin Gasparraj: *Constant Material Removal – The Key to Hard Milling*



ÓÉ BGK AGI GtSz

dr. Sipos Sándor

Rezgésmentes adatok tartománya

High Performance Machining



rezgésnyomok.



Rezgésdiagram

Rezgési zóna

Fordulatszám, 1/min

[illegible]

ÓÉ BGK AGI GtSz

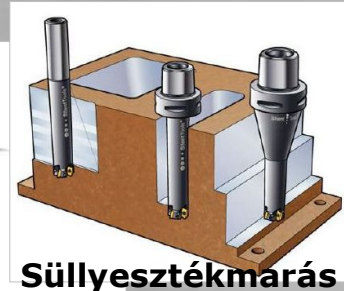
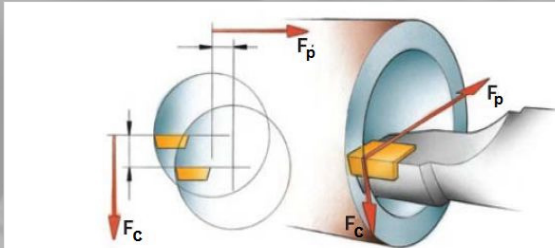
dr. Sipos Sándor

Rezgésmentes forgácsolás

Forrás: Sandvik-Mazak konferencia, 2014. febr. 17.

Rezgési problémák forrásai (esztergálás, marás)

Furatesztergálás



Süllyesztékmarás

- **Tangenciális (F_c):** a szerszám élét lefelé nyomó erő, amely a vágóélt igyekszik lefelé tolni a központból, ezzel csökkentve a lapka és a munkadarab által bezárt hátszöget, és emellett növelve a megmunkált átmérőt
- **Sugárirányú (F_p):** a szerszám élét a középpont felé nyomja, hatására a fogásmélység változik, az átmérők túréson kívül kerülnek, növekszik a rezonancia hajlam



ÓÉ BGK AGI GtSz

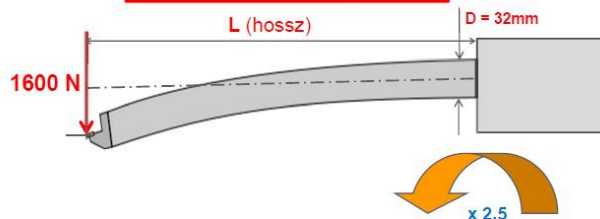
dr. Sipos Sándor

Rezgésmentes forgácsolás

Furatesztergáló szerszámok

A szerszámhossz-lehajlás viszony

$$\text{Lehajlás} = FL^3/3EI$$



D = 32 mm	L = 12 x D	L = 10 x D	L = 4 x D
	384 mm	320 mm	128 mm
Lehajlás	2,7 mm	1,6 mm	0,10 mm



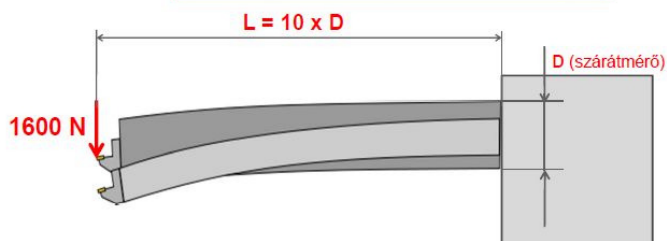
ÓÉ BGK AGI GtSz

dr. Sipos Sándor

Rezgésmentes forgácsolás

A szárátmérő-lehajlás viszony

$$\text{Lehajlás} = 64FL^3/3E\pi D^4$$



	D = 40 mm	D = 32 mm	D = 25 mm
Lehajlás	0,64 mm	1,6 mm	4,19 mm



ÓÉ BGK AGI GtSz

dr. Sipos Sándor

Rezgésmentes forgácsolás

A rezonancia csillapítási technológia

A SilentTools szabadalmaztatott megoldása



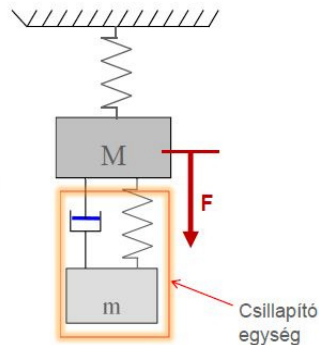
ÓÉ BGK AGI GtSz

dr. Sipos Sándor

Rezgésmentes forgácsolás

Hogyan működik a rendszer?

- A forgácsoló erő rezgésre készíti a szerszámtestet (M)
- A csillapító egység (tömeg+”rugó”+csillapító) a szerszámtest belsejében rezonálni kezd
- A rezgési energia az egység belsejében súrlódási hővé alakul
- Eredményképpen a szerszám rezgési amplitúdója jelentősen lecsökken, a rezgés csillapodik



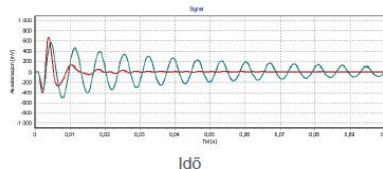
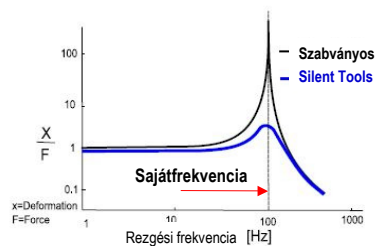
ÓÉ BGK AGI GtSz

dr. Sipos Sándor

Rezgésmentes forgácsolás

Rezgéscsillapítás

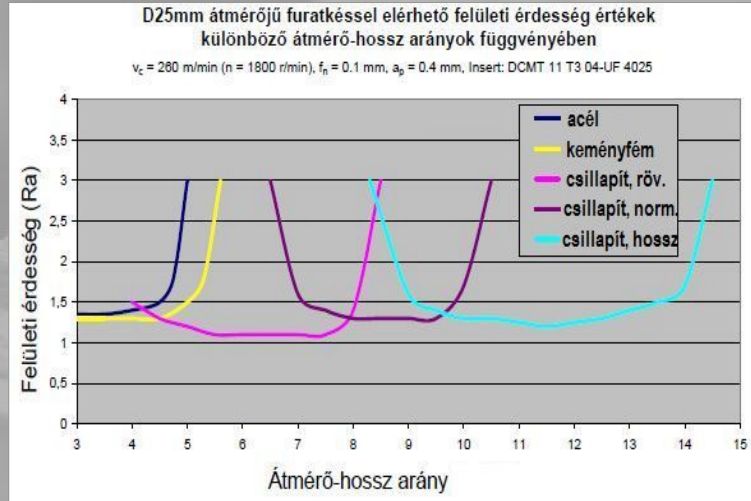
- Fokozott dinamikai merevség
 - A SilentTools szerszámok csillapító egysége elsősorban a szerszám saját frekvenciájának gerjedését akadályozza meg.
 - Amikor a forgácsolás energiát ad a rendszernek további rezonancia frekvenciákat keltve, a beépített aktív csillapító mechanizmus a változó paramétereket is követni tudja.
 - A csillapító rendszer elnyeli az energia jelentős részét, így megakadályozza a rezgések továbbgerjedését.



ÓÉ BGK AGI GtSz

dr. Sipos Sándor

Rezgésmentes forgácsolás



ÓÉ BGK AGI GtSz

dr. Sipos Sándor

Rezgésmentes forgácsolás

Rezonancia hajlam minimalizálása

Összefoglalás

1. $4 \times dm_m$ és $6 \times dm_m$ közötti kinyúlások esetén válasszon Silent Tools rezgés csillapított szerszámtestet vagy keményfém készítményt.
2. $6 \times dm_m$ fölötti kinyúlások esetén a Silent Tools szerszámokat alkalmazza.
3. Változtassa meg a κ_r élszöveget, hogy minimalizálja a radiális erőket.
4. Válasszon a fogásmélység értékénél kisebb sarokrádiuszú lapkát.
5. Válassza a lehető legkisebb lapka csúcshézagot.
6. Alkalmazzon pozitív homlokszögű, vagy pozitív lapkákat.
7. Alkalmazzon lehetőleg éles forgácsolóval rendelkező lapkákat.
8. Maximalizálja a hűtőközeg mennyiségét.
9. Válassza a legmegfelelőbb forgácsolási adatokat, jó forgácsolás érdekében.
10. Ellenőrizze, hogy a forgácsolástávolság akadálymentes-e.



ÓÉ BGK AGI GtSz

dr. Sipos Sándor

A nagysebességű forgácsolás (HSC)

Definíció(szerűség):

- új konstrukciós elvek alapján felépített,
- nagyfordulatú főorsóval ($n > 15.000$ 1/min) és
- dinamikus mozgású szánrendszerrel (a munkaelőtolás sebessége 20 - 60 m/min, a pozicionálási sebesség > 60 m/min) rendelkező különleges **szerszámgép**, amelynek
- alkalmazása különleges **vezérlést** igényel.

Célok:

- a **lehető legnagyobb** forgácsoló- és előtolósebesség és
- **kis vagy igen kis** forgácskeresztmetszet leválasztása mellett
- fontos szerep jut a minőségbiztosításnak is!



ÓÉ BGK AGI GtSz

dr. Sipos Sándor

A nagysebességű forgácsolás (HSC)



Gép

- új konstrukciós elvek alapján tervezett szerszámgépek
- merev gép a rezgések elkerülése érdekében
- nagy dinamikájú (gyorsulás/lassulás) szánok
- főorsókonstrukció
- lineáris hajtás



Vezérlés

- különböző, nagysebességű interpolációk lehetősége
- „előretekinthető” programvégrehajtás
- alkatrészek sarkaiban tervezett gyorsulás/lassulás
- különbségtévesztés lineáris/spline interpoláció között
- NURBS: Non-Uniform Rational B-Spline
a kis görbék és/vagy felületek matematikai leírása. Az görbék vagy felületek egyes tartópontjait nem szükséges kicsiny, egységnyi különbségekre osztani. Ez különbözteti meg a NURBS-t más görbétípusoktól.
- B-Spline:
A particularly smooth class of approximating curves. B-Splines are fully approximating: such a curve generally passes through its control points if several of them are in the same location. B-Spline curves are converted to NURBS curves when imported into Industrial Design softwares for example 3D Studio MAX



ÓÉ BGK AGI GtSz

dr. Sipos Sándor

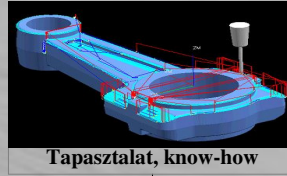
A nagysebességű forgácsolás (HSC)

Feltételei:

High Speed Machining



Szerszám



Tapasztalat, know-how

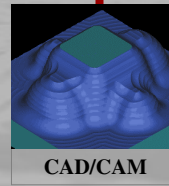
Nagysebességű forgácsolás



Gép



Vezérlés



CAD/CAM



ÓÉ BGK AGI GtSz

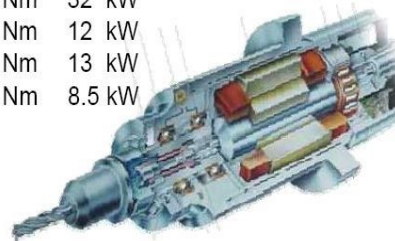
dr. Sipos Sándor

A nagysebességű forgácsolás (HSC)

Gépoldali feltételek:

High Speed Machining

Főorsó fordulatszám	Főorsó kialakítás	Nyomaték	Teljesítmény
• 24,000 min ⁻¹	HSK A 63	46 Nm	22 kW
• 36,000 min ⁻¹	HSK E 50	20 Nm	32 kW
• 30,000 min ⁻¹	HSK E 40	8.8 Nm	12 kW
• 42,000 min ⁻¹	HSK E 40	4.2 Nm	13 kW
• 54,000 min ⁻¹	HSK E 32	3.5 Nm	8.5 kW



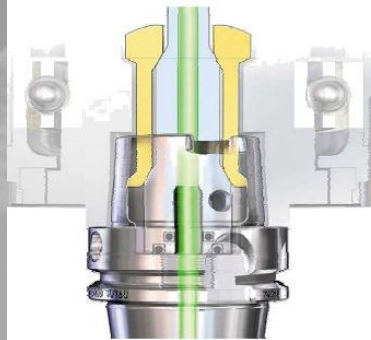
ÓÉ BGK AGI GtSz

dr. Sipos Sándor

A nagysebességű forgácsolás (HSC)

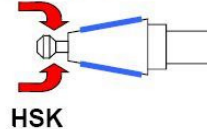
Gépoldali feltételek:

- HSK-E32, HSK-E40, HSK-E50, HSK-A63



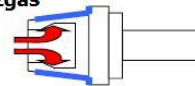
ISO, BT, CAT

- kedvező merevség
- rossz axiális pontosság
- HSM - re nem alkalmas (külső befogás)
- nagy tömeg és nagy mozgás
- nagyon elterjedt



HSK

- kiváló dinamikus és statikus merevség
- kiváló axiális és radiális pontosság
- HSM - re kiválóan alkalmas (belső befogás)
- kis tömeg és kis mozgás



ÓÉ BGK AGI GtSz

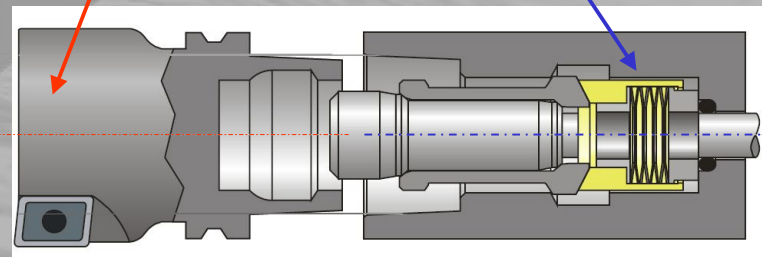
dr. Sipos Sándor

A nagysebességű forgácsolás (HSC)

Gépoldali feltételek:

Szerszám

Főorsóvégződés



ÓÉ BGK AGI GtSz

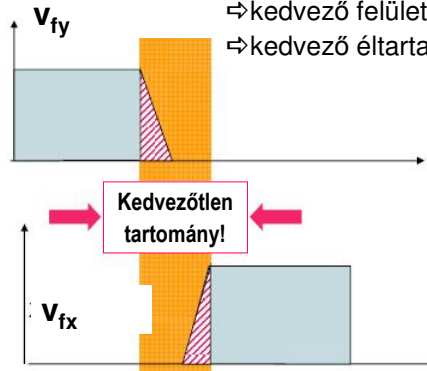
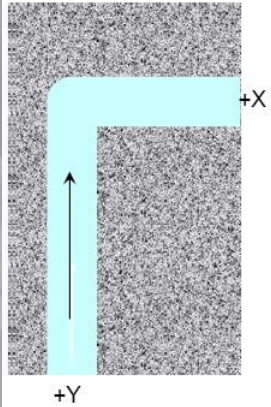
dr. Sipos Sándor

A nagysebességű forgácsolás (HSC)

Gép- és vezérlésoldali feltételek:

High Speed Machining

Nagy gyorsulás/lassulás



- ⇒ kis gépi idő
- ⇒ kedvező felület
- ⇒ kedvező éltartam



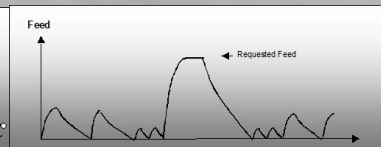
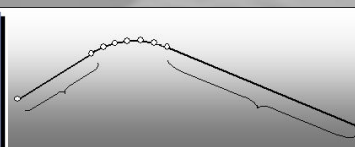
ÓÉ BGK AGI GtSz

dr. Sipos Sándor

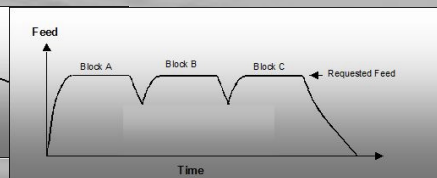
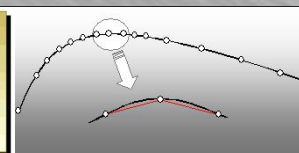
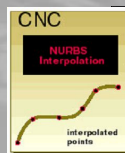
A nagysebességű forgácsolás (HSC)

Gép- és vezérlésoldali feltételek:

High Speed Machining



Hagyományos vezérlés, interpoláció, munkaelőtölés



Korszerű vezérlés, interpoláció, munkaelőtölés



ÓÉ BGK AGI GtSz

dr. Sipos Sándor

A nagysebességű forgácsolás (HSC)

CAM-oldali feltételei:

- **rezgésmentes** forgácsolási adatok következetes használata
- a tervezett anyagleválasztási sebesség (mm^3/min) **betartása**
- **szerszámtúlterhelés** elkerülése
 - még nagy előtolósebességnél is
 - teraszoló mozgáspálya mentén
 - trochoidális mozgáspálya esetén
- az **optimális** megmunkálási tartomány gondos elhelyezése
- **egyenletes** ráhagyás *minden egyes* szerszámmra nézve
- **egyező érdesség** a lejtős és a sík felületeken
- **folyamatosan kis** forgácskeresztmetszet leválasztása
- a vezérlőnek megfelelő adatok „**finomhangolása**”
- **jelszó: Oszd meg és uralkodj!**
(nem szabad előző sémákban gondolkodni)

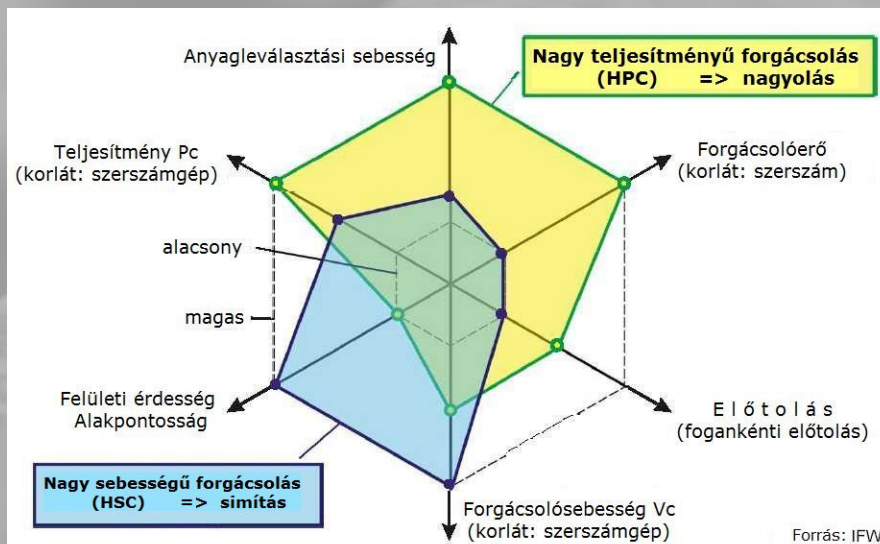
High Speed Machining



ÓÉ BGK AGI GtSz

dr. Sipos Sándor

HPC kontra HSC



High Speed Machining

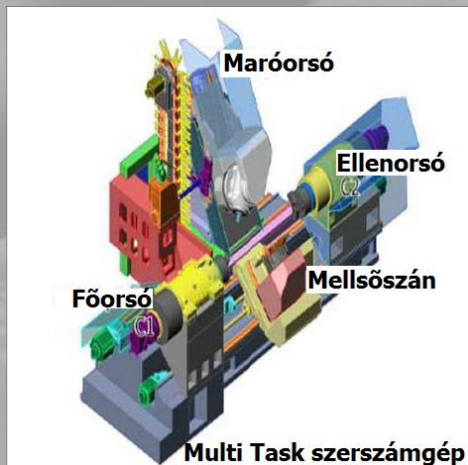


ÓÉ BGK AGI GtSz

dr. Sipos Sándor

A többcélú megmunkálás (MTM)

Mi a többcélú gép?



Előnyök:

- Csupán egyetlen beállítás kevesebb gépállási időt okoz javul a termék minősége
- Növekszik a géphasználat
- Kevesebb gép szükséges megkönnyíti a gyártástervezést
- Csökken a beruházási költség
- Csökken az üzem alapterület szükséglete

Forrás: Sandvik Coromant

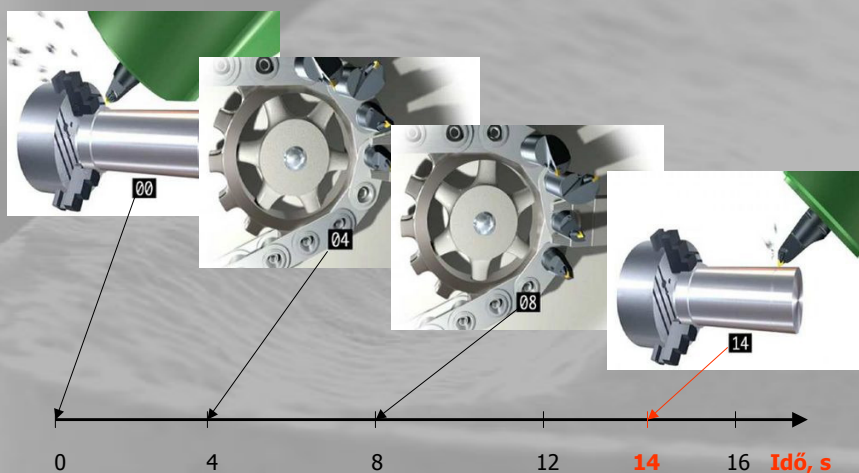


ÓÉ BGK AGI GtSz

dr. Sipos Sándor

A többcélú megmunkálás (MTM)

Szerszámcseré MTM gépeken



Forrás: Sandvik Coromant



ÓÉ BGK AGI GtSz

dr. Sipos Sándor

A többcélú megmunkálás (MTM)

Multi Task Machining

Hagyományos
szerszámok



MTM
szerszámok



ÓÉ BGK AGI GtSz

dr. Sipos Sándor

MultiTool megoldások



1db Ø40 CoroTurn SL csatlakozó
felületből 4db Ø25 vagy Ø32
CoroTurn SL szerszámhely

1db Ø60 CoroTurn SL csatlakozó
felületből 4db Ø25 vagy Ø32
CoroTurn SL szerszámhely



ÓÉ BGK AGI GtSz

dr. Sipos Sándor

A többcélú megmunkálás (MTM)

Megmunkálási példa



Műveletek

1. Esztergálás
2. Esztergálás
3. Esztergáló marás
4. Fúrás
5. Esztergálás, marás



ÓÉ BGK AGI GtSz

dr. Sipos Sándor

A többcélú megmunkálás (MTM)

1. Esztergálás

Szerszám: CoroPlex TT



ÓÉ BGK AGI GtSz

dr. Sipos Sándor

A többcélú megmunkálás (MTM)

2. Esztergálás

Szerszám: CoroPlex SL

Multi Task Machining



beszúrás

kontúresztergálás

menetesztergálás



homloksimítás

homlokbeszúrás



ÓÉ BGK AGI GtSz

dr. Sipos Sándor

A többcélú megmunkálás (MTM)

3. Esztergáló marás

Szerszám: CoroMill 360

Multi Task Machining



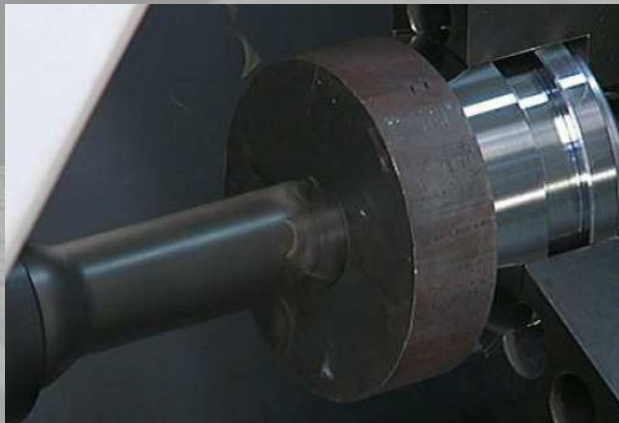
ÓÉ BGK AGI GtSz

dr. Sipos Sándor

A többcélú megmunkálás (MTM)

4. Fúrás

Szerszám: CoroDrill 880



ÓÉ BGK AGI GtSz

dr. Sipos Sándor

A többcélú megmunkálás (MTM)

5. Esztergálás, marás

Szerszám: CoroPlex MT



oldalazás



kúp nagyolás



kúp simítás



élettörő marás



süllyesztő marás



furatesztergálás



ÓÉ BGK AGI GtSz

dr. Sipos Sándor

A többcélú megmunkálás (MTM)

Időráfordítás és szerszámigény

Hagyományos: 8 min 6 s ; 12 féle szerszám

08:06



MTM megoldás: 6 min 36 s ; 5 féle szerszám



06:36



ÓÉ BGK AGI GtSz

dr. Sipos Sándor

Köszönöm figyelmüket!

**Kérem, tanulmányozzák a
forrásmegjelölésben szereplő irodalmakat is!**



ÓÉ BGK AGI GtSz

dr. Sipos Sándor