



SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM

GYŐR

GYÁRTÁSTECHNOLÓGIA NGB_AJ008_1

Műszaki menedzser (BSc) szak, Mechatronikai mérnöki (BSc) szak

Különleges technológiák

Előadás

Összeállította: Dr. Pintér József



Különleges technológiák

1. Szikraforgácsolás
 2. Lézersugaras megmunkálás
 3. Ultraprecíziós megmunkálás
 4. Nagysebességű forgácsolás
 5. Minimálkenés, szárazforgácsolás
-




Azok az anyagleválasztási eljárások, amelyek fizikai elvükben vagy lényeges folyamatjellemzőkben eltérnek a hagyományos anyagleválasztási eljárásoktól.

1. Különleges anyagleválasztási eljárások

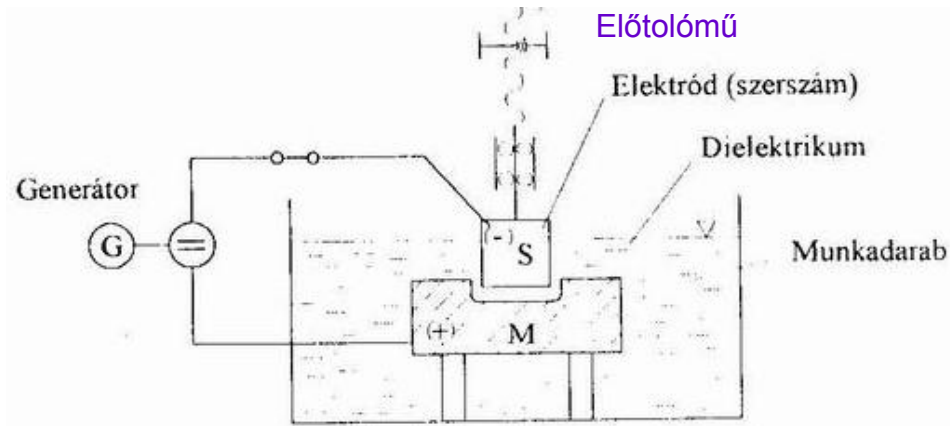
- ☞ anyagrészeket nem mechanikus úton választanak le, anyagleválasztási elv szerint:**
 - ❖ termikus**
 - ❖ kémiai**
 - ❖ elektrokémiai eljárások.**
-



- ◆ elektromos áram termikus hatását kihasználó eljárások ➡ szikraforgácsolás
 - ◆ sugaras megmunkálások ➡ jól koncentrálnak nagy energiasűrűségű sugár végzi a megmunkálást ➡ lézersugaras, elektronsugaras és ionsugaras megmunkálás
-

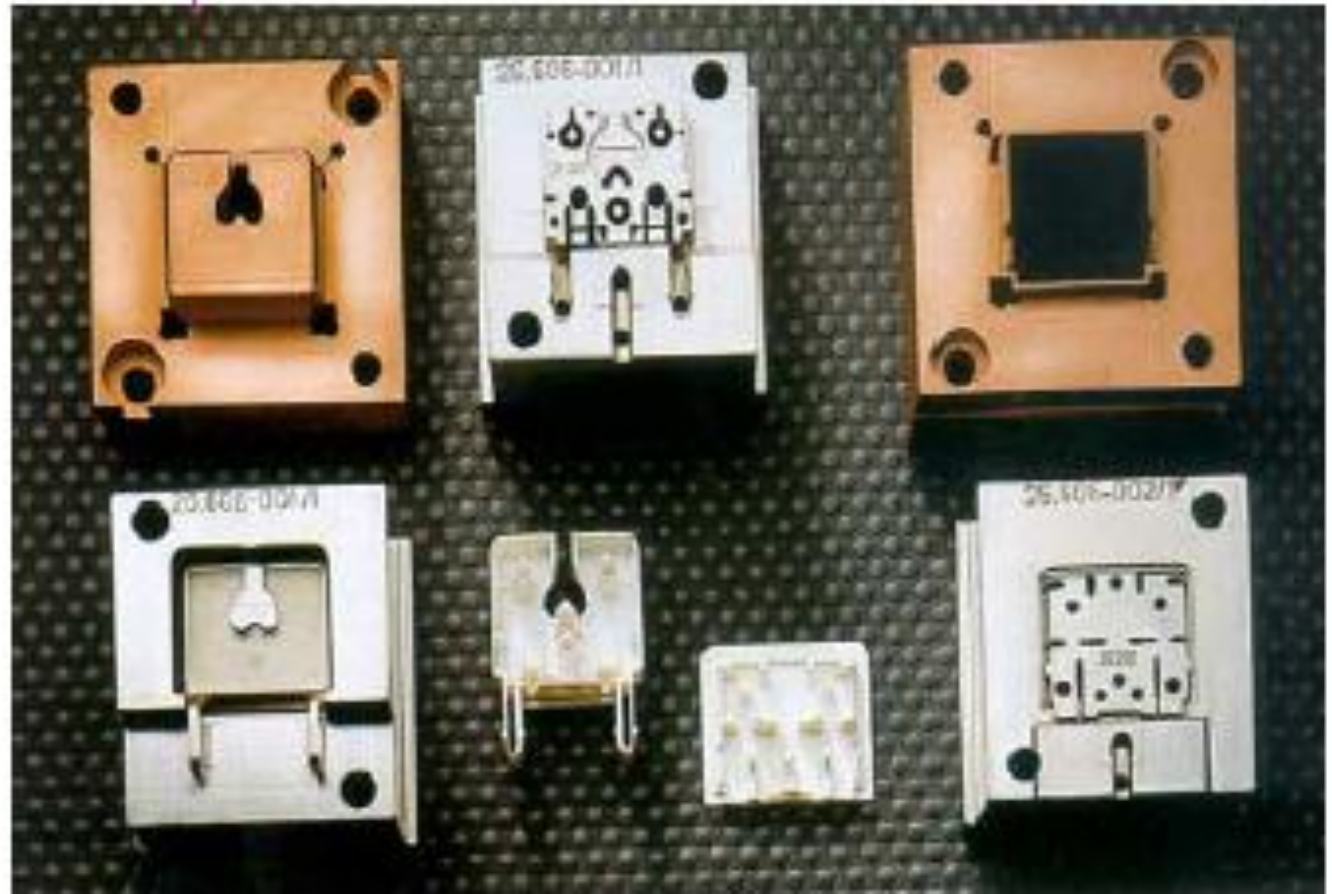
Szikraforgácsolás EDM (Electro-Discharge Machining) az elektromos kisülés roncsoló hatásán alapszik. Egyenfeszültségre kapcsolt villamos vezető elektródokat (szerszám és munkadarab) dielektrikumba (szigetelő folyadék, munkafolyadék) meríteneek  elektródák között kisülés-sorozatokat hoznak létre.

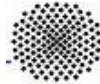
Elvi vázlat





Jellegzetes
szikra-
forgácsolt
alkatrészek

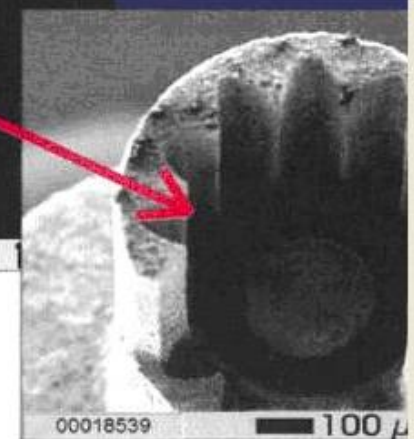
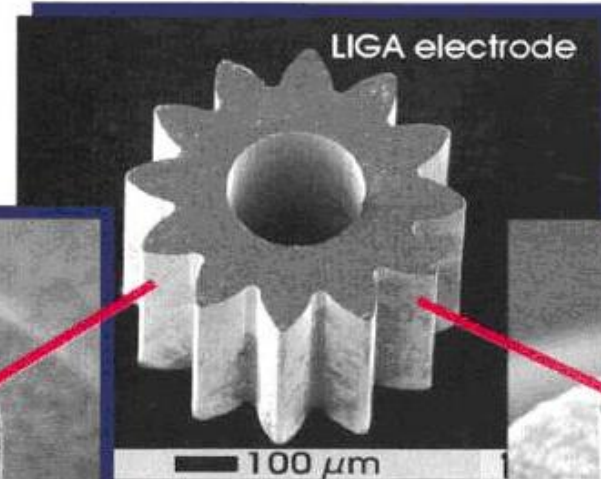
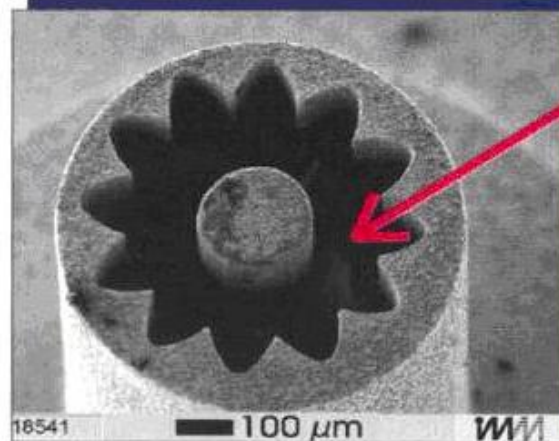




μ -EDM WITH LIGA ELECTRODES

Application: injection moulding of micro gear wheels

- Material: hard alloy
- Structure depth: $450\mu\text{m}$
- Module: $38\mu\text{m}$



Source: IMM

Szikkra-
forgácsolt
alkatrész



SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM

GYŐR

Szikraforgácsolás EDM



Szikra-
forgácsolás
EDM



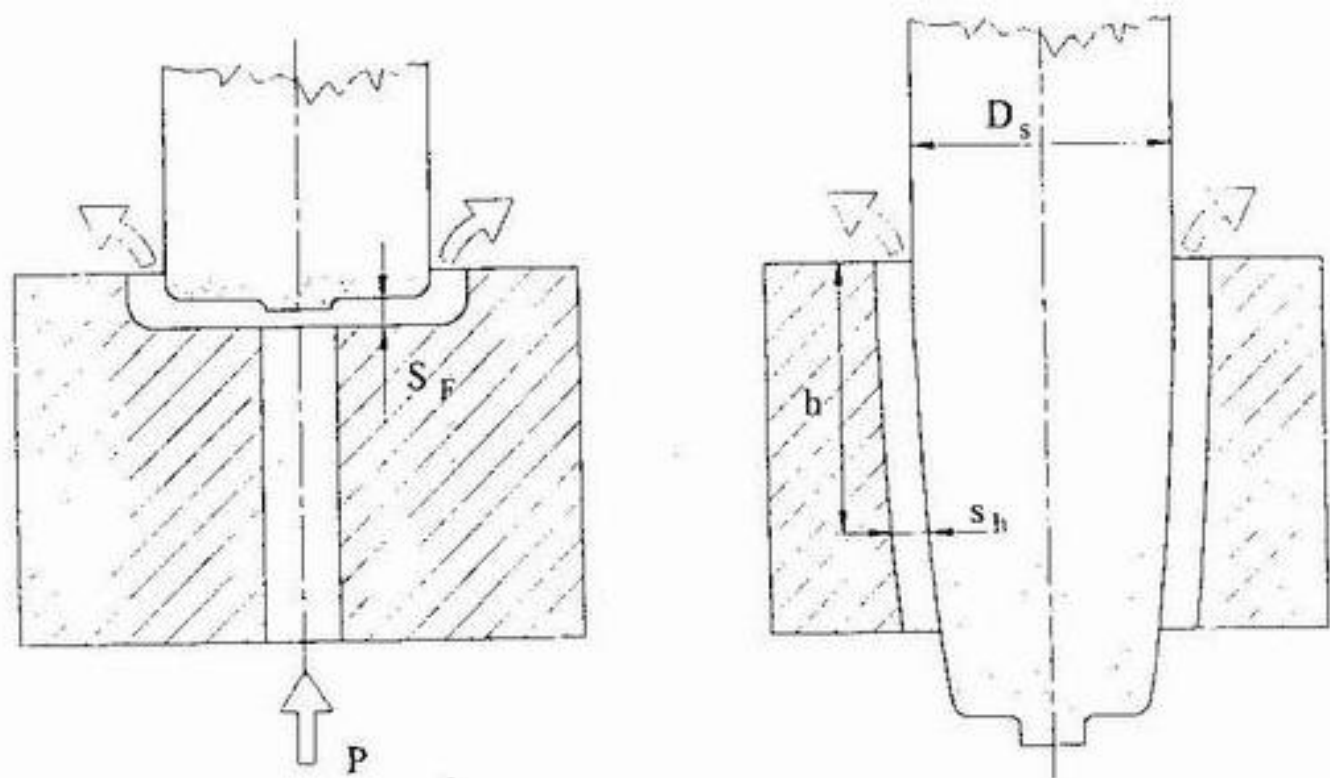
- ☞ egyik elektródon (munkadarab) kialakul a másik elektród (szerszám) másolata ☞ Elrendezés 9.1. ábrán.
Dielektrikum: petróleum bázisú ☞ hűteni és szűrni kell
- ☞ A kisülés következtében leváló anyag térfogata annál nagyobb, minél nagyobb a kisülés energiataralma
- ☞ A munkadarab és az elektród homlokfelülete között rés alakul ki ☞ 9.9. ábra ☞ homlokköz (S_F) ☞ mérete a folyadék áramlásának irányába növekszik ☞ ugyancsak rés alakul ki az elektród oldalfelülete és a munkadarab között is ☞ oldalköz (S_k)



Szikraforgácsolás EDM

S_f – homlokköz
(nem egyenletes
☞ mérete a
folyadék
áramlásának
irányába
növekszik)





S_h – oldalköz
(az áramlás
irányába
növekvő méretű)



9.9. ábra. A szikraforgácsolt lyuk hossz-szelvényének alakja



A szerszámelektród anyaga

- ❖ **Követelmények: magas olvadáspont, jó elektromos vezetőképesség, könnyen megmunkálható legyen**
 - ❖ **Vörösréz, króm-réz, wolfram-réz, wolfram-ezüst, sárgaréz, wolfram, acél, grafit.**
 - ❖ **A szikraforgácsolás változatai (szerszám és a munkadarab relatív mozgása alapján)  9.10. ábra  huzalelektródás szikraforgácsolás  c ábrán. (3,4,5,6 tengelyes huzalos szikraforgácsolás)  d ábrán keményfémek darabolására szikraforgácsoló vágás**
-



Elektrodaréz

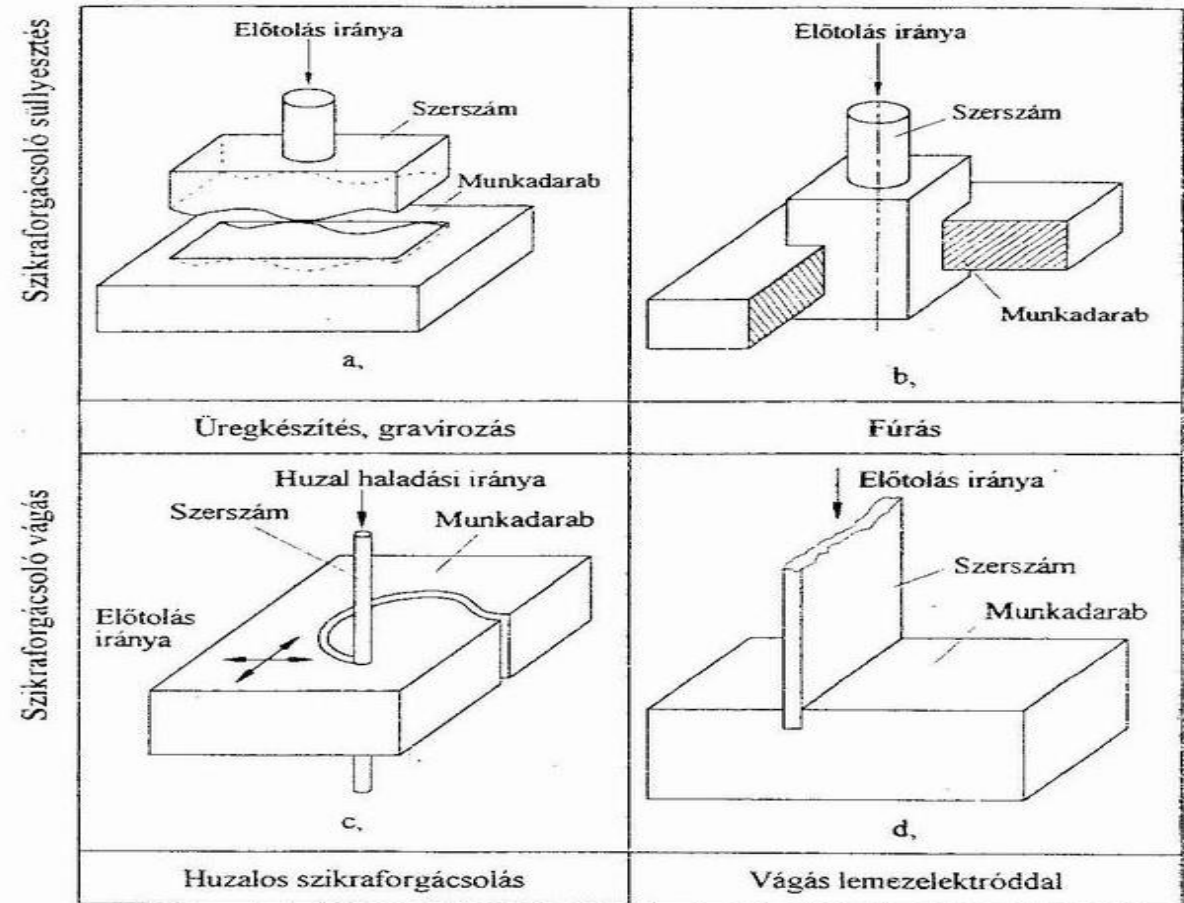


Grafit elektróda

- Könnyű, nagyobb méretű elektródákhoz csak grafitból
- Hőterhelés magasabb



Szikraforgácsolás változatai



9.10. ábra. A szikraforgácsolás változatai

Szikraforgácsolás változatai

- A szerszám alakja begravírozódik munkadarab felületébe
- Szikraforgácsoló furás
- Huzalelektrod 3,4,5,6 tengelyes EDM
- Szikraforgácsoló vágás (pl. keményfém darabolására)

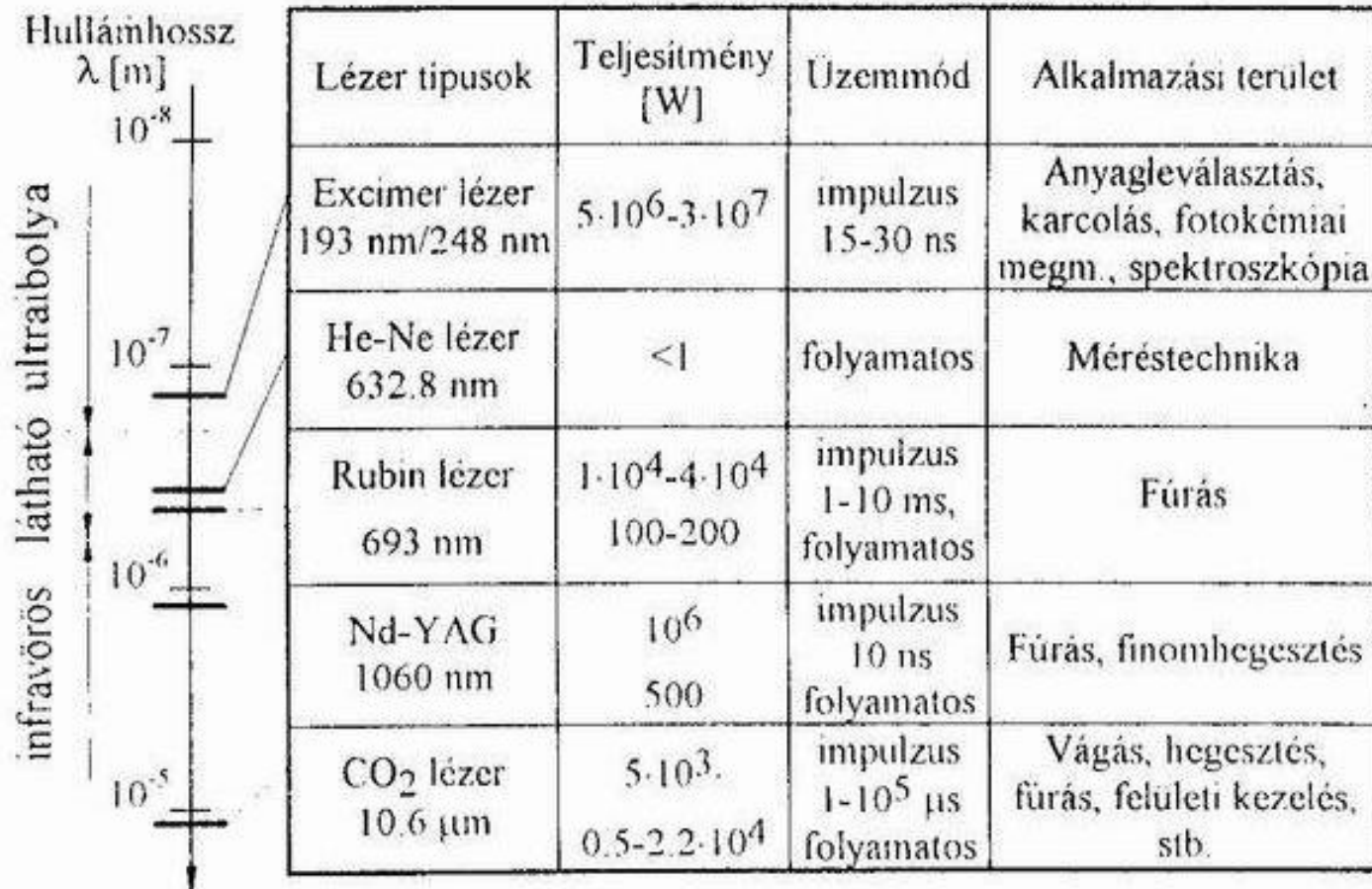


Lézersugaras megmunkálás

- ◆ Elméletét 1917-ben Einstein dolgozta ki. ➡ első ipari lézereket 1960-ban (rubin és He-Ne lézerek)
- ◆ Alkalmazások; haditechnikai, orvostechnikai, hírközlési, mérés technikai ➡ ipari megmunkálások; vágás, fúrás, hegesztés, lemez hajlítás, feliratozás, hőkezelés, átolvasztás, sztereolitográfia, felületi mikroötvözés, stb. Iparban leggyakrabban alkalmazott lézerek ➡ 9.11. ábra




Lézersugaras megmunkálás



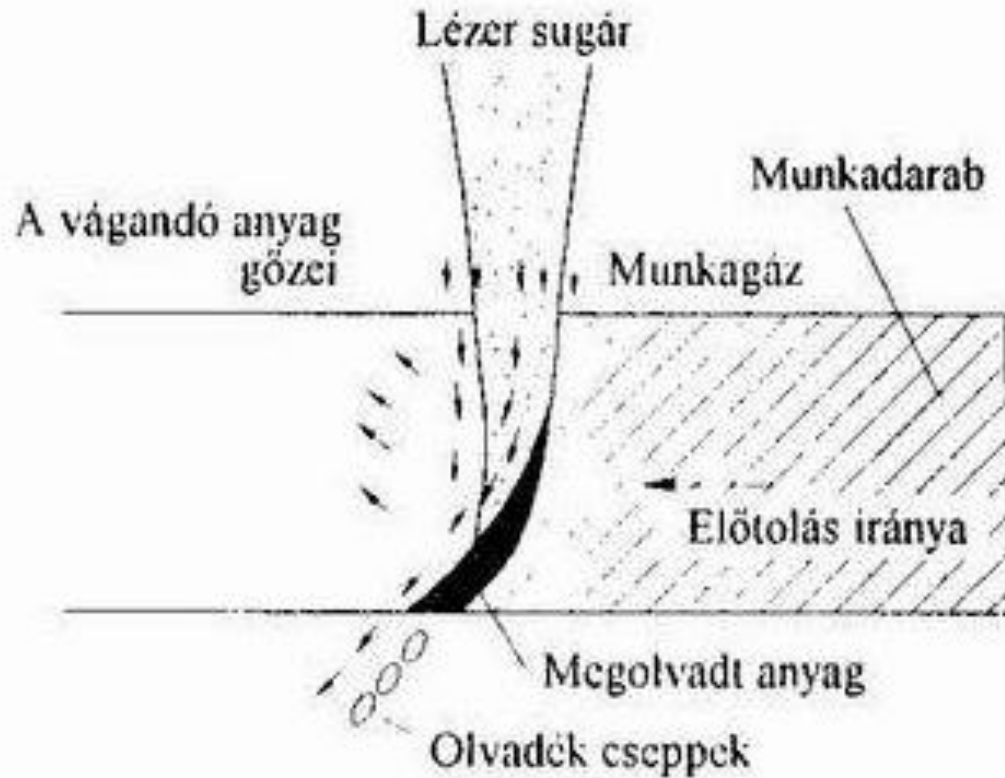
9.11. ábra. Leggyakrabban alkalmazott ipari lézerek



- ◆ Legelterjettebbek a **CO₂** lézerek
- ◆ Lézersugár jól, kis területre ($\varnothing 0,1 \div 0,5$ mm) fókuszálható, a fókuszbba nagy energiasűrűség  a sugár fókuszálására tükröket és lencséket használnak (lásd UP esztergálást!)



A lézersugaras technológia a vágás példáján



9.15. ábra. Lézersugaras vágás folyamata



Lézersugaras megmunkálás

- A fókuszált sugarat a munkadarab felületére irányítják
- A munkadarab anyaga a sugár keresztmetszetében (a nagy energiasűrűség miatt) részben megolvad, részben elég, részben elpárolog ☞ az olvadékot, az égéstermékeket a gáz segítségével a vágási résből kifújják
- Réz, rozsdálló acélok vágásakor a megolvadt fázis dominál ☞ munkagázként többnyire argont használnak ☞ egyéb acélananyagok vágásánál oxigént használnak
- Műanyagok vágásakor ☞ argon ☞ a műanyag elgőzölög és gáz formájában távozik
- Az iparban alkalmazott lézerek teljesítménye 22-25 kW

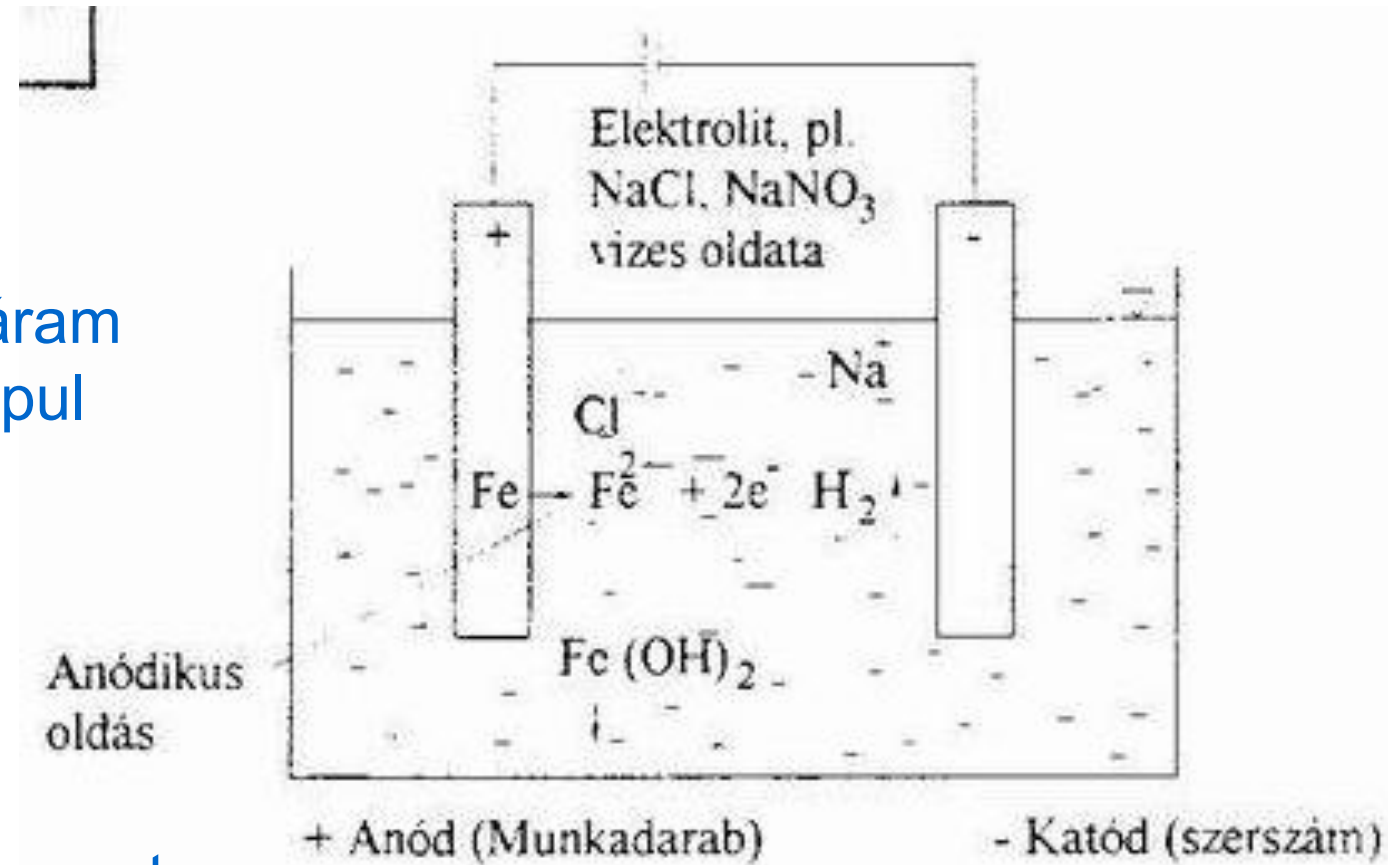


Elektrokémiai megmunkálások

Elektrokémiai megmunkálások

ECM Electrochemical Machining

- Az elektromos áram vegyi hatásán alapul
- A fémlapokra egyenáramot kapcsolunk



Elektrolízis folyamata



Ultraprecíziós megmunkálás

- a 17. században: rézből tükröt üveg és porcelán megolvasztására. ill. csillagászati tükörteleszkópok készítésére
- E. Maignan 1648-ban: eszterga hiperbolikus (aszférikus) fémtükrök esztergálására
- 1945: szerszámélként természetes gyémánt egykristály



Ultraprecíziós megmunkálás

- **UP fejlődését a teljesítménylézerek kifejlesztése, valamint az infravörös optika elterjedése ösztönözte**
- **szokásos elnevezések: szubmikronos-, ultraprecíziós megmunkálások, nanotechnológia, mikroforgácsolás, stb**



Ultraprecíziós megmunkálás

Megmunkálási eljárás/változat	Megkövetelt pontosság Alakhiba/Érdesség (R_a)	Osztálybasorolás
Esztergálás, marás	50 μm / 1,6 μm	Finommegmunkálás
Finomesztergálás. köszörülés	25 μm / 0,24 μm	Precíziós megmunkálás
Leppelés, finomköszörülés	10 μm / □ 0,13 μm	Nagy pontosságú megmunkálás
Mikroforgácsolás, mikroköszörülés	1 μm / □ 0,1 μm	Ultraprecíziós megmunkálás
Polírozás, elektro-kémiai polírozás	0,1 μm / □□ 0,01 μm	Nanotechnológia



Ultraprecíziós megmunkálás

Alkalmazási terület		Anyag	Követelmény
Fényvisszaverő optikai elemek (tükrök)	Scanner a megmunkáló lézerekhez Sík- és parabolatükrök a megmunkáló lézerekhez Fénymásoló és lézernyomtató dobok	Alumínium Réz Arany Nikkel Ezüst Platina Molibdén	Reflexió: 98% Alakpontosság: 0,2...0,01 μm Érdesség: $R_a \approx 0,005 \mu\text{m}$



Ultraprecíziós megmunkálás

Alkalmazási terület		Anyag	Követelmény
Áteresztő optikai elemek (lencsék)	Freznellencse Germánium lencse napelemek lencsái A lézersugarak fókuszáló és kiléptető lencsái	Optikai műanyagok Germánium Szilícium Ga As, Zn Se, Zn S	Alakpontosság: $0,2 \dots 0,01 \mu\text{m}$ Érdesség: $R_a \approx 0,002 \mu\text{m}$



Ultraprecíziós megmunkálás

Alkalmazási terület		Anyag	Követelmény
Mechanikai elemek, alkatrészek	Mágn. merev adattárolók (harddisk) Videorekorderekhez szalagvezető görgők Légcsapágyazás alkatrészei Vákuumtömítések Részecskegyorsítók elektrodái	Alumínium Nikkel Réz Sárgaréz	Alakpontosság: 0,5...0,1 μm Érdesség: $R_a \approx 0,01 \mu\text{m}$



Ultraprecíziós megmunkálás

- Vastartalmú anyagok gyémánt éllel nem forgácsolhatók,
- Köbös bórnitrid (CBN) ➡ ultraprecíziós keménymegmunkálás
- Technológiai adatok:
 - ❖ Méretpontosság: IT5
 - ❖ Forgácsolási sebesség: $v = 600 \dots 2000$ m/min
 - ❖ Forgács keresztmetszet: $A_c = 05 \dots 500$ μm^2
 - ❖ Éllekerekedés a szerszámon: $r_a = 0,01 \dots 1$ μm
 - ❖ Forgácsolóerő: $F_v = 0,1$ N... 10 N



Szerszám gép:

❖ Főorsó:

- aerosztatikus; $n = 6000 \dots 12000$ f/min
- tehermentesített, rezgés csillapított szíjhajtás
- futáspontossága: $0,05 \mu\text{m}$
- merevsége: $500 \text{ N}/\mu\text{m}$ (orsóközépen)
- anyagminőség: kerámia (deform. 7x kisebb),
szánszálerősítésű műanyag (deform. 15x kisebb)
- elektrom. (érintk. nélküli) nyomtatékvitel



Ultraprecíziós megmunkálás

Szerszámgép:

- ❖ **Vezetékek: aerosztatikus (CBN → hidrosztatikus)**
- ❖ **Környezet: klímatisztált, $20 \pm 0,5 \text{C}^\circ$, relatív nedvesség tartalom: 50%, hőegyensúly, emberi jelenlét nem kívánatos**
- ❖ **Rezgésszigetelt alap, gépágy: gránit, gömbgrafitos. öv., kerámia**
- ❖ **Munkadarab befogás: vákuumtokmány, műanyag, üveg ragasztással**



2. Nagysebességű forgácsolás (HSC)

A forgácsoló megmunkálás **termelékenységének** növelésének egyik útja a forgácsoló főmozgás és az előtolás sebességének növelése. Az 1980. évi chicagói nemzetközi szerszámgép világkiállításon az első olyan szerszámgépek, amelyek a nagysebességű megmunkálás gyakorlati megvalósítását jelentették. Az angol nyelvű szakirodalomban: **High Speed Cutting** (rövidítése **HSC**) terjedt el a szakirodalomban, (ritkábban a **High Speed Milling**, nagy sebességű marás, rövidítése **HSM**)



A nagysebességű forgácsolás elméleti alapjai és feltételei

❖ Carl Salamon (1920) ➡ acél, színes és könnyű fémeket forgácsolt $v = 440$ m/min (acél), $v = 2850$ m/min (réz) és $v = 16\ 500$ m/min (alumínium) forgácsolási sebességgel.

Korábban ➡ mértékadó álláspont ➡ klasszikus a forgácsolási sebesség (v) és az éltartam (T) között fennálló Taylor összefüggés:

$$C_v = T^m v_c$$




Taylor összefüggés csak egy meghatározott határsebességig érvényes

☞ ezen határon túl fellép a „halál völgye” a drasztikusan megnövekedett forgácsolási hőmérséklet és szerszámkopás miatt.

☞ Salomon kísérleteinek eredménye ezzel ellentétes eredményt hozott ☞ a forgácsolási sebesség egy bizonyos határon túli növelése a forgácsolási hőmérséklet esetenként jelentős mértékű csökkenéséhez vezet (6. ábra).

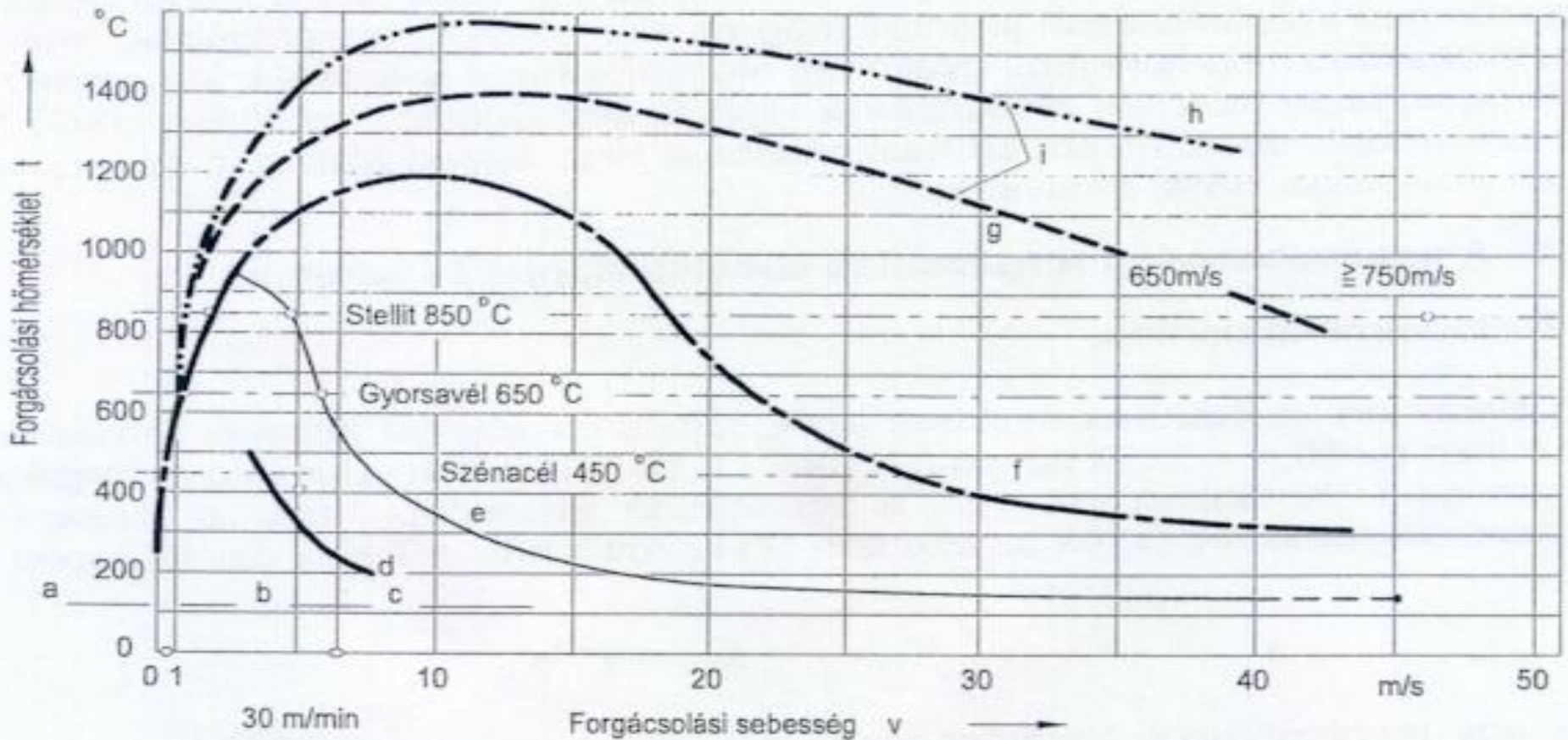


A 6. ábrából  valamennyi megmunkálandó anyagnál létezik egy olyan forgácsolási sebességtartomány (ábrán b-vel jelölve), amely sebességtartományban nem lehetséges a gazdaságos forgácsoló megmunkálás.

Megjegyzés:



az alumínium forgácsolásakor – azonos szerszáméltartam mellett – az alkalmazható forgácsolási sebesség lényegesen nagyobb, mint acél forgácsolása esetén.

Fontos  az alumínium az élrátétképződési hajlam miatt $V_c < 90$ m/min alatt nem forgácsolható.




6. ábra. A forgácsolási hőmérséklet és a forgácsolási sebesség összefüggése. Jelölések: a megmunkálható; b megmunkálás nem javasolt; c megmunkálható; d lágy alumínium; e vörösréz, sárgaréz; f bronz; g öntöttvas; h acél



- Az 1950-es években több országban, köztük az USA-ban is, ballisztikus kísérletekkel ellenőrizték Salomon hipotézisét.
- Alumínium ötvöztetésű anyagból készített lövedékeket lőtték ki keményfém és gyorsacél szerszámélek mentén $v = 4\,500$ m/min és $v = 73\,200$ m/min közötti forgácsolási sebességgel.
- A nagysebességű filmfelvételek  ténylegesen forgácsolási folyamat valósult meg  igen jó felületi minőség keletkezett, és szerszámkopás nem volt érzékelhető.






- Ebben az időben még nem álltak rendelkezésre olyan szerszámok és szerszámgépek, amelyek ebben a sebességtartományban képesek lettek volna forgácsoló megmunkálásra.
 - Bizonyítást nyert  a „halál völgyére” vonatkozó korábbi elmélet nem igaz. Ellenkezőleg: igen nagy forgácsolási sebességek esetén az időegység alatt leválasztott forgácsmennyiség, illetve a forgácsoló szerszám éltartama jelentősen megnő.
-

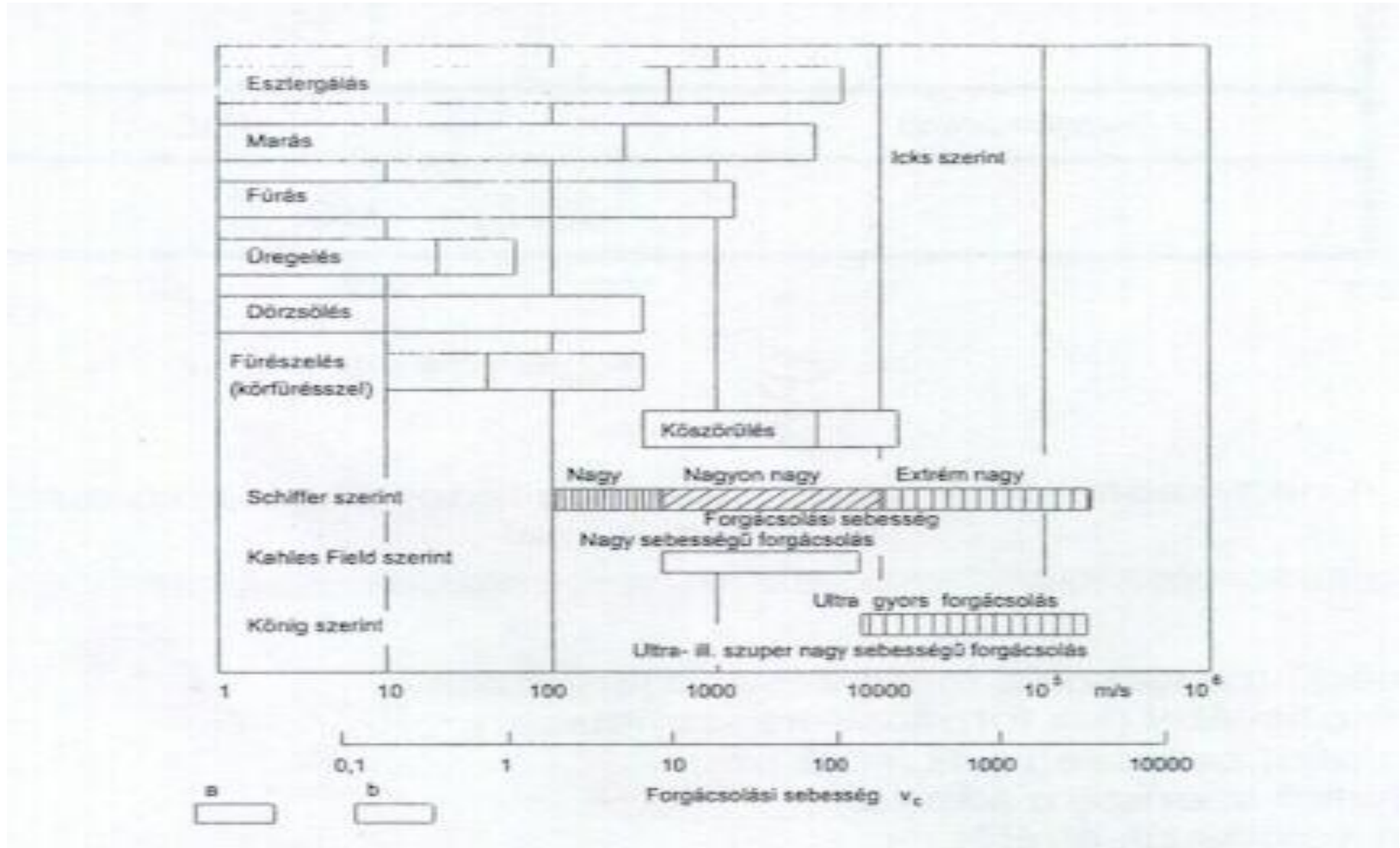


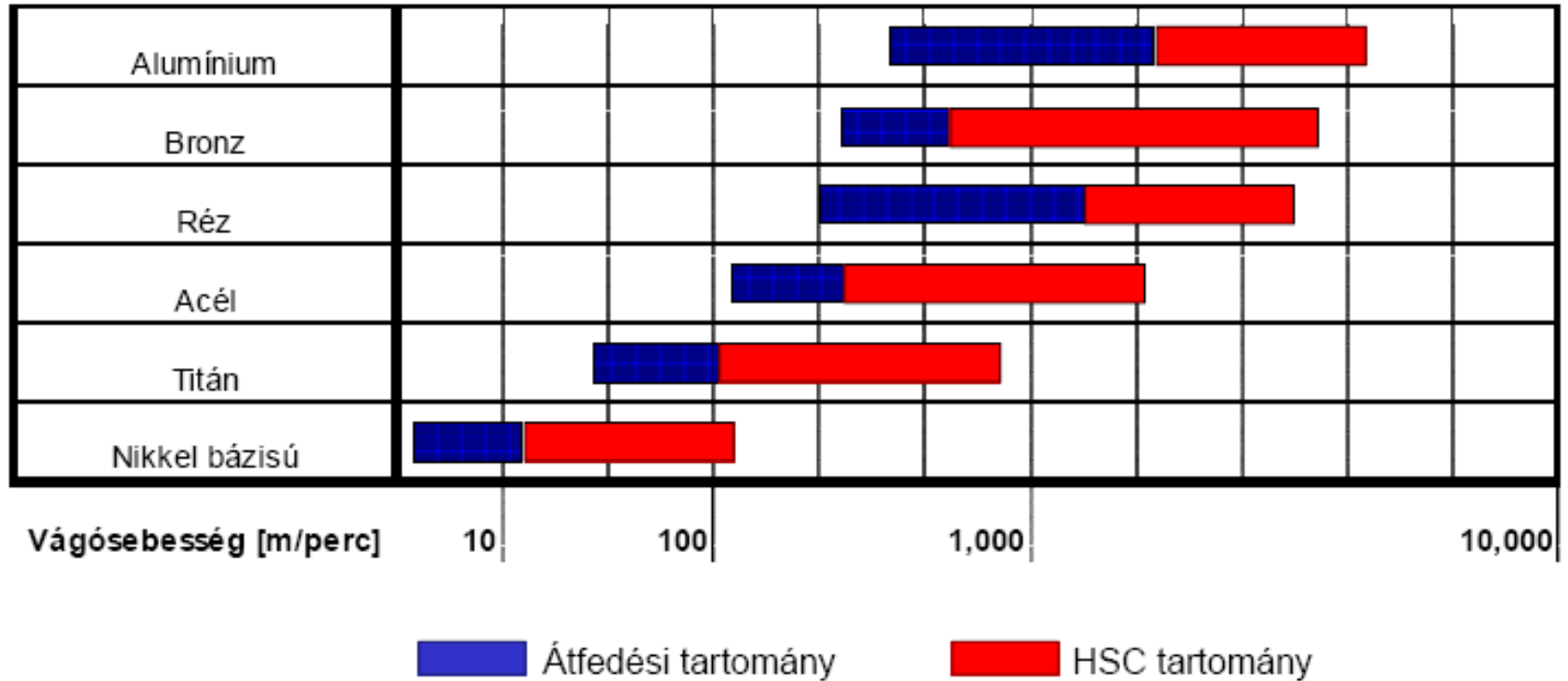
◆ A forgácsolási sebesség 500%-os növelésekor az időegység alatt leválasztott forgácsmennyiség 300%-al megnőtt, a fellépő forgácsoló erő pedig mintegy 70 %-al csökkent.

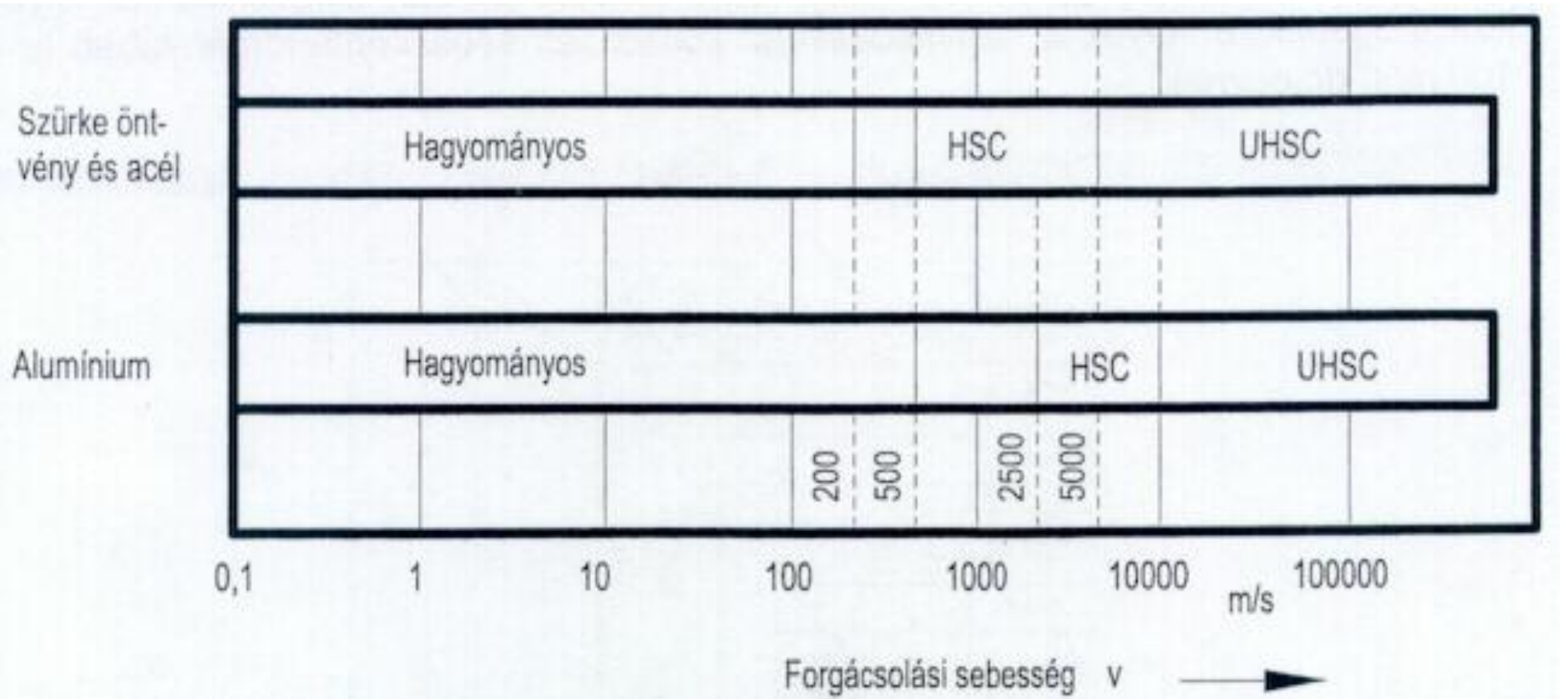
◆ A megmunkált felület felületi minősége igen kedvezően alakult, a munkadarab és a szerszám hőmérséklete alig változott, a forgácsolási folyamat során keletkezett hő túlnyomó részét a forgács vezette el.



- ❖ Az 1980. évi chicagói nemzetközi szerszámgép-kiállításon az Ex-Cell-O olyan megmunkálóközpontot  főorsója $n = 40\ 000$ min-1 fordulatszámmal forgácsolt.
 - ❖ A nagysebességű megmunkálás fogalma jó közelítéssel  ha a forgácsolási sebesség meghaladja a $V = 500$ m/min értéket, nagysebességű forgácsolásról beszélünk.
 - ❖ A sebességhatár erősen függ a megmunkálás módjától is. Az ábrából  marásnál számottevően alacsonyabb a sebességhatár, mint esztergálásnál.
-







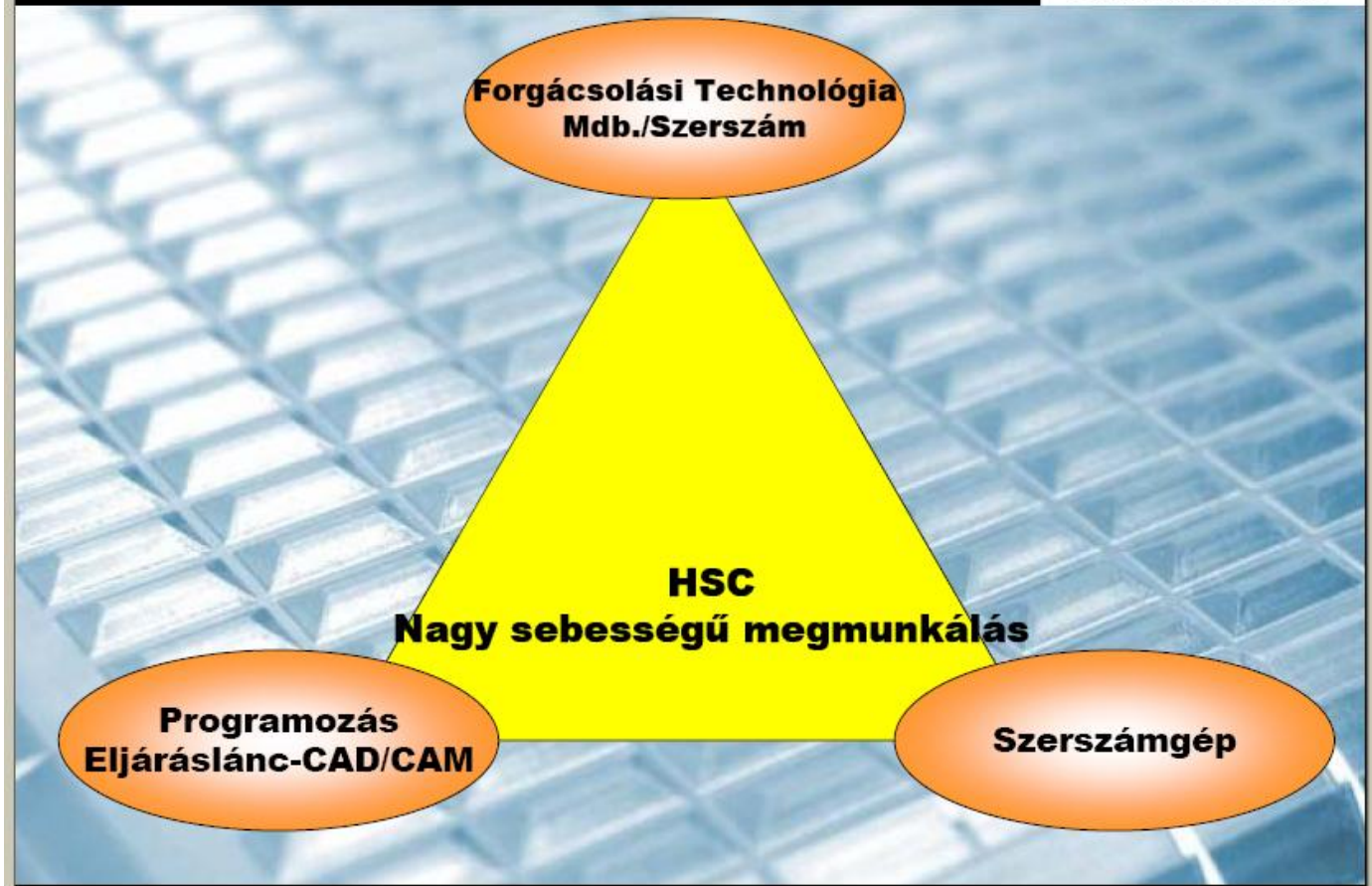


A sikeres HSC alkalmazást befolyásoló paraméterek a süllyeszték és öntőformagyártásban

DECKEL MAHO

Geretsried GmbH

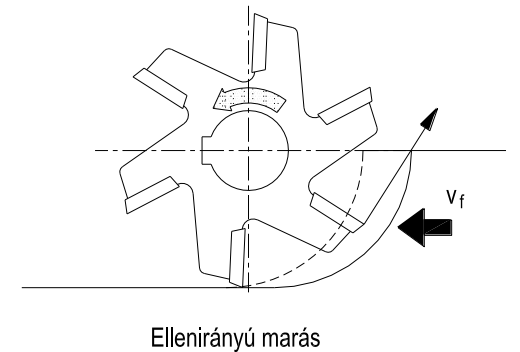
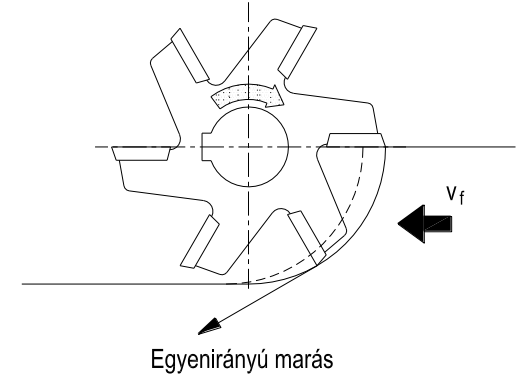
Összeállította: Szücs Ferenc



A HSC forgácsolási folyamat

jellemzői:

- a forgácsoló él előtt az anyag rideggé válik,
- a forgács a forgácstőnél képlékeny alakváltozás nélkül letörik,
- egyenirányú marás alkalmazása





A sikeres HSC alkalmazást befolyásoló paraméterek a sülyeszték és öntőformagyártásban

DECKEL MAHO

Geretsried GmbH

Összeállította: Szücs Ferenc

A környezettel szemben támasztott követelmények

Munkadarab

- Merev felfogatás
- HSM-helyes konstrukció
- HSM-helyes anyagválasztás

Szerszám

- Forgásszimmetria
- Minimális kiegyensúlyozatlanság
- Minimális körkörösségi hiba
- Optimális élgeometria
- Nagy merevség
- Elegedően nagy forgácsárok
- Minimális horony- ill, élhatás
- Nagy élátfedés
- **Szerszámanyag**
 - Kopásállóság
 - Hőállóság
 - Szívósság
- Kopásálló bevonat

Eljárás-lánc

- A HSM technológia ismerete
- Nagyteljesítményű CAD/CAM rendszer befolyásolható marási-pályagenerálással
- **Optimált marási stratégia**
 - Egyenletes marás
 - Állandó mértékű szerszámterhelés
 - A szerszám folyamatosan fogásban
 - Vad irányváltások kikerülése
 - Óvatos bekezdés
 - Kontúrral párhuzamos vagy spirálfirmájú marási pályák
 - Előnyös marási feltételek a félgömbvégű ujjmaró esetére

Szerszám gép

- **Főorsó**
 - Magas fordulatszám
 - Széles fordulatszám tartomány
 - Elegedő nyomaték
 - Speciális csapágyazás
 - Precíz szerszám befogás
- **Szánhajtás**
 - Nagy előtolási sebességek
 - Rövid gyorsulási idők
- **Koncepció**
 - Minél kisebb mozgatott tömeg
 - Nagy merevség
 - Jó rezgéscsillapítás
- **Vezérlés**
 - Rövid mondatfeldolgozási idő
 - Nagy tárolókapacitás
- **Biztonság**
 - Teljes, törésbiztos burkolat
 - Zajcsillapítás
 - Levegőszűrés



A HSC forgácsolási folyamat jellemzői:

- csökken a forgács lev.hoz szükséges energia
 - jó felületi érdesség ($\approx Ra=0,2 \mu m$),
 - kedvező szerszám éltartam,
 - hűtés nagy nyomású levegővel, illetve szerszámon keresztül
-



A nagysebességű forgácsolás alkalmazási területei:

- elsősorban a szerszám- és süllyeszték gyártásban, de egyre inkább teret kap a normál alkatrészgyártásban is, különösen a könnyű fémek és a műanyagok megmunkálása terén.
 - Ezen belül is elsősorban nagyobb sorozatoknál és nagy bonyolultságú alkatrészek gyártásában várható jelentős térhódítása.
 - A könnyűfémek és a műanyagok - anyagjellemzőik folytán - igen alkalmasak a nagysebességű forgácsolásra.
-

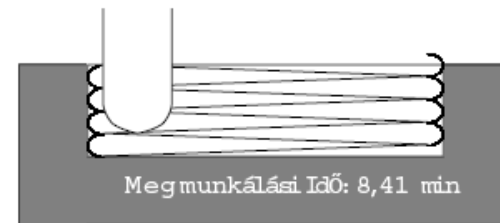


Négyszögzseb nagyoló marása
Hagyományos / HSC marás összehasonlítása

DECKEL MAHO

Geretsried GmbH

Összeállította: Szücs Ferenc



Időmegtakarítás: 6,6 perc ≈ 44 %

Component: pocket
Material: 1.2344 (X40CrMoV 5 1)

tool no.	cutting tool	diameter	cutting material	operation	no.	length mm	calc. diameter	vc m/min	n rpm	fz	z	vf mm/min	th min	thges. min
1	center drill	10,00	HSS	center hole	1	7,00	10,00	15	477	0,100	1	48	0,147	0,147
2	drill	20,00	HSS	drilling	1	20,00	20,00	15	239	0,160	1	38	0,524	0,524
3	roughing cutter	20,00	HSS-TiN	pre milling "pocket" 100x100x20mm depth of cut 0,5xd (10mm) 2 cuts in Z - direction	1	1170,72	20,00	35	557	0,035	4	78	15,012	15,012
4	"KOBELCO" cutter	20,00	HM	milling "pocket" 100x100x20mm depth of cut 0,5mm 40 cuts in Z - direction	1	25096,00	20,00	250	3979	0,250	3	2984	8,410	8,410



A nagysebességű forgácsolás alkalmazási területei:

- Szerszámgyártás (edzett szerszámacélok, réz, öntöttvas, alumínium, grafit...),
- Kisméretű alkatrészek gyártása,
- Repülőgép alkatrészek gyártása (alumínium, rozsdamentes acél...),
- Járműipari alkatrészek gyártása (alumínium, öntöttvas, acél),
- Elektronikai ipar alkatrészeinek gyártása (alumínium, réz...),
- Orvosi műszergyártás (rozsdamentes acélok, titán),
- Edzett, kemény anyagok (akár 62 HRC keménységű anyagok) megmunkálása,
- Prototípus gyártás (alumínium, műanyagok...)

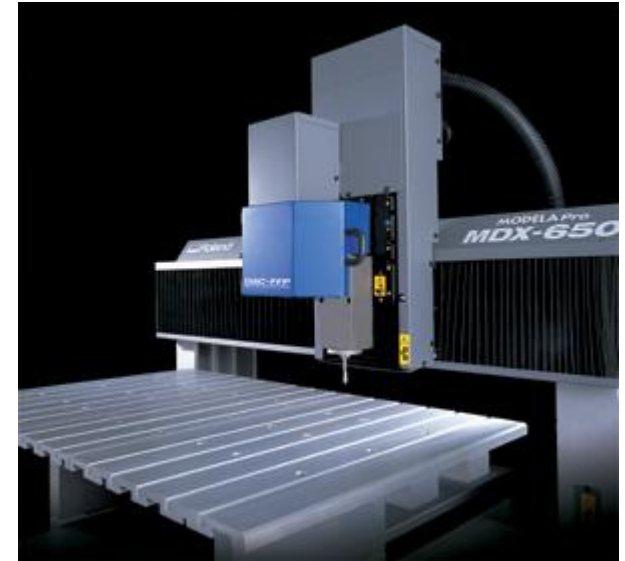


SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM

GYŐR

Nagysebességű forgácsolás

HSC szerszám gép





Minimálkenés, száraz forgácsolás

- **Jelenleg a fémmegmunkáláshoz (forgácsolás, képlékeny alakítás) Magyarországon évente 4000 t hűtő-kenő anyagot használnak fel. Ebből 300 t nyomonkövethetően regenerálásra ill. megsemmisítésre, a többi a környezetet szennyező módon a levegőbe, csatornába, talajba kerül.**



Minimálkenés, száraz forgácsolás

- **A minimális kenési technológia (2-50 ml/óra) alkalmazásával a felhasznált kenő anyag igen jelentősen csökken a hagyományos , elárasztásos kenéshez (2-10 l/óra) viszonyítva, csökken a környezet terhelése is.**
- **A „száraz”, kenő anyag nélküli megmunkálás ill. a minimálkenés kutatása az elmúlt években jelentősen felgyorsult, és EU-projektekben folyik.**



Minimálkenés, száraz forgácsolás

Szerszámgép



Minimálkenő
berendezés



Szerszám



**A minimál-
kenés
forgácsolást
befolyásoló
tényezők**

Célmegfogalmazás

Alkatrészek gazdaságos és
folyamatbiztos előállítása



Kenőanyag



Anyagminőség



Gyártási eljárás



forgácselvezetés



Minimálkenés, száraz forgácsolás

Nemzeti, államilag támogatott programok (pl. Németországban „Produktion 2000-Trockenbearbeitung) folynak nagy vállalatok (pl. BMW, BOSCH stb.) részvételével. Németországban az elmúlt években 10 ezer berendezést állítottak üzembe, a 2003-ban a minimálkenés aránya elérte a 20 %-ot.



Minimálkenés, száraz forgácsolás

Ismert a hűtő-kenő anyagok pozitív hatása a forgácsolási folyamatokban:

- ❖ A hűtő-kenő anyagok *csökkentik* szerszám és a munkadarab közötti *súrlódást*, illetve a forgácsolás során keletkezett *hő jelentős részét elvezetik*.
- ❖ Egyes esetekben fontos az *öblítő* hatásuk is, ennek révén a forgács eltávolítható a keletkezése helyéről.
- ❖ A hűtő-kenő anyagok használata a szerszámok élettartamát (*éltartamát*) *megnöveli*, és pozitívan befolyásolja a munkadarab méret- és alakpontosságát.



A minimálkenésről 2-50 ml/óra kenőanyag felhasználás esetén lehet beszélni.

Minimális mennyiségű kenőanyaggal történő kenéssel (minimálkenéssel, MMS) acél- és alumínium anyagok megmunkálása esetén a hagyományos emulziós megmunkáláshoz hasonló forgácsolási paraméterek és eredmények érhetőek el (1. ábra).

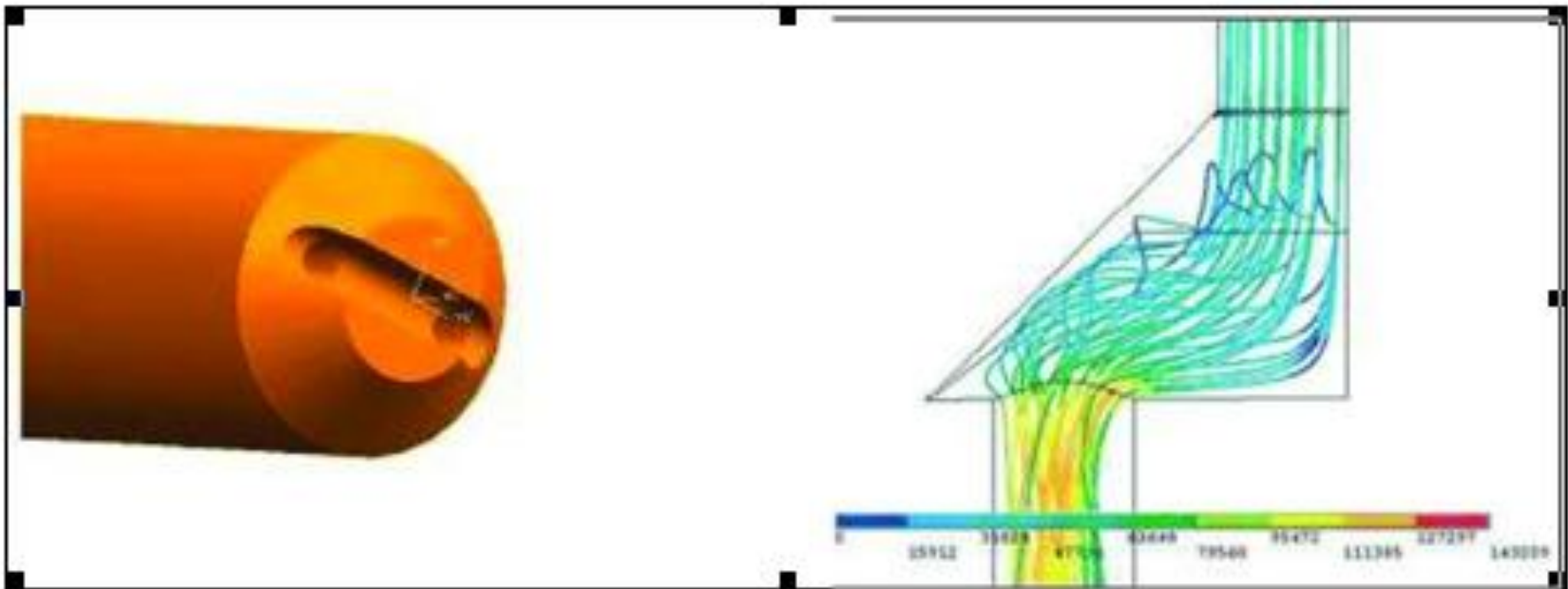


Egy komplett MMS-rendszer



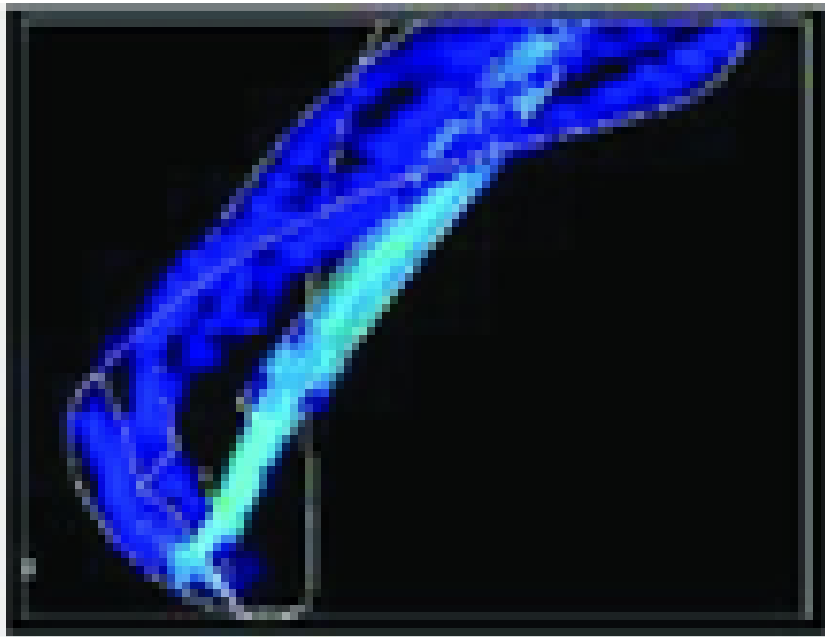


Áramlástechnikailag optimalizált szerszámvég
(Forrás: Gühring)

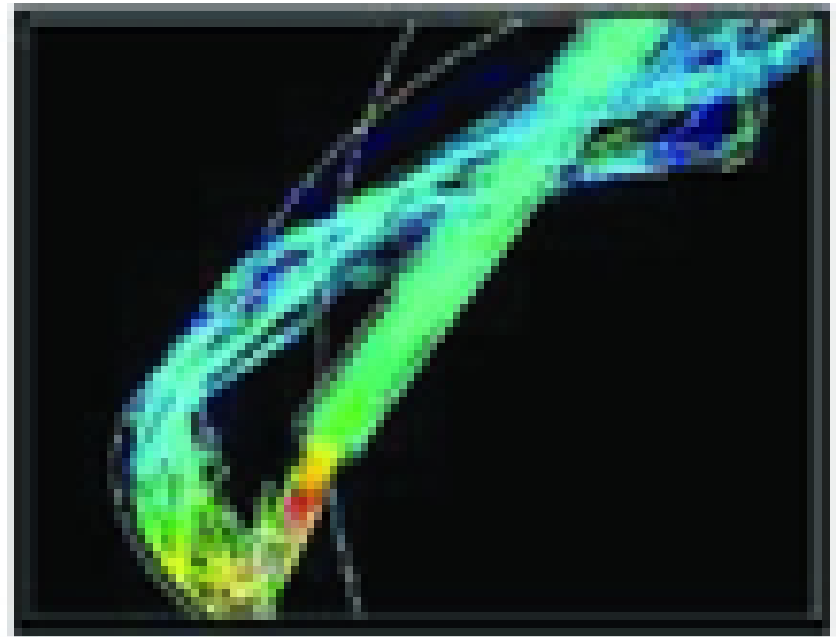




Az emulziós és a minimálkenéses megmunkálás áramlási képe



Emulziós megmunkálás
áramlási képe



Száraz megmunkálás
áramlási képe



1. ábra Minimálkenés (MMS) és jellemzői

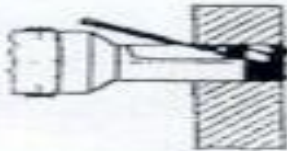


Az MMS adagolása két módon történhet:

- **kívülről fúvókákon,**
- **a szerszám gép főorsó, illetve a szerszám csatornáin keresztül belső hűtőközeg hozzátáplálással**

(2. ábra)

KÍVÜLRŐL A FURATBA



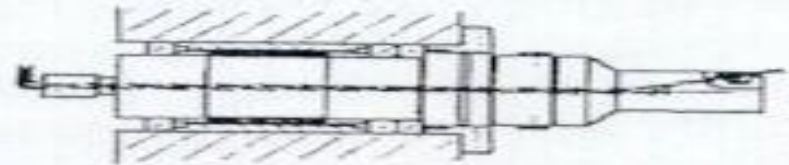
ELŐNYÖK

- egyszerű felépítés
- minden gépen lehetséges

HÁTRÁNYOK

- szóródási veszteségek
- a forgácscsökkentés rossz
- csekély furatmélység

A SZERSZÁMON KERESZTÜL



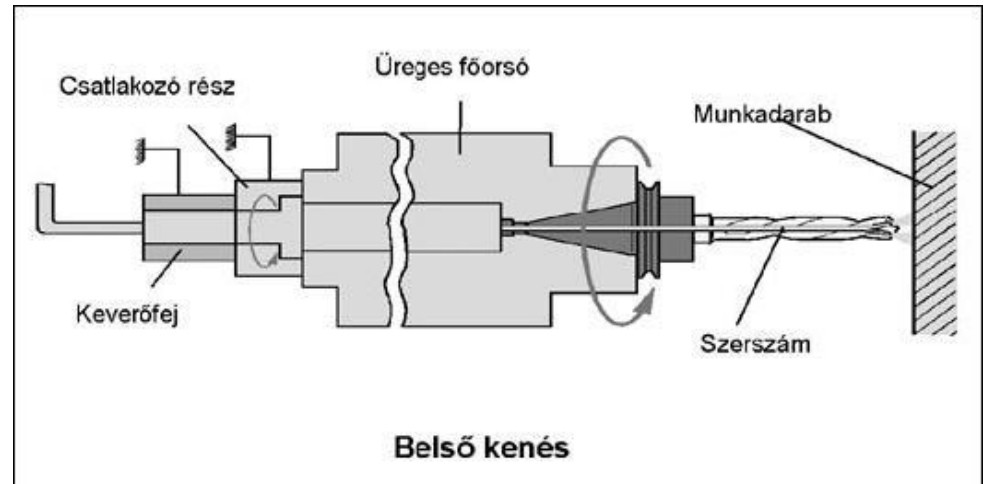
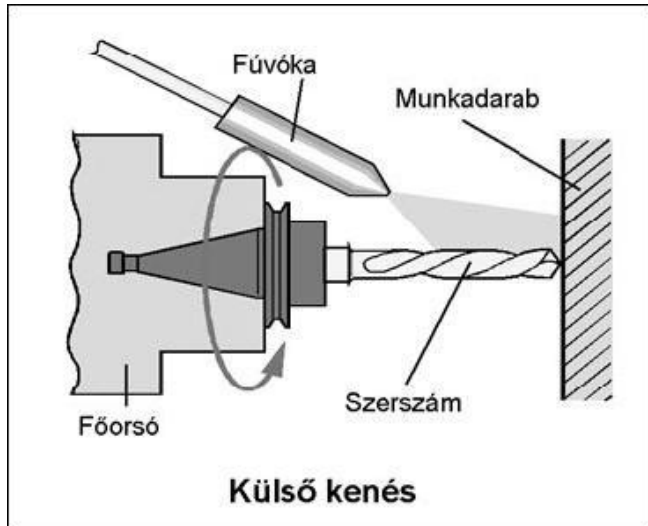
ELŐNYÖK

- egycsatornás rendszernél egyszerű kivitelezés lehetséges
- kétcsatornás rendszerben nem gyűlik össze a hűtőfolyadék a hűtőcsatornáknakban

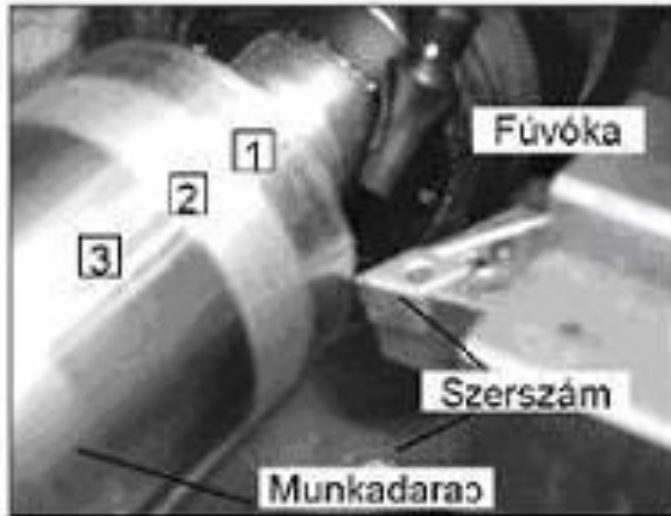
HÁTRÁNYOK

- egycsatornás rendszernél hajlam a ködképződésre
- kétcsatornás rendszernél ráfordítás-igényes elrendezés támogatása

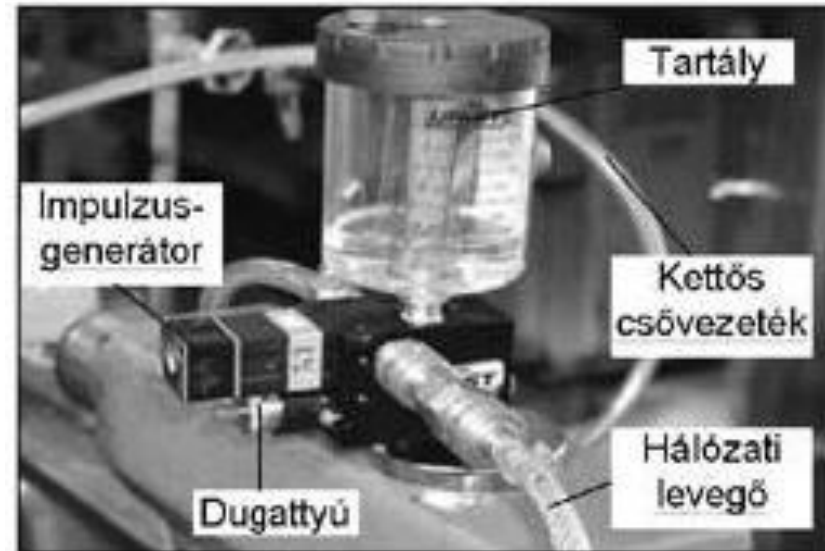
2. ábra A minimálkenés (MMS) lehetséges módjai



2. ábra Külső és belső minimálkenés fúráskor (Forrás :Titex)



A külső kenés munkatere a megmunkált felületekkel



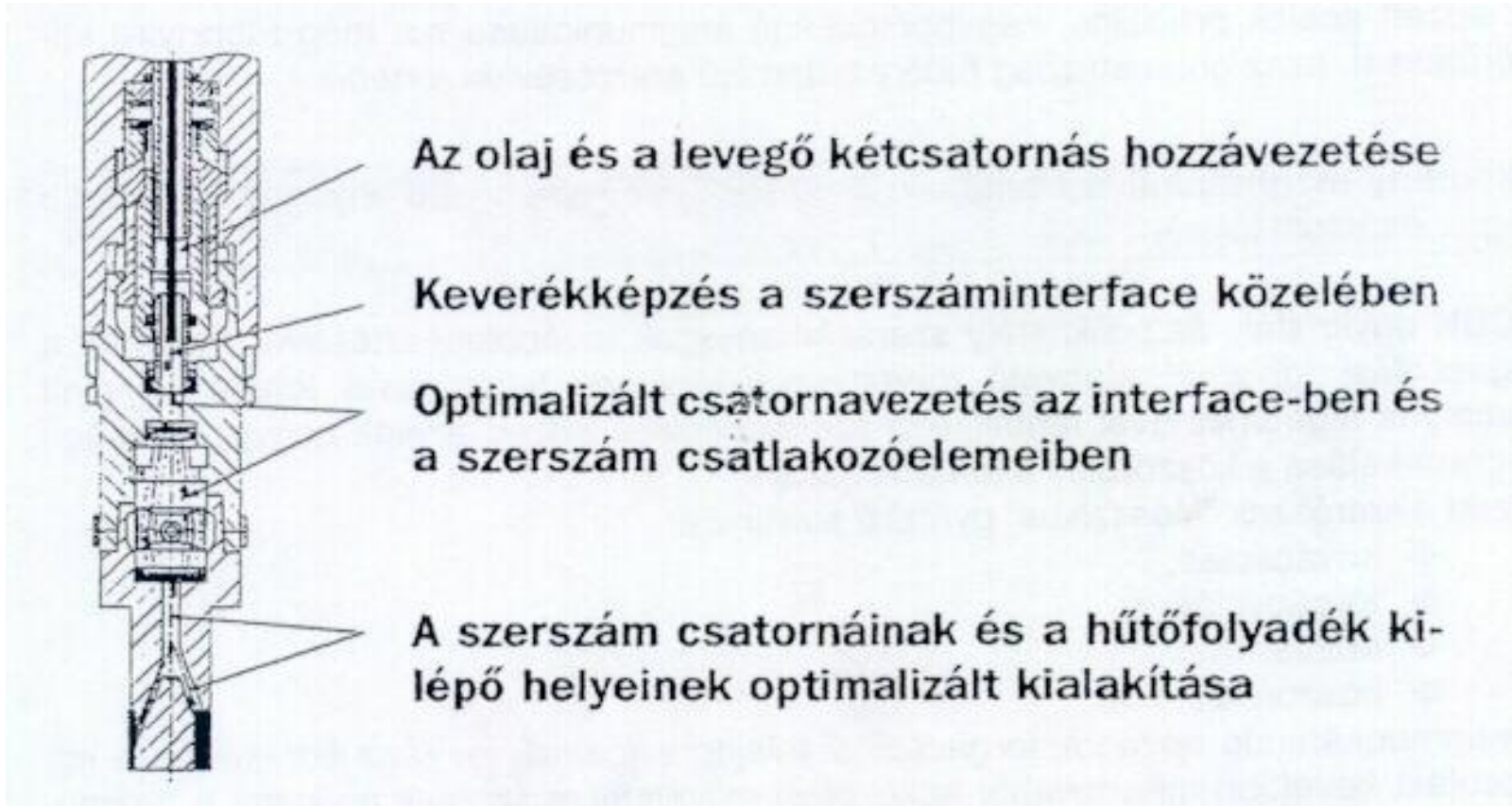
Az adagolószervezet

A munkatér és a minimálkenő berendezés



Kedvezőbb a belső hűtőközeg hozzávezetés, mert a forgácsolóél folyamatos és biztonságos kenését csak így lehet biztosítani.

A levegőnek és a kenőanyagnak a szerszám gép főorsón, illetve a szerszámon keresztül történő adagolásánál két változatot használnak. (1. táblázat)



A belső MMS hozzávezetés konstrukciós kialakítása

Forrás: HTCMTD. Finomfúrás és dörzsárazás minimális mennyiségű kenéssel.

Járművek 2001.1-2.



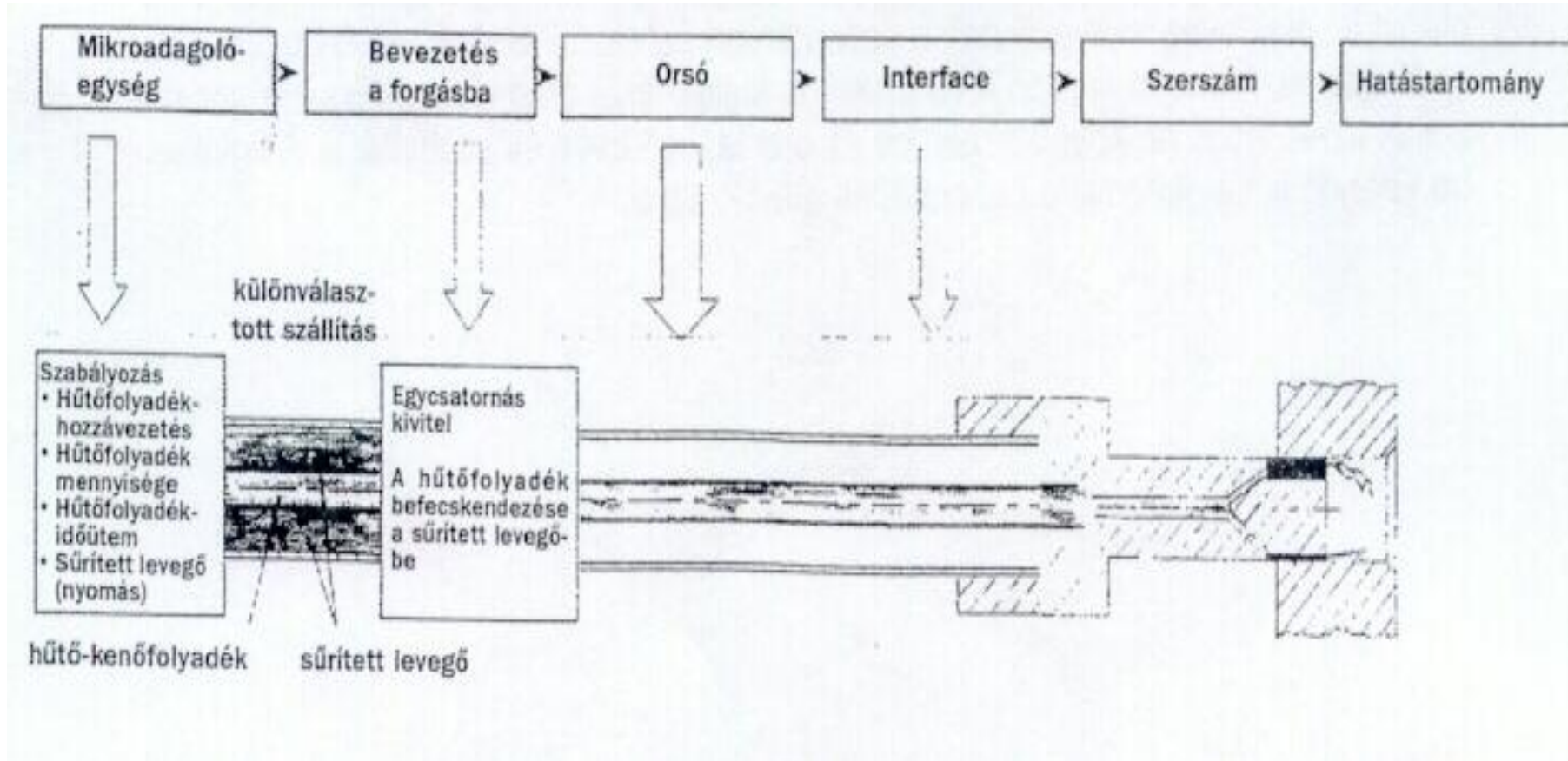
Minimálkenés, száraz forgácsolás

	Egycsatornás elv	Kétcsatornás elv
Fő jellemzők	Keverékképzés a forgórészbe történő bevezetés előtt	Keverékképzés a főorsó és a szerszám közötti részen
Előnyök	egyszerűbb csatlakozás utólagosan kialakítható	rövid reakcióidő, alacsonyabb olaj és levegő felhasználás, jobban beállítható, magas folyamatbiztonság
Hátrányok	magas reakcióidő, az olaj kicentrifugálódása, kicsapódása, relatíve magas felhasználás	nagyobb tervezési ráfordítás, költségesebb utólagos felszerelés nehézkes



Az egycsatornás elv (3. ábra)

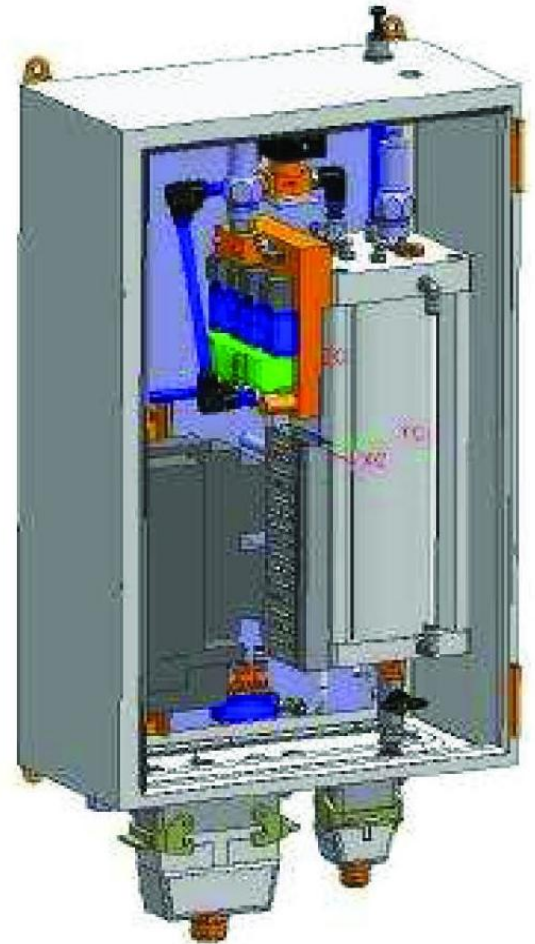
- hátránya, hogy a kenőanyag részlegesen kicentrifugálódik, továbbá nemkívánatos lerakódások keletkeznek a vezető csatornák azon éleinél, amelyek az áramlási útvonalak mentén helyezkednek el.
- Törekvés, a felhasználás helyéhez közel kell a levegőt és az olajat összekeverni, ez a kétcsatornás elv megvalósítását jelenti.



3. ábra Az egycsatornás belső MMS adagolás

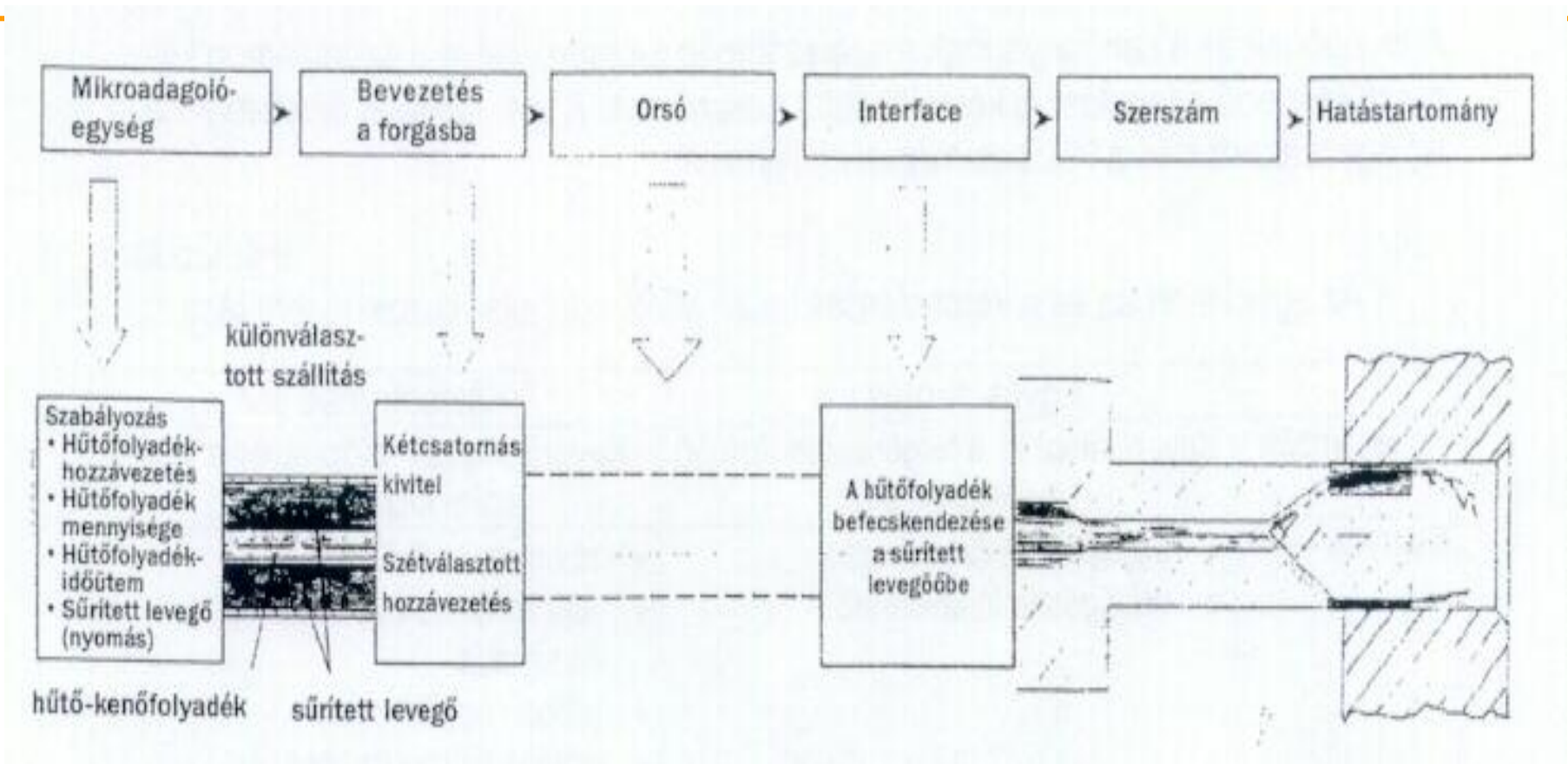


Belső hozzáférésű,
egycsatornás minimálkenénő
berendezés
(Bielomatik)





**A kétcsatornás elv (4. ábra)
szerint tervezett MMS hozzávezetésű
főorsókkal megbízható, rövid reakcióidővel
bíró kenőanyag ellátás valósítható meg
közvetlenül a szerszámcsere után, akár $n = 16$
000 f/min fordulatszámig.**



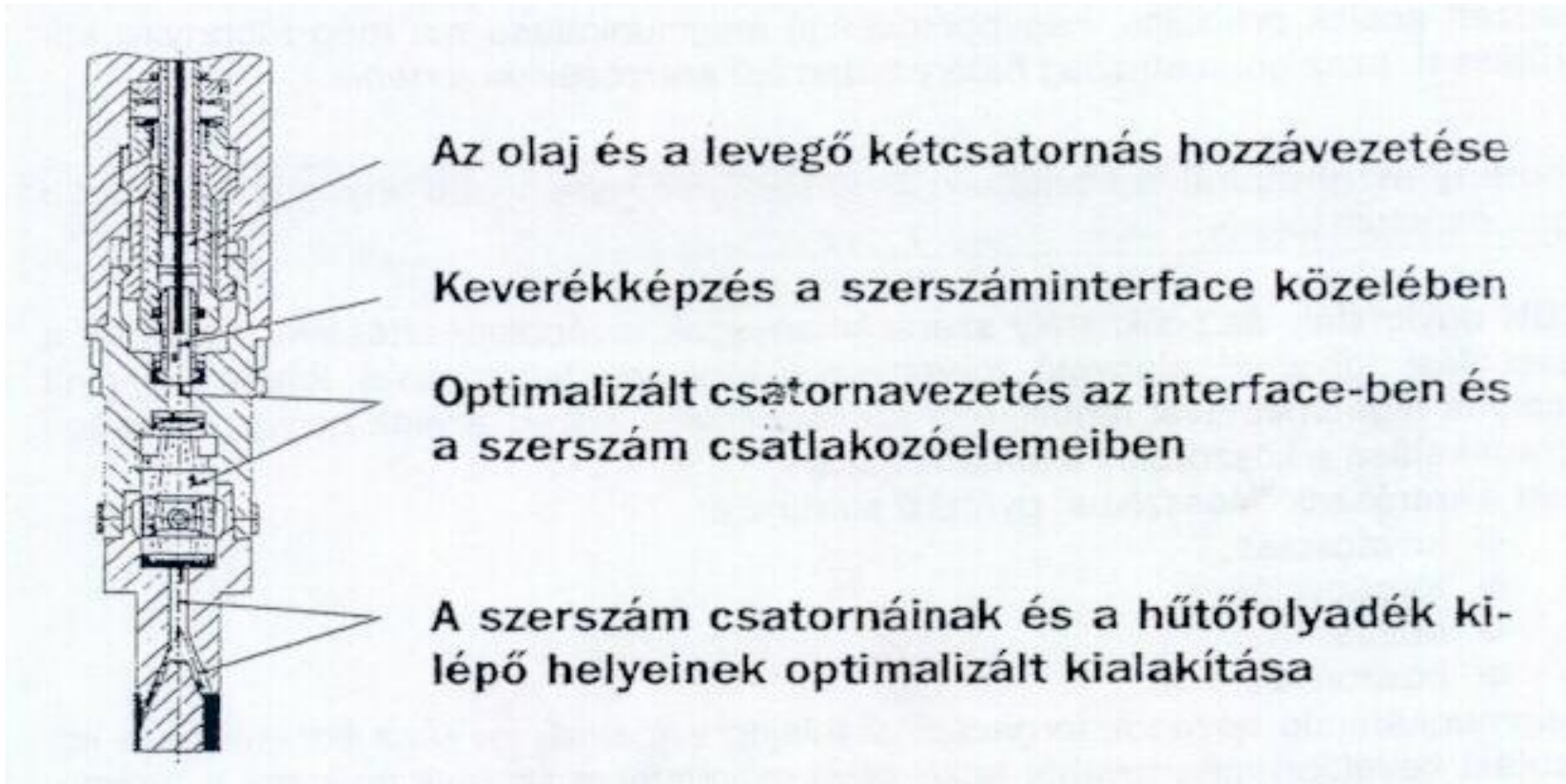
4. ábra A kétcsatornás belső MMS adagolás



Az MMS hatást gyakorol a szerszámgépek munkatérére is.

Fontosabb követelmények:

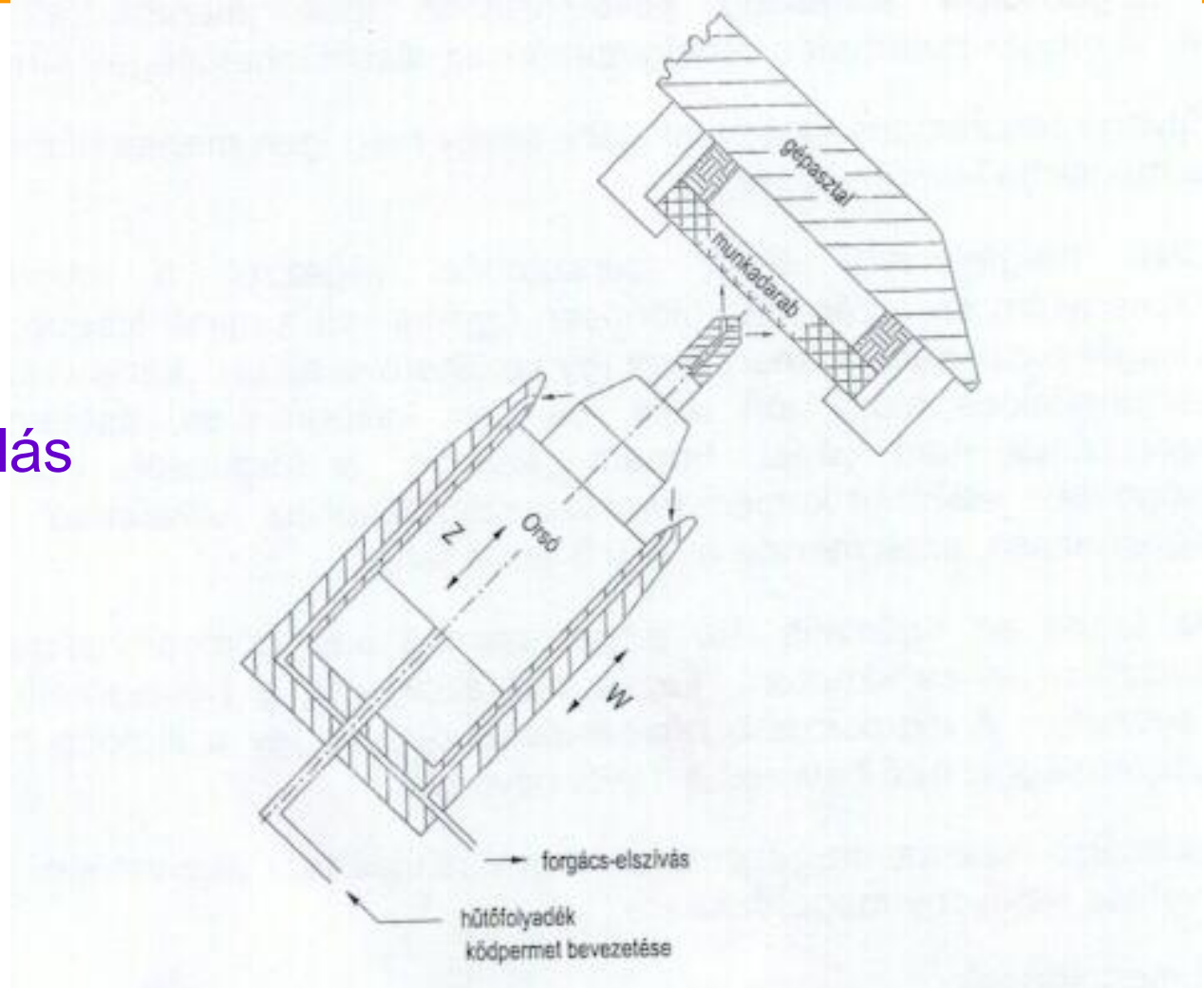
- ❖ biztosítani kell a forgács szabad leesését a munkatérből,
 - ❖ folyamatos forgácselvezetésről kell gondoskodni,
 - ❖ el kell kerülni forgácsfészkek kialakulását,
 - ❖ a forgáccsal érintkező szerszámgép részeket hőszigeteléssel kell ellátni,
 - ❖ gondoskodni kell az elszívásról (por).
-



5. ábra A belső MMS hozzávezetés konstrukciós kialakítása

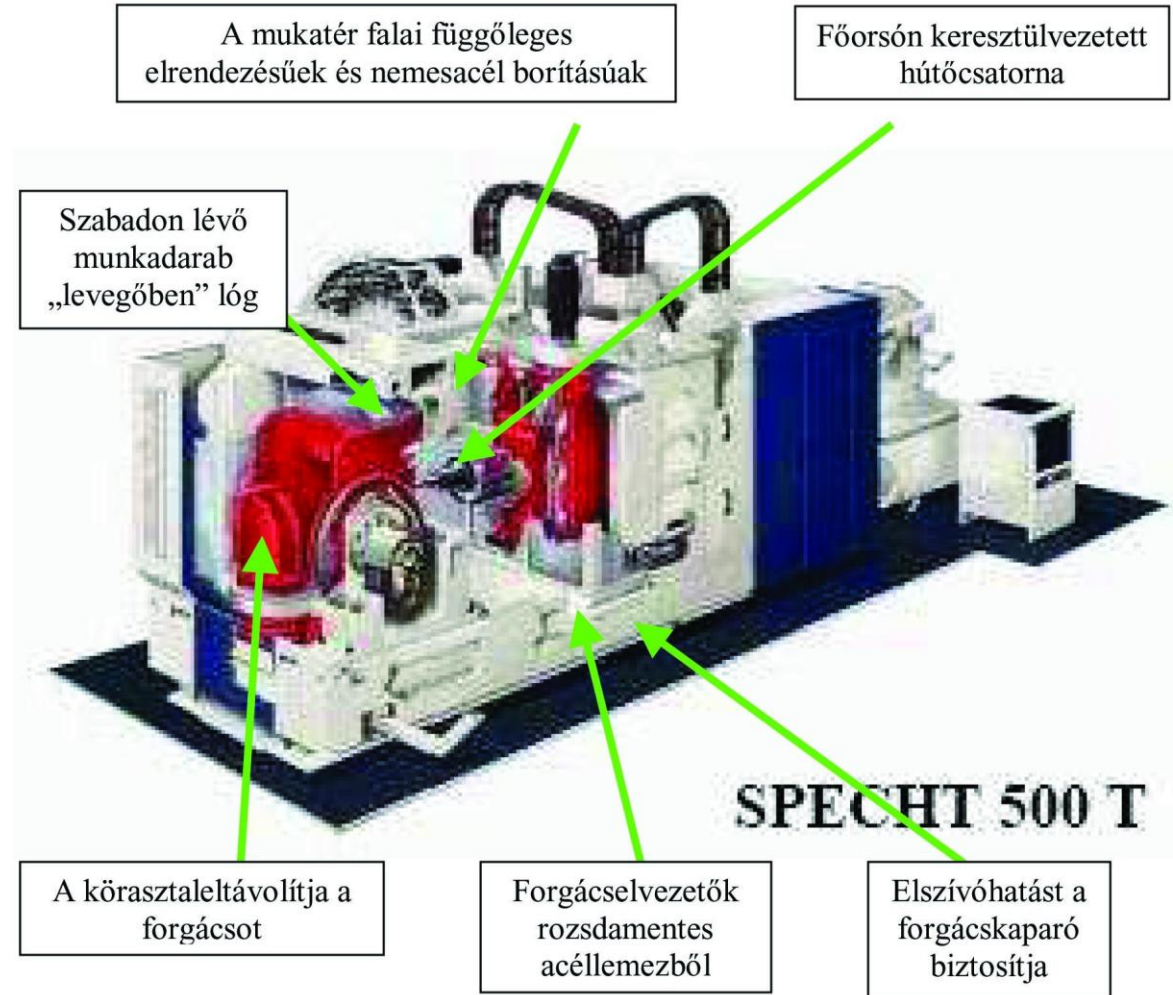


Alulról történő
ferde megmunkálás



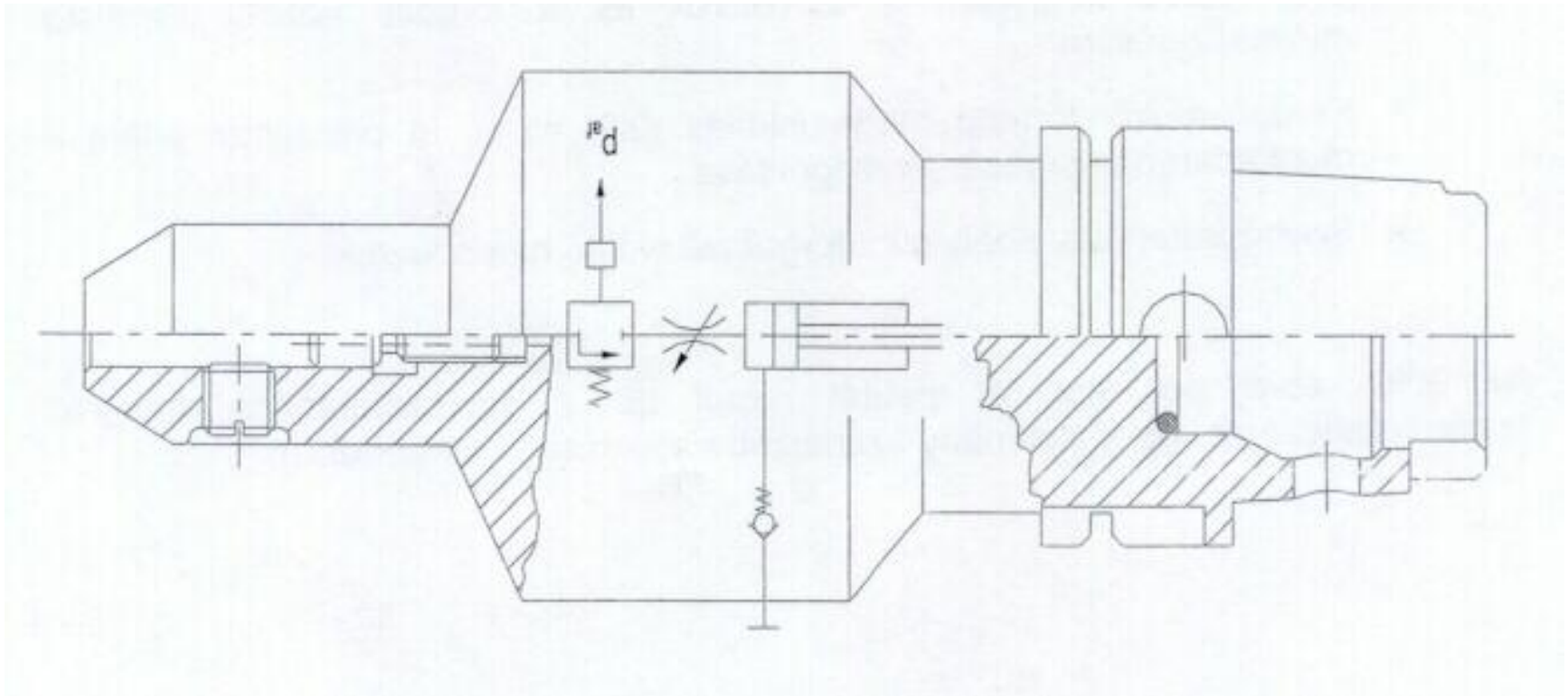


Száraz
megmunkálásra
alkalmas
szerszám gép
felépítése
(Forrás: Excello)





Szerszámtartóba integrált kenőberendezés



14. ábra. Ökotokmány felépítése



Keménymegmunkálások

Az edzett acélok precíziós, nagy pontosságú megmunkálása ma még többnyire köszörüléssel, azaz geometriailag határozatlan élű szemcsékkel történik.

A **kemény megmunkálás** általában 55-60 HRC-nél keményebb anyagok forgácsoló megmunkálását jelenti.



Keménymegmunkálások

A CBN egykristály és polikristály szerszámanyagok továbbfejlesztésével, valamint a forgácsolási folyamat alapvető törvényszerűségeinek feltárásával lehetőség nyílt szabályos élgeometriával rendelkező szerszámokkal edzett acélok nagy pontosságú megmunkálása a köszörülés alternatívájaként.

Edzett alkatrészek "klasszikus" gyártási sorrendje:

- kovácsolás,
 - forgácsolás,
 - edzés,
 - köszörülés.
-



Keménymegmunkálások

A megmunkálandó anyagok forgácsolási tulajdonságainak javítása érdekében a kovácsolást követően még további hőkezelési műveleteket szoktak beiktatni a technológiai sorba.

A gyártás költsége jelentős mértékben csökkenthető, ha az előgyártmányt a kovácsolást követően megedzik, és a munkadarabot egy műveletben készre forgácsolják. A művelethez szükséges magas anyagleválasztási sebesség és a szükséges felületi minőség szabályos élű CBN szerszámmal elérhető.



A megmunkálandó anyagok keménységüket két egymástól eltérő módon érik el:

❖ A **tiszta martenzites** keménységet kizárólag az anyag szövetszerkezetének megváltoztatásával érik el. Mivel a forgácsolás során a forgácstőben a leválasztandó anyag kilágyul, ezért a szerszámanyagnak a nagy keménység mellett magas melegszilárdsággal is rendelkeznie kell.

❖ A **karbidkiválásos edzéskor** az anyag keménységét a kemény karbidoknak köszönheti. Ebben az esetben a forgácsolás során relatíve lágy anyagszerkezetet forgácsolnak, miközben a karbidszemcsék jelentős abrazív, koptató hatást fejtenek ki. A szerszámnak tehát jó kopásállósággal kell rendelkeznie. Az *élrátétképződéssel*, is számolni kell.



Keménymegmunkálások

A **szuperkemény élananyagokat** gyártó cégek (General Electric, De Beers, ASEA, stb.) keményforgácsolásra BZU 8000, DBC 50,, illetve BU 200 márkajelű köbös bórnitrid anyagokat ajánlják. A köbös bórnitrid (CBN) a gyémánt után a második legkeményebb ismert anyag. Rendkívüli nagy keménysége mellett a szívóssága is elfogadható, a keményfém és a kerámia között helyezkedik el. A hőmérséklet változásra nem érzékeny, 1000 C°-ig jó kémiai és fizikai ellenálló képességgel rendelkezik. Gyártása során hexagonális bórnitridből kiindulva, nagy nyomáson és magas hőmérsékleten állítják elő katalizátor segítségével.



Keménymegmunkálások

A szerszámgyártók simításra $\gamma=6^\circ$ -os homlokszöveget és $\alpha=6^\circ$ - 8° -os hátszöveget ajánlanak. Az él – csorbulás elleni védelme miatt – $0,1x-20^\circ$ -os élfazettával is ellátják.

A szokásos forgácsolási paraméterek tartománya:

Fogásmélység:

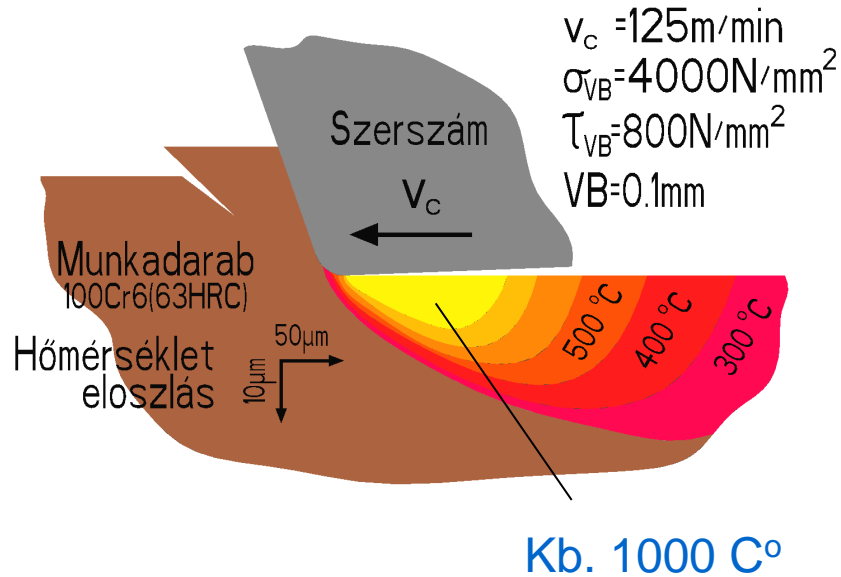
$$a_p = 10 \dots 60 \text{ } [\mu\text{m}],$$

Előtolás:

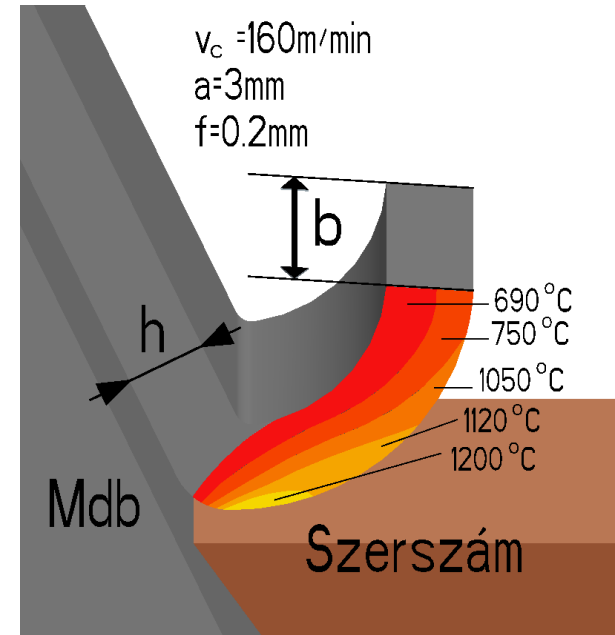
$$f = 10 \dots 50 \text{ } [\mu\text{m}],$$

Forgácsolási sebesség:

$$V_c = 100 \dots 180 \text{ } [\text{m}/\text{min}].$$



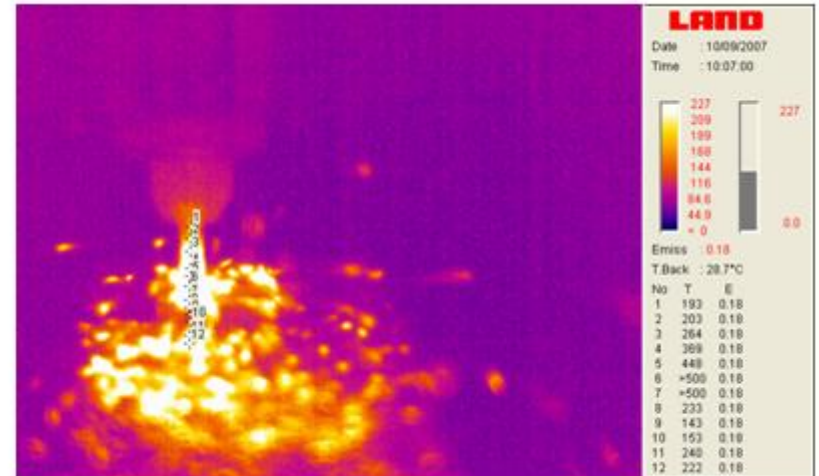
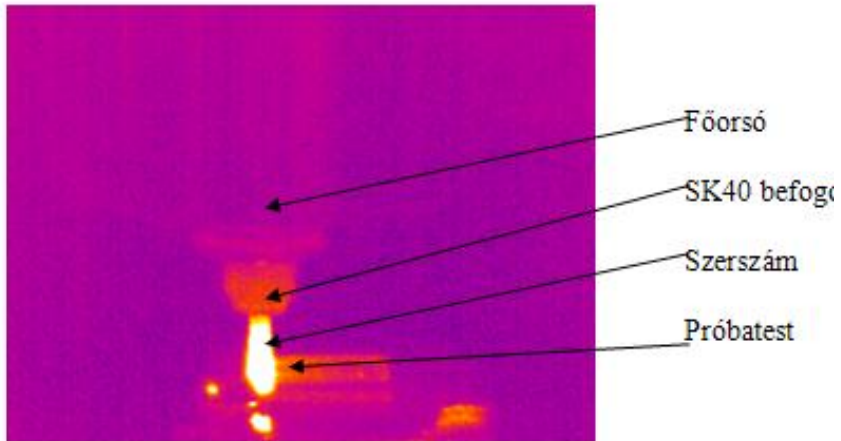
Hőmérséklet-eloszlás
a szerszámél környékén



Hőmérséklet-eloszlás
a forgácsban



Hőterképek keménymegmunkálás kísérleti vizsgálatánál



Forrás:



Az edzett acélok szabályos élgeometriával rendelkező szerszámmal történő kemény megmunkálása a következő *előnyökkel* bír:

- A megmunkálás pontossága közel azonos a köszörüléssel (köszörülési művelet már nem szükséges)
- A megmunkálandó felület alakja gyakorlatilag független a szerszámgeometriától,
- A megmunkálás nem igényel hűtőanyagot, (környezetvédelmi, gazdasági szempontból pozitívum)
- A felületi réteg károsodása lényegesen kisebb, mint köszörüléskor,
- Sokkal nagyobb anyagleválasztási sebesség érhető el, mint köszörüléskor.



Hátrányos tulajdonságok:

- ❖ Kisérletek bizonyítják, hogy a beállítható fogásmélység nem lehet tetszés szerinti kicsi értékű, mert kb. 10-20 μm -nél kisebb értékek alkalmazása esetén a felületi érdesség nem javul, hanem romlik.
 - ❖ A megmunkálás eredménye rendkívül bizonytalan, ugyanis a forgácsolás körülményeinek esetleges változásaira igen érzékenyen reagál. (Ilyen bizonytalansági tényező például: a megmunkálandó anyag szerkezetének esetleges inhomogenitása.
 - ❖ Speciális, drága szerszámot, és merev, drága gépet igényel.
 - ❖ A legnagyobb problémát az éllekerekedés miatti relatíve nagy minimális fogásmélység okozza.
-



Keménymegmunkálások

Amíg nagy sebességgel (HSC) általában elektróda anyagot, grafitot és könnyűfémeket forgácsolnak, addig a szerszámgyártásban felmerült annak szükségessége, hogy marógépeken 62 HRC keménységig *edzett acél* formaadó elemeket, nagy szilárdságú öntvényeket és más, igen kemény alapanyagokat lehessen 1 mikrométer pontossággal megmunkálni. A különböző HSC precíziós maróközpontokon mindenekelőtt a szerszám és formakészítésben lehet maximum 60 %-os időmegtakarítást elérni, mert ez a megmunkálás megközelítően köszörülési minőséget eredményez.



**Köszönöm
megtisztelő figyelmüket!**