



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
 6. Keménymegmunkálás
-



Mikor alkalmaznak különleges technológiákat?

- ❖ Ha a megmunkált anyag keménysége, szilárdsága túlzottan nagy,
- ❖ Ha a munkadarab túlságosan rugalmas, vagy karcsú ahhoz, hogy elviselje a forgácsolás közben fellépő erőket,
- ❖ Ha összetett, bonyolult alakzatot kell megmunkálni (külső, belső felület),
- ❖ Ha nem megengedett jelentősebb hő keletkezése, illetve a felületi hőmérséklet megnövekedése,
- ❖ Ha nem keletkezhetsz maradós feszültség,
- ❖ Ha a felületi minőség nem biztosítható,
- ❖ Ha a pontosság nem kielégítő



Különleges technológiák

Különleges technológiák:

Azok az anyagleválasztási eljárások, amelyek

- ❖ fizikai elvükben, vagy

- ❖ lényeges folyamatjellemzőkben

eltérnek a hagyományos anyagleválasztási eljárásoktól



Különleges anyagleválasztási eljárások:

➤ Az anyagrészecskéket nem mechanikus úton választják le. Az anyagleválasztási elv szerint lehetnek:

- ☞ termikus
- ☞ kémiai
- ☞ elektrokémiai eljárások



Különleges technológiák

Termikus anyagleválasztási eljárások

Két nagy csoportba oszthatók:

- Elektromos áram termikus hatását kihasználó eljárások ➡ szikraforgácsolás
- Sugaras megmunkálások: jól koncentrálható nagy energiasűrűségű sugár végzi a megmunkálást ➡ lézersugaras, elektronsugaras, ionsugaras megmunkálások



Különleges technológiák

Kémiai megmunkálások

A marandó munkadarab és a marószer között lejátszódó vegyi reakciókon alapulnak. Az anyagleválasztás közvetlenül a marószer és a munkadarab kölcsönhatásában történik, nincs szükség semmilyen áramforrásra.

Eljárások:

- **Maratás**
- **Kémiai polírozás**



Különleges technológiák

Elektrokémiai megmunkálások ECM (Electrochemical Machining)

Az eljárás az elektromos áram vegyi hatásán alapul.

Csoportosításuk:

- **Elektrokémiai süllyesztés**
- **Elektrokémiai köszörülés**
- **Elektrokémiai polírozás**
- **Elektrokémiai sorjátlanítás**



Szikraforgácsolás

- **EDM (Electro-Discharge Machining)**
- **Az elektromos áram roncsoló hatásán alapszik**
- **Az egyenfeszültségre kapcsolt villamos vezető elektródokat (szerszám és munkadarab) dielektrikumba (munkafolyadék) merítenek**
- **Az elektródák között kisülés sorozatokat hoznak létre**



Történelmi áttekintés 1.

- az elektromos kisülés eróziós hatását 1770-ben fedezték fel
- primitív EDM gépek (1920.-40., vibráló elektródok, relaxáló áramkörök, szervokontroller)
- a II. világháború idején terjedt el a fegyvergyártásnál alkalmazva szükséges különleges keménységű anyagok megmunkáló módszere (impulzus generátor, X-Y-Z irányú mozgatás)
- EDM szabadalom: 1943., Lazarenko-testvérek
- WEDM szabadalom: 1945., Perfilev és Bauer



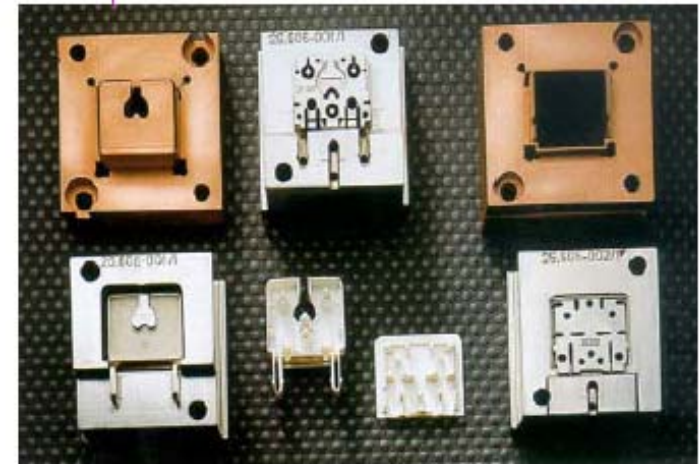
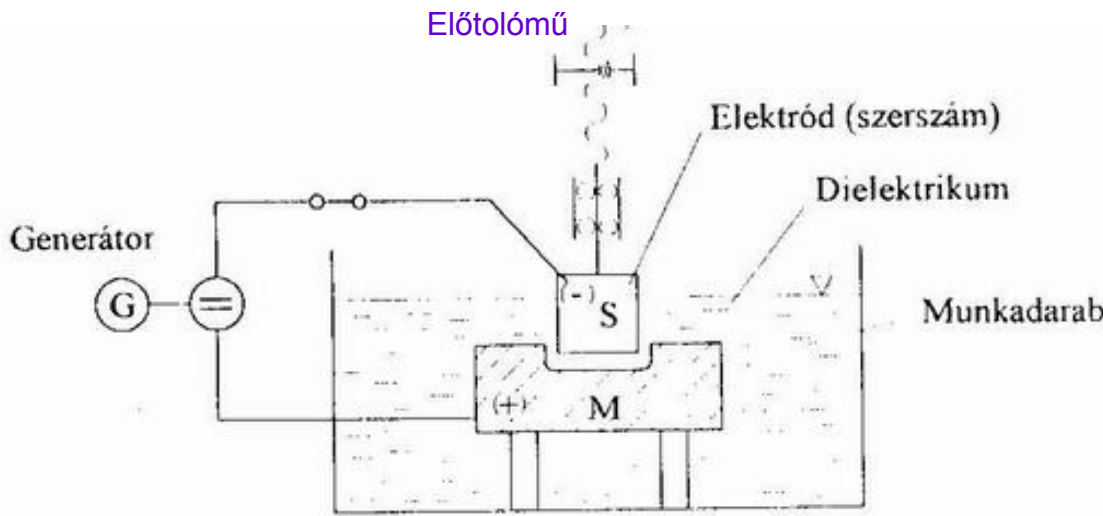
Történelmi áttekintés 2.

- az első szerszám és gépgyártásban alkalmazható berendezést az Erosimat C gépet Magyarországon fejlesztették ki, ami 1958-ban elnyerte a Brüsszeli Világkiállítás Nagydíját.
- 1960-as évek: független impulzus-generátorok
- 1970. körül javítják a mechanikát, az öblítést, a vezérlést (CNC), az elektronikát
- 1975. használható WEDM megmunkáló gép



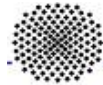
Elvi vázlat

Jellegzetes szikra-forgácsoló alkatrészek





Szikraforgácsolás EDM

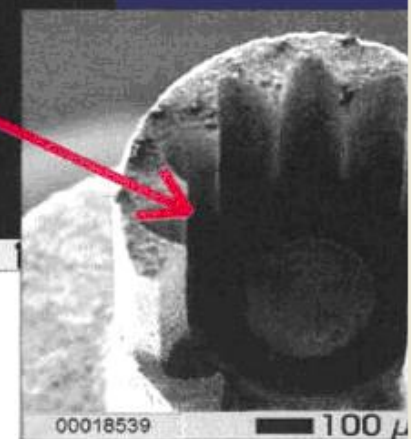
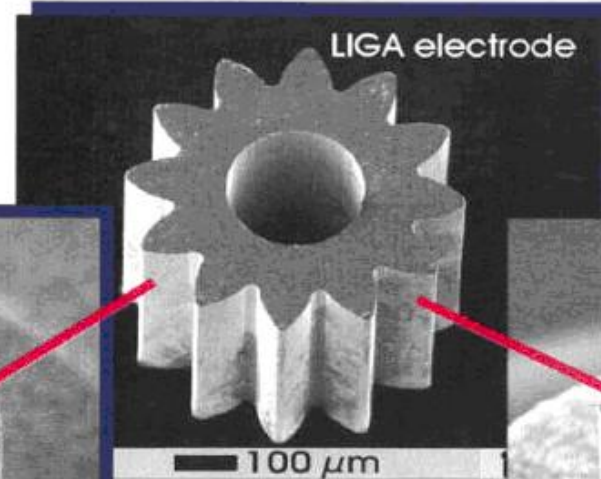
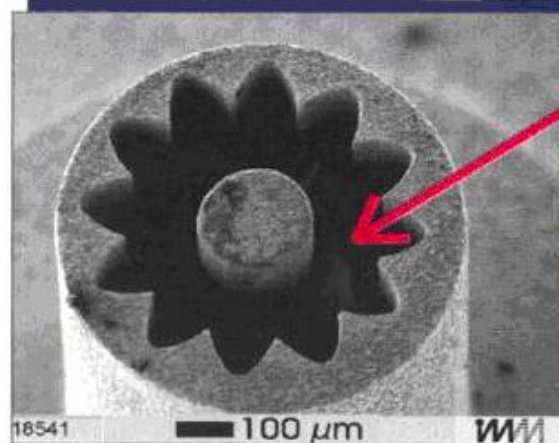


Universität Stuttgart

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

Szikra-
forgácsolt
alkatrész
(példa)



Szikraforgácsolás EDM



**Szika-
forgácsolás
(EDM)
elrendezése**



Szikraforgácsolás EDM

Huzalos szikraforgács- ológép (WEDM)





Szikraforgácsolás EDM

Huzalos szikraforgácsológép (WEDM)

Mitsubishi RA90 Wire EDM machine 2003





Szikraforgácsolás EDM

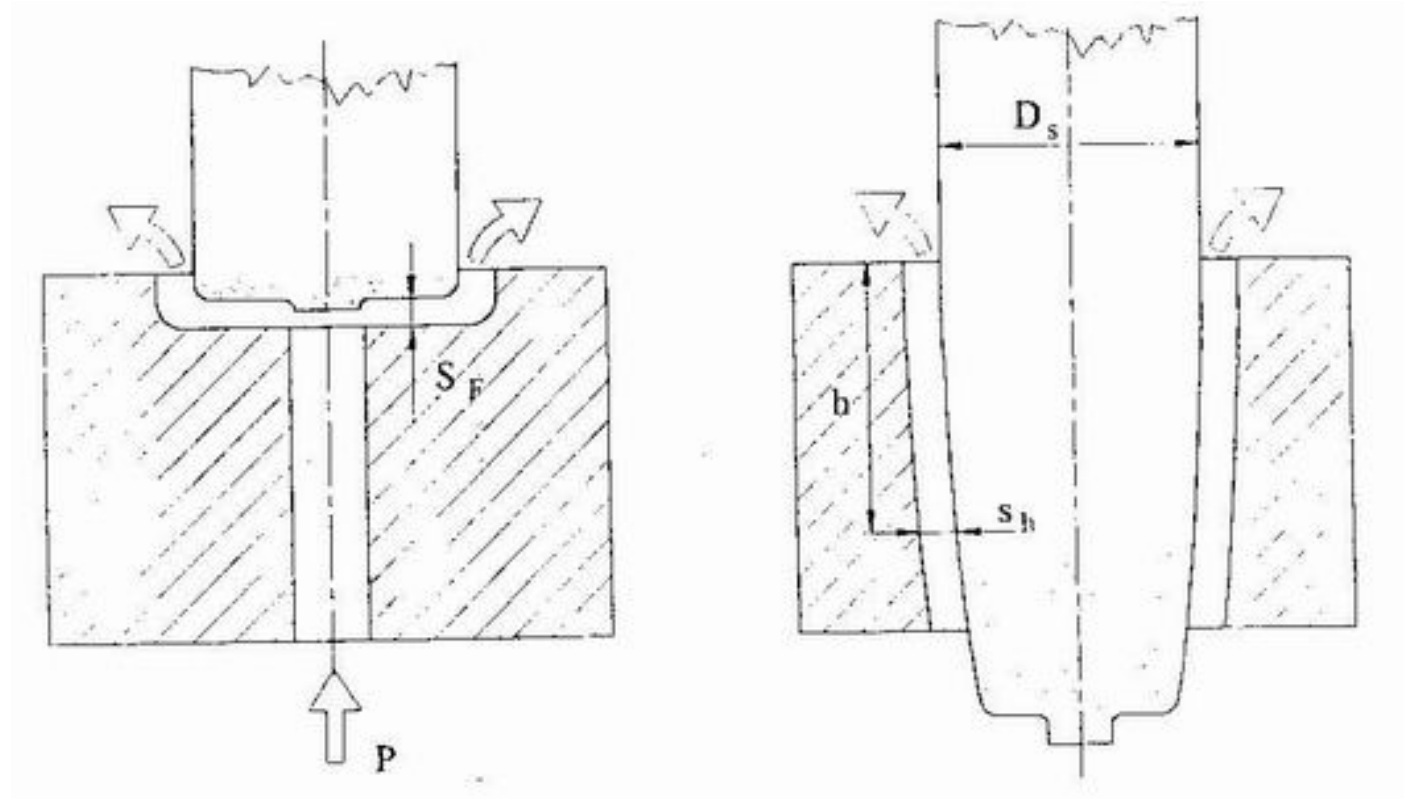
- ❖ Az egyik elektródon (a munkadarabon) kialakul a másik elektród (a szerszám) másolata
- ❖ Dielektrikum:
 - petróleum bázisú ☞ hűteni és szűrni kell
- ❖ a kisülés következtében leváló anyag térfogata annál nagyobb a kisülés energiatartalma
- ❖ a munkadarab és az elektród homlokfelülete között rés alakul ki (S_F),
- ❖ és ugyancsak rés alakul ki az elektród oldalfelülete és a munkadarab között (S_h)
☞ lásd az ábrán!



Szikraforgácsolás EDM

S_F – homlokköz
(nem egyenletes,
↪ mérete a
folyadék
áramlásának
irányába
növekszik)

S_h – oldalköz
(az áramlás
irányába mérete
növekszik)



A szikraforgácsolt furat hossz-szelvényének alakja



A szerszám elektróda anyaga

❖ Követelmények:

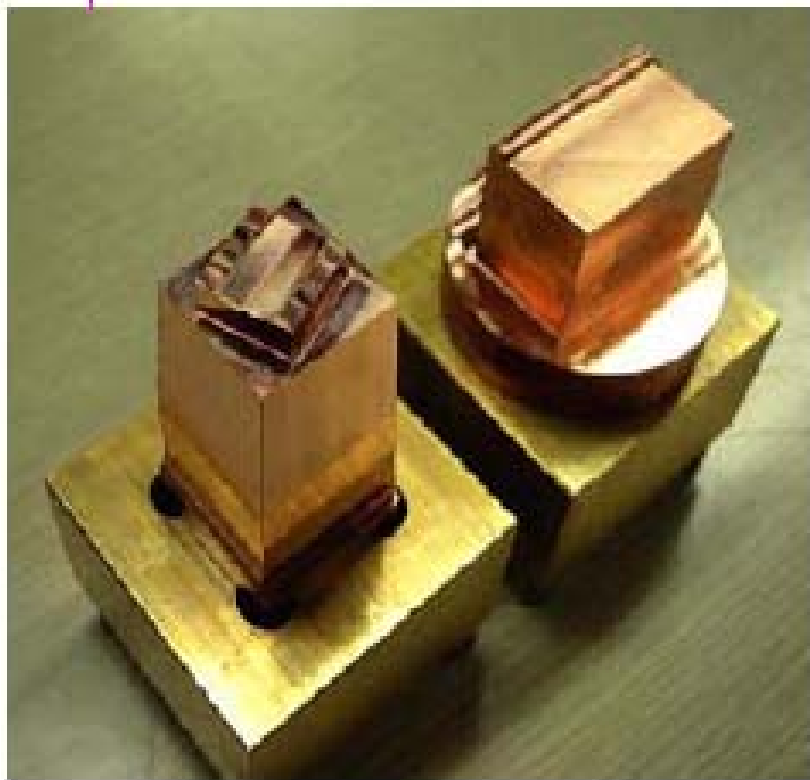
- magas olvadáspont
- Jó elektromos vezetőképesség
- Jó megmunkálhatóság

❖ Szerszám elektróda anyagok:

- vörösréz
- króm-réz
- wolfram-réz
- wolfram-ezüst
- sárgaréz
- wolfram
- acél,
- grafit



Szikraforgácsolás EDM



Elektroáaréz



Grafit elektróda

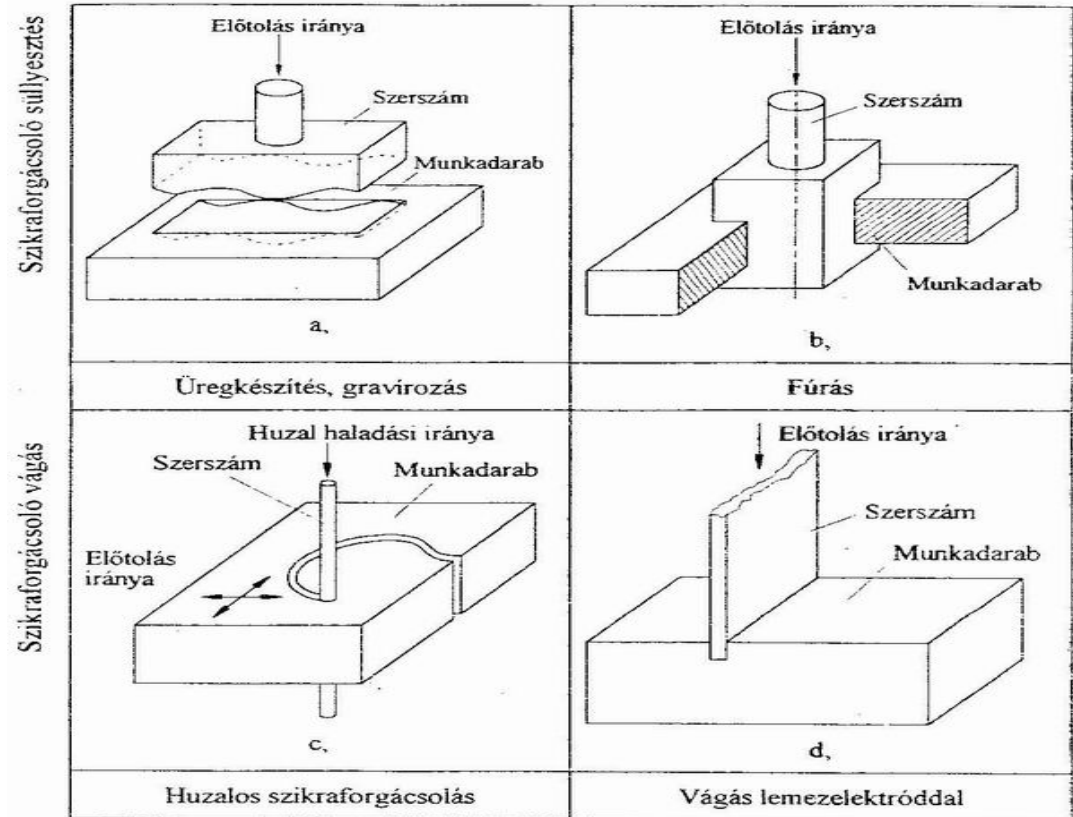
- Könnyű, nagyobb méretű elektródákhoz csak grafitból
- Hőterhelés magasabb



Szikraforgácsolás EDM

Szikraforgácsolás változatai

- a. A szerszám alakja begravírozódik munkadarab felületére
- b. Szikraforgácsoló furás
- c. Huzalelektrod 3,4,5,6 tengelyes EDM
- d. Szikraforgácsoló vágás (pl. keményfém darabolására)



Szikraforgácsolás változatai

(A szerszám és a munkadarab relatív mozgása alapján)



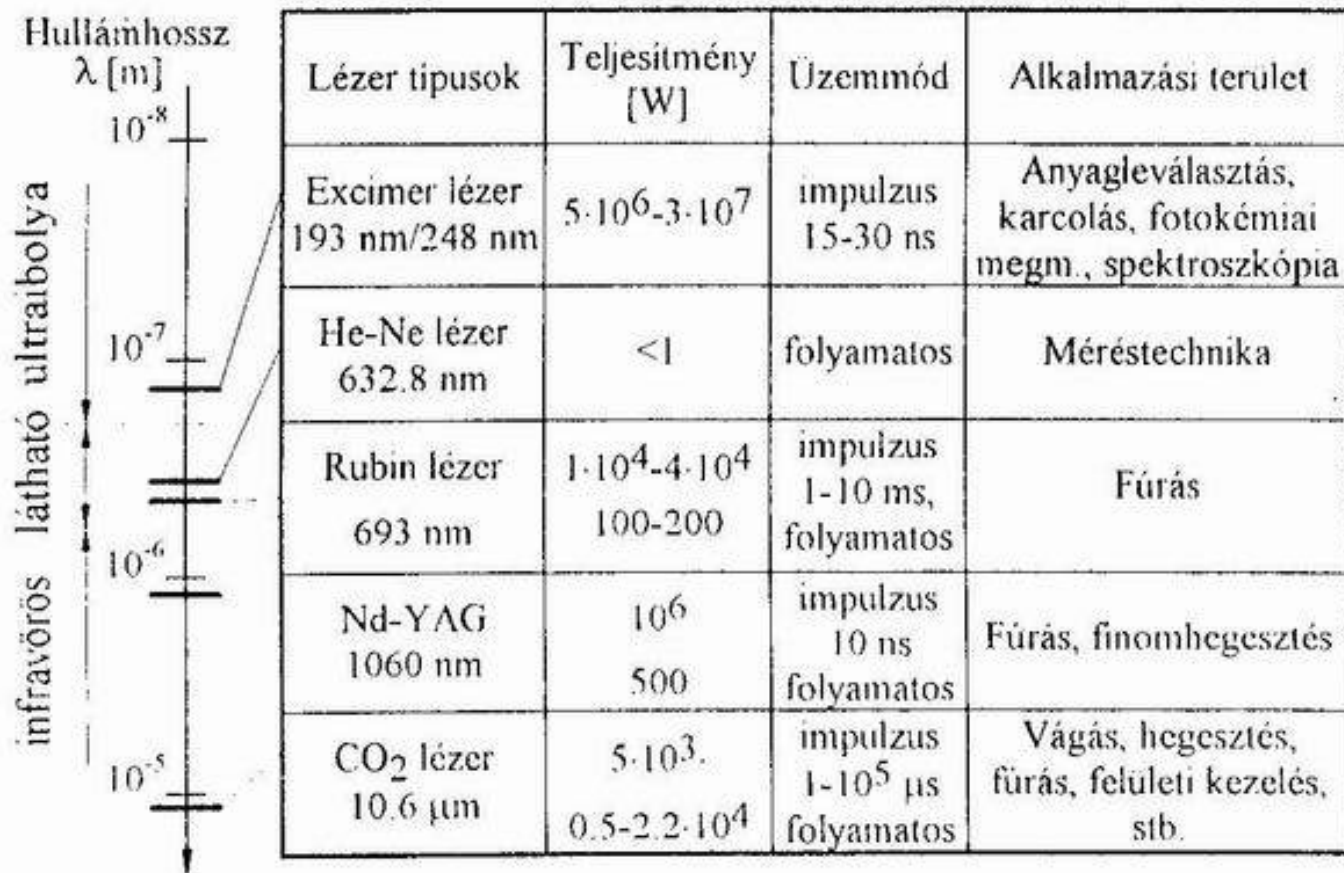
Lézersugaras megmunkálás

- ❖ **Jól koncentrálható nagy energiasűrűségű sugár végzi a megmunkálást**
- ❖ **Elméletét 1917-ben Einstein dolgozta ki**
- ❖ **az első ipari lézereket (rubin és He-Ne lézerek) 1960-ban alkalmazták**
- ❖ **Alkalmazások:**
 - haditechnikai, orvostechnikai, hírközlési, mérés technikai
- ❖ **Ipari megmunkálások: vágás, fúrás, hegesztés, lemez hajlítás, feliratozás, hőkezelés, átolvasztás, sztereolitográfia, felületi mikroötvözés**



Lézersugaras megmunkálás

A leggyakrabban alkalmazott ipari lézerek

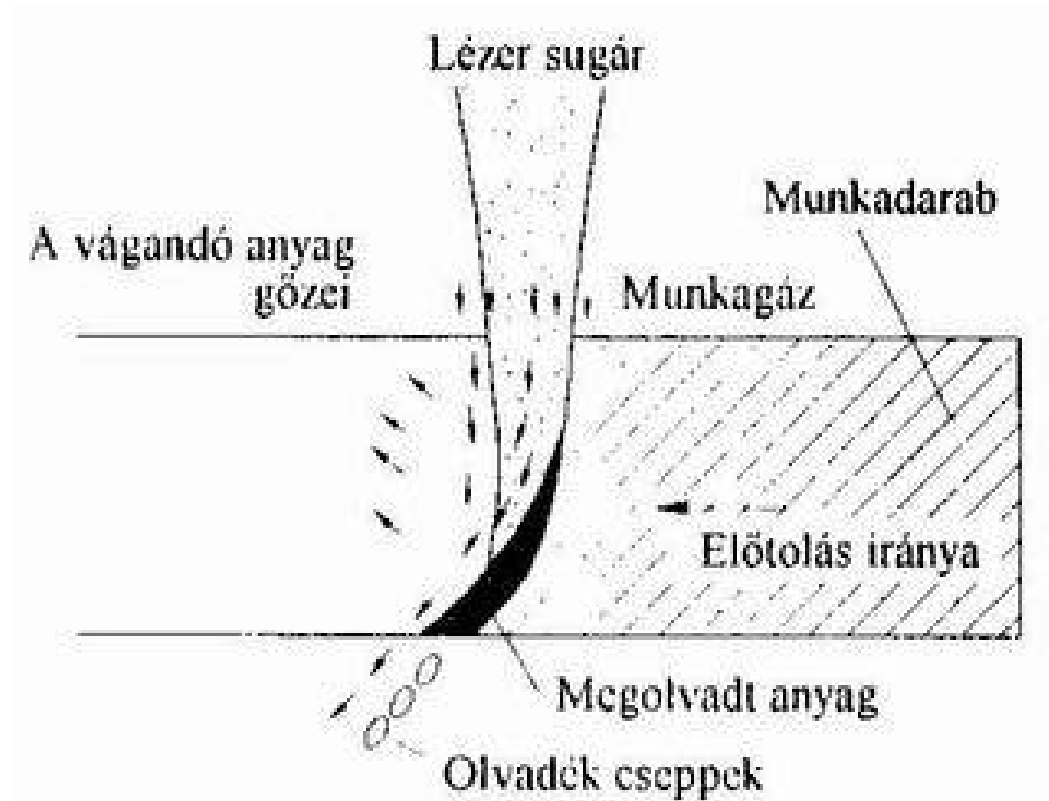




- ❖ legelterjedtebbek a CO₂ lézerek
- ❖ a lézersugár jól, kis területre (átmérő: 0,1 ÷ 0,5 mm) fókuszálható
- ❖ a fókuszban nagy energiasűrűség
- ❖ a sugár fókuszálására tükröket és lencséket használnak (ezek gyártására UP esztergálás, lásd később!)
- ❖ a lézersugaras megmunkálásra használják az LBM(Lazer Beam Machining) megnevezést.



A lézersugaras technológia a vágás példáján



A lézersugaras vágás folyamata

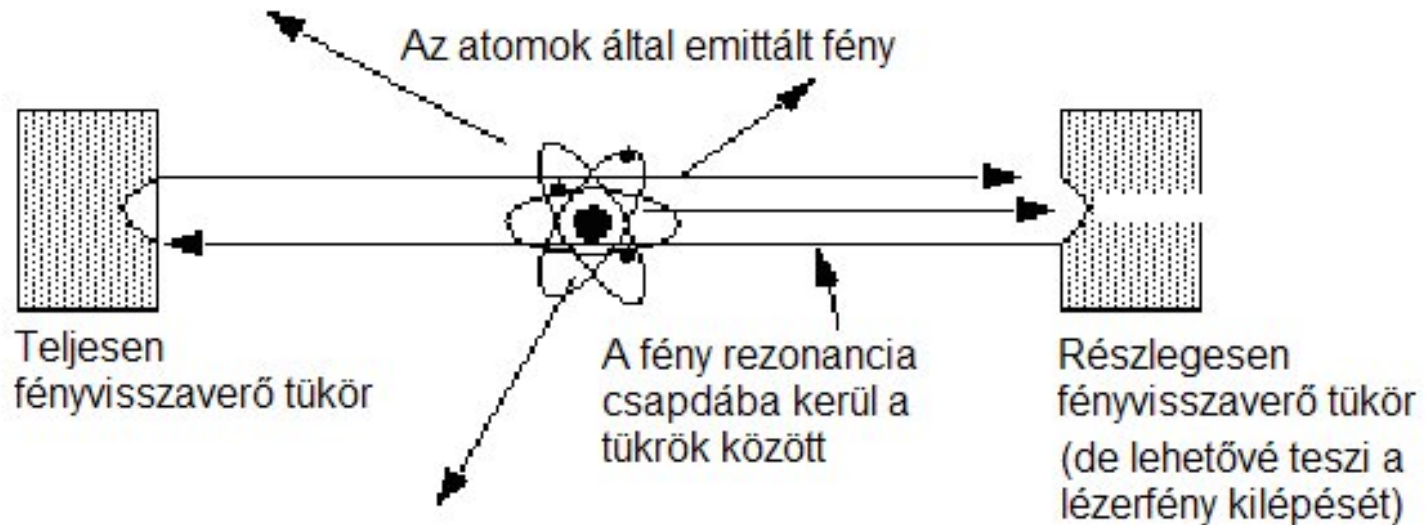


Lézersugaras megmunkálás

- ❖ 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 égéstermékkeket a gáz segítségével a vágási résből kifújják
- ❖ Réz, rozsdálló acélok vágásakor a megolvadt fázis dominál
- ❖ Munkagázként többnyire argont használnak
- ❖ Egyéb acélanyagok vágásánál oxigént használnak
- ❖ Műanyagok vágásakor (argon a védőgáz), a műanyag elgőzölög és gáz formájában távozik,
- ❖ Az ipraban alkalmazott lézerek teljesítménye: 22-25 kW



Lézersugár előállítás





Lézersugár előállítás

- ❖ Energia bevitellel (fény, hő) gerjesztjük az atomok, molekulák, ionok elektronjait, vagy megváltoztatjuk a molekulák rezgési állapotát.
- ❖ A gerjesztett elektronok magasabb energianívójú elektronpályára kerülnek.
- ❖ Az alapállapotba történő visszatérés során a két elektronpálya energiakülönbségének megfelelő hullámhosszúságú fényt sugároznak ki.
- ❖ A kisugárzott fényt rezonanciával erősítjük (a lézerek hossza a hullámhossz felének egész számú többszöröse, egyik vége teljesen visszaveri a fényt, a másik részlegesen. Az eredmény: rezonanciát okozó reflexió, a fotonok újabb fotonokat generálnak, erősítő interferencia)



Lézersugár előállítás

A foton energiája:

$$E = h\nu = h \frac{c}{\lambda}$$

h: Planc állandó

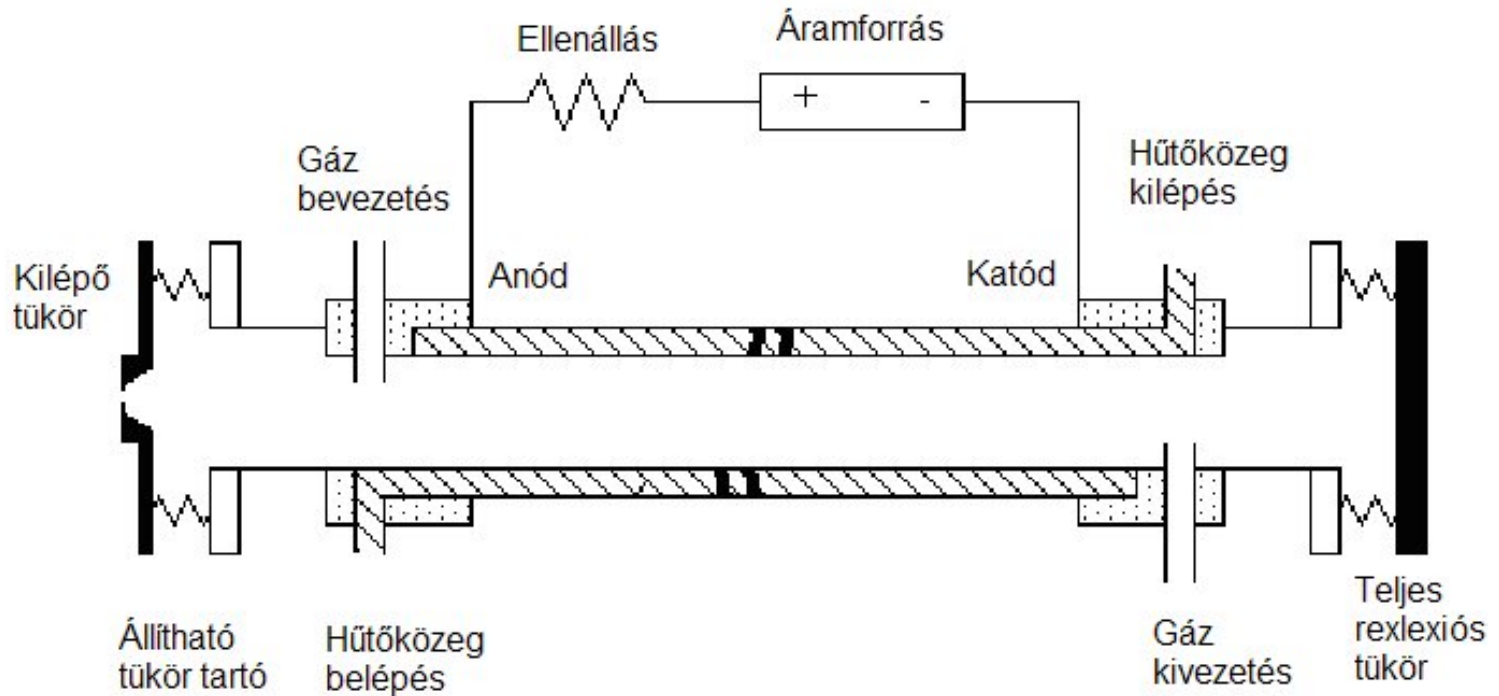
v: frekvencia

c: fénysebesség

λ : hullámhossz



Lézer fényforrások



Axiális gázáramlásos CO₂ lézer hűtéssel



A lézerfény jellemzői

Párhuzamos fénynyalábot produkál (egy közösleges izzóval ellentétben)

Monokromatikus, mivel a gerjesztett atomok meghatározott frekvenciájú sugárzást bocsátanak ki (a közösleges izzó fehér fénye különböző frekvenciájú sugárzások keveréke)

Polarizált (egy síkban rezgő) fény

A lézerek energiája kis térrészben koncentrálódik, impulzus üzemmód esetén nagyon rövid időtartamban, vagyis a lézerfény teljesítménysűrűsége (E/At) a megszokott fényforrásokénak sokszorososa lehet

A lézerek hatásfoka nagyon kicsi (0,1-18%)



A lézerfény tulajdonságai

Nem befolyásolja a mágnesen tér

Nem szükséges, hogy a munkadarab elektromos vezető legyen

Minden anyaggal kölcsönhatásba lép (fém, műanyag, fa, kerámia)

Működéséhez nem kell vákuum

Nem keletkezik röntgen-sugárzás



A lézersugaras megmunkálások lényege

A hagyományos megmunkálások alapja az a mechanikai feszültség, amelyet a szerszám közvetít a munkadarab anyagi részecskéi közötti kötések felszakítására.

A hagyományos megmunkálások során közvetlen mechanikai kontaktusba kerül a szerszám és a munkadarab, ezért ki kell egyensúlyozni a megmunkálási erőket (a munkadarabot „be kell fogni”)

A lézeres megmunkálások során a foton energiáját visszük át a céltárgyra termikus vagy fotokémiai energia formájában.



A lézersugaras megmunkálások lényege

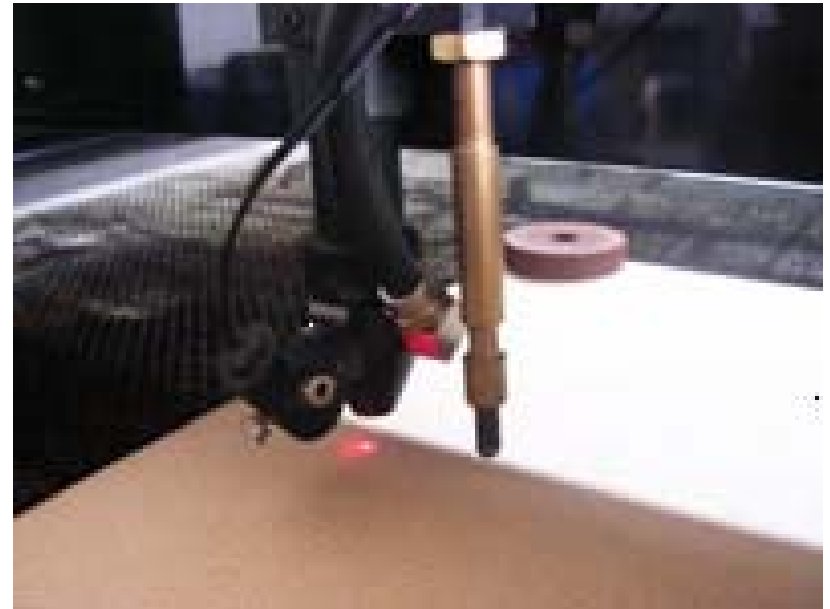
Az energia átvitel eredményeként a céltárgy anyaga megolvad, és az olvadékot gázsugárral eltávolítjuk, vagy közvetlenül elpárologtatjuk.

A lézeres megmunkálások lokalizált, kontaktusmentes eljárások, az erőhatások mikro-skálán mozognak (a foton nyomás hatása elhanyagolható), amely nagy flexibilitást eredményez.



A lézeres megmunkálás lépései

- ❖ Lézersugár előállítása
- ❖ Sugárvezetés
- ❖ Sugárformálás
- ❖ Kezelés



Lézervágó fej

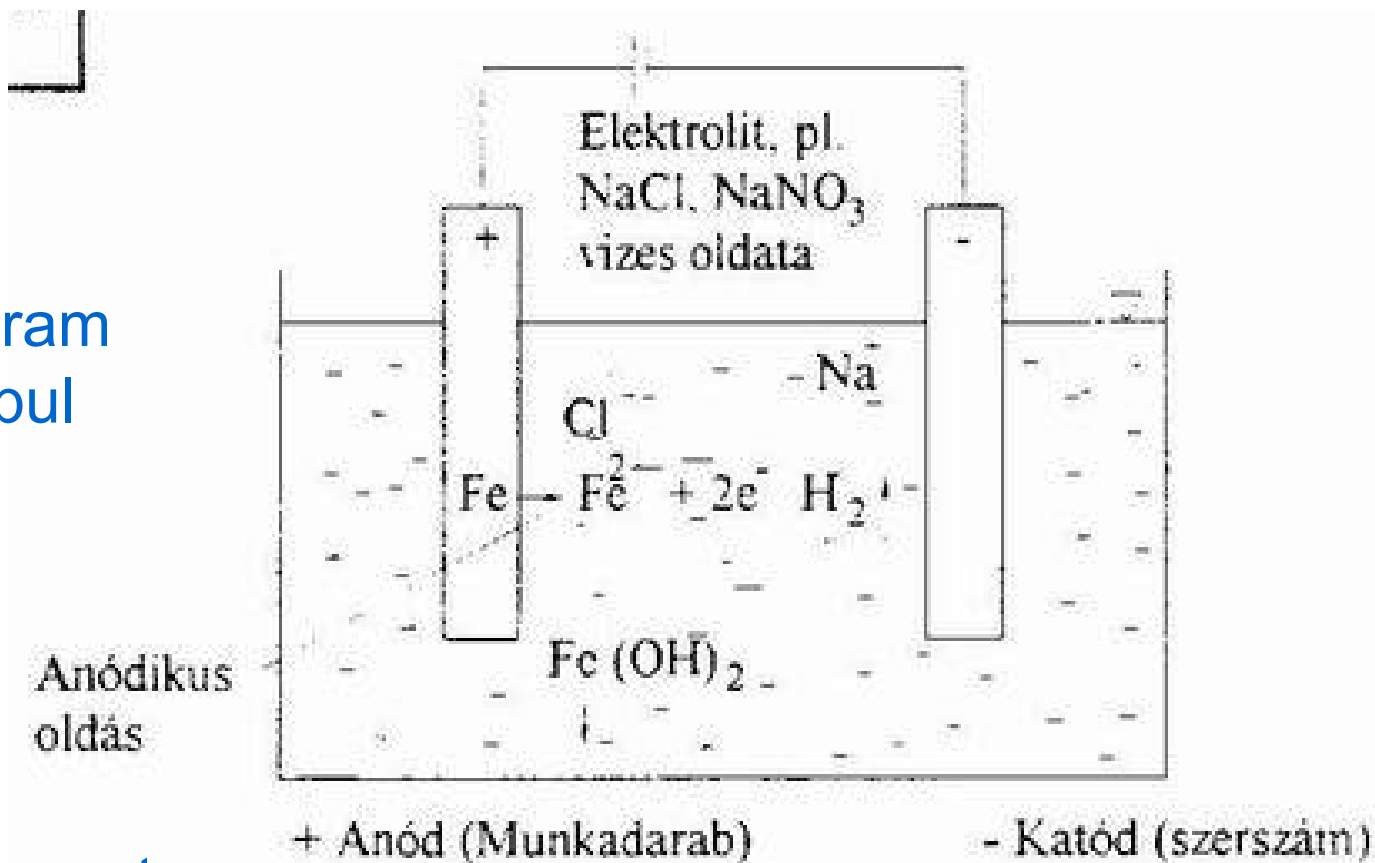


Elektrokémiai megmunkálások

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, elektroké- miai 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 (harddiszk) Videorekorderekhez szalagvezető görgők Légcsapágyazás alkatrészei Vákuumtömítések Részecskegyorsítók elektródái	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: klímatisztított, $20 \pm 0,5 \text{C}^\circ$, 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).

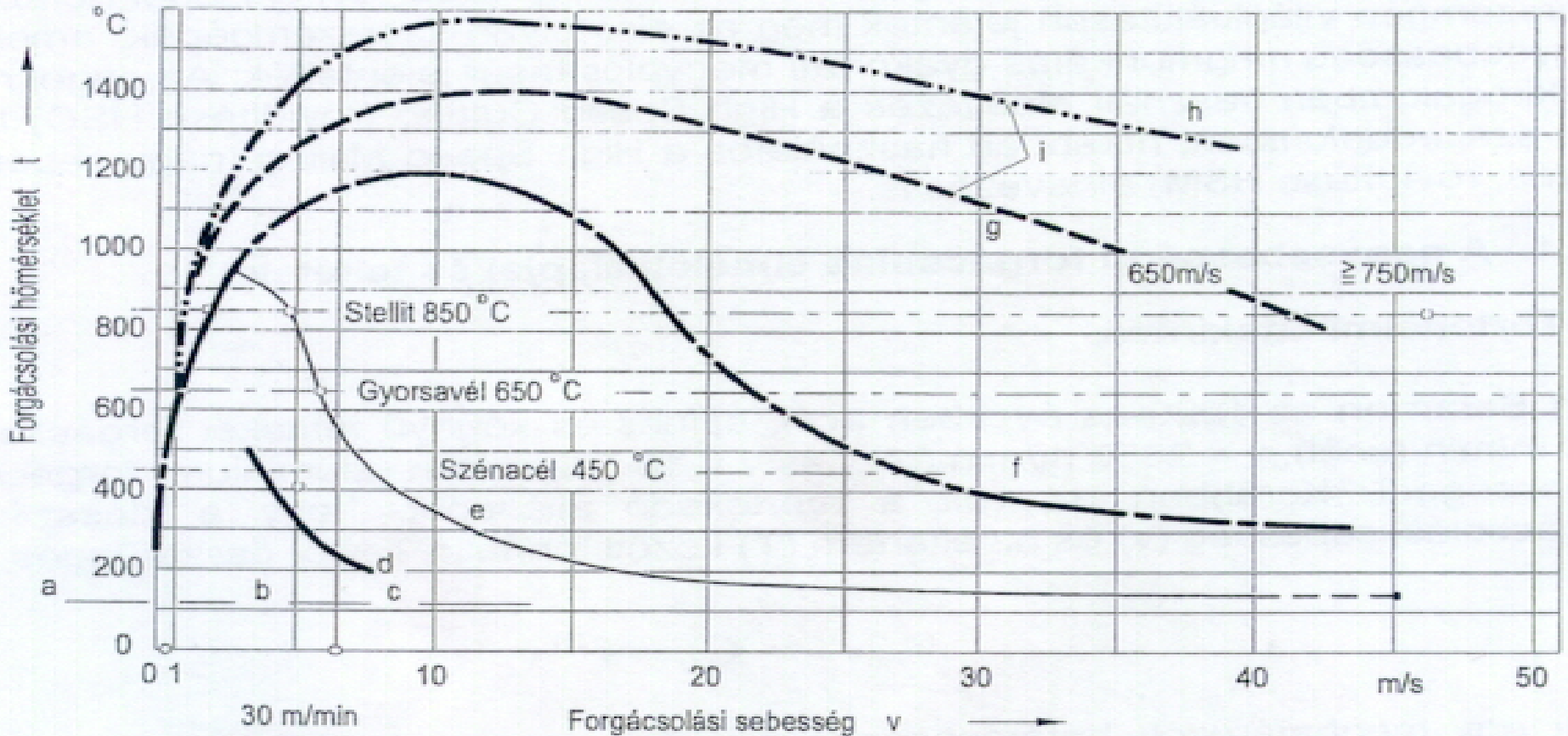


A 6. ábrából  valamennyi megmunkálandó anyagnál létezik egy olyan forgácsolási sebességtartomány (ábrán b-vel jelölve), amely sebességtartományban nem lehetséges a gazdaságos forgácsoló megmunkálás.

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 mégmunkálható; b mégmunkálás nem javasolt; c mégmunkálható; d lágú 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.
-

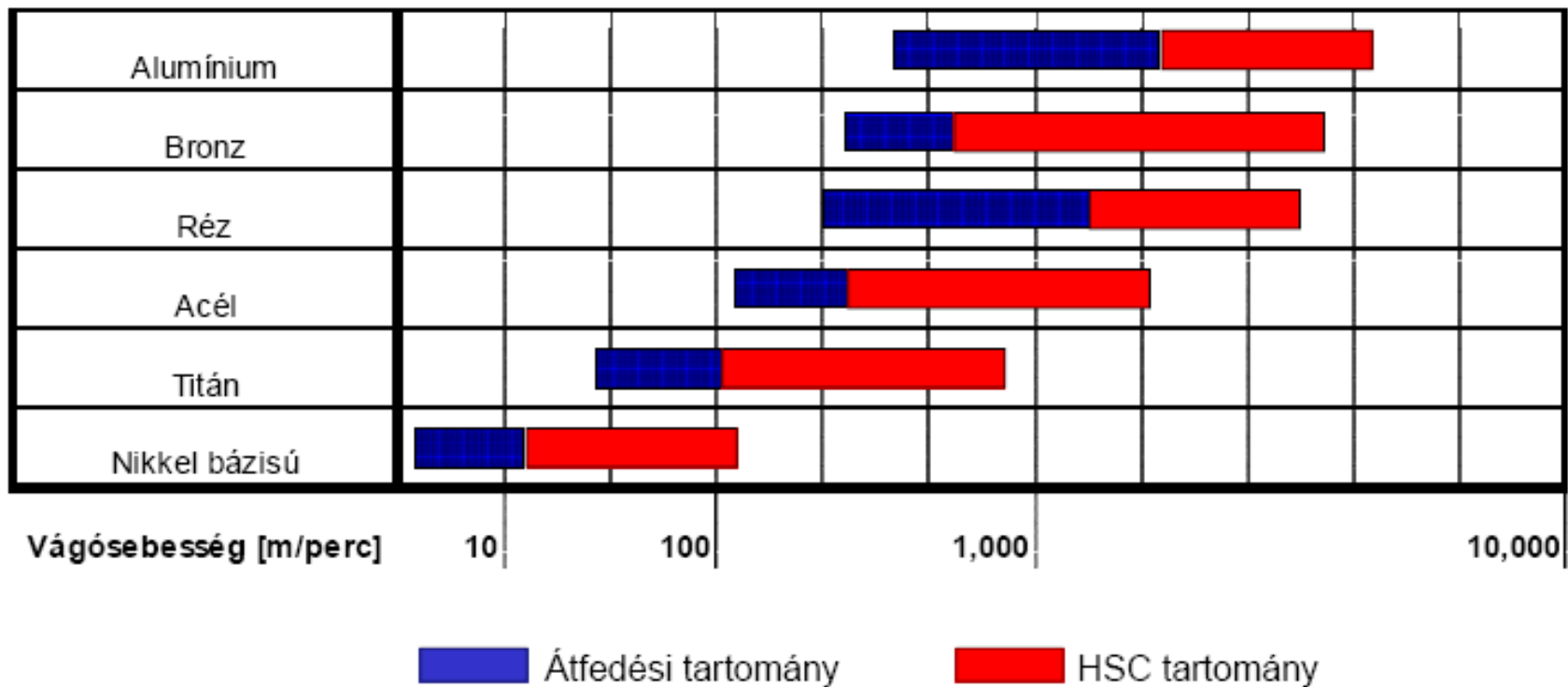


◆ A forgácsolási sebesség 500%-os növelésekor az időegység alatt leválasztott forgácsmennyiség 300%-al megnőtt, a fellépő forgácsoló erő pedig mintegy 70 %-al csökkent.

◆ 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.
-



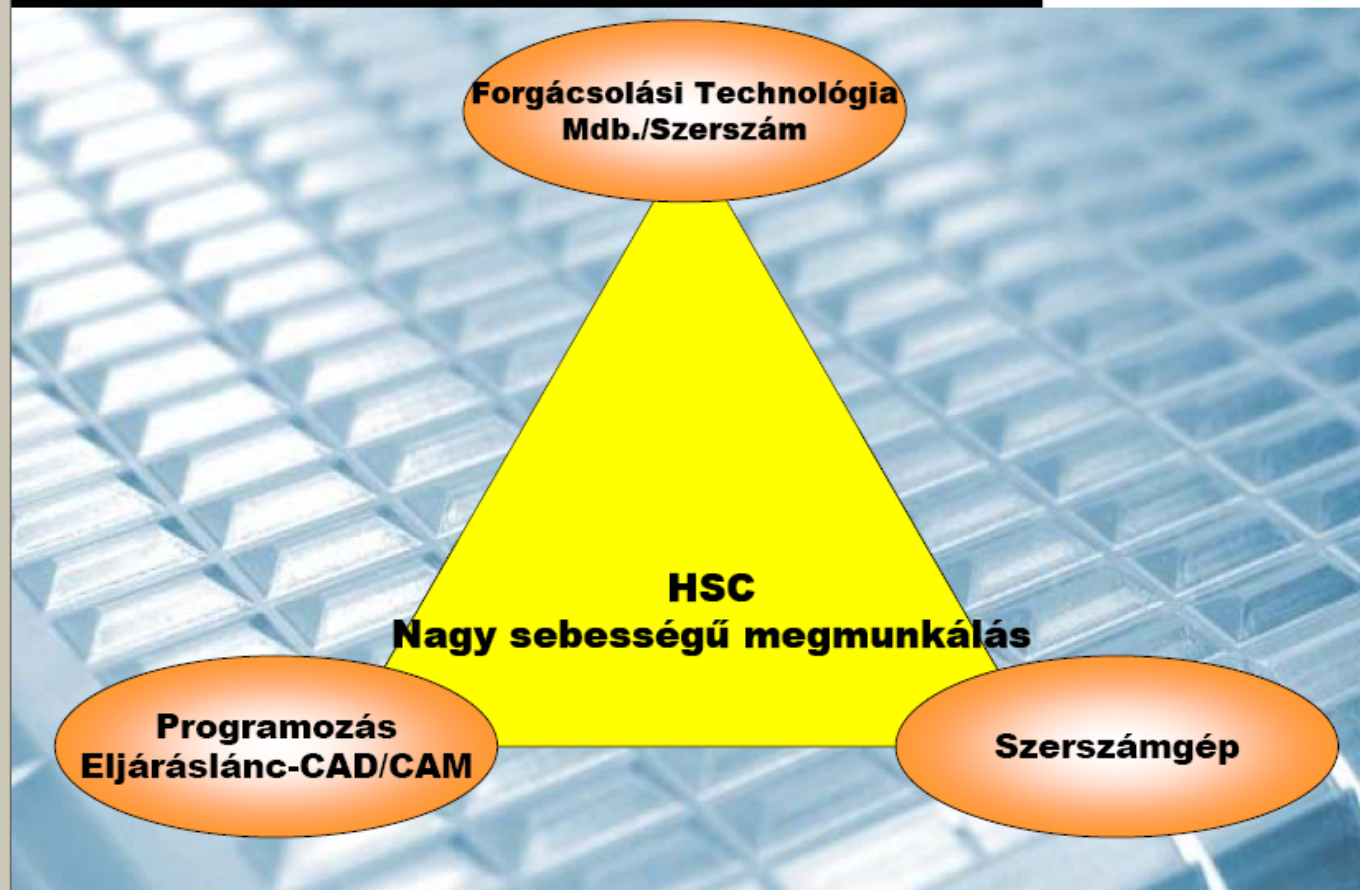


A sikeres HSC alkalmazást befolyásoló paraméterek a süllyeszték és öntőformagyártásban

DECKEL MAHO

Geretsried GmbH

Összeállította: Szücs Ferenc

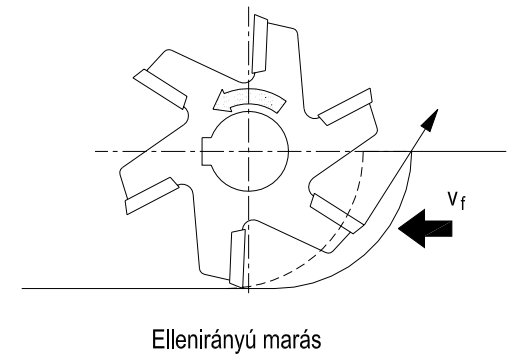
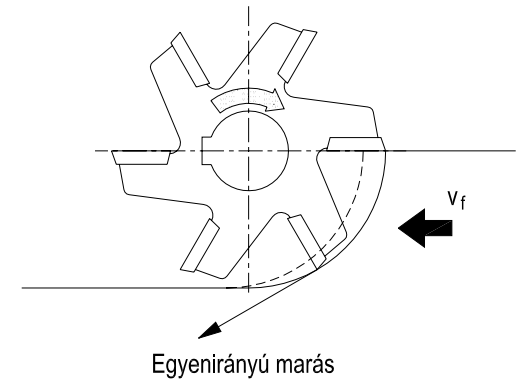




A HSC forgácsolási folyamat

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
- Elegendően nagy forgácsárok
- Minimális horony- ill, élhatás
- Nagy éllátfedés
- **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
- Elegendő nyomaték
- Speciális csapágyazás
- Precíz szerszám befogás
- **Szánhajtás**
- Nagy előtolási sebességek
- Rövid gyorsulási idők
- **Koncepció**
- Minél kisebb mozgatott tömeg
- Nagy merevség
- Jó rezgés csillapítás
- **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 sülyeszték 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.
-

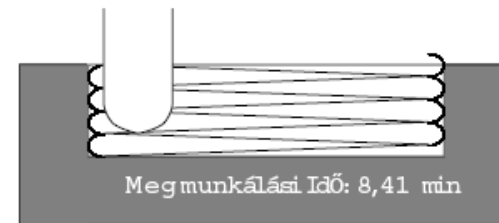


Négyszögzseb nagyoló marása
Hagyományos / HSC marás összehasonlítása

DECKEL MAHO

Geretsried GmbH

Összeállította: Szűcs 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

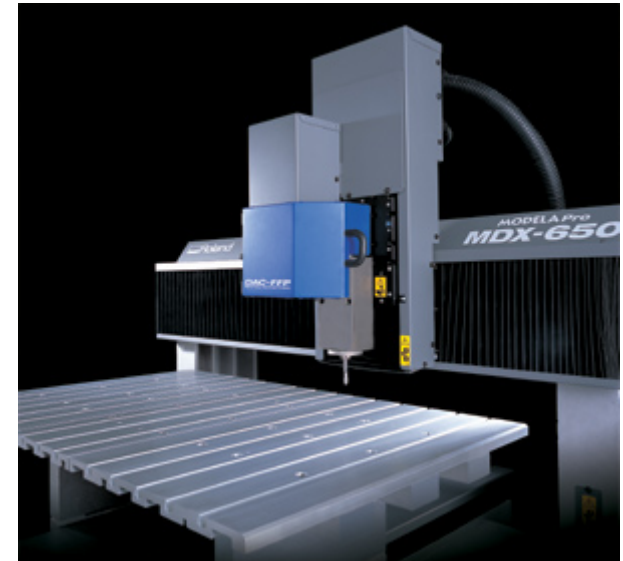


A nagysebességű forgácsolás alkalmazási területei:

- 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...)



HSC szerszámgép





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-
kenéses
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 érhetők el (1. ábra).



Egy komplett MMS-rendszer

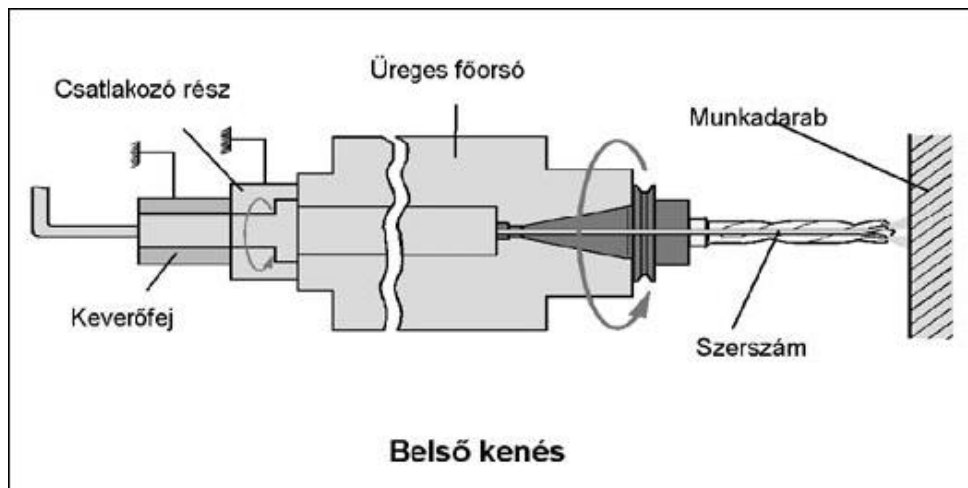
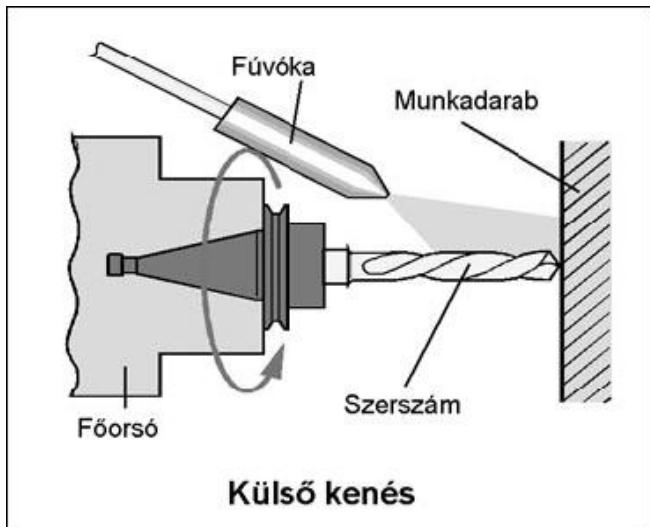




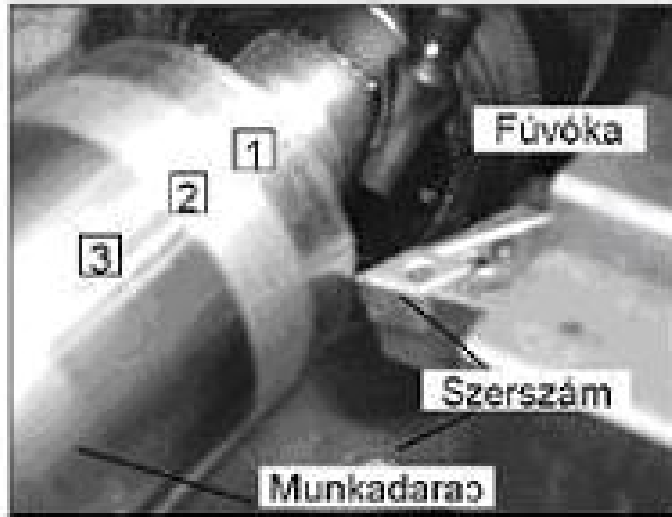
Az MMS adagolása két módon történhet:

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

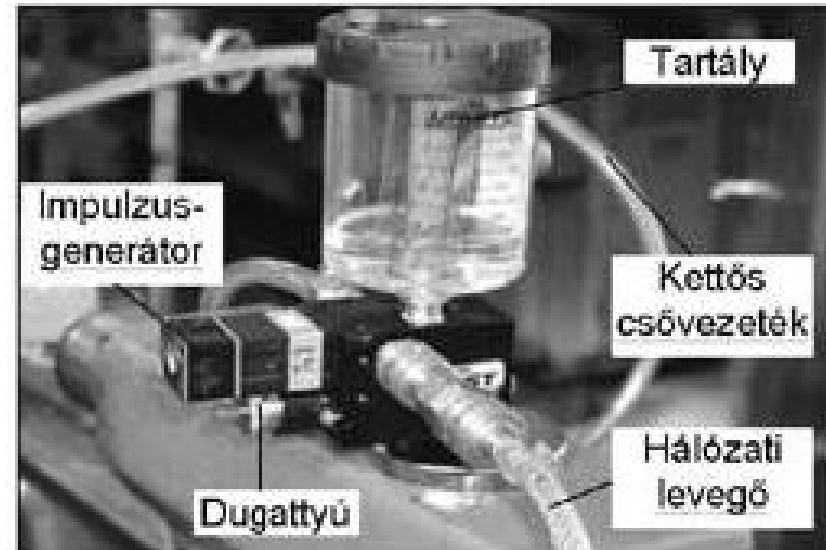
(2. ábra)



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



A külső kenés munkatere a megmunkált felületekkel



Az adagolószerkezet

A munkatér és a minimálkenő berendezés



Kedvezőbb a belső hűtőközeg hozzavezetés, 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)



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

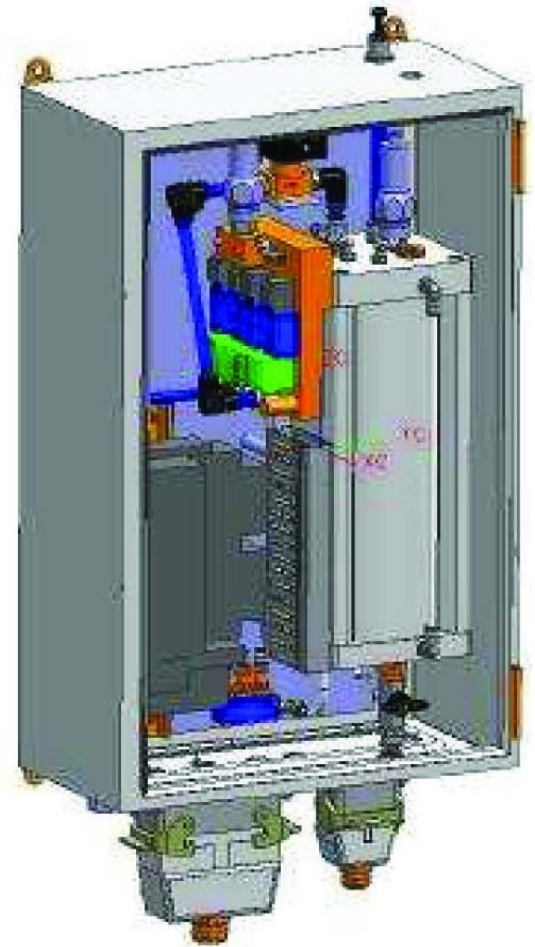


Az egycsatornás elv (3. ábra)

- 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.

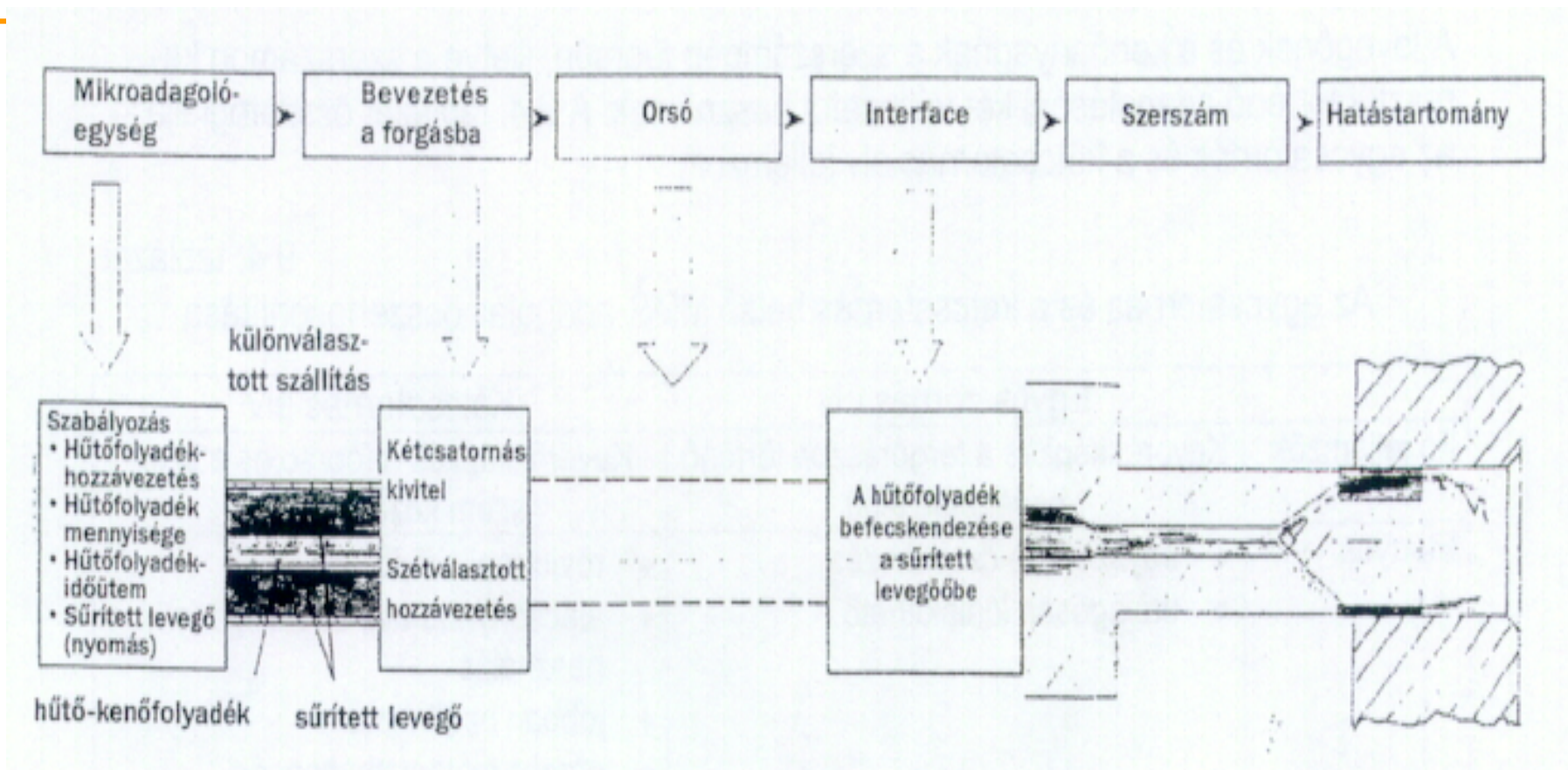


Belső hozzáférésű,
egycsatornás minimálkenénő
berendezés
(Bielomatik)





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



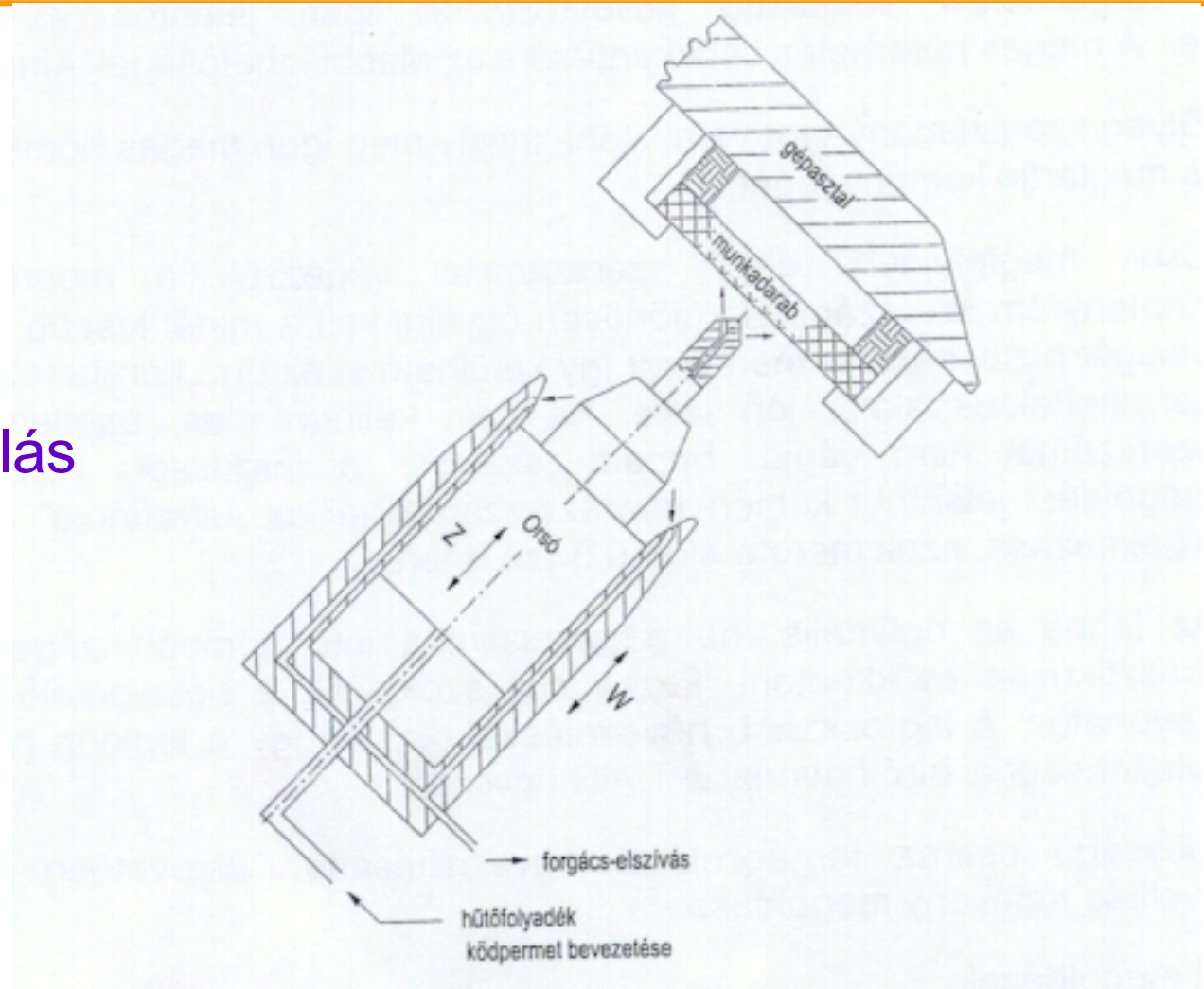
Az MMS hatást gyakorol a szerszámgépek munkaterére is.

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).
-

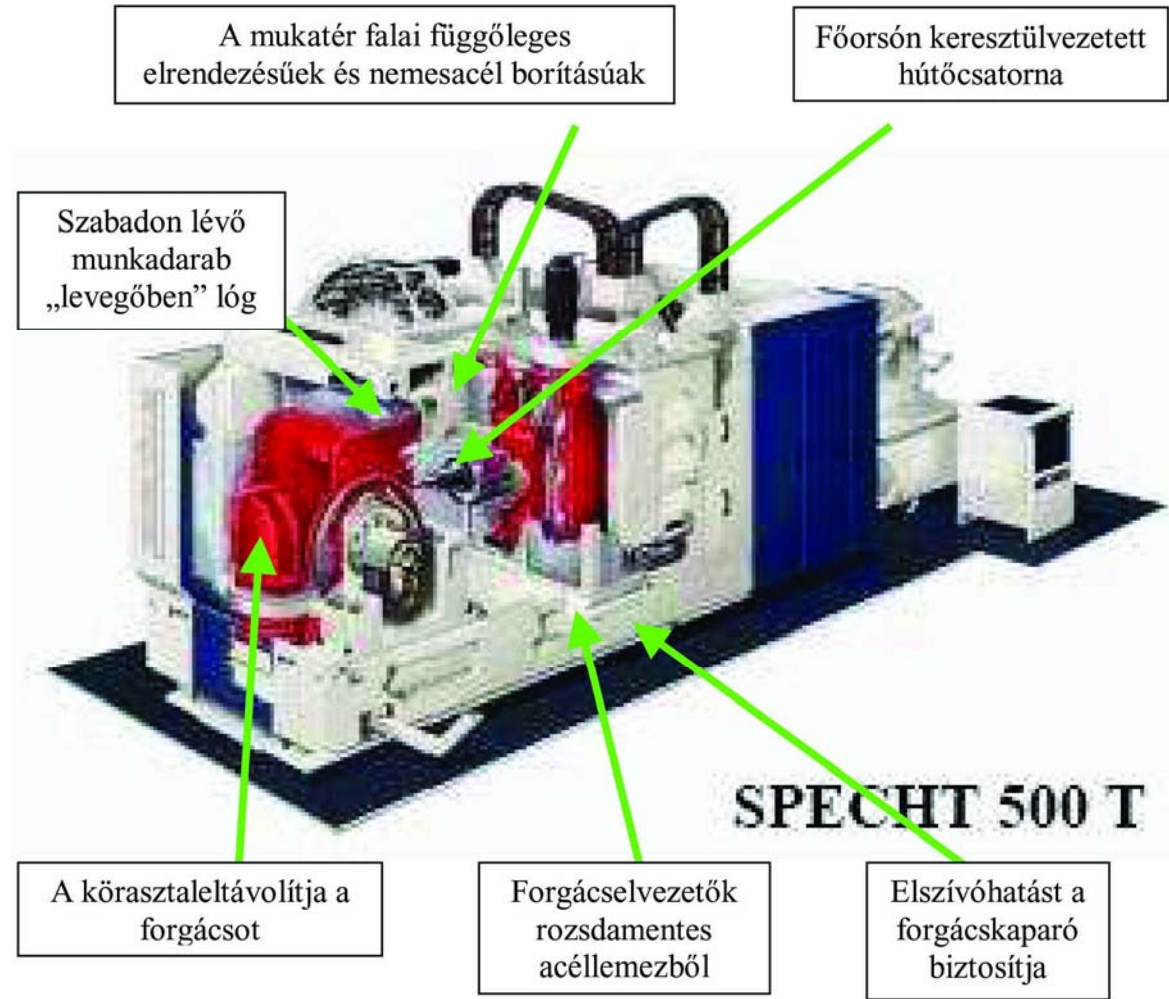


Alulról történő
ferde megmunkálás



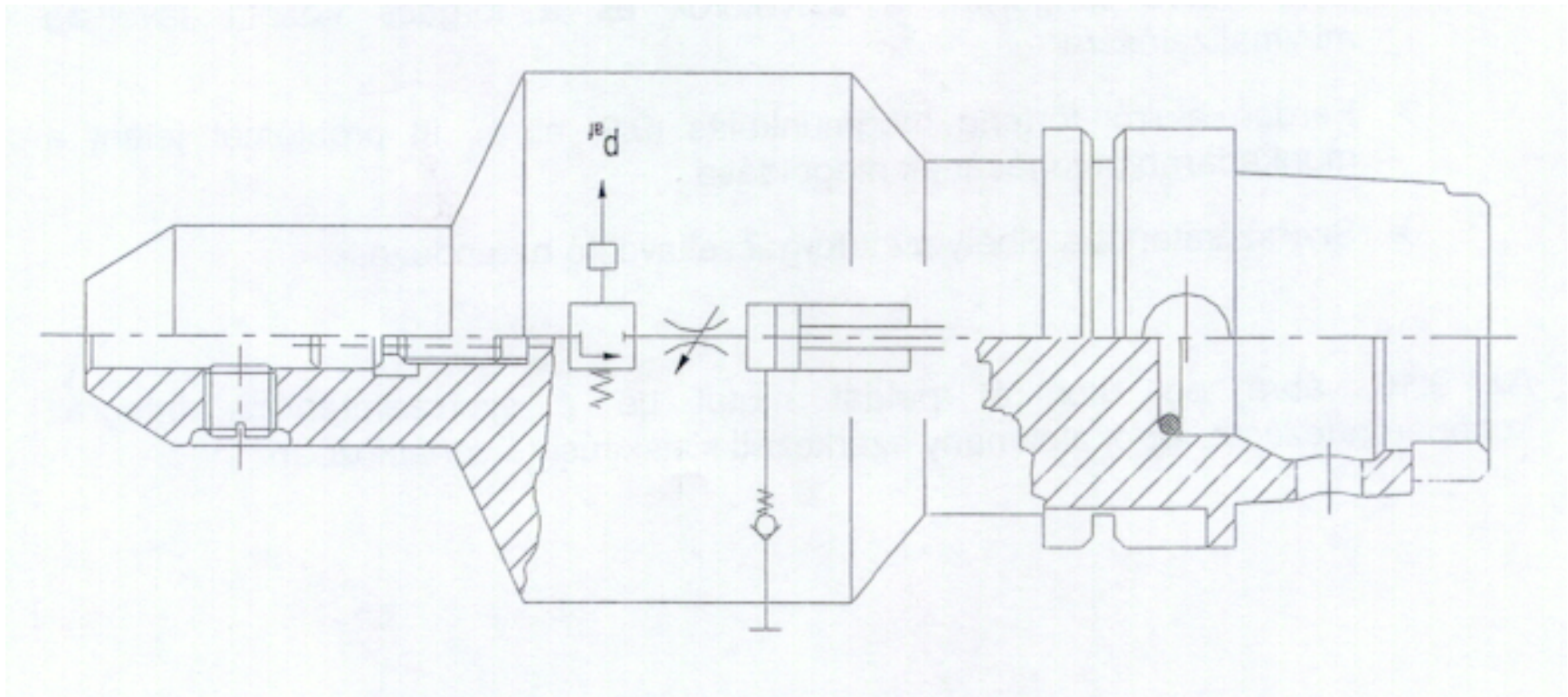


Száraz
megmunkálásra
alkalmas
szerszám gép
felépítése
(Forrás: Excello)





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:

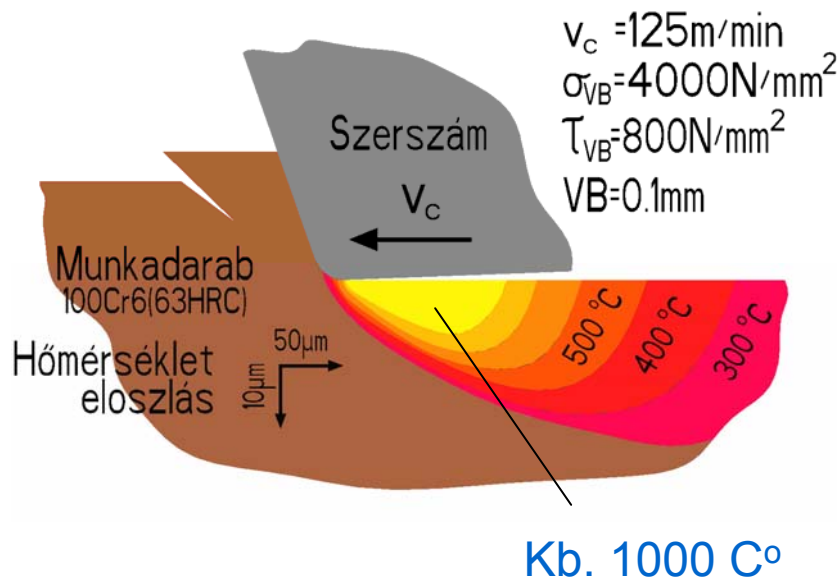
$$f = 10 \dots 50 \text{ } [\mu\text{m}],$$

Forgácsolási sebesség:

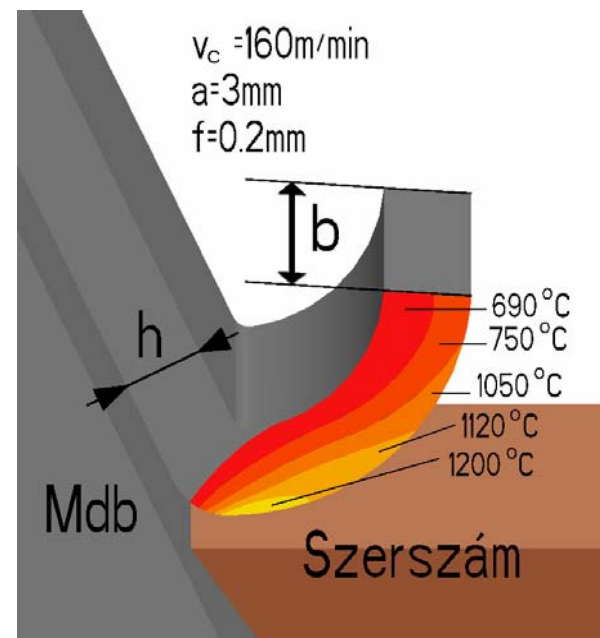
$$v_c = 100 \dots 180 \text{ } [\text{m}/\text{min}].$$



Keménymegmunkálás



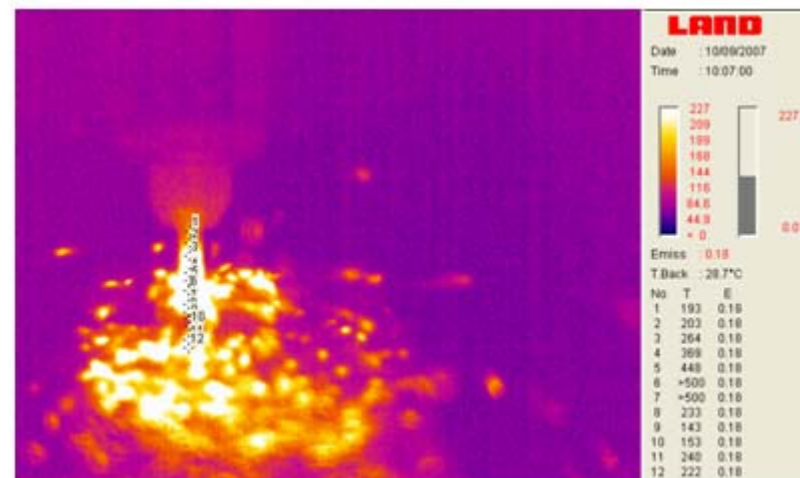
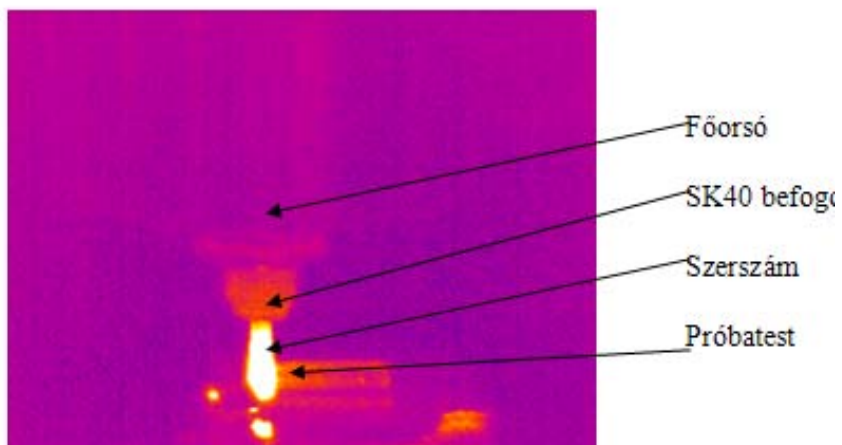
Hőmérséklet-eloszlás
a szerszámél környékén



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 mindenekeelőtt a szerszám és formakészítésben lehet maximum 60 %-os időmegtakarítást elérni, mert ez a megmunkálás megközelítően köszörülési minőséget eredményez.



**Köszönöm
megtisztelő figyelmüket!**