



SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM

GYŐR

---

# Különleges megmunkálási technológiák M\_aj003\_1

Mechatronikai mérnöki MSc szak

## Minimálkenés, szárazforgácsolás Keménymegmunkálások

4. előadás

Összeállította: Dr. Pintér József

---



## Különleges technológiák

- Minimálkenés, szárazforgácsolás
  - Keménymegmunkálások
-



# Minimálkenés, száraz forgácsolás

---

## Minimálkenés, száraz forgácsolás

- Jelenleg a fémmegmunkáláshoz (forgácsolás, képlékeny alakítás) Magyarországon évente 4000 t hűtő-kenő anyagot használnak fel. Ebből 300 t nyomkövethetően 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/perc) 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



## A munkadarab termikus tulajdonságai és gyártástechnológiája 1.

- A megmunkálás következtében a munkadarab hőtágulást szenved, helyi feszültségek keletkeznek és nem definiálható geometriai viszonyok alakulnak ki.
- A termikus hatások kompenzálására már a termék konstrukciójakor kell gondolni, hogy a forgácsoláskor adódó hőhatások lineáris (egyenletes) eloszlásúak legyenek).



## A munkadarab termikus tulajdonságai és gyártástechnológiája 2.

- hűtés helyett a hőképződés megakadályozását kell előtérbe helyezni úgy, hogy a folyamatot és hőhatásokat munkadarab specifikusan ismerni kell. A lokális felmelegedéseket el kell kerülni. A nagy hőintenzitással járó megmunkálásokat a végére kell hagyni.
- A szűk tűrésű megmunkálásokat lehetőleg korán el kell végezni. (Az elárasztásos kenésnél ezen tényezők fordított sorrendűek.)



## A munkadarab termikus tulajdonságai és gyártástechnológiája 3.

- A száraz és minimálkenéses forgácsolási technológiára a geometriailag határozott éllel történő megmunkálások alkalmasak (marás, fúrás, esztergálás, dörzsárazás).
- A geometriailag határozatlan élű megmunkálásoknak a nem definiálható forgácselvezetés és a nagy súrlódások miatt magas a hűtő-kenő anyag szükséglete.





## 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:

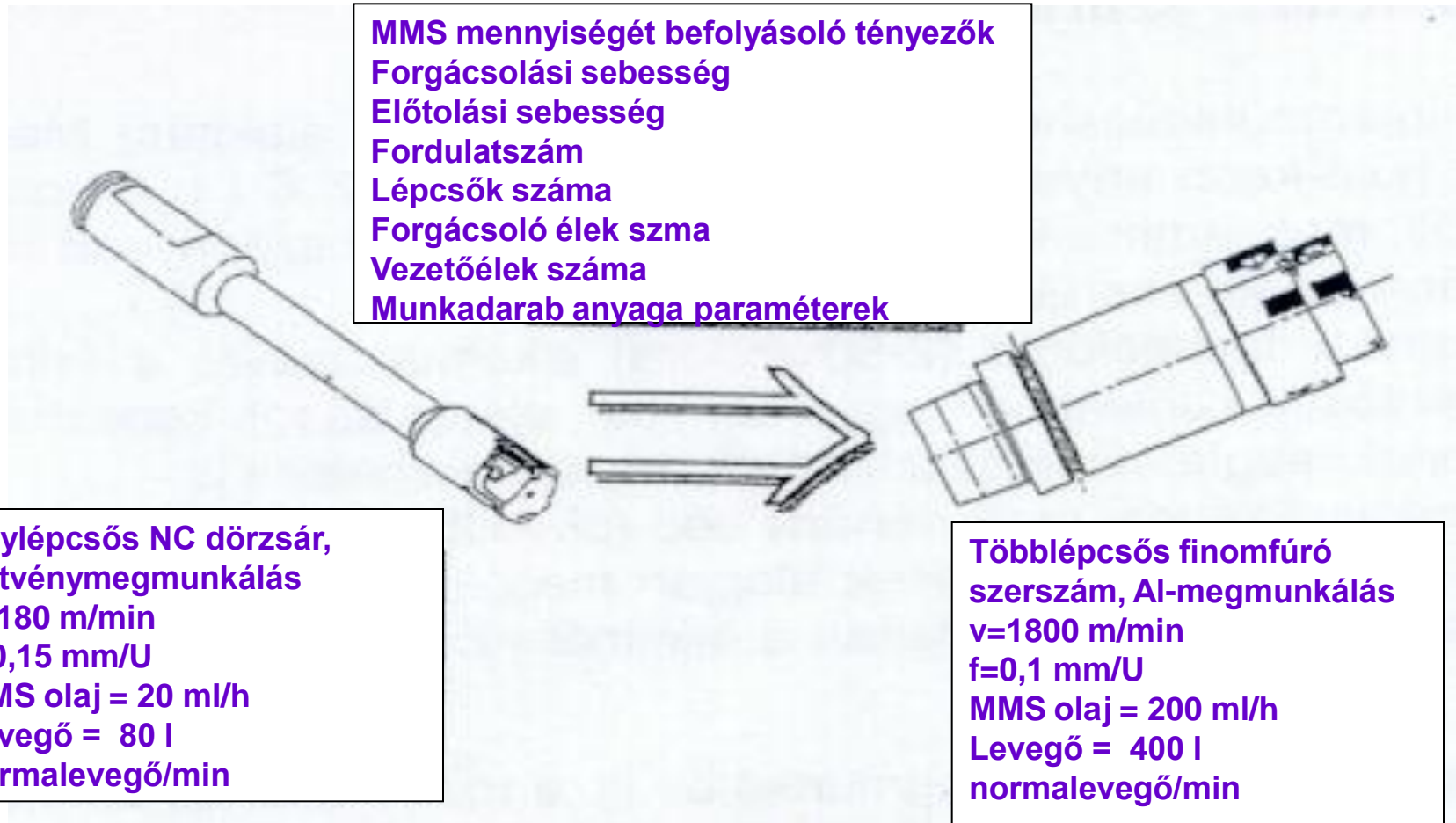
- ❖ A hűtő-kenő anyagok *csökkentik* szerszám és a munkadarab közötti *súrlódást*, illetve a forgácsolás során keletkezett *hő jelentős részét elvezetik*.
- ❖ Egyes esetekben fontos az *öblítő* hatásuk is, ennek révén a forgács eltávolítható a keletkezése helyéről.
- ❖ A hűtő-kenő anyagok használata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

---



1. ábra Minimálkenés (MMS) és jellemzői



# Minimálkenés, száraz forgácsolás

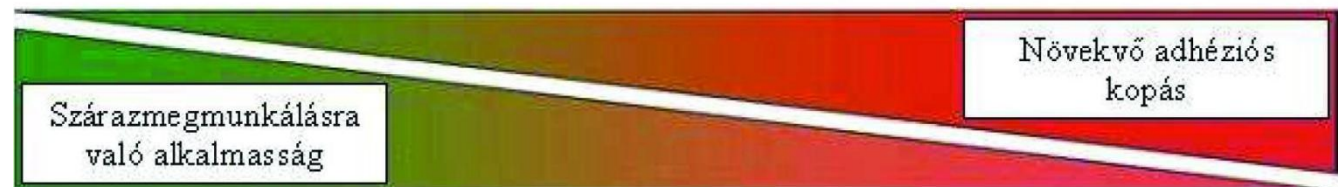
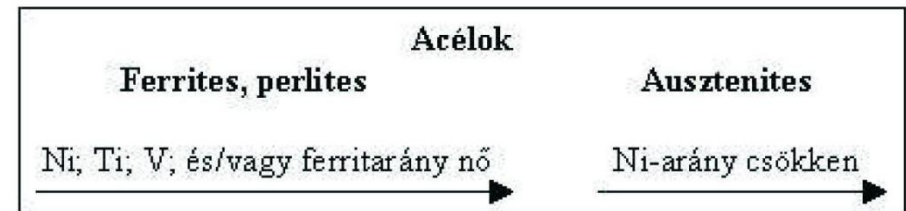
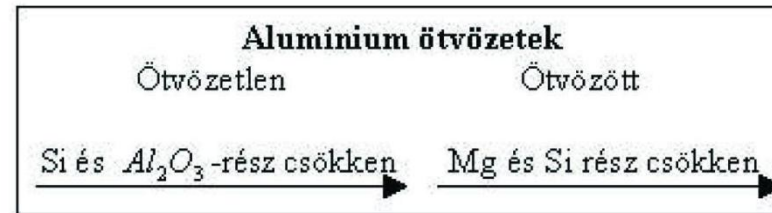
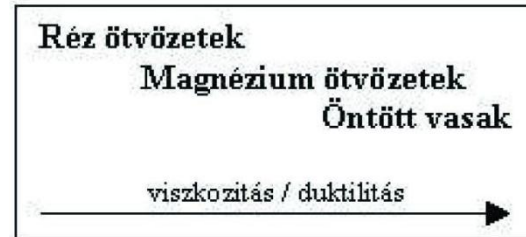
## A minimál kenéses forgácsolást és a száraz megmunkálást befolyásoló tényezők (megmunkálandó anyagok)

Száraz megmunkálásra <b>kiválóan alkalmas</b> anyagok	Minimál kenéses megmunkálásra <b>alkalmas</b> anyagok (nem száraz forgácsolás)	Száraz és minimál kenésre <b>alkalmatlan</b> anyagok
Ötvözetlen, vagy alacsony ötvöző tartalmú acélok	Alumínium ötvözetek	Nagy szilárdságú, magasan ötvözött acélok, Ti és Ni-ötvözetek
Acélöntvény, szürkeöntvény, sárgaréz (Max.: 1000 N/mm <sup>2</sup> szakítószilárdságig)	Rozsdamentes acélok	Magas Si-tartalmú alumínium ötvözetek (Si-tartalom < 12%)
	Vörösréz ötvözetek	



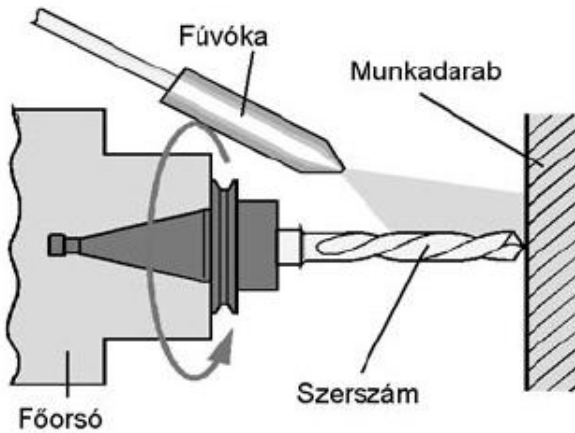
# Minimálkenés, száraz forgácsolás

**Száraz  
megmunkálásra  
alkalmas  
anyagminőségek**

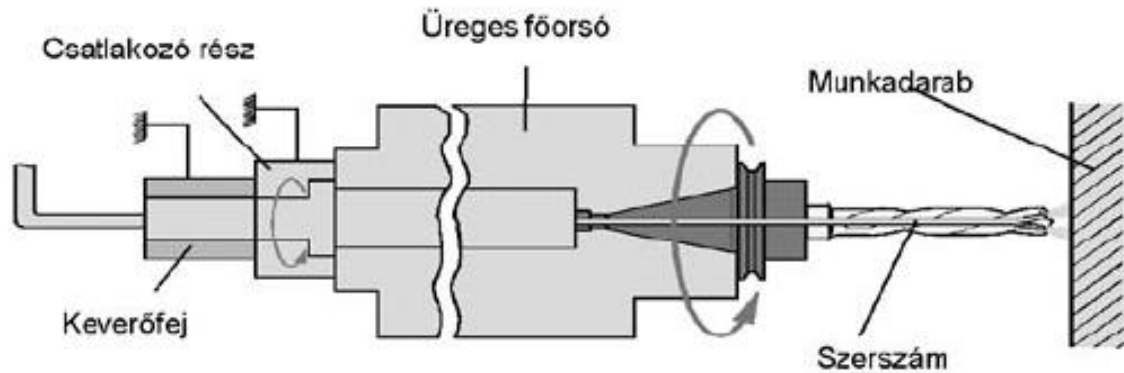




Az MMS adagolása két módon történhet:



Külső kenés



Belső kenés

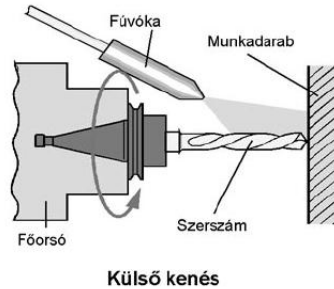
Kívülről fúvókákon keresztül

A szerszám gép főorsó, illetve a szerszám csatornáin keresztül

Minimálkenés változatai fúrásnál



## Kívülről fúvókákon keresztül



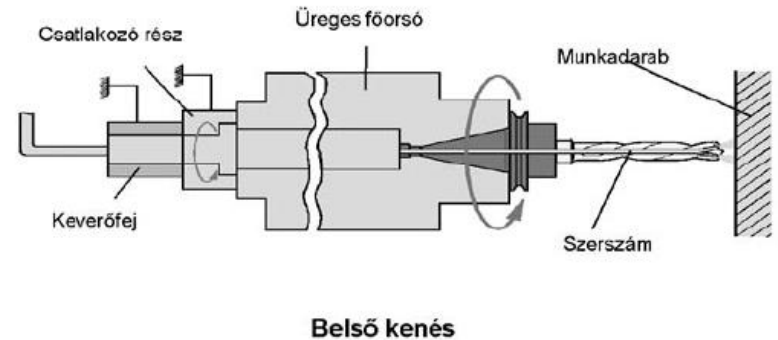
### Előnyök:

- ❖ egyszerű felépítés
- ❖ hagyományos szerszámgépeken is alkalmazható

### Hátrányok:

- ❖ nagy a „szóródási veszteség”
- ❖ kedvezőtlen a forgácseltávolítás
- ❖ csak csekély furatmélységig alkalmazható

## A szerszám gép főorsó, illetve a szerszám csatornáin keresztül



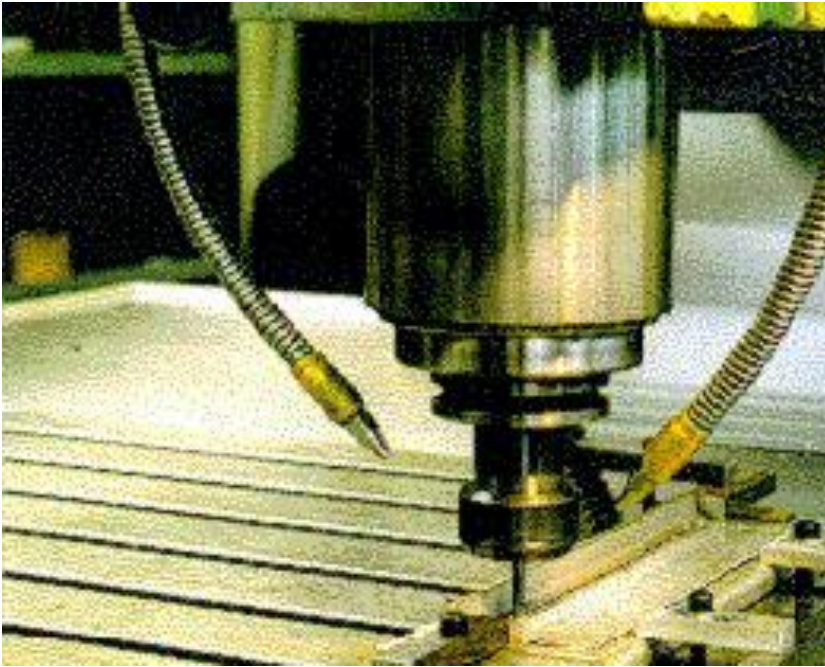
### Előnyök:

- ❖ jobb hatások
- ❖ kedvezőbb forgácseltávolítás
- ❖ nagyobb furatmélységek esetén is alkalmazható

### Hátrányok:

- ❖ bonyolultabb felépítés
- ❖ csak furattal rendelkező főorsók esetén alkalmazható





Példák külső minimálkenésre

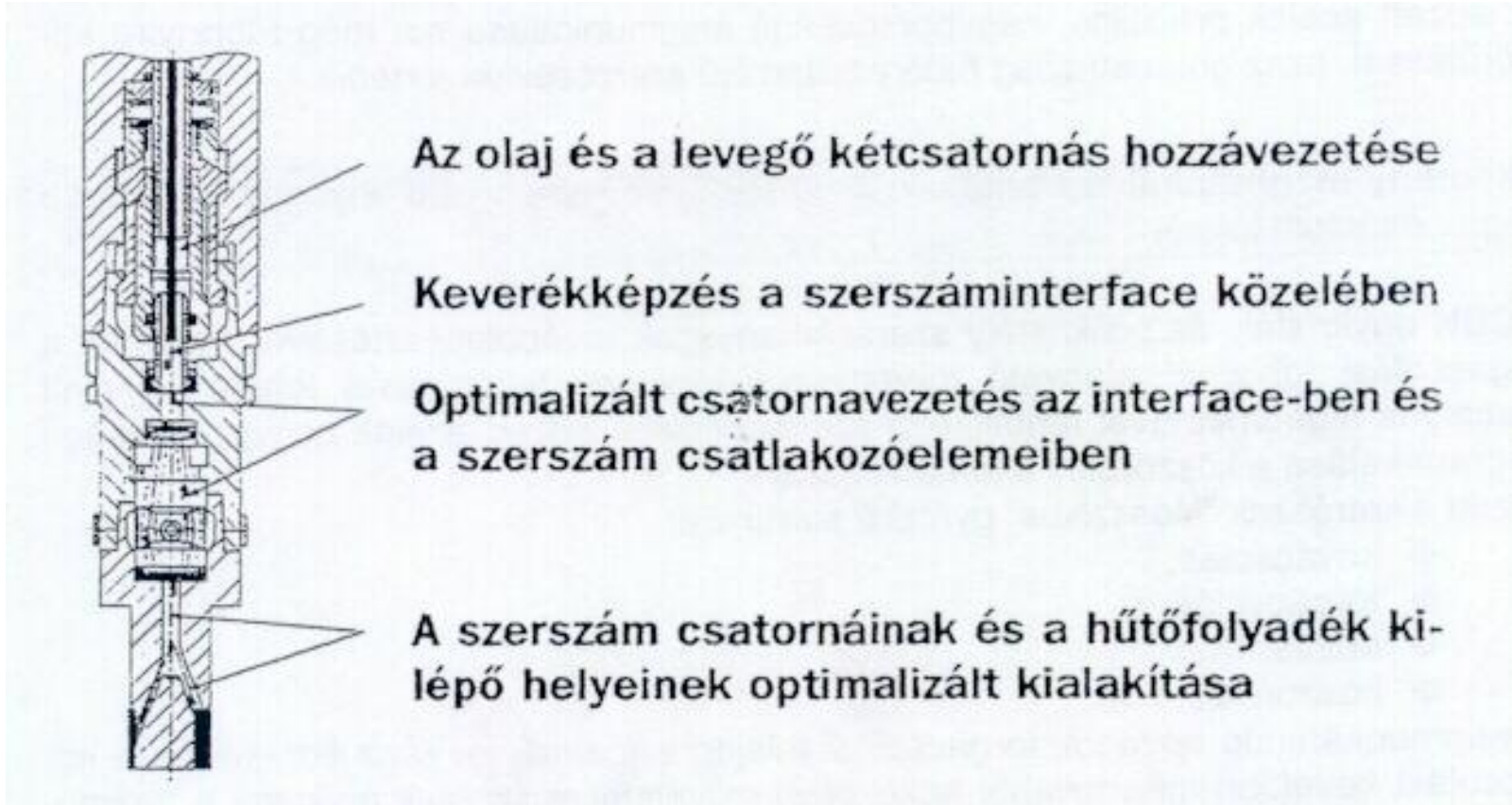
---



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

**A levegőnek és a kenőanyagnak a szerszámgép főorsón, illetve a szerszámon keresztül történő adagolásánál két változatot használnak. (lásd. táblázatot)**

---



A belső MMS hozzávezetés konstrukciós kialakítása

Forrás: HTCMTD. Finomfúrás és dörzsárazás minimális mennyiségű kenéssel.

Járművek 2001.1-2.



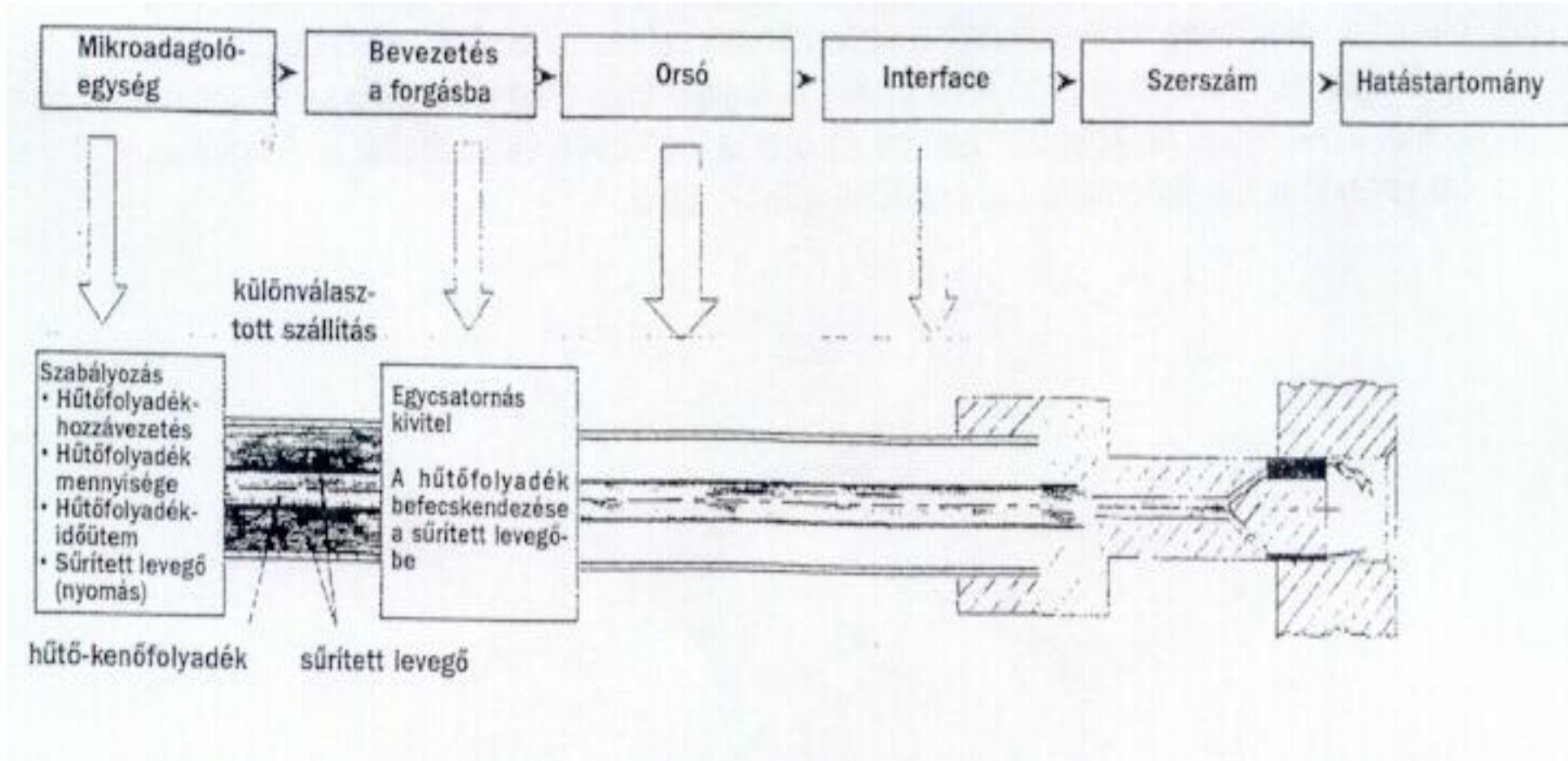
## Minimálkenés, száraz forgácsolás

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



### **Az egycsatornás elv**

- 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.

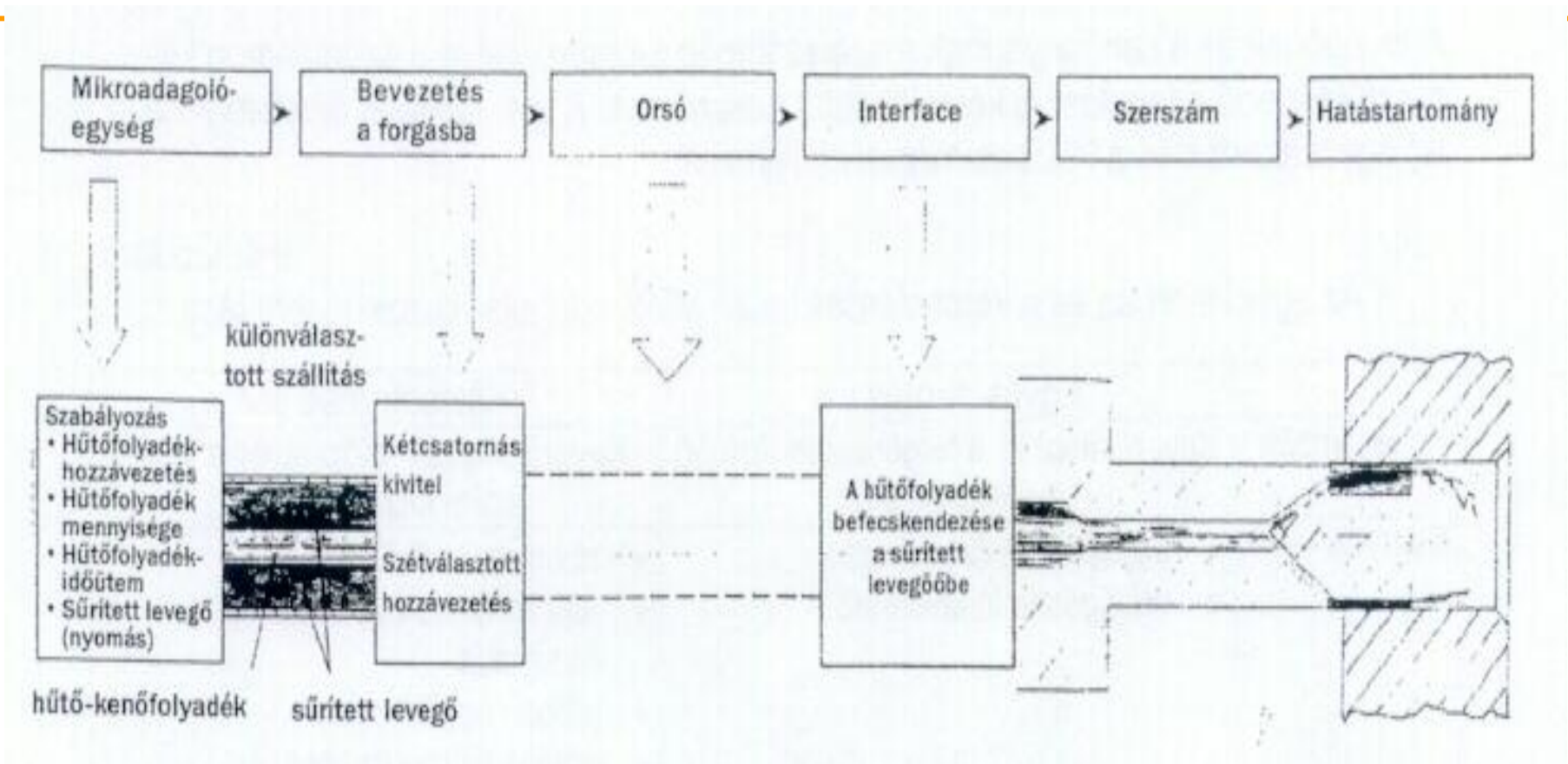


3. ábra Az egycsatornás belső MMS adagolás



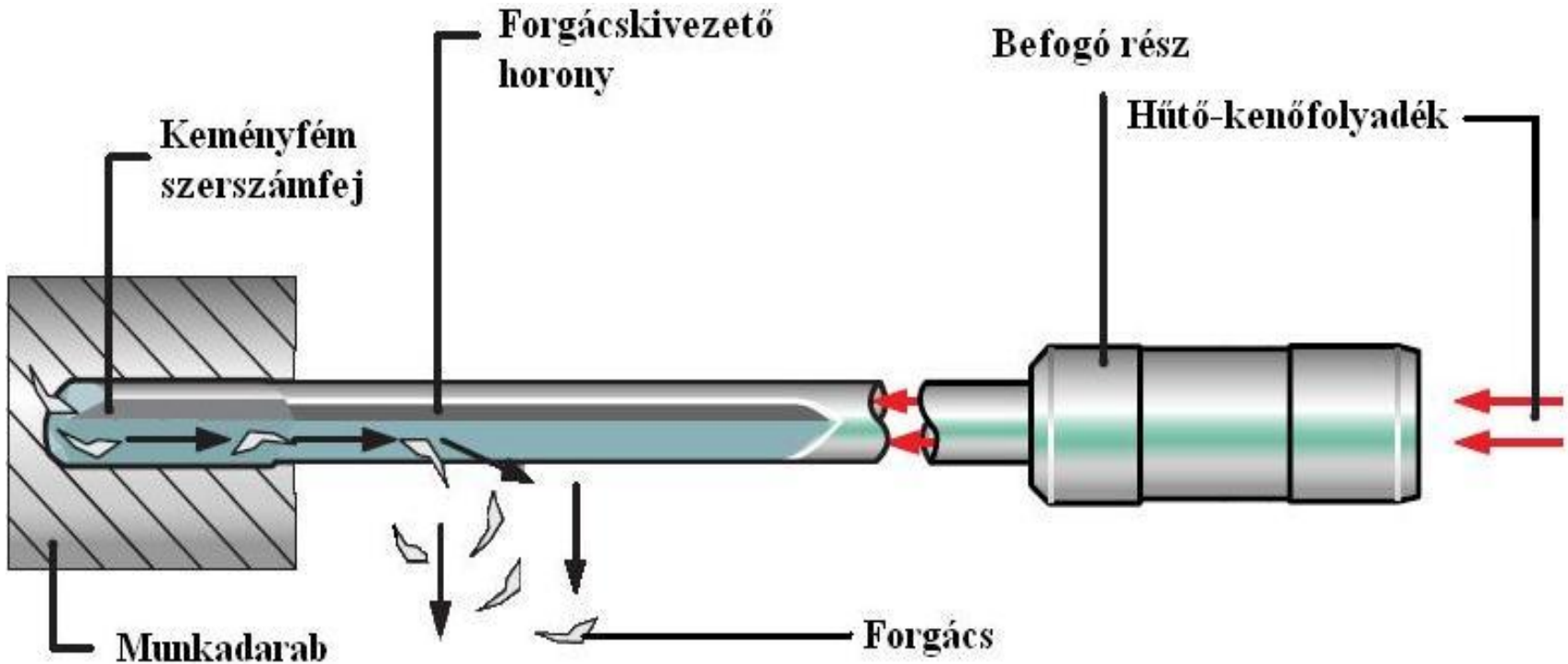
**A kétcsatornás elv (ábra)  
szerint tervezett MMS hozzávezetésű  
főorsókkal megbízható, rövid reakcióidővel  
bíró kenőanyag ellátás valósítható meg  
közvetlenül a szerszámcsere után, akár  
 $n = 16\ 000$  f/min fordulatszámig.**

---

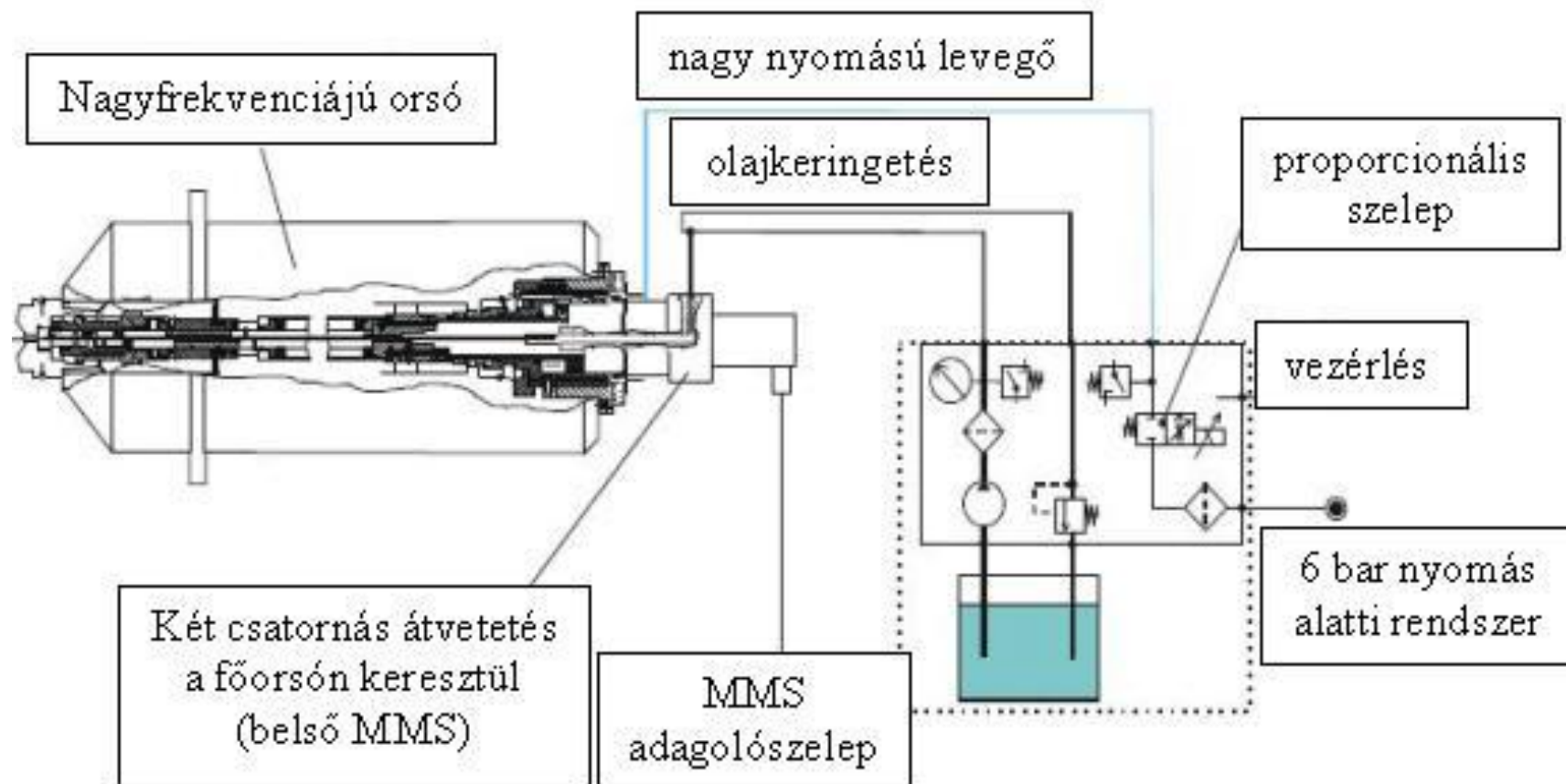


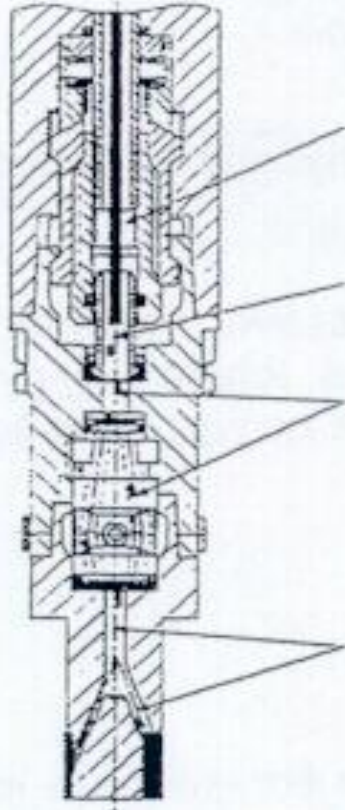
## A kétcsatornás belső MMS adagolás





**A kétcsatornás belső MMS adagolás**





Az olaj és a levegő kétcsatornás hozzávezetése

Keverékképzés a szerszáminterface közelében

Optimalizált csatornavezetés az interface-ben és a szerszám csatlakozóelemeiben

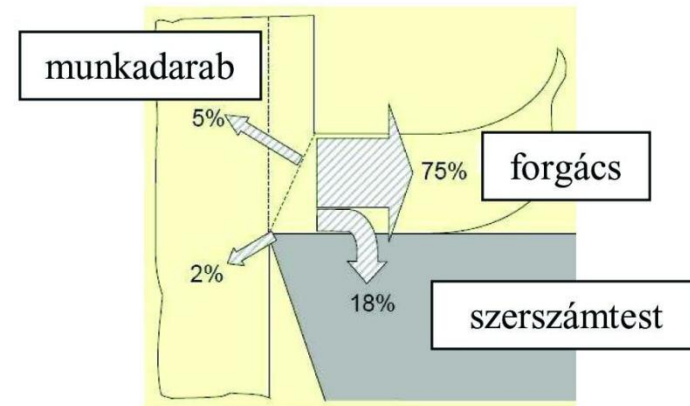
A szerszám csatornáinak és a hűtőfolyadék ki-lépő helyeinek optimalizált kialakítása

**A belső MMS hozzávezetés konstrukciós kialakítása**



### A száraz és a minimálkenéses forgácsolásra alkalmas szerszámok

**Külső minimálkenés** esetén nem szükséges szerszámon át vezetett hűtőcsatorna, azonban az élgeometriára, bevonatolásra itt is ügyelni kell. A vágóél kenésére a legkedvezőbb megoldást az olaj-levegő keveréknek a szerszámon keresztül történő belső hozzavezetése biztosítja. A szerszám egyik legfontosabb feladata a forgácselvezetés, mivel a forgácsoláskor keletkező hő legalább 75%-a a fogáccsal együtt távozik (**ábra**) és mint tudjuk, a termikus hatásokat kerülni kell.



**A minimálkenés (MMS) szerszámjai**

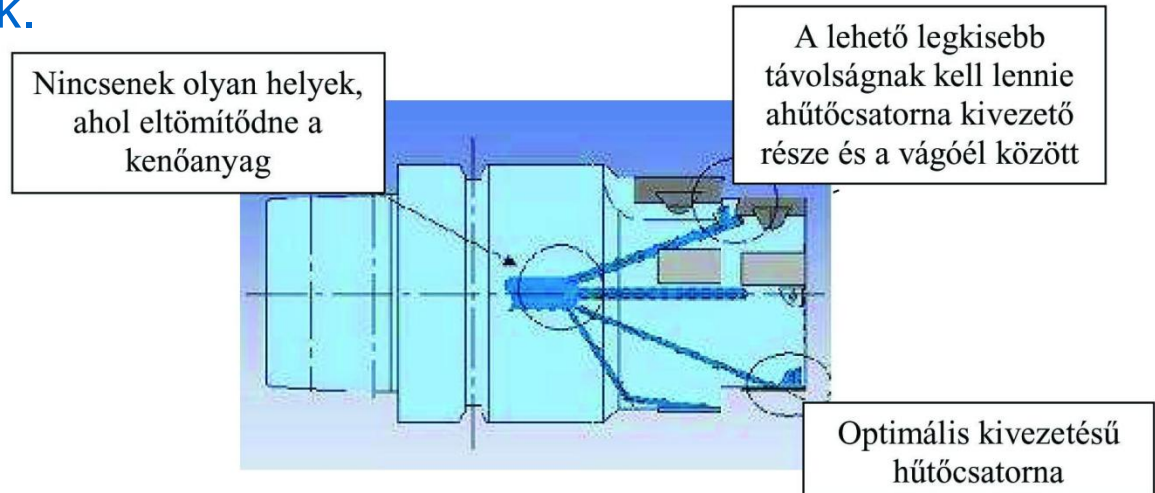
A jobb forgácselvezetés miatt nagyobb, mélyebb hornyokra van szükség a hagyományos elárasztásos kenéses szerszámokhoz képest. A forgácsolás közbeni hőfejlődésért a szerszám élgeometriája is felelős. Fontos szempont, hogy a vágóél mekkora szög alatt vág bele a munkadarab felületébe.



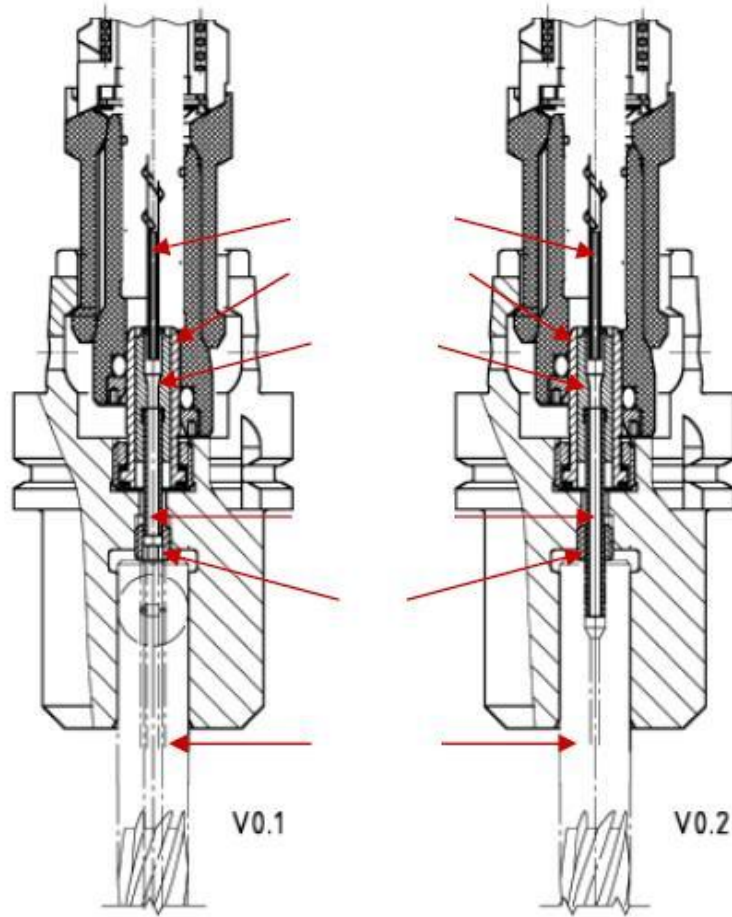
## A száraz és a minimálkenéses forgácsolásra alkalmas szerszámok

A hatékony hűtés elérése miatt fontos az optimális hűtőcsatorna kivezetés (ábra). A hűtőcsatornának a szerszám tengelyéhez képest meglehetősen lapos szögben kell kilépnie *úgyhogy az azonnal anyagot érjen*. A központi hűtőcsatorna felületének  $2\times$  nagyobbnak kell lennie, mint az összes kivezető csatorna felületének.

A hűtőcsatorna kilépő részének lehetőség szerint 1,5-2 mm átmérőjűnek kell lennie.



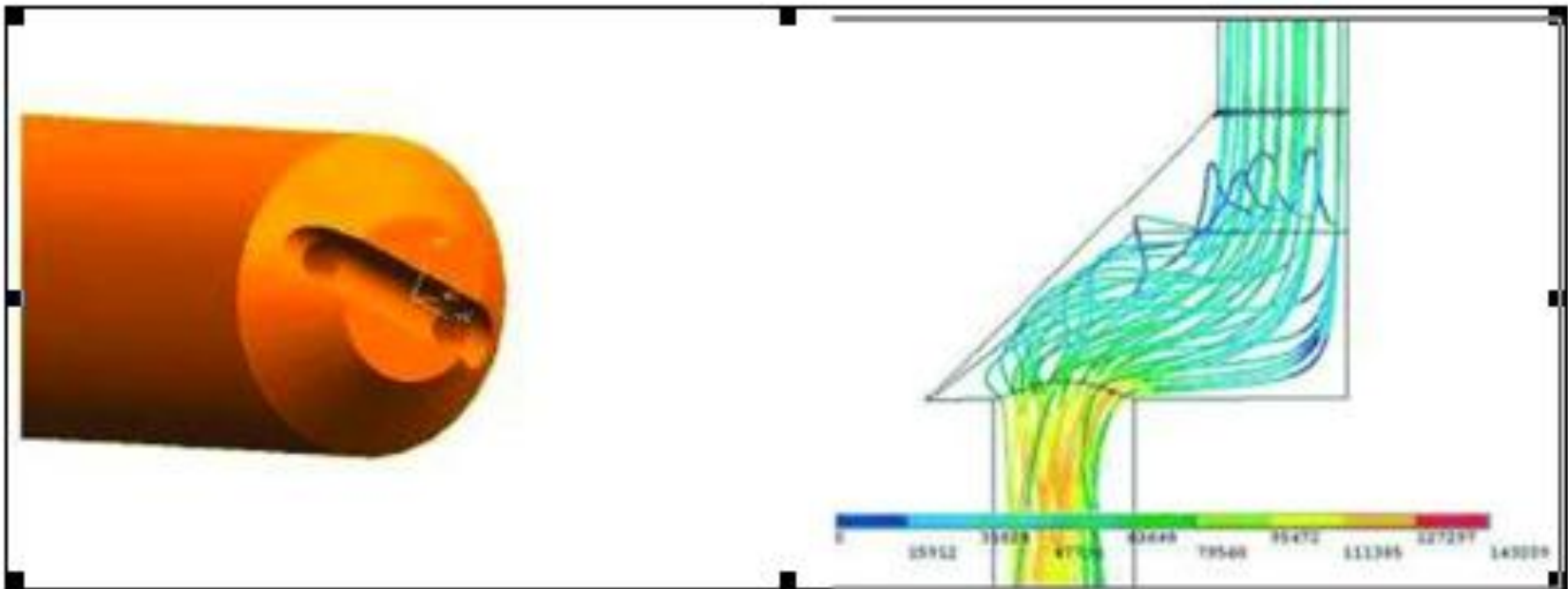
A minimálkenés (MMS) szerszámai



A minimálkenés (MMS) szerszámai



Áramlástechnikailag optimalizált szerszámvég  
(Forrás: Gühring)

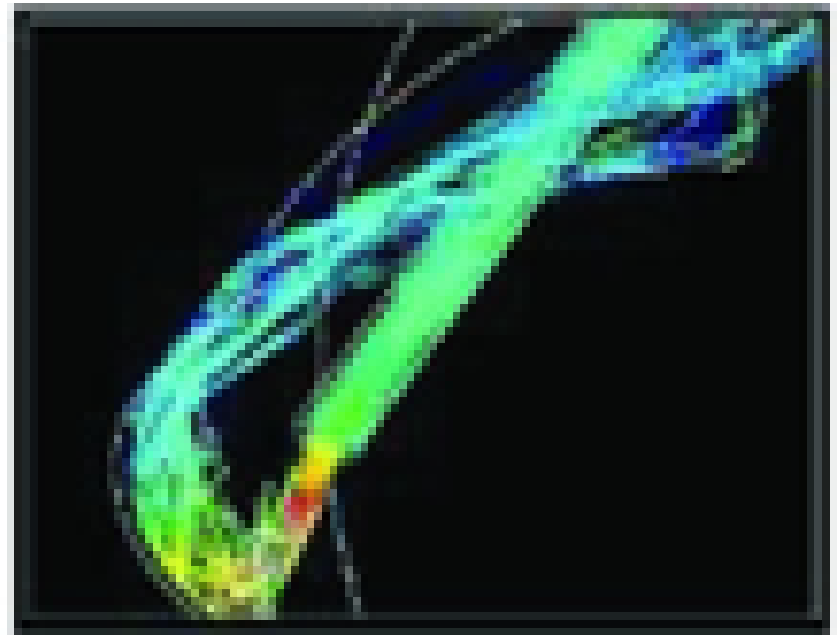




## Az emulziós és a minimálkenéses megmunkálás áramlási képe



Emulziós megmunkálás  
áramlási képe



Száraz megmunkálás  
áramlási képe





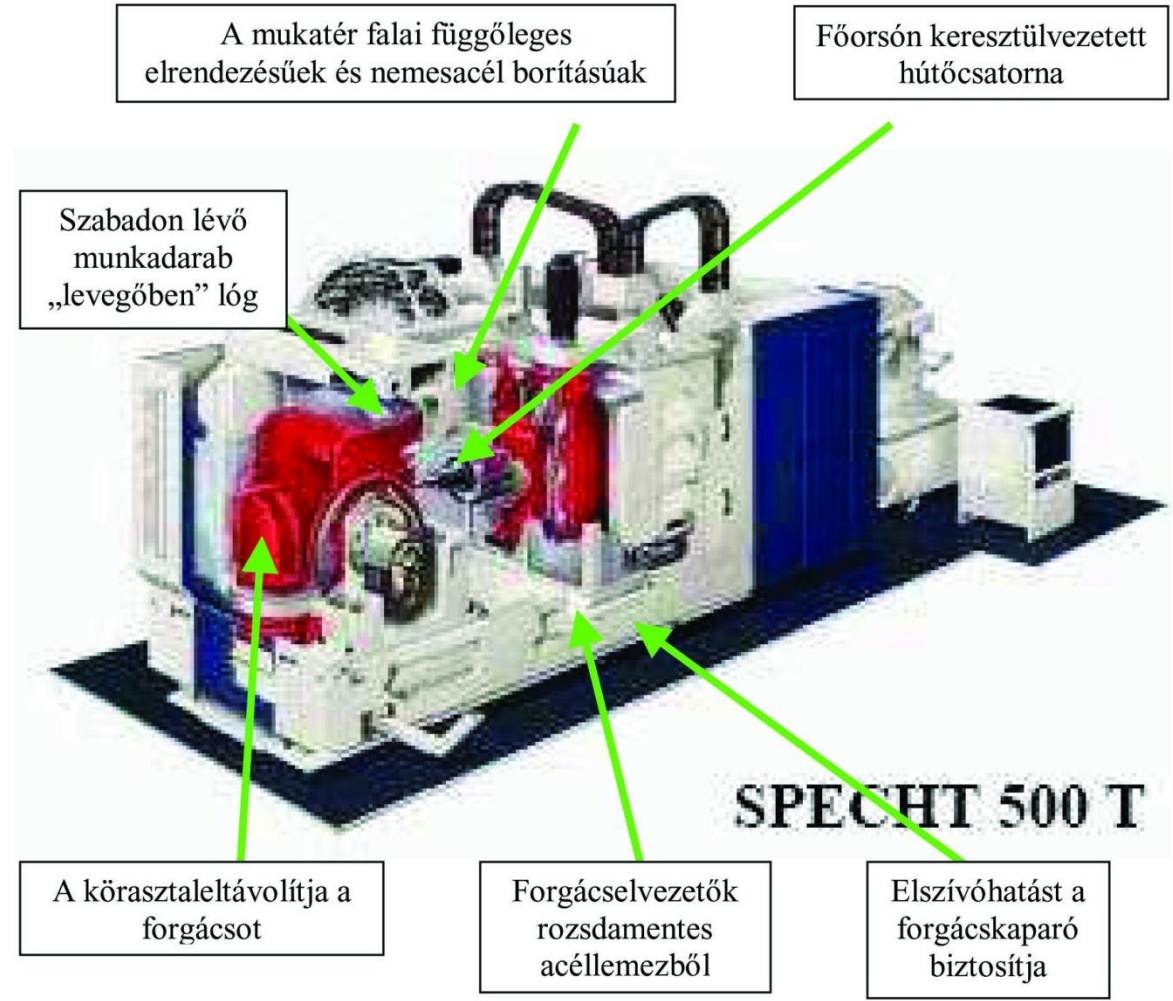
**Az MMS (és a száraz megmunkálás) hatást gyakorol a szerszámgépek munkatérére is.**

**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).
  - ❖ Forgácsolás közvetlen közeléből történő forgácselszívás. A munkatér tisztítása szárazjéggel (CO<sub>2</sub>)
-

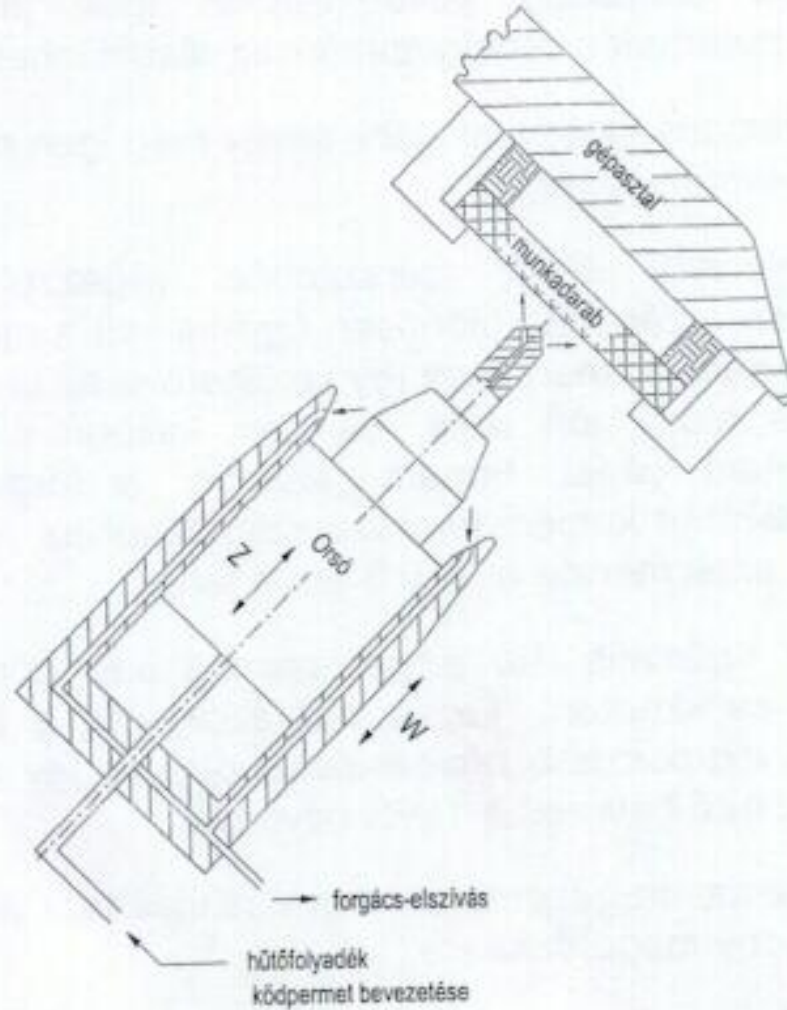


Száraz  
megmunkálásra  
alkalmas  
szerszám gép  
felépítése  
(Forrás: Excello)



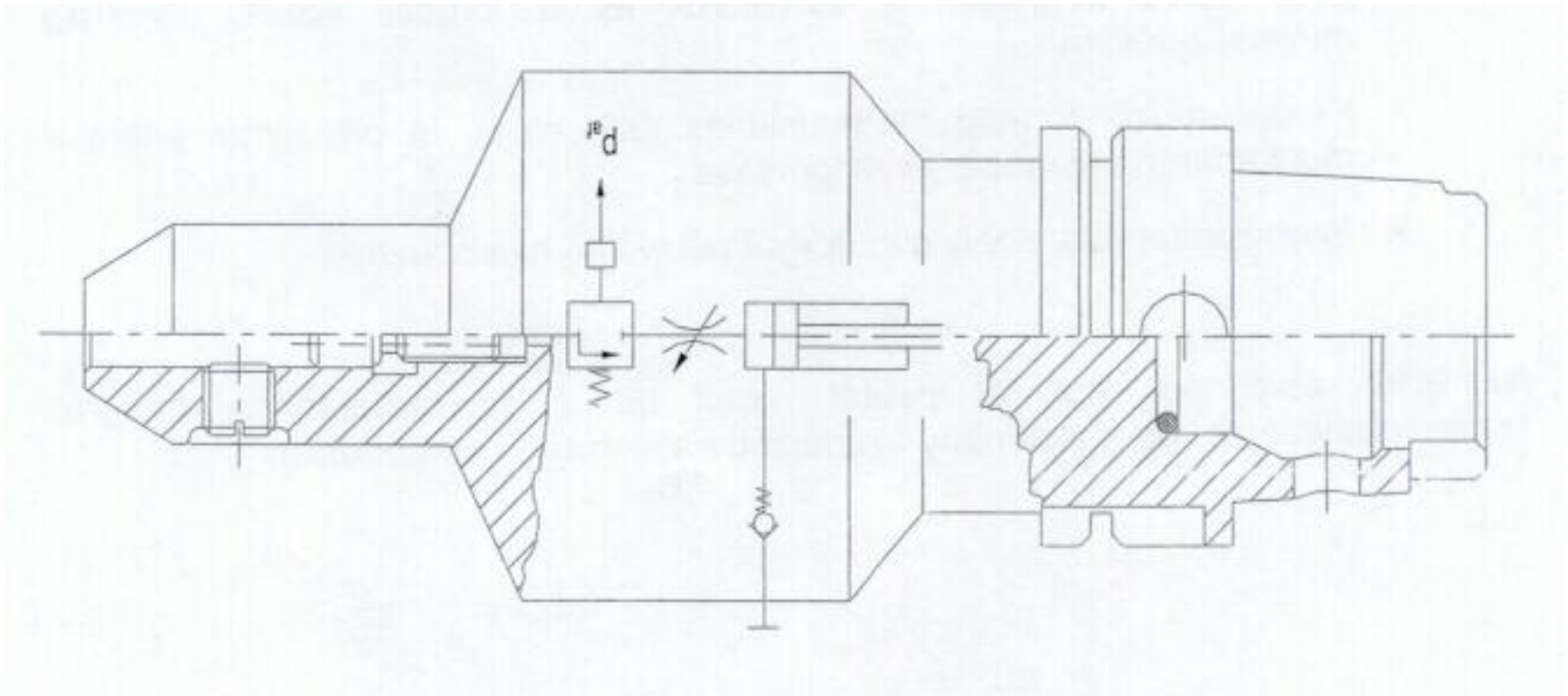


Alulról történő  
ferde megmunkálás





Szerszámtartóba integrált kenőberendezés



14. ábra. Ökotokmány felépítése



## A minimálkenő berendezések

**Az egy,- illetve kétcsatornás minimálkenéshez más-más kenőberendezés szükséges.**

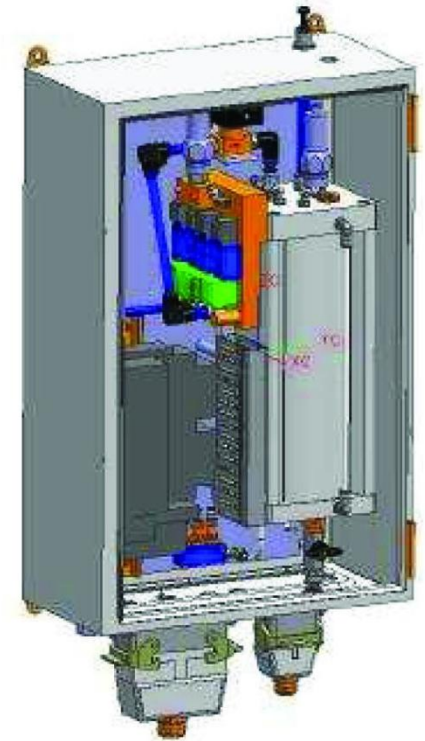
**Belső hozzávezetésű, egycsatornás minimálkenő berendezés (példa)**

**Előnyei:**

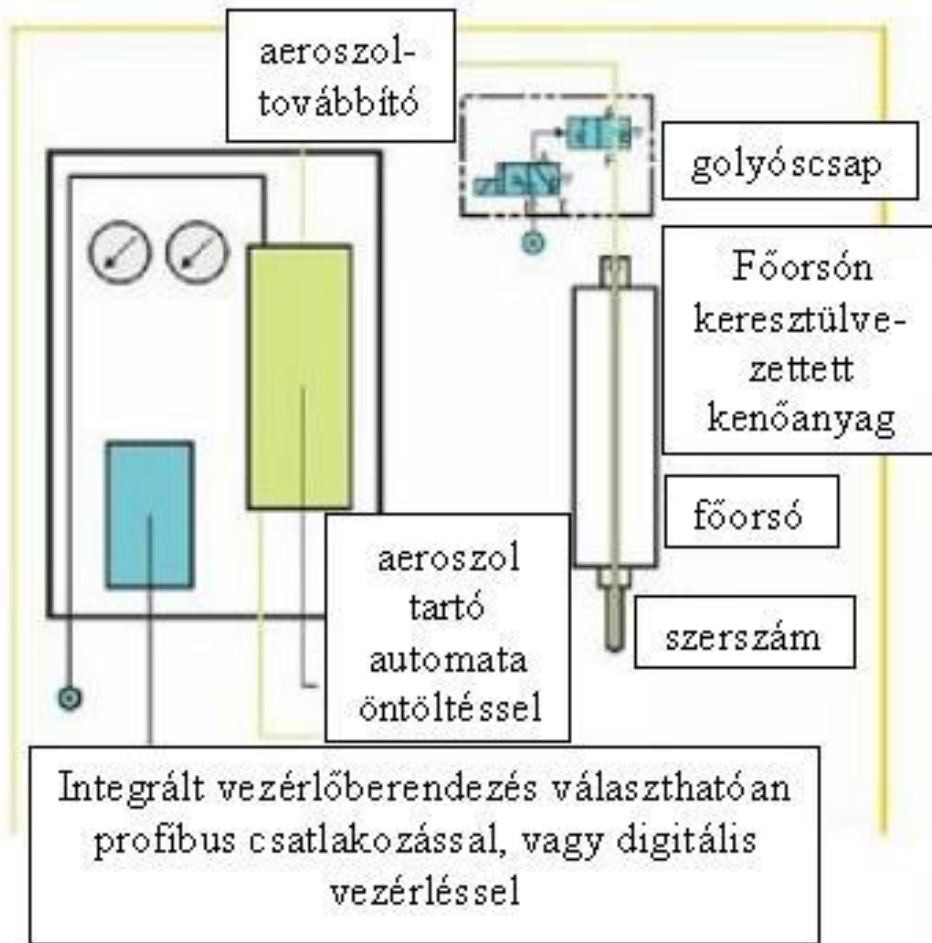
- **üzem közben állandó térfogatáramú aeroszol áramlást képes megvalósítani.**
- **A továbbított aeroszol mennyiségét a levegőnyomás szabályozza, amit 0,6 bar állítási lépcsővel lehet szabályozni a különböző szerszámátmérők függvényében.**
- **Több előre programozott aeroszol beállítás hívható elő.**

**Hátránya:**

- **szerszámcserekor aeroszol veszteségek lépnek fel, ezért a porelszívásnak hatékonyabbnak kell lennie.**



**Belső hozzávezetésű, egycsatornás minimálkenő berendezés (Bielomatik)**





## A minimálkenésre alkalmas kenőanyag

A kenőanyag kiválasztásának kritériumai:

- kevés mérgező anyagot tartalmazzon,
- dermatológiailag (bőrgyógyászatiilag) megfeleljen,
- lehető legjobb kenést és hűtést biztosítsa,
- nagy hőterhelésnek is ellenálljon
- Milyen rendszernél kerülnek bevetésre (belső MMS-nél egy, vagy kétcsatornás, illetve külső-MMS).

A kenőanyag minőségének meghatározása függ a megmunkálási eljárástól, a forgácsolandó anyagminőségtől és annak korrózióra való hajlamától, illetve a munkadarab utókezelésétől (bevonatolás, festés, lakkozás).

---



## A kenőanyag mennyiségét befolyásoló tényezők:

- ❖ forgácsolási sebesség,
- ❖ előtolási sebesség,
- ❖ fordulatszám,
- ❖ lépcsők száma,
- ❖ forgácsoló élek száma,
- ❖ vezetőélek száma,
- ❖ megmunkálási hossz és művelet.

**Külső MMS-nél** magas viszkozitású és gyulladáspontú, nagy részecskenyagyságú, jó hőstabilitású, és alacsony ködképződési hajlamú észterekkel sikerült a legjobb forgácsolási eredményeket elérni a legalacsonyabb szennyezőanyag kibocsátás mellett.

---





**Külső MMS-nél** magas viszkozitású és gyulladáspontú, nagy részecskenagyságú, jó hőstabilitású, és alacsony ködképződési hajlamú észterekkel sikerült a legjobb forgácsolási eredményeket elérni a legalacsonyabb szennyezőanyag kibocsátás mellett.

Belső MMS-nél a jobb porlasztás miatt az alacsony viszkozitással rendelkező kenőanyagokat kell előnyben részesíteni. Az aeroszol ülepedési sebességének alacsonynak kell lennie, nem szabad, hogy az olaj-levegő keverék szétváljon. További szempont, hogy a kenőanyagoknak kis részecskéjűnek kell lennie. Kis párolgású és magas lobbanáspontú szintetikus észterek, zsíralkoholok a gyakorlatban nagyon jól beváltak.

---



Egycsatornás belső minimálkenéshez az alacsony viszkozitású észterolajok (ISO VG 15) alkalmazása optimális, ami bármely minimálkenő rendszernél bevezethető.

Ez a kenőanyagtípus jó ködképző hatású és megmunkáláskor kevés gőztermelődéssel jár.

A telített észterek oxidációstabilitása nagyon jó.

A növényi eredetű hosszúláncú zsíralkoholok kevésbé alkalmasak a minimálkenésre, mivel alacsony forrás és lobbanáspontúak, ezért magas emisszió képződésűek illetve az észterolajokhoz viszonyított kenőképességük is rosszabb.

---



Kétcsatornás rendszerű belső minimálkenéshez leginkább a nagyviszkozitású észterolajok alkalmasak.

Anyagminősége lehet zsíralkohol, vagy szintetikus észter. Ez utóbbit általában ott alkalmazzák, ahol a zsíralkohol kenőképessége és hőállósága az adott feladathoz nem elegendő. Zsíralkohol-bázisú univerzális kenőanyag (módosított zsiradék), amely optimálisan alkalmazható a minimális anyagmennyiséget használó kenőrendszerek szórt kenőanyagaként. Különösen alkalmas alumínium és ötvözetei, valamint nem-acél alapanyagok, kis mértékben ötvözött acélok és öntvények forgácsolásához és alakításához. A kenőközeg zsírsav-észterek és kopásgátló adalékok kombinációjából áll, melyek különösen csekély felhordott mennyiség esetén képeznek igen hatékony kenőfilmet.

---



## Zsíralkohol-bázisú univerzális kenőanyag

### Előnyei:

- ❖ alacsony vízszennyezési arány,
- ❖ nem mérgezőek,
- ❖ nagyon jó kenőképességűek (polaritás miatt),
- ❖ nem párolog el maradéktalanul (alacsonyabb párolgási veszteségű, mint az ásványi olajok),
- ❖ jó korrózióvédelmet biztosít

### Hátránya:

- ❖ rossz hűtő hatás.
-



## Az észerbázisú olajok

### Előnyei:

- ❖ a kenőanyag 90% feletti biológiai úton történő lebomlás,
  - ❖ nincs vízszennyező hatása,
  - ❖ aromás szerkezetű savaktól teljesen mentes,
  - ❖ nagy munkabiztonságú,
  - ❖ nagyobb lobbanáspontja van, mint az ásványi olajoknak,
  - ❖ optimálisnak mondható a bőrrel való érintkezési hatása,
  - ❖ alacsony gépi befektetést igényel,
  - ❖ kis ködképzési hatású.
-



Az észterolajok alkalmazása minden olyan területen ajánlatos, ahol a súrlódás csökkentése fontosabb a hőelvezetésnél, magas igényeket támasztanak a felületi minőséggel szemben, ahol erős abrazív kopás várható. Alacsony forgácsolási sebességnél és nagy, speciális felületi terhelésnél Minden olyan eljárásnál, ahol a vezetőélek kenése fontos (pl.: dörzsárazás, mélyfurat fúrás).

---



## 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

❖ 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.





## 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.

---



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

**A szokásos forgácsolási paraméterek tartománya:**

**Fogásmélység:**

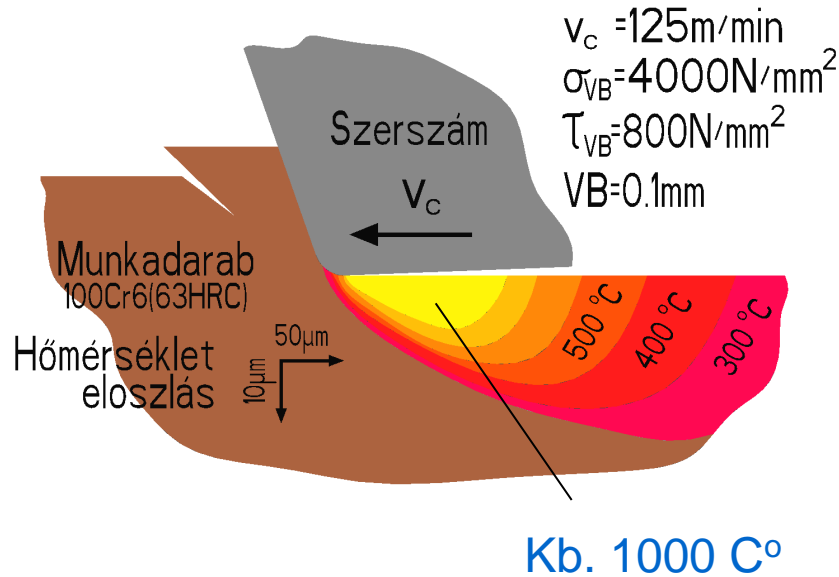
$$a_p = 10 \dots 60 \text{ } [\mu\text{m}],$$

**Előtolás:**

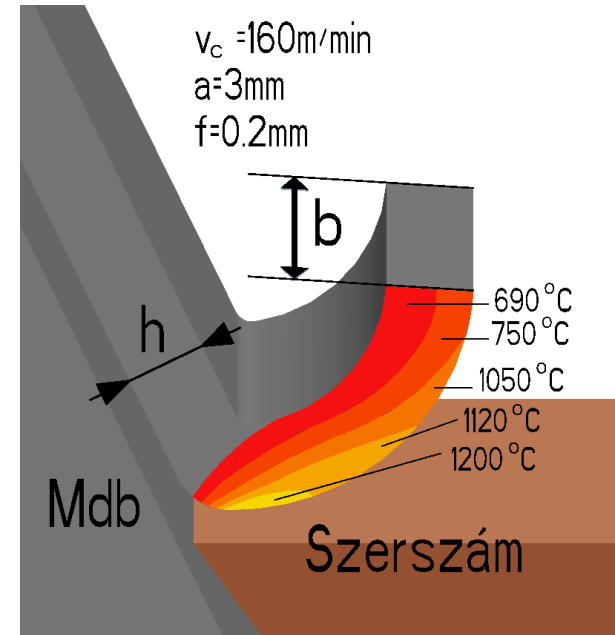
$$f = 10 \dots 50 \text{ } [\mu\text{m}],$$

**Forgácsolási sebesség:**

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



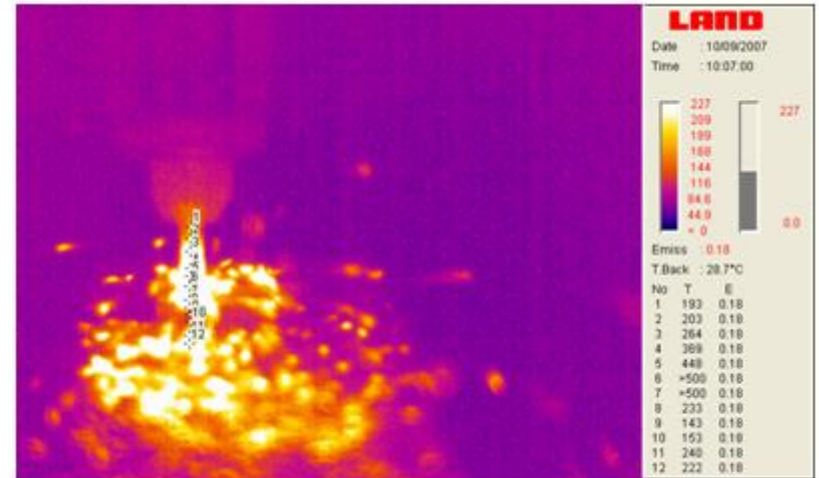
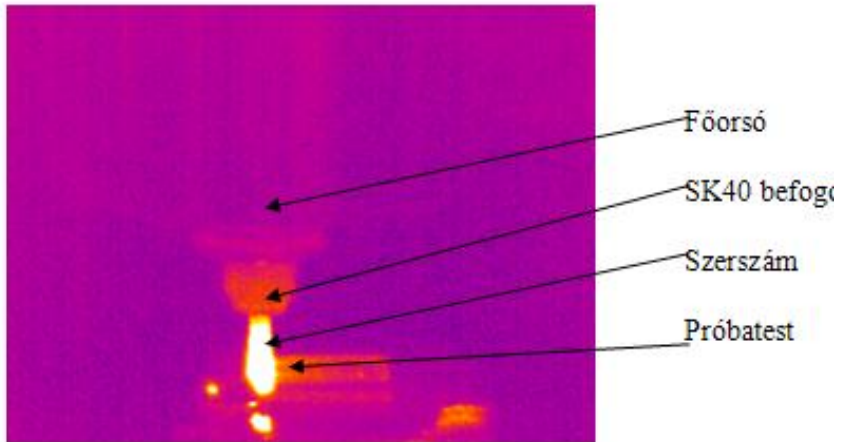
Hőmérséklet-eloszlás  
a szerszámél környékén



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  $\mu\text{m}$ -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.
-



**Köszönöm**

**megtisztelő figyelmüket!**