



Óbudai Egyetem

Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

Anyagtudományi és Gyártástechnológiai Intézet

Gépgyártástechnológiai Szakcsoport



Különleges technológiák

1.1. Orientáció – 2013

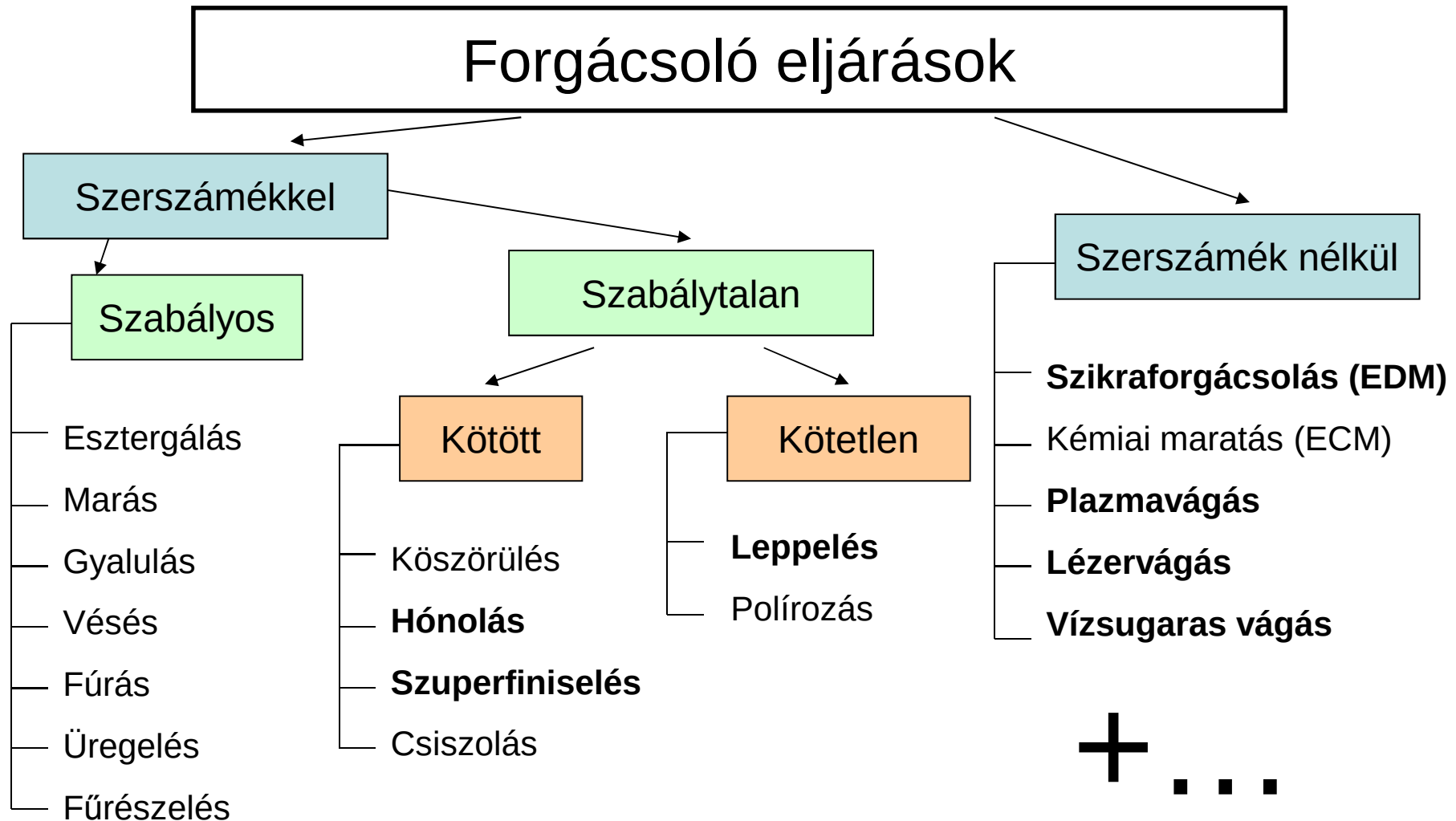
1.2. Finomfelületi megmunkálások.

BAGKT16NNB/NNC

Összeállította: ***Biró Szabolcs***

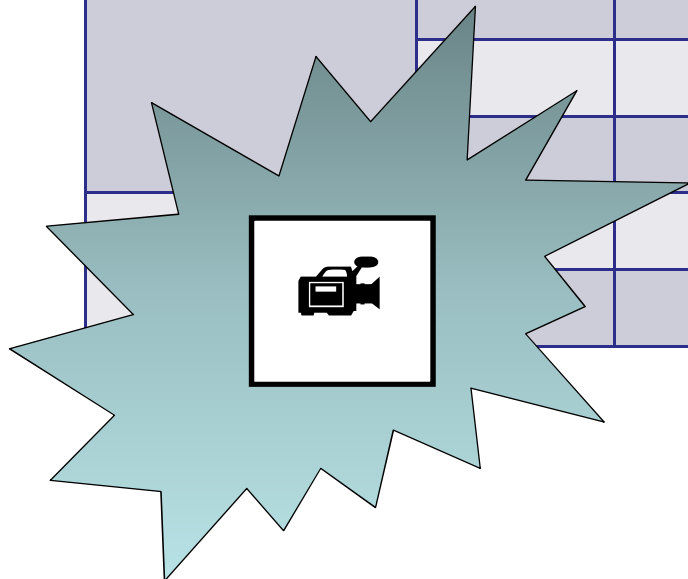
1.1. Orientáció

Különleges technológiák tárgya helye és szerepe a gépész CAD/CAM oktatásban.



Belső négszög profil kialakítása

Technológia	Anyag	Lv 1-10	Lv 10-20	Lv 20-200	IT	€



Félévi program

Oktatási hét	Előadás	Gyakorlat
1	Orientáció, Finomfelületi megmunkálások.	
2	Szikraforgácsolás elmélete, abrazív megmunkálások	
3		Szuperfiniselés és tömbszikra-forgácsolás bemutatása. (BGK-GMH)
4		Huzalszikra forgácsolás bemutatása (Z-FORM Kft.)
5	Oktatási szünet	
6	Sugaras megmunkálások – Plazma, elektron-, lézer- és vízsugaras technológiák	
7	Oktatási szünet	
8		Lézervágás bemutatása (Biró Kft.)
9	HPM, HSC, MTC (dr. Sipos Sándor)	
10		Nagysebességű megmunkálás és lézerhegesztés bemutatása (EUROFORM Kft.).
11	LEAN szemlélet a forgácsolásban	KAIZEN megoldások
12		Gyors prototípus gyártási eljárások bemutatása (Varinex Kft).
13	Írásbeli beszámoló	
14	Esettanulmányok az alkalmazott forgácsolásból	

1.2. Finomfelületi megmunkálások

A gépgyártásban a legnagyobb méretpontosságot, alakhűséget és a legjobb felületi minőséget a finomfelületi megmunkálásokkal érjük el. A nagy pontosságú megmunkálások, mint a hántolás, csiszolás, tükörsimítás, stb. lehetővé teszik, hogy az alkatrészeket meghatározott tűréssel, finom felülettel alakítsuk ki, ami biztosítja azok utánmunkálás nélküli cserélhetőségét is.

Az ipari termelés, a nagy sorozatban készülő termékek alkatrészeinek csereszabatosága igényli a kis tűrésű alak-, helyzet- és méretpontosságot, valamint az alkatrészek helyes működése érdekében meghatározott felületi érdességet. A csapágygyártásban, az autógyártásban és az idomszergyártásban már régóta használják ezeket az eljárásokat. Általános tendencia a gépészetben, hogy a tűrések szűkülnek, a pontosság fokozódik, a felületminőség javul, melynek okai a funkciókból adódnak a kisebb zajszint, nagyobb élettartam vagy meghatározott élettartamra való tervezés, jó fényvisszaverődési képesség, stb.



Finomfelületi megmunkálások

Szabályos élgeometriájú szerszámokkal

- Finomesztergálás
- Ultraprecíziós esztergálás
- Finomfúrás
- Finommarás

Szabálytalan élgeometriájú szerszámokkal

- Finomköszörülés
- Dörzsköszörülés
- Tükörsimítás
- Tükrösítés

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

Finomesztergálás

A finomesztergálást korábban elsősorban alumínium és ötvözetei (pl.:gépjárműmotorok dugattyúi), réz és ötvözetei, bronzok, csapágyfémek és kompozit anyagok megmunkálására használták. A szerszámanyagok fejlesztése ma már lehetőséget ad acélok, edzett acélok, öntöttvasak finomesztergálására is.



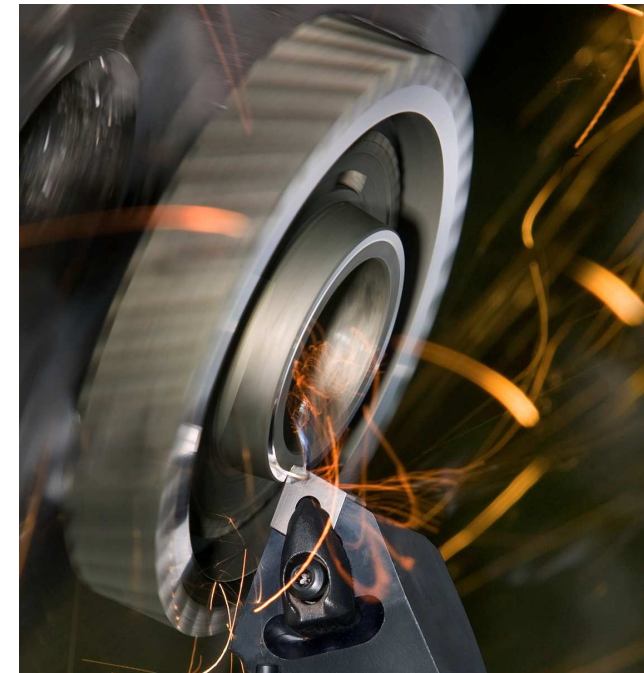
Napjainkban alternatívát jelenthet a palástköszörüléssel szemben, hiszen esztergáláskor folytonos forgácsleválasztás történik, amely könnyen kezelhető.

Ezzel szemben a köszörüléssel nagy mennyiségű kisméretű forgács keletkezik, mely fajlagos forgácstérfogatra számítva több energiát és időt igényel, mint az esztergálás. Az ipari gyakorlatban fogaskerek bekészítő megmunkálását például finomesztergálással végzik.

A munkadarab geometriai pontosságára és felületi érdességére a környezeten és a szerszámgépen kívül a megmunkálási módnak, a technológiai körülményeknek van igen jelentős hatásuk. A táblázat a hagyományos és a precíziós esztergálás jellemzőit foglalja össze.

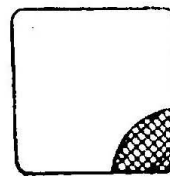
Jellemző	Szokványos esztergálás	Precíziós esztergálás
Alakpontosság	$\sim 0,01 \text{ mm}$	$\sim 0,001 \text{ mm}$
Felületi érdesség	$R_a > 1,25 \text{ } \mu\text{m}$	$R_a < 1,25 \text{ } \mu\text{m}$
Méretpontosság	$> \text{IT6}$	$< \text{IT6}$
Forgácsolóerő	$F_c = 1000 \dots 10000 \text{ N}$	$F_c = 1 \dots 1000 \text{ N}$
Forgácskeresztmetszet	$A = 1 \dots 10 \text{ mm}^2$	$A = 0,001 \dots 0,01 \text{ mm}^2$
Forgácsolósebesség	$v_c = 100 \dots 300 \text{ m/min}$	$v_c = 600 \dots 1000 \text{ m/min}$
A szerszám éllekerekedése	$r_n = 20 \dots 30 \text{ } \mu\text{m}$	$r_n = 2 \dots 20 \text{ } \mu\text{m}$

- A finomesztergálás technológiai paraméterei az igen kis előtolás (0,008-0,15 mm/ford), a nagy forgácsolósebesség (600 -1000 m/min), kis fogásmélység (0,05-0,3 mm),
- A finomesztergálás gépére jellemző a nagy merevség, nyugodt járás a környezet rezgéseitől elszigetelve, a főorsó csapágy siklócsapágy vagy precíziós gördülőcsapágy, merev késtartó finombeállítással a fogásvételhez.
- A gép légkondicionált, állandó hőmérsékletű helyiségben üzemel.
- Az elérhető pontosság IT4 - 5, a felületi érdesség: $R_a=0,1-1,25 \text{ } \mu\text{m}$, $R_z=0,5-10 \text{ } \mu\text{m}$

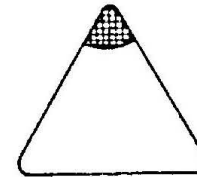


Nem acélok finomesztergálása

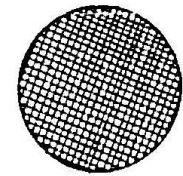
A nem acél alapú munkadarabok finomesztergálása során a szerszám anyaga természetes vagy mesterséges gyémánt, amelyet forrasztással, szinterezéssel vagy mechanikusan rögzítenek a késszárbá. Napjainkban a polikristályos gyémánt PKD (Poli Kristallin Diamant) váltólapkák alkalmasak a leginkább alumínium és réz precíziós esztergálására. A szerszámokat háromszög, négyszög, valamint kör alakban forgalmazzák és illeszkednek az ISO által előírt formarendszerhez.



SPGN

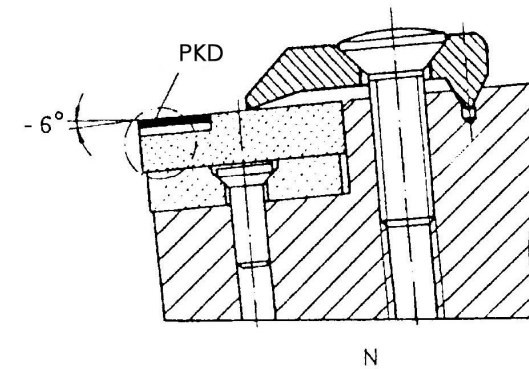
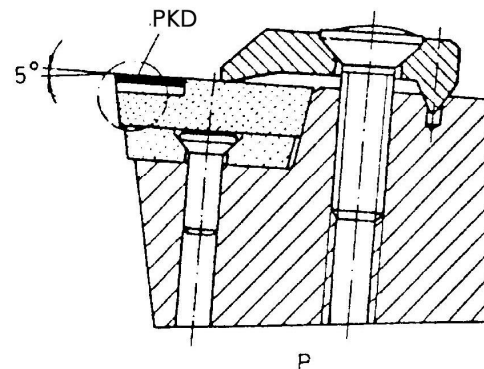


TPGN



RNMN

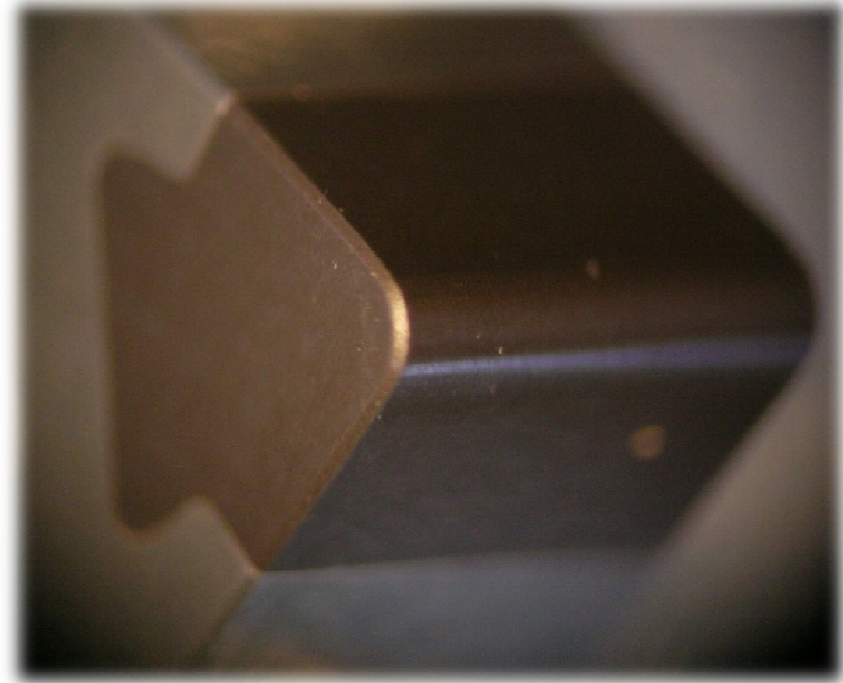
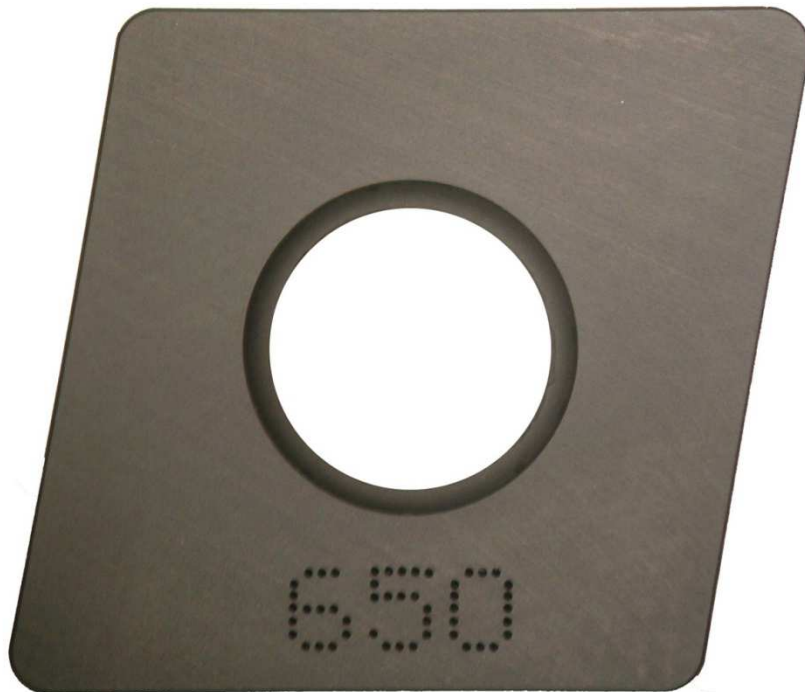
Akármilyen nagyságú PKD lapka nem készíthető el, így a váltólapkának csupán az élközeli része mesterséges gyémánt, a többi keményfém.



A lapkák normál, a keményfém lapkák befogására alkalmas késtartókba is rögzíthetők.

Edzett acélok keménysztergálása

A nagy pontosságú keménysztergálás fejlődése a kilencvenes évek elején indult meg annak következtében, hogy új szerszámanyagok jelentek meg a piacon, ezen kívül a nagy pontosságú esztergák konstrukciói is biztosították a kielégítő szilárdságot, stabilitást és pontosságot. A fejlesztések eredményeként a nagy pontosságú keménysztergálás, mint precíziós finommegmunkálás, teljes értékű alternatívát képvisel a köszörüléssel szemben.



A gyémánt, mint szerszámanyag használatát korlátozza, hogy a forgácsolási övezet hőmérséklete nem haladhatja meg a 600 °C-t, és kémiai affinitása miatt nem alkalmas vasötvözetek (acélok) megmunkálására.

Acélok, öntöttvasak acélöntvények finomesztergálásához a köbös-bór-nitridből (CBN) vagy polikristályos köbös-bór-nitridből (PCBN) készült lapkás kések használhatók. A megmunkálásra alkalmasak a kerámia típusú szerszámanyagok is.

Ultraprecíziós (UP) esztergálás



UP fejlődését a teljesítménylezerek kifejlesztése, valamint az infravörös optika elterjedése ösztönözte.

A precíziós főorsó és vezetékek lehetővé teszik $0.1 \mu\text{m}$ alatti érdesség és $\pm 1 \mu\text{m}$ méretpontosság elérését, a helyzetpontosság problémái bázisváltásból adódnak.



Környezet:

- klimatizált, $20 \pm 0,5^\circ\text{C}$, r
- relatív nedvesség tartalom: 50%,
- hőegyensúly,
- emberi jelenlét nem kívánatos
- rezgésszigetelt alap,

Gépágy:

- gránit,
- gömbgrafitos. öv.,
- kerámia

Vezetékek:

- aerosztatikus (CBN hidrosztatikus)

Munkadarab befogás:

- vákuumtokmány,
- műanyag, üveg ragasztással

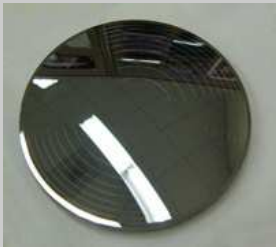
Főorsó:

- aerosztatikus; $n = 6000 \dots 12000 \text{ f/min}$
- tehermentesített, rezgéscsillapított szíjhajtás
- futáspontossága: $0,05 \mu\text{m}$
- merevsége: $500 \text{ N}/\mu\text{m}$ (orsóközépen)
- anyagminőség: kerámia (deformáció 7x kisebb),
szánszálerősítésű műanyag (deformáció 15x kisebb)



A csúcstechnológiák körébe tartozó ultraprecíziós esztergálás, valamint a mikroforgácsolás pontossága az előbbtől akár 2...4 fokozattal is finomabb. Ezekkel az eljárásokkal készülnek például a lézertechnikában használt fémtükrök, a germánium- és szilíciumlencsék, valamint a vákuumtömítések és a légcsapágyazás elemei.



Alkalmazási terület	Anyag	Követelmény
Fényvisszaverő optikai elemek (tükrök)	• fénymásoló dob • lézertükrök 	• Alumínium, • Réz, • Arany, • Nikkel, • Ezüst, • Molibdén, • Platina 98% reflexió, Alakpontosság: 0,2...0,01 μm Érdesség: Ra~0,005 μm
Fényáteresztő optikai elemek (lencsék)	• napelemek lencsái • lézerlencsék	• Optikai műanyagok, • Germánium, • Szilícium Alakpontosság: 0,2...0,01 μm Érdesség: Ra~0,002 μm
Mechanikai elemek, alkatrészek	• HDD • légcsapágy • vákuumtömítések • részecskegyorsítók elektródái	• Alumínium, • Réz, • Sárgaréz • Nikkel, Alakpontosság: 0,5...0,1 μm Érdesség: Ra~0,01 μm

Finomfúrás

Csigafúróval történő fúrás esetén nagyolt furatokat kapunk IT12 ...13 pontossági osztállyal, $Ra=20\ldots80\mu\text{m}$ átlagos érdességgel. A telibe fúrást maximum 25mm-ig használjuk, felette két lépésben fúrunk, az első fúró átmérője 60-70%-a legyen a második fúró átmérőjének! Hosszú furatokban forgács beszorulhat és eltörheti a fúrót. Ezért a fúrót ismételten ki kell emelni a furatból és le kell tisztítani $3d$, majd $1.5d$, $0.75d$ és minden további $0.5d$ hosszúságnál.



Ha a csigafúró szerszámot készülékkel megvezetjük IT10 ...11; süllyesztésnél a félsimított furatnál IT10 ... 11-es, $Ra=2,5\ldots10\mu\text{m}$ érhetünk el. Dörzsárazással javíthatunk a furat minőségén: egy lépésben IT9 ... 10, $Ra\geq 1,25\mu\text{m}$, két lépésben IT7 ... 8, $Ra\geq 0,63\mu\text{m}$ is elérhető.

Finomfúrást fokozott pontossági és felületminőségi követelmények esetén alkalmazzuk, szerszáma a finomfúró rúd.

A betétkés kilógása a fúrórúdból adja a furat méretét, radiális finomállítása a legegyszerűbb kivitelűeknél nem lehetséges. A szerszám rádiusza így adódó méret, melynek ellenőrzésére korszerű szerszámbemérő rendszerek állnak rendelkezésre.



A finomfúróművekben mind a tengelyhelyzet, mind az alakhibák javíthatók, mert a finomfúráshoz használt szerszám nem önvezető. A fúrórúdba fogott betétkés radiális finomállítást tesz lehetővé. Az így elérhető pontosság IT4 ... 5, $Ra=0,32\ldots0,63\mu m$.



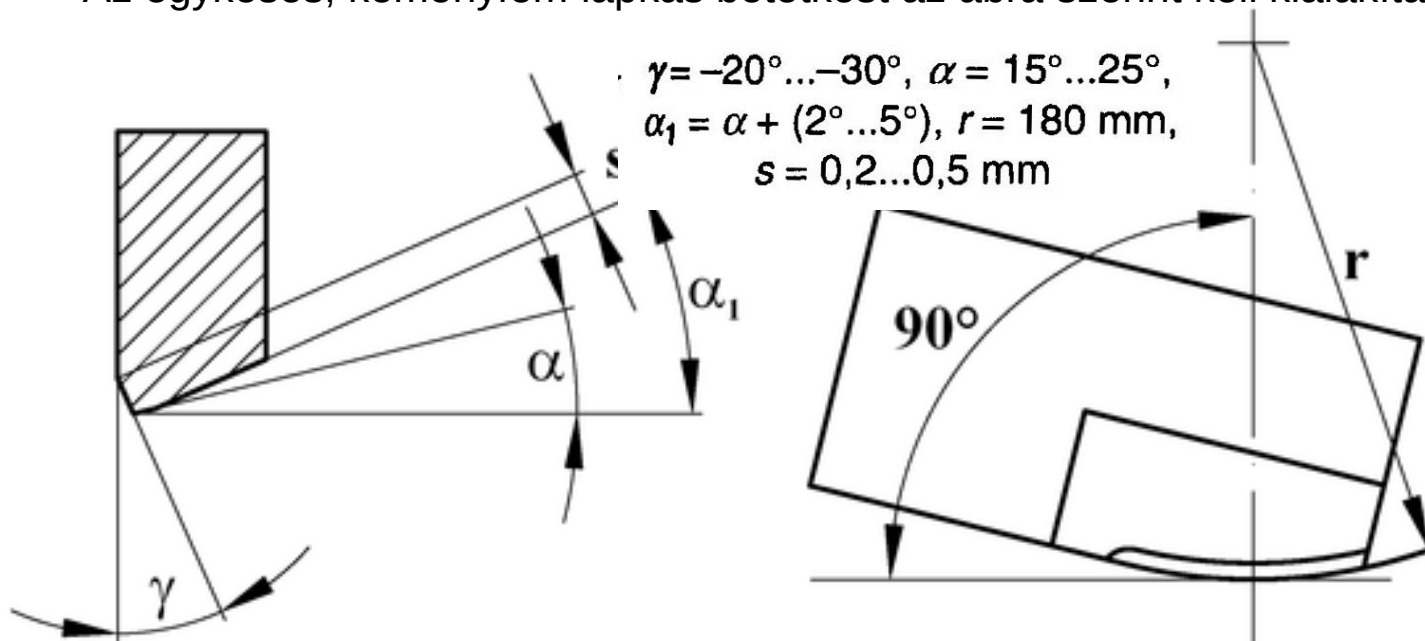
Finommarás

Finommarással síkfelületek, síkokból összetett ill. egyéb alakos, rendszerint külső felületeket állítunk elő. Jellemző szerszáma a keményfém lapkás homlokmaró. A finommarás előnyösen alkalmazható csúszófelületek előállítására, például szerszámgépek ágyvezetékeinek megmunkálására (GG25, GG30); pontosan illeszkedő, de el nem mozduló felületek gyártására, például hengerfej vagy hengertömb illeszkedő felületeinek létrehozására.

Hagyományos gépeken (pl.: egytetemes vagy függőleges marógépeken) egykéses marófejjel, ún. ütőkéses eljárással célszerű dolgozni. Finommarást csak kifogástalan állapotú, pontos gépen lehet végezni, ahol a főorsó tengelyirányú játéka 0, sugárirányú játéka minimális.

A főorsó lehetőleg siklócsapágyazású és laposszíjhajtású. Az ütőkésfej (marófej) minél nagyobb tömegű legyen. A simítómarással előmunkált munkadarabot feszültségmentesíteni kell, és ügyelni kell arra, hogy a szorítás ne okozzon deformációt.

Az egykéses, keményfém lapkás betétkést az ábra szerint kell kialakítani.



- Technológiai adatok:
- Forgácsoló sebesség
 $v_c \geq 200 \text{ m/min}$,
javasolt keményfém
szerszámhoz
 - Előtolás
 $f = 0,1 - 0,25 \text{ mm/ford}$
 - Fogásmélység
 $a = 0,05 - 0,15 \text{ mm}$

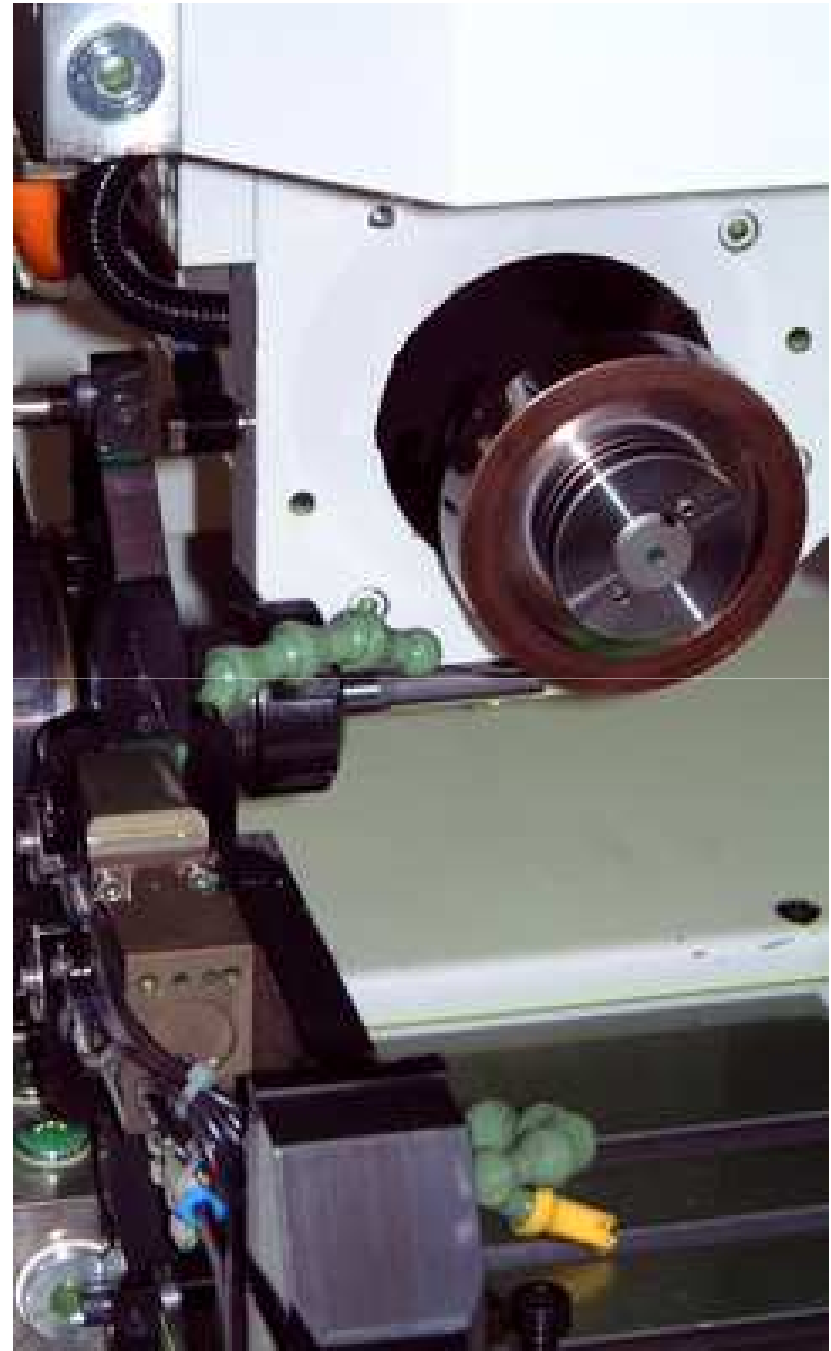
A gépjármű hűtőrendszerének meghibásodása során intenzív hősokk éri a motort, mely gyakran geometriai deformációkhoz vezet. A motorblokk és a hengerfej síklapúságának visszaállításával felújítható a szerkezet. A teljesítményfokozás érdekében esetenként le is szoktak munkálni a motorblokkból, ezáltal megnövelik a kompressziót. Az eljárást célgépen, célszerszámokkal végzik.



Korszerű, nagy teljesítményű CNC marógépeken váltólapkás marófej használható. A marófejben a normál fazettás lapkák mellett ún. széles simítólapkákat helyeznek el, amely kb. 0,05mm-rel mélyebben dolgozik a többinél. Az elérhető megmunkálási pontosság IT7 - 8, a felületi érdesség: $Ra=0,32-1,25[\mu m]$, a síktól való eltérés $\approx 0,05[\mu m] / 1000[mm]$

Finomköszörülés

Finomköszörülést akkor alkalmazunk, ha igen szűk tűrésű, szigorúan alakhű, kiváló minőségű felületeket kell előállítani, például szerszámgép főorsók, fogaskerék-szivattyúk hengeres felületei, hidraulikus rendszerek elemei, ipari hengerek (alufólia- és papírgyártás), forgácsolószerszámok. Síkfelületek is megmunkálhatóak finomköszörüléssel, de sokkal ritkábban van rá igény. Az alkatrészgyártásban többnyire befejező megmunkálásként találkozunk vele, és a munkadarabok előírt méret-, alak-, és helyzetpontosságát, valamint felületminőségét érjük el.



Követelmények a finomköszörűgéppel szemben:

- az anyagleválasztáshoz szükséges relatív elmozdulások legyenek pontosan ismételhetők,
- mechanikailag stabil körülmények között végezzék az anyagleválasztást,
- rugalmas technológiát tegyenek lehetővé: kellően széles fordulatszám- és előtolás-tartomány, megfelelő fokozatszám, ill. fokozat nélküli hajtás,
- megfelelő teljesítményű hűtő-kenő folyadékrendszer szűréssel, jól szabályozható hozzávezetés, alkalmas tisztítóberendezések,
- munkavédelmi szempontból legyen biztonságos, ergonómiai szempontból legyen célszerű a kialakítása,
- igen kis rezgésű, hidrosztatikus kenésű főorsó- és tárgyorsó-csapágyazás, sugárirányú ütés legfeljebb 0,001 mm,
- rezgésszigetelt alapozás.



A köszörűszerszám felépítése döntő mértékben meghatározza:

- a szerszám élettartamát,
- a leválasztott anyag mennyiségét és
- a munkadarab felületi minőségét.

A szerszámmal szemben támasztott követelmények:

- elastikus kötőanyag (pl. bakelit, gumi, elasztomer),
- finomszemcsés (320-1200), egyenletes kötéskeménységű, gondosan leszabályozott és kiegyensúlyozott köszörűkorong.



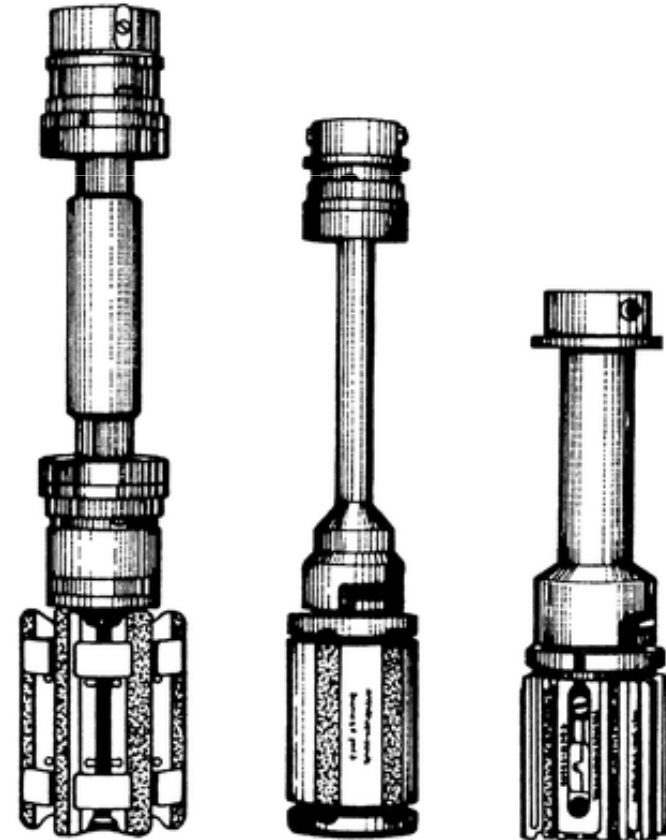
A szerszámok alakját az alkalmazandó eljárás, esetenként a megmunkálandó felület profilja határozza meg. A szerszámok többsége általában korong, hengeres vagy kúpos fazék alakú, ritkábban gyűrű vagy szegmens. A leggyakrabban használt kerámia- és bakelitkötésű szerszámok alakját, jelölési rendszerét a magyar és a nemzetközi szabvány rögzíti.

A munkadarabbal szemben támasztott követelmények:

- egyenletes kis köszörülési ráhagyást kell alkalmazni (3–5µm oldalanként), vagyis alig többet, mint az előző műveletből származó felületi érdességet, hiszen a finomköszörüléshez képest az előző eljárás során keletkezett felületi érdesség is jelentős lehet;
- simító köszörüléssel kell előmunkálni a munkadarabot, mert a finomköszörüléshez képest ez még nagyoló eljárásnak számít;
- köszörült, gondosan megtisztított központfuratokat kell előmunkálni a pontos helyzet és tájolás miatt.

Dörzsköszörülés (hónolás)

Elsősorban furatok finomfelületi megmunkálására kifejlesztett eljárás. A forgácsleválasztást szabálytalanul sok élű (ún. abrazív), hasáb alakú szerszámok végzik. A köszörüléssel ellentétben a dörzsköszörűgép felülete folyamatosan érintkezik a munkadarab felületével, így kiváló méret- és alakhűséget és különleges felületminőséget ad. A forgácsleválasztás tengely irányú váltakozó, és tengely körüli – viszonylag lassú- forgómozgások kombinációjaként, sugárirányban szétfeszíthető dörzsköszörűhasábok segítségével jön létre. A megmunkált felületen, párhuzamos, jellegzetesen kereszteződő nyomok láthatók.



Dörzsköszörülés technológiája

A karcok α metszési szöge, az ún. átfedési szög a mozgásviszonyokból számítható. A

forgácsolósebesség két összetevőből áll:

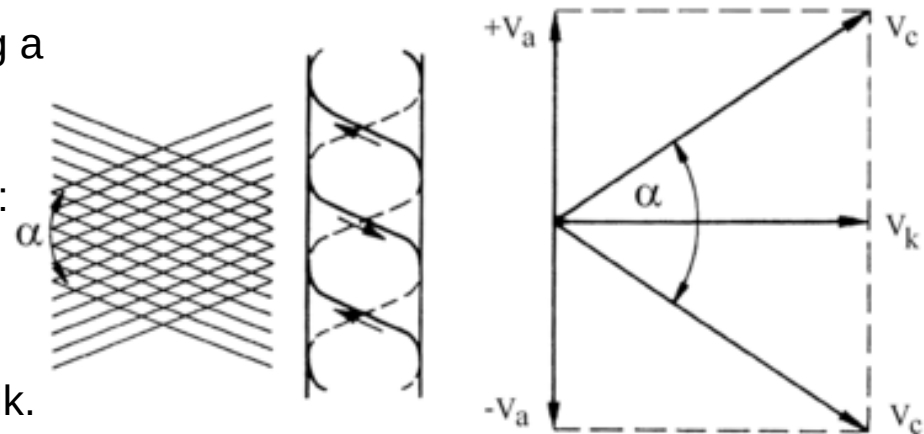
- a tengelyirányú, váltakozó mozgás sebessége:

$v_a = 12\text{--}25\text{ m/min}$;

- a forgómozgás kerületi sebessége:

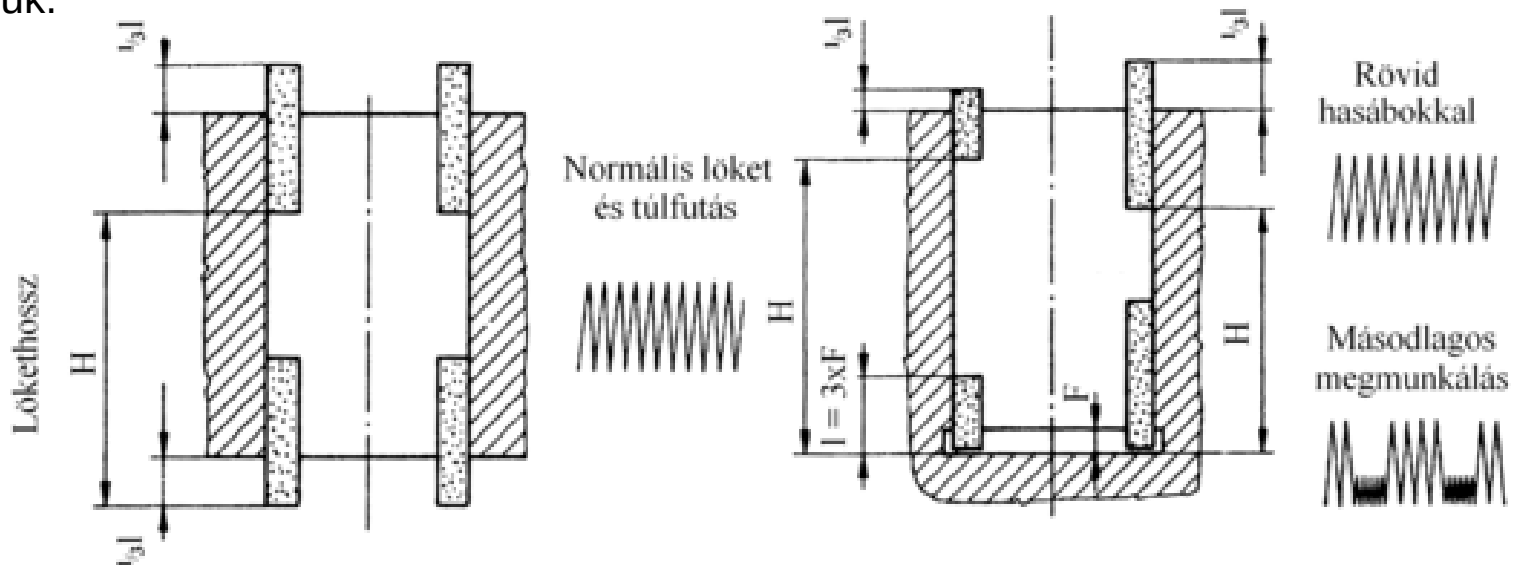
$v_k = 20\text{--}50\text{ m/min}$.

Ennek megfelelően α értéke 30° és 90° közé esik.



A lökethosszt és lökethelyzetet a hengeres furat létrehozására úgy kell megválasztani, hogy a dörzsköszörűfej $1/3$ dörzsköszörű-hasábhosszal a furat mindkét végén túlfusson.

Zsákfuratok is készírhethők nagyon rövid hasábokkal az ún. másodlagos dörzsköszörüléssel. Ekkor a dörzsköszörűfejet a furat végén rövid löketekkel külön megjárátjuk.



Dörzsköszörülés jellegzetes munkadarabjai

motorblokkok hengerfuratainál (a dugattyú megvezetése miatt), hengerhüvelyek, hidraulikus munkahengerek (a dugattyú miatt), főfékhengerek, hajtókarfuratok, öntvényházak csapágyazott furatainál az (akár szilárd) illesztésnek megfelelő tűrések miatt, hajtóműházak furatainál, osztott alkatrészeknél az osztási síkban, megvezetés miatt az illesztett csapok furatainál, adagolószivattyúknál. A munkadarabok lehetnek edzetlen és edzett acélok, öntöttvasak, színes- és könnyűfém-öntvények, szinterfémek, kerámiák.

Elérhető

méretpontosság

A dörzsköszörüléssel elérhető méretpontosság IT4-6.

A felületi minőség a hasáb szemcseméretétől függ.

Ha a szemcseméret:

- durva: 54-150, akkor $R_z=20\ldots5\mu\text{m}$ (nagyoló dörzsköszörülés);

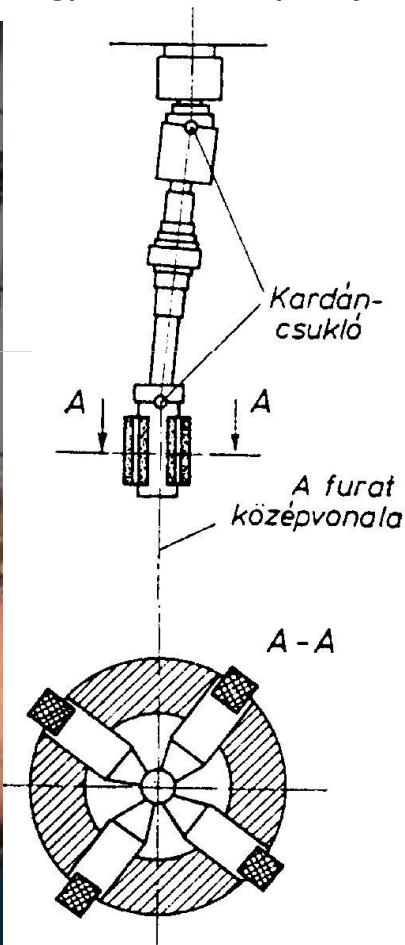
- finom: 180-500, akkor $R_z=5\ldots2\mu\text{m}$,
 $R_a=0,6\ldots0,2\mu\text{m}$ (készre munkálás);

- nagyon finom: 600-1200, akkor $R_z=2\ldots0,2\mu\text{m}$,
 $R_z=0,1\ldots0,02\mu\text{m}$.



Dörzsköszörűgépek kialakítása

A dörzsköszörűgépek igen változatos kialakításúak. Az orsó lehet vízszintes vagy függőleges. A dörzsköszörűfejeket az előmunkált furatok vezetik, ill. központosítják. A furatra való beállítást kettős kardáncsukló teszi lehetővé. Sorozat- és tömeggyártásban többorsós gépeket is alkalmaznak (például motorblokkok megmunkálásához). Ezek a gépek méretvezérlő berendezéssel vannak felszerelve. A korszerű dörzsköszörűgépek CNC vezérlésűek. A legismertebb dörzsköszörűgépgyártók: Gehring, Nagel (Németország), Sunnen (Svájc, ill. USA).

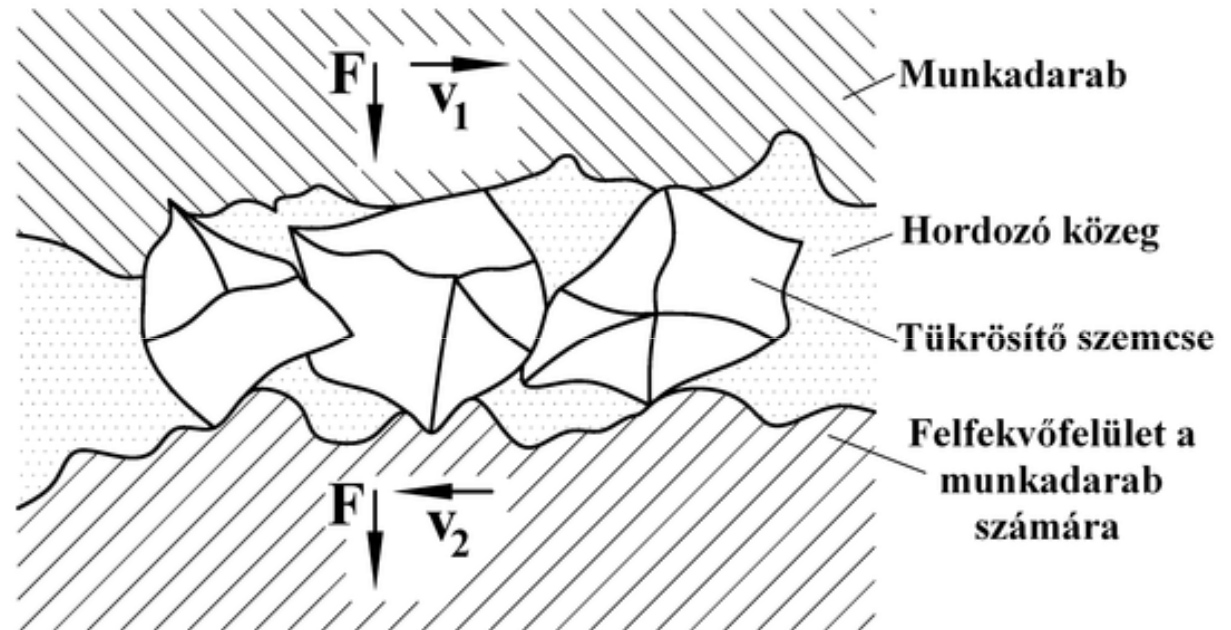


Tükrösítés

A tükrösítés olyan szabad, folyadékban vagy pasztában elosztatott szemcsével végzett forgácsolás, amelynek során a keveréket többnyire alakátvivő ellendarabra (tükrösítőszerszámra) hordjuk fel, és az egyes szemcséket lehetőleg szabálytalan forgácsolópályára kényszerítjük. A jól tükrösített felület fényes (tükrös), megmunkálási karcok nem fedezhetők fel rajta.

A tükrösítés előnyei:

- befogókészülékekre ritkán van szükség, mivel a megmunkálandó felület egyben a bázisfelület is,
- a felületi nyomás csak $0,01 \dots 0,03 \text{ N/mm}^2$, ezért a deformáció elhanyagolható,
- a forgácsolósebesség kicsi ($v_c = 10 \dots 15 \text{ m/perc}$), ezért
- a hőfejlődés is jelentéktelen, így
- nincs feszültség okozta elhúzóadás a munkadarab felületi rétegében,
- tömítés nélkül szerelhető gáz- és folyadékzáró felületek hozhatók létre.



Tükrösítésnél általában nem kell külön bázisfelület, mert a bázis maga a megmunkálandó felület.

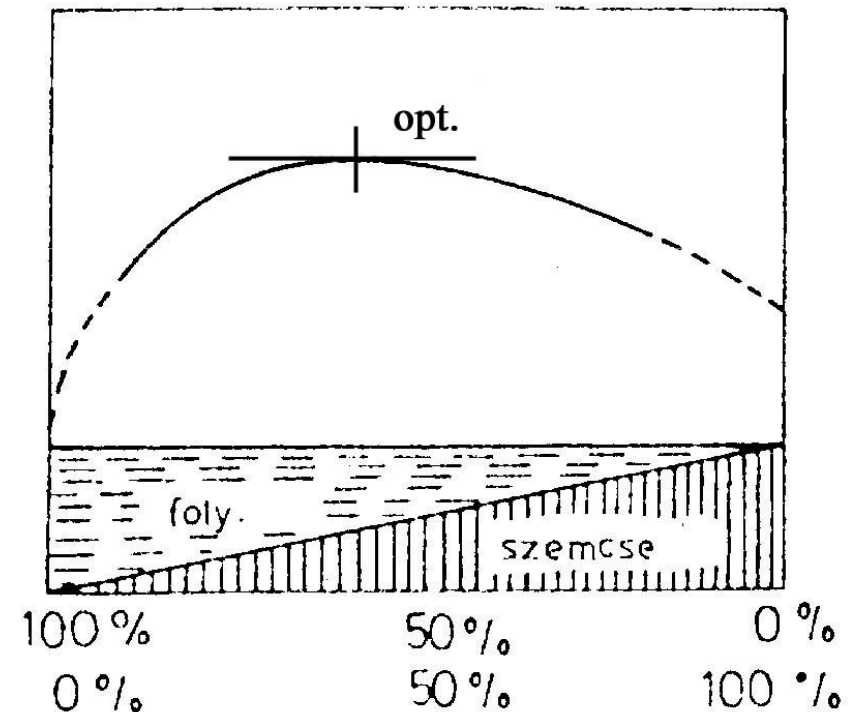
Tükrösítő anyagok feladata

A tükrösítő anyagok feladata, hogy a munkadarab és a tükrösítőszerszám között elhelyezkedő hordozóközegben (folyadékban vagy pasztában) egyenletesen el legyenek oszlatva, valamint hogy a hordozóközeggel minél jobban keveredjenek. A tükrösítésnél ezek a szemcsék jelentik a szabálytalan élgeometriájú (sokélú) szerszámot, amelyeknek szabálytalan mozgáspályát leírva kell a munkadarab és a tükrösítőszerszám között egyenlő mértékű előfordulással anyagleválasztást végrehajtani.

Különböző tükrösítő anyagok

Fokozott felületi követelmények eléréséhez edzett acélhoz króm-oxidot, lágyabb fémekhez vas-oxidot vagy gyémántpasztát használunk. A hordozóközeg általában olaj, de lehet petróleum, vagy faggyú is. A tükrösítőszerek anyaga lehet továbbá:

- korund: az oxidok és hidroxidok osztályába tartozó ásványfaj, nagy- és közepes keménységű fémekhez, enyhén és magasan ötvözött acélokhoz, szerszám-, gyors-, rozsdamentes acélokhoz, öntöttvasakhoz,
- szilícium-karbid: mesterséges csiszolóanyag szilíciumból, és szénből (SiC), alacsony szakítószilárdságú fémes és nemfémes anyagokhoz (szürke-, kéreg-, temperöntvények, bronz, alumínium, réz, szerves, ásványi és kerámi anyagok),
- bór-karbid: (B_4C) nagyon kemény, kopásnak különösen jól ellenálló kerámia, nagy súrlódásnak kitett gépalkatrészekhez, csapágyakhoz.

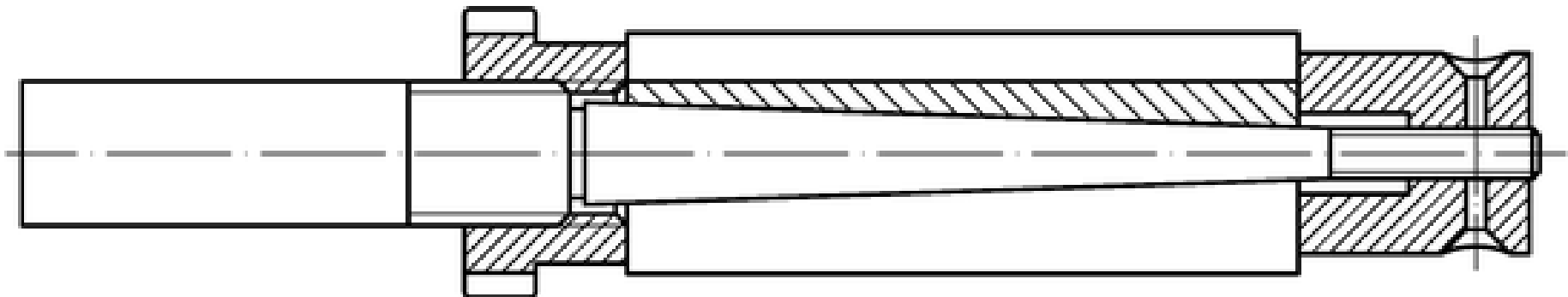


Tükrösítés alkalmazási területei

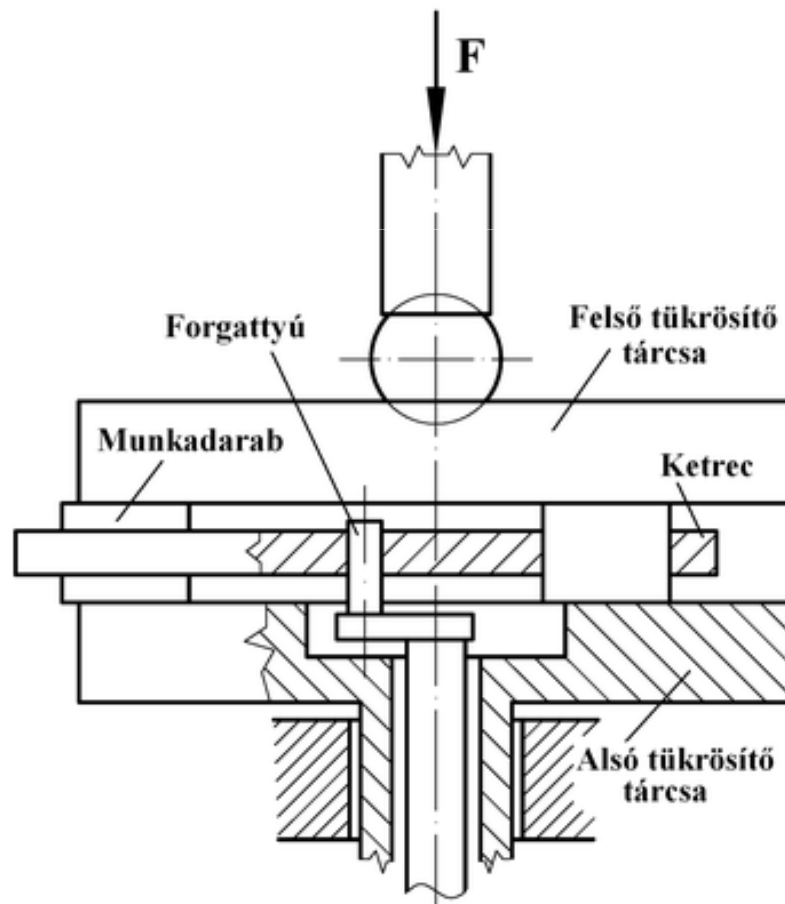
A tükrösítést elsősorban mérőeszközök (például mérőhasábok, kalibergyűrűk, idomszerek), hidraulikus és pneumatikus elemek gyártására használják, de megtalálható a finommechanikai ipar és a gépipar számos területén is, főleg tárcsák, perselyek homlokfelületének megmunkálásánál. A tükrösítéssel megmunkálható anyagok köre igen széles. Minden homogén szerkezetű anyag megmunkálható, amely megmunkálás közben nem deformálódik, így fémek, kőzetek (beleértve a drágaköveket is), félvezető anyagok, grafit, stb.

Az anyagleválasztás folyamata

A tükrösítés szabálytalan élgeometriájú (sokélú) szerszámmal végzett finomfelületi megmunkálás. A mozgást az egymáson elcsúszzó munkadarab és szerszám végzi, amely mozgás lehet lengő vagy alternáló. A közöttük lévő munkahézagban (hordozóközegben) a lazán felvitt csiszolószemcse anyagleválasztást végez. A szemcsék a munkadarab anyagánál puhább vagy porózusabb felületű szerszámtestbe részben benyomódva, részben pedig a felületek között sodródva választanak le forgácsot, elsősorban a munkadarab felületéről. A tükrösítés kézi és gépi változatai ismertek. A kézi tükrösítés főleg egyedi és kissorozatgyártásban terjedt el: sík, hengeres (külső vagy belső) és alakos felületek munkálhatók meg. Furatot kétfelől felhasított, kúppal feszíthető tüskével lehet tükrösíteni, amelyen a munkadarabot forgó- és egyenes vonalú, váltakozó irányú mozgással mozgatjuk.



Egytárcsás tükrösítőgéppel végzett gépi tükrösítés során az egyenletes anyagleválasztás és a szerszámkopás miatt a munkadarab és a tárcsa mindig más pályán mozog. Egytárcsás tükrösítőgépnél igen ritkán ismétlődik a pálya, de ha a szemcsék mozgását is figyelembe vesszük, akkor látszik, hogy azonos szemcse és azonos felület találkozásának az esélye nagyon kicsi, kéttárcsás gépnél ennek az esélye gyakorlatilag nulla.



Többtárcsás tükrösítőgépben a munkadarabokat a felső és az alsó tükrösítő tárcsák közé helyezzük. A munkadarabok helyzetét a ketrec határozza meg. A változó pályamozgást a ketrecmozgató forgattyú biztosítja. A munkadarabok mozgása úgy jön létre, hogy a tükrösítőtárcsákat ellentétes irányban, de azonos sebességgel, a ketrecet pedig excentrikusan, de eltérő sebességgel mozgatjuk.

Elérhető alak- és méretpontosság

A tükrösítés a legfinomabb forgácsolóeljárás, amellyel nemcsak különleges felületi minőség, hanem rendkívüli alakpontosság, valamint szűk mérettűrések érhetők el a megmunkált anyag keménységétől függetlenül, egészen IT1-3 pontosságig.

A tükrösítéssel elérhető felületi érdesség

$R_{\max}=0,2-3,5[\mu\text{m}]$,
illetve $R_a=0,02-0,2[\mu\text{m}]$,

különleges igényekre
(mérőhasáb minőség)

$R_{\max}=0,03-0,1[\mu\text{m}]$,
illetve $R_a \leq 0,02\mu\text{m}$.

A felületi érdesség függ
a hordozóanyagtól, a
tükrösítőszemcsétől is,
például korundnál

$R_{\max}=0,3-2,4[\mu\text{m}]$,

szilícium-karbidnál

$R_{\max}=0,2-3,5[\mu\text{m}]$, bór-
karbidnál pedig

$R_{\max}=0,4-3,5[\mu\text{m}]$.

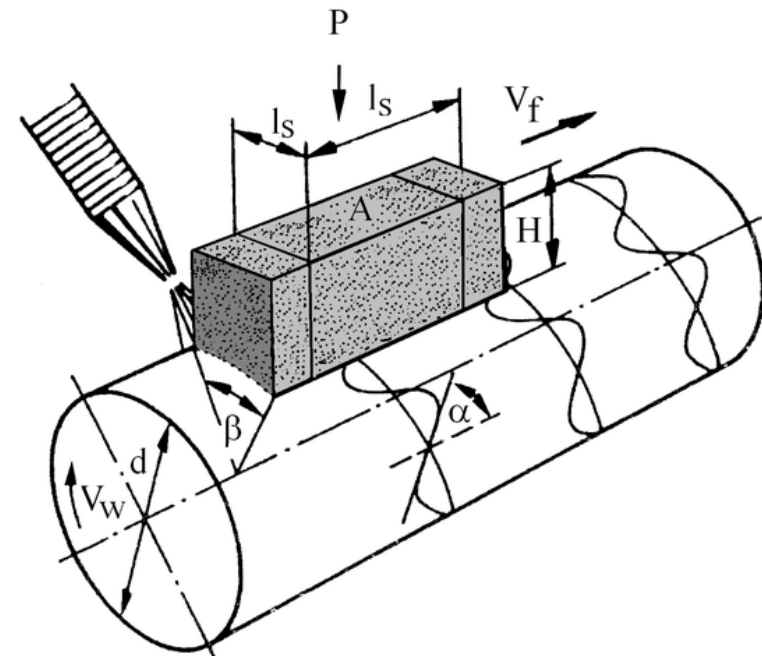


Tükörsimítás (szuperfiniselés)

Tükörsimítással köszörült felületek érdességi csúcsait 10...15 s alatt el lehet távolítani, létrehozva olyan különlegesen finom felületet, amelyen nem (vagy csak alig) ismerhetők fel a köszörűszemcsék jellegzetes karcolatai. A nagy szemcsefinomság folytán új megmunkálási nyomok nem keletkeznek, ill. azok elhanyagolhatók.

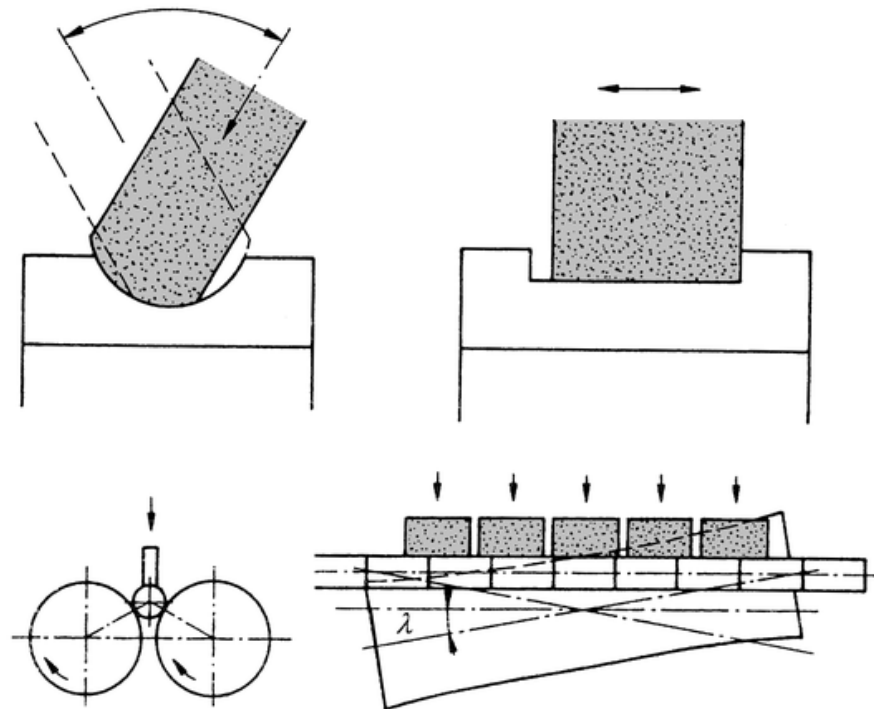
Ezáltal

- megnő az egymáson elmozduló felületek terhelhetősége és élettartama,
- jelentősen csökken a kopás, ezért lerövidül a gépjárművek bejáratása,
- az előzetes megmunkálás (köszörülés) során károsodott (felkeményedett, feszültséggel terhelt) felületréteg eltávolítható,
- nő a felület korrózióállósága.



Tükörsimítás alkalmazási területei

Az eljárásváltozatok száma a felhasználási területtől függően igen magas. A legnagyobb részarányt a csapágyipar képviseli: a golyó kivételével valamennyi gördülőpályáját (külső, belső gyűrű), ill. elemet tükörsimítással munkálnak készre. A gépjárműiparban forgattyús és vezértengelyek, szelepemelő tőkék, az általános gépgyártásban dugattyúrudak, hidraulikai elemek, tengelycsapok, gömbcsapok gyártása során alkalmazzák. Csúcs nélküli tükörsimítással készülhet például a dugattyúcsapszeg és a hengergörgő.



A tükörsimítás technológiai tulajdonságai

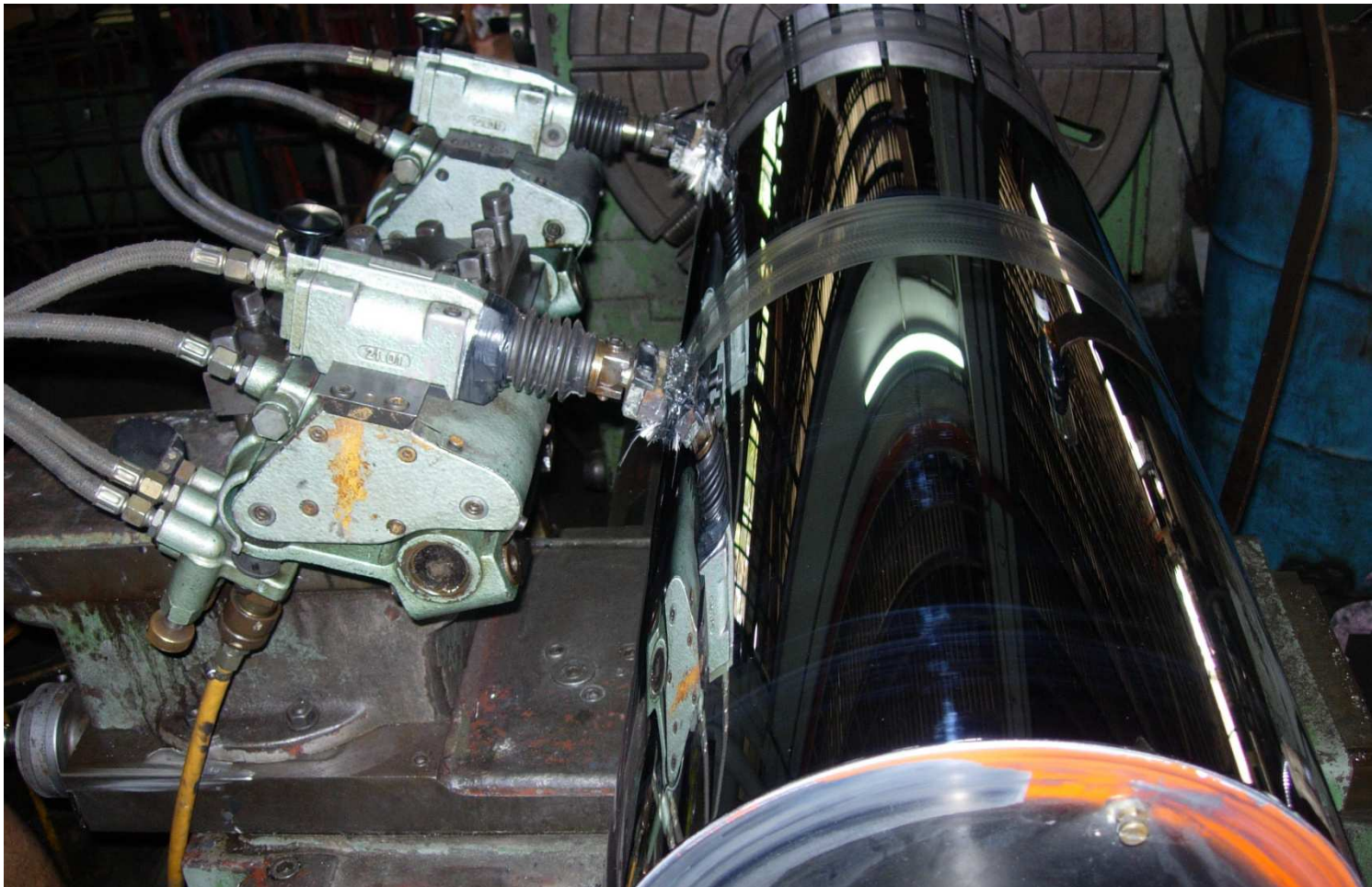
Az eljárás során a hűtő-kenő folyadék használata nélkülözhetetlen. Mivel a forgácsoláskor képződő hő csekély, a hűtőképesség kevésbé lényeges szempont. A hűtő-kenő folyadék legfontosabb feladata a leváló fém- és szerszámrészecskék kiöblítése a forgácsolási övezetből és a szerszám működő felületének tisztántartása. Erre a feladatra ma is jól használható a petróleum (80-90%) és orsóolaj (10-20%) emulziója. Az olajhányad növelésével kisebb lesz a felület érdessége, de csökken az anyagleválasztás.

Tükrösítőszer	Hordozóközeg	Szemcseméret [μm]	Felületi érdesség [μm]
Korund	Olaj	3,0 - 4,5	0,3
		4,0 - 6,0	0,5
		7,5 - 9,5	0,9
		13 - 16	1,4
		16 - 20	1,8
		20 - 24	2,4
Szilícium-karbid	Olaj	2,0 - 4,0	0,2
		4,5 - 7,5	0,5
		7,0 - 11,0	0,8
		15 - 21	1,8
		21 - 27	2,4
		35 - 45	3,5
Bór-karbid	Olaj	4,0 - 6,0	0,4
		7,0 - 11,0	0,8
		15 - 21	1,8
		26 - 34	2,8
		35 - 45	3,5

Elérhető méretpontosság

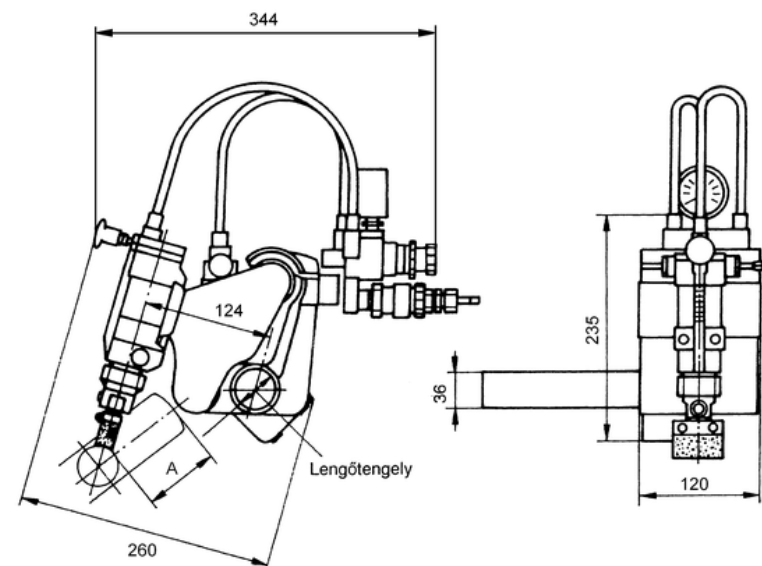
Az itt alkalmazott legdurvább szemcse 600-as, ez is közrejátszik az elérhető méretpontosságban. A pontossági és alakhűségi követelményeket döntő mértékben a köszörüléssel kell megadni. A tükörsimítással elérhető minőségi követelmények:

- a felületi érdesség $R_m \geq 0,05 - 0,4 \mu\text{m}$, ill. $R_a \geq 0,01 - 0,05 \mu\text{m}$;
- a hullámosság $W_t \approx 0,1 - 0,5 \mu\text{m}$;
- a köralakhiba a kiinduló érték 20-50%-a;
- az elérhető pontosság IT4-6, az előzetes megmunkálástól függően.



Tükörsimítás mozgásvizsgálata

Esztergagépre szerelt adapter esetén a munkadarab be van fogva a tokmányba, így az végzi a forgó mozgást, a szerszám pedig a felülethez megfelelő mértékben nekinyomva egyenes vonalú mozgást végez.



A tükörsimítás eszközei, gépei

A tükörsimító szerszámnak egyenletes minőségűnek kell lennie. További követelmény még a szerszámmal szemben, hogy folyamatos önéleződés legyen, mert a szerszám szabályozása nem lehetséges, ugyanezen ok miatt csekély kopást szabad megengedni, valamint a ráhagyást gyorsan kell tudnia eltávolítani, és kiváló felületi minőséget kell hagynia.

A tükörsimítás szerszámai felépítésüket tekintve köszörűszerszámok. Rideg anyagokhoz, például öntöttvasakhoz zöld vagy fekete szilícium-karbid, acélokhöz normálkorund szemcse ajánlott.

