

# Finomfelületi megmunkálások

# Speciális technológiák

- Gyártástechnológiai alapelvek:
  - anyag eltávolítás (forgácsolás)
  - alakadás (öntés, képlékeny alakítás)
  - anyag hozzáadás (hegesztés, gyors prototípus gyártás, porkohászat)
- Gyártástechnológiák fejlődésének okai:
  - az alkalmazott anyagokkal szembeni követelmények növekedése (szilárdság, keménység, hő és korrózióállóság, kopásállóság)
  - növekvő pontossági (méret és alak) és felület minőségi követelmények
  - gazdaságosság (energia, termelékenység)
- Különleges megmunkáló technológiák indokoltsága
  - a megmunkált anyag túl kemény, túl nagy a szilárdsága
  - túlságosan rugalmas vagy karcsú (erő hatására kitér a szerszám elől)
- összetett, bonyolult alakzat (külső, belső)
- hő keletkezése, felület hőmérsékletének emelkedése nem megengedett
- maradó feszültségek nem keletkezhetnek
- felület minőségi követelményei
- méretpontossági követelmények
- egyedi vagy kis sorozatú gyártás
- finomfelületi megmunkálások hatása a munkadarabra:
  - kopásállóság nő
  - teherbírás, élettartam nő
  - kifáradási határ nő,
  - korrózióállóság nő

# Anyageltávolító eljárások csoportosítása

- Mechanikus eljárások
  - Forgácsolás- finomfelületi megmunkálások
    - Határozott élgeometria, határozott kinematika
      - Finomesztergálás
      - Ultraprecíziós esztergálás
      - Finommarás
    - Határozatlan élgeometria, határozott kinematika
      - Finomköszörülés
      - Tükrösítő köszörülés
      - Hónolás
  - Leppelés
  - Polírozás
- Határozott és határozatlan élgeometria, határozatlan kinematika
  - Forgótartályos koptató csiszolás
  - Centrifugál koptató csiszolás
  - Vibrációs koptató csiszolás
- Különleges eljárások
  - Mágneses abrazív megmunkálás
  - Ultrahangos megmunkálás
  - Folyadék és gázsugaras megmunkálás

# Anyageltávolító eljárások csoportosítása

- Nem mechanikus eljárások
  - Termikus
    - Elektroeróziós megmunkásás (szikraforgácsolás)
    - Elektroeróziós köszörülés
    - Elektronsugaras megmunkálás
    - Lézersugaras megmunkálás
    - Plazmasugaras megmunkálás
  - Elektrokémiai
    - Elektrokémiai alaksüllyesztés
    - Elektrokémiai köszörülés
    - Elektrokémiai-elektroeróziós köszörülés
    - Elektrokémiai dörzsköszörülés
    - Elektrokémiai sorjázás
  - Kémiai
    - Kémiai maratás
    - Fotokémiai megmunkálás

# Finomesztergálás, finomfúrás

- Technológiai jellemzők

- nagy forgácsolási sebesség  $v=100-1000$  m/min
- kis előtolás  $f=0.01-0.4$  mm/ford
- kis fogásmélység  $a=0.01-0.4$  mm
- kis forgácskeresztmetszet  $A_c=0.0001-0.001$  mm<sup>2</sup>
- kis forgácsoló erő  $F_v=1-1000$  N
- alakpontosság  $1$  μm
- felületi érdesség  $R_a=0.1-1.6$  μm

# Finomesztergálás, finomfúrás

- Szerszámok jellemzői

- Szerszámok anyaga: keményfém, gyémánt, gyorsacél vagy más szuper kemény anyag

- Kis éllekerekítési sugár jellemzi:  $r_n=2-10 \mu\text{m}$

- Nem vasalapú ötvözetekhez:

- gyémánt természetes gyémánt (D)  $r_n < 1 \mu\text{m}$

- Polikrisztallin, mesterséges gyémánt (PKD)  $r_n=3-10 \mu\text{m}$

- Vasalapú ötvözetekhez:

- köbös bórnitrid  $r_n=5-12 \mu\text{m}$

- kerámia  $r_n=10-20 \mu\text{m}$

- keményfém normál  $r_n=20-30 \mu\text{m}$

- keményfém finomköszörült  $r_n=3-6 \mu\text{m}$

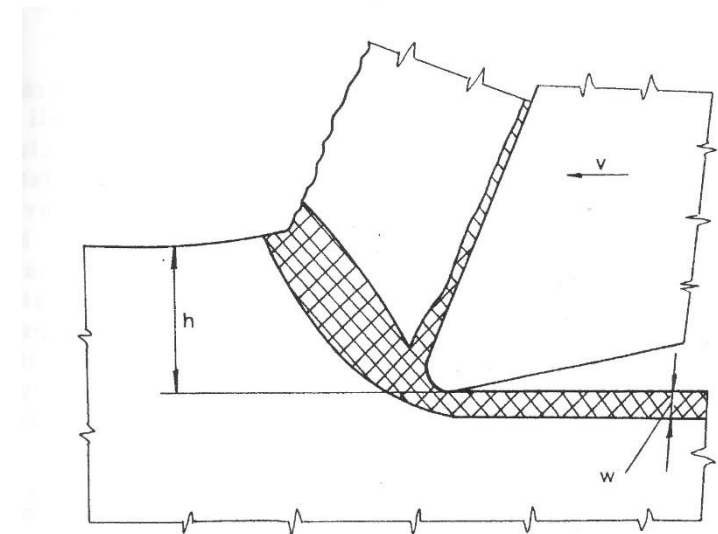
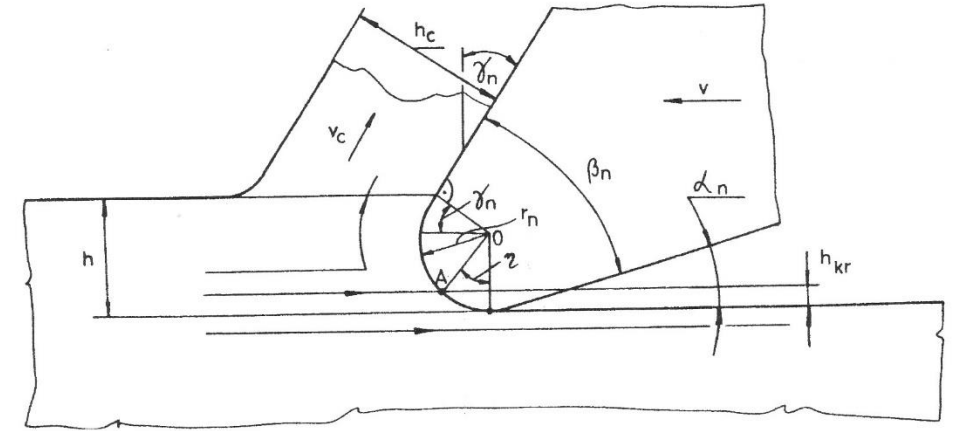
- gyorsacél finomköszörült  $r_n=10-20 \mu\text{m}$

# Finomesztergálás, finomfúrás

- Finomesztergák és tartozékaik
  - a meghajtó egységek (motorok) gépen kívül helyezkednek el
  - merev, rezgést csillapító gépágy és alapozás
  - főorsó különleges csapágyazása (nagy fordulatszám és futási pontosság) hidrosztatikus
  - különleges szánvezetés (rezgés elkerülése, alakpontosság)
  - szimmetrikus szánterhelés és központos vonóorsó elhelyezés a gépágyban
  - fokozatmentes fordulatszám és előtolás beállítás
  - merev, pontos szerszám- és munkadarabbefogók
  - a megmunkálási pontossághoz igazodó mérési pontosság
  - pontos szervoegységek, megbízható vezérlés

# Finomesztergálás, finomfúrás

- Technológia hatása a felület minőségére
  - A külső körülményeken kívül, a technológiai paramétereknek is jelentős hatása van a felületi minőségre.
  - Kritikus fogásmélység ( $h_{kr}$ )
    - Ha  $h \leq h_{kr}$  csak az anyag vasalása történik, nincs forgácsleválasztás
    - ha  $h_{kr} < h \leq r_n(1 + \sin\gamma_n)$  van forgácsleválasztás, de a vasalás jelensége még meghatározó
    - ha  $h > r_n(1 + \sin\gamma_n)$  jó forgácsleválasztás
  - $h_{kr} = r_n(1 - \cos\eta) = (0.3..0.43)r_n$   
ahol  $\eta = 45..55^\circ$  a neutrális szög
  - Optimális fogásmélység:  $h_{opt} = (0.8..1.5)r_n$
  - optimális előtolás:  $f_{opt}(h_{opt}) = \sqrt{2r_n h_{kr}}$





# Finomesztergálás, finomfúrás

- Technológia hatása a felület minőségére
  - Nem ideális forgácsoló él ( $r_n > 0$ ) a megmunkálás során  $w = 0.02 - 0.5$  mm vastagságban megváltoztatja a felületi réteg tulajdonságait (felkeményedhet, maradó feszültség keletkezhet, szövetszerkezet megváltozhat)
  - Finomesztergáláskor  $w$  csak néhány század mm vastag és tangenciális nyomó feszültség mérhető.
  - Nagyobb előtolással vagy életlen szerszámmal vagy  $h/r_n < 1$  esetén  $w$  vastagsága nő, a maradó feszültség átfordul húzó feszültségbe.
  - Túl nagy illetve túl kis előtolás esetén nő a forgácsleválasztás energia igénye és a hőmérséklet, ami a lehűlés után húzó feszültséget eredményez, amely akár mikro repedéseket is okozhat a felületen.
  - Kritikus fogásmélység:  $a_{kr} = r_\epsilon \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{h_{kr}^2}{f^2}} \right)$  alatta forgács nem keletkezik.
  - Növelve a fogásmélységet egy bizonyos határig csökken a felület érdessége, majd enyhe emelkedés tapasztalható.

# Finomesztergálás, finomfúrás

- Alkalmazási területek:
  - előkészítő művelet tükrösítés, dörzsköszörülés és tükörsimítás előtt
  - dugattyú palástfelületének esztergálása
  - hengerperselyek esztergálása
  - hajtókarok csapágyszemei
  - hagyományos köszörülés alternatívája- nehezen köszörülhető anyagok (Al, Cu és ötvözeteik, műanyagok)

# Ultraprecíziós esztergálás

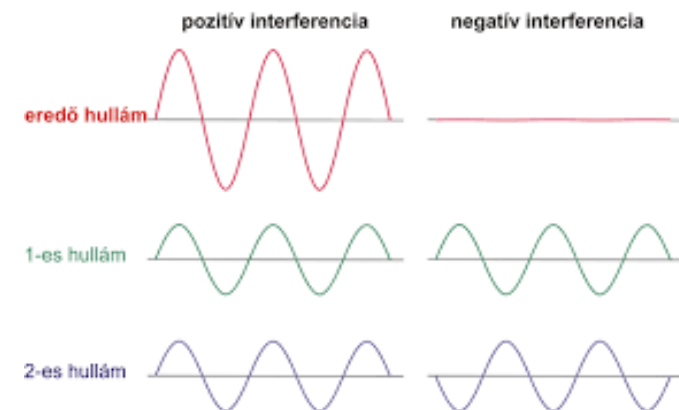
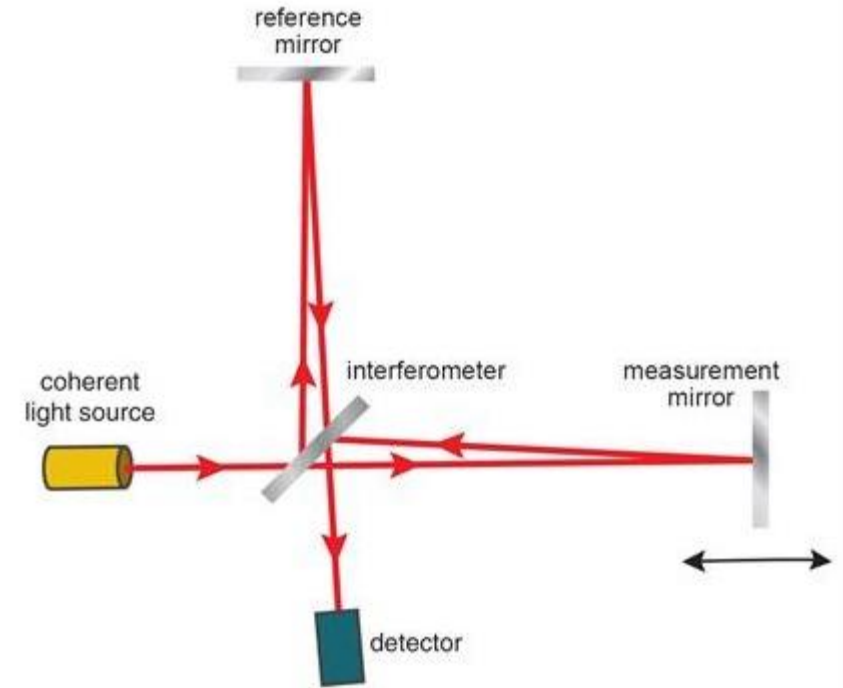
- A finom esztergálás speciális változata. Jellemzője a mikron alatti pontosság, amely elérheti akár a nanométer tartományt is.
- Technológiai jellemzők:
  - nagy forgácsolási sebesség  $v=200-2000$  m/min
  - kis előtolás  $f=0.05-10$   $\mu\text{m}/\text{ford}$
  - kis fogásmélység  $a=1-50$   $\mu\text{m}$
  - kis forgácskeresztmetszet  $A_c=0.5-500$   $\mu\text{m}^2$
  - kis forgácsoló erő  $F_v=0.1-10\text{N}$
  - méretpontosság  $<IT5$
  - alakpontosság  $0.01-0.5$   $\mu\text{m}$
  - felületi érdesség  $R_a=0.02-0.05$   $\mu\text{m}$

# Ultraprecíziós esztergálás

- Teljes rezgésmentes környezet szükséges (utcai közlekedés, műhely zaj nyomot hagy a felületen).
- Léghőképző, tiszta levegőjű környezet szükséges a műhelyben. Néhány fok környezeti hőmérséklet változás alak és méret hibát okoz.
- A forgácstól nem jelentős hőforrás, hűtés-kenésre általában nincs szükség. Ha mégis, akkor alkoholt vagy sűrített levegőt használnak.
- Munkadarab anyagával szembeni követelmények:
  - A legjobb felületi minőséget finomszemcsés anyagoknál lehet elérni.
  - A szemcseméret kisebb legyen a forgácsvastagságnál, mert nagyobb szemcseméret esetén minden szemcsét a szerszám külön vág el.
  - Az egyes szemcsék orientációja eltérő, így a forgácsoló erő ingadozik, a rugalmas deformáció következtében lépcső keletkezik a szemcsehatároknál.

# Ultraprecíziós esztergálás

- Szerszám gép követelményei:
  - Gépágy polimerbetonból készül (kiváló rezgés csillapító és alkalmas a fémből készült csúszó és rögzítőelemek beágyazására)
  - Sajátfrekvencia távol legyen a forgácsolásból adódó gerjesztő frekvenciától
  - Mérőrendszer általában lézer-interferométeres
  - Főorsó és a vezetékek légcsapágyazásúak ( $h \approx 10 \mu\text{m}$ ,  $p = 6 \text{ bar}$ ,  $R_a \approx 0.01 \mu\text{m}$ )



# Ultraprecíziós esztergálás

- Alkalmazási területek:
  - Abrázív eljárásokkal nehezen megmunkálható anyagok befejező megmunkálása
  - tükrök, lencsék
  - Mechanikai elemek (hard disk, szalagvezető görgők video rekorderhez, légcsapágyazás alkatrészei, részecske gyorsítók elektródái).

# Finommarás

- Elsősorban sík felületek alak-, méret- és helyzetpontosságának, valamint felületi érdességének javítására használják.
- Szerszáma többélű, szabályos élgeometriájú marófej.
- Kinematikája megegyezik a hagyományos homlokmaráséval
- Főleg síkköszörülés és hántolás helyett alkalmazzák
  - szivattyúk, turbinák tömítő felületei
  - szerszámgépek vezető, csúszó felületei
  - hengerfej-hengertömb felületei
- Hántoláshoz képest 100-200 szoros, köszörüléshez képest 5-10 szeres termelékenység.

# Finommarás

- Technológiai jellemzők erősen függenek a szerszám anyagától
  - nagy forgácsolási sebesség  $v > 50$  m/min
  - kis előtolás  $f = 0.02 - 0.4$  mm/ford
  - kis fogásmélység  $a = 0.1 - 0.3$  mm
  - méretpontosság IT7-8
  - felületi érdesség  $R_a = 0.4 - 1.6$   $\mu\text{m}$
- Előtolás növelésével növekszik a felület érdessége, a forgácsolási sebesség növelésével viszont javul a felületi minőség.
- Fontos a szerszám élessége, mert ez határozza meg a legkisebb forgácsvastagságot ( $h_{kr}$ ) és a legkisebb fogásmélységet ( $a_{kr}$ ).  $h_{kr} = (0.3 - 0.43)r_n$



# Finommarás

- Szerszám - finommaró fej
  - pontos gyártás és beállítás (kis ütés)
  - intenzív hűtés
  - kis fogszám
  - alakzáró lapkafelerősítés
  - kiegyensúlyozási lehetőség
- Szerszámgép - hagyományos marón is elvégezhető ha teljesül:
  - nagy dinamikus és statikus merevség
  - meghajtás kis rezgéseltése
  - precíziós főorsó csapágyazás (homlok ütése 2  $\mu\text{m}$ , palást ütése 5  $\mu\text{m}$ )
  - előtoló egység és az asztal kis játéka
  - finoman állítható fordulatszám
  - pontos, megbízható vezérlés

# Határozatlan élgeometria, határozott kinematika

- A forgácsolószer szám többélű, a szabálytalan élek bányászott vagy mesterségesen előállított nyers szemcséken helyezkednek el.
- A forgácsleválasztáshoz szükséges energiát a szemcsék a befogó vagy közvetítő közegen át kapják.

# Finomköszörülés

- Rövid jellemzés:
  - A köszörülés precíziós változatát a nagy méretpontosság (IT6) és igen kis felületi érdesség ( $R_t < 0.5 \mu\text{m}$ ) jellemzi.
  - Javítható vele az alak és helyzetpontosság.
  - A szerszám gép precíziós köszörűgép.
  - Szerszáma finomszemcsézetű köszörűkorong.
- Alkalmazás
  - Simítóköszörüléssel előmunkált felületeken
    - kis sorozatú szerszámgyártás
    - motor és hajtómű gyártás
    - csapágyipar
    - szerszámgépipar (főorsógyártás)

# Finomkösörülés

- Szerszám
  - Kötőanyag általában rugalmas (gumi, bakelit), ritkán kerámia.
  - Kisebb szemcseméret és szuperkemény anyagú szemcsék jellemzik a szerszámot.
  - Ez lehet korund ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), szilíciumkarbid (SiC), gyémánt (D, PKD) és köbös bórnitrid (CBN).
  - Az alkalmazott szemcseméret 10-60  $\mu\text{m}$ .
  - A maximális forgácsvastagság  $h_{\text{max}}=2-15 \mu\text{m}$ .
- Technológiai paraméterek
  - méretpontosság: hengeres felületen IT5-6  
sík felületen IT7
  - felületi érdesség:  $R_a=0.02-0.16 \mu\text{m}$
  - forgácsolási sebesség:  $v=10-40 \text{ m/s}$  akkorára kell választani, amekkorát a kötőanyag elbír
  - fogásmélység:  $a=2-20 \mu\text{m/kettőslöket}$
  - tárgysebesség:  $v_t=8-20 \text{ m/min}$
  - Művelet végén tökéletes kiszikráztatás