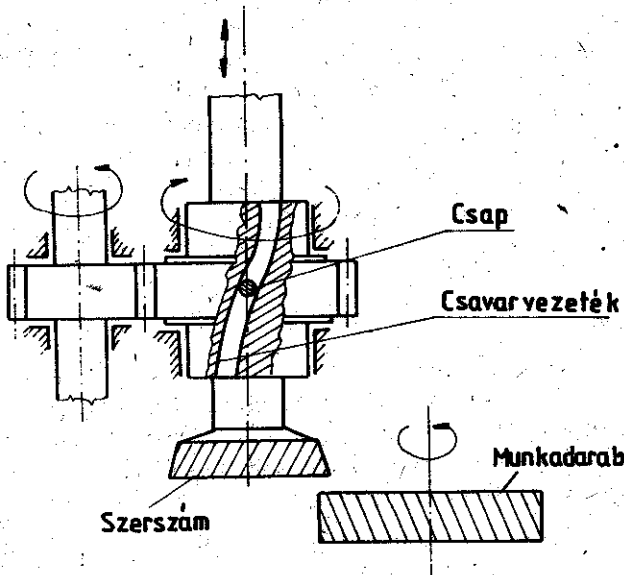
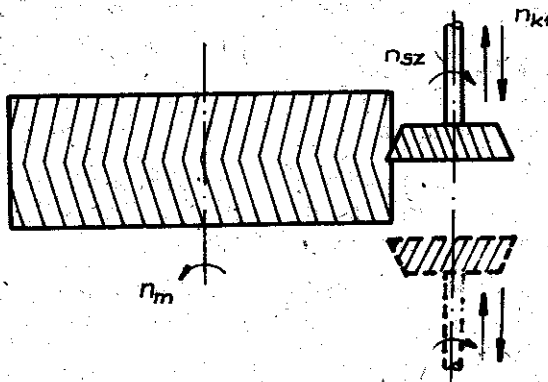


20° kapcsolószög esetén $\frac{z_{\text{munkadarab}}}{z_{\text{szerszám}}} \geq 2$



10.32 ábra
Ferdefogazat készítése vezetőhüvely segítségével



10.33 ábra
Nyílfogazat készítése metszőkerékkel

Fogaslécet is készítenek fogvéséssel, de ilyenkor külön tartozékra van szükség, mely az egyenesbe vezetett mozgást végzi a körelőtőlás helyett.

A fogmetszés elterjedt alkalmazási területe a járműgyártás. Az itt használatos max. 400 mm kerékátmérő és 2...4 mm modulu nagy sorozatban, főleg ferde fogazatu kerekék, ezzel a módszerrel nagyon gazdaságosan gyárthatók. Az előállított fogprofil pontossága a metszőkerék forgácsoló éleinek és a csavarvezetékek a pontosságától függ. Az eljárás hátránya, hogy a szerszám bonyolult alakú, drága és nehezen állítható elő a szükséges pontossággal, továbbá a ferdefogu szerszám egy-célú, tehát egyedi gyártásban nem alkalmazható.

A fogvésőgépek a ráhagyást

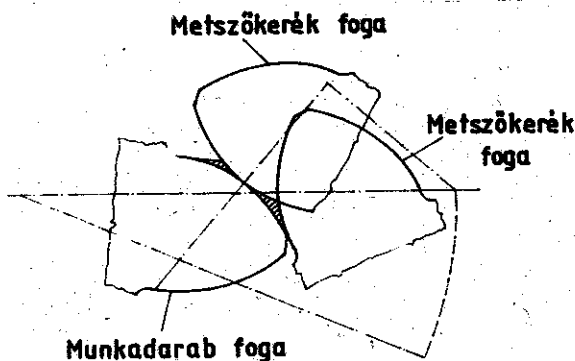
- egy,
- két vagy
- három

fogással választják le. Két vagy három fogás alkalmazása esetén 6-os 7-es pontosság is elérhető. Ezekben az esetekben a ráhagyás (a fogárok) zömét az első, nagyoló fogással távolítják el. A fogásszám megválasztásánál az alábbi szempontokat célszerű figyelembe venni:

- egy fogással ($i = 1$) lehet fogazni, ha a modul kisebb 2-3 mm-nél ($m \leq 3$), a felületi érdességre vonatkozóan nincs szigorú előírás és a megmunkálendő anyag szakítószilárdsága $R_m \leq 600 \text{ N/mm}^2$.
- két fogással ($i = 2$) célszerű a ráhagyást eltávolítani, ha a fogaskerék modulja $3 \leq m \leq 5$ értékhatárok között van, és a pontosságra, illetve a felületi minőségre vonatkozóan pedig általános előírások szerepelnek az alkatrészrajzon. A simító fogás ráhagyása kb. 0,5 mm.
- három fogást ($i = 3$) indokolt előírni, ha ötvöztött acélból készült fogaskerekeket munkálnak még ($R_m > 800 \text{ N/mm}^2$), illetve, ha a modul $m \geq 5$ mm. Abban az esetben is három fogás szükséges, ha fokozott felületi minőséget kívánnak biztosítani. Az utolsó simító fogás ajánlott ráhagyása 0,3...0,5 mm.

A fogazat felületi érdességét nagyban befolyásolja a legördítés sebessége, az ún. körelőtőlás (s_t) értéke is. A szerszám n_{sz} és a munkadarab n_m forgómozgásának közös kerületi sebessége ugyanis közvetlen hatással van a fogprofil felületi érdességére (10.34 ábra). A fogazattal szemben támasztott követelményektől függően az s_t körelőtőlás értéke lehet:

Simitásnál: $s_t = 0,05 \dots 0,2$ (mm/kl)
 Nagyolásnál: $s_t = 0,5 \dots 2,5$ (mm/kl).



10.34 ábra
 Fogprofil felületi érdessége metszőkerékkel
 történő fogazás esetén

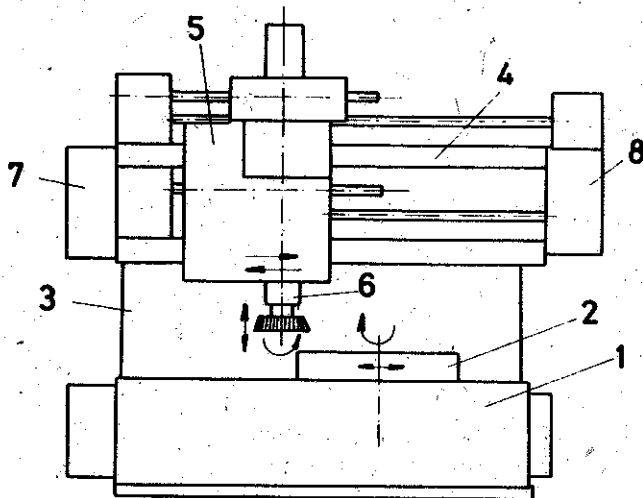
A 10.34 ábra egyben azt is szemlélteti, hogy a szerszám és a munkadarab legördülése szakaszosan valósul meg annak ellenére, hogy mind a szerszám n_{sz} , mind a munkadarab n_m forgása önmagában véve folytonos forgó mozgás. A legördülés azért lesz szakaszos, mert a szerszám visszafutása alatt a szerszám és a munkadarab tovább fordul, miközben természetesen a forgácsolás szünetel.

A fogvésőgép körvonalrajzát a 10.35 ábra mutatja, amely a szerszámgép fontosabb szerkezeti egységeit, továbbá az egyes mozgásokat is szemlélteti. A fogvésőgép kinematikai felépítését a 10.36 ábrán látható kinematikai vázlat, valamint egy funkcióvázlat (10.37 ábra) segítségével mutatjuk be. Az 1. jelű 2x2-es főhajtómű négy különböző nagyságú kettős löketszámot biztosít. A II. tengely forgómozgását a 2. forgattyus, fogasléces mechanizmus alakítja át váltakozó irányú mozgássá.

A szerszám kettős löketszámát a szerszám geometriai adatai (z_{sz} és m), továbbá a már említett s_t körelőtolás választott értéke határozza meg. A körelőtolás (kerületi előtolás) ugyanis az alábbi összefüggésből határozható meg:

$$s_t = \frac{z_{sz} \cdot m \cdot \pi}{N} \quad (\text{mm/kettős löket}) \quad (10.20)$$

- ahol z_{sz} - a szerszám fogszáma
 m - a modul (mm)
 N - a szerszámfordulatonkénti kettőslöketek száma (1/kl).



10.35 ábra

Metszőkeres fogvésőgép körvonalrajza és szerkezeti egységei: 1. ágy, 2. asztal, 3. állvány, 4. szánvezeték, 5. fogazószán, 6. kos, 7. és 8. cserekerékszokrény

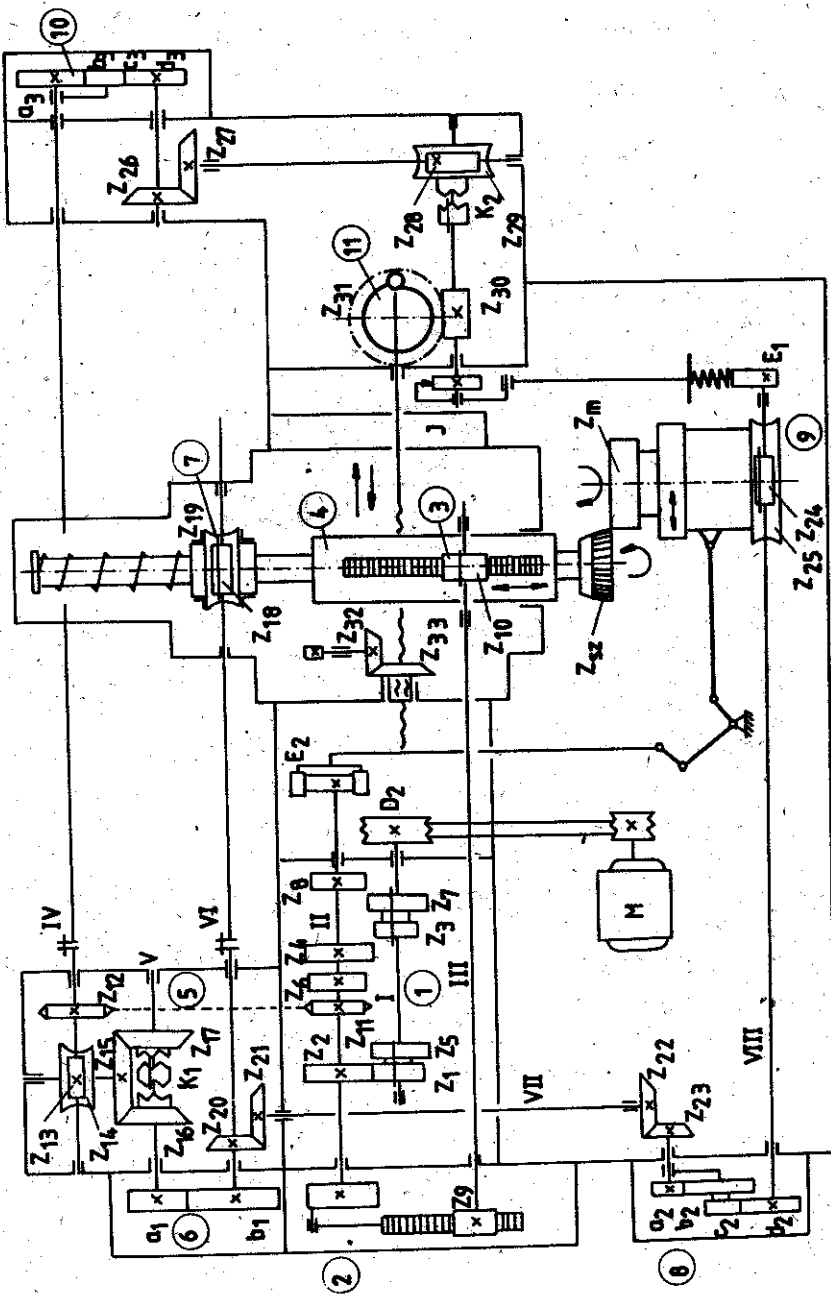
Fejezzük ki a (10.20) összefüggésből N kettőslöketszámot

$$N = \frac{z_{sz} \cdot m \cdot \pi}{s_t} \left(\frac{1}{kl} \right) \quad (10.21)$$

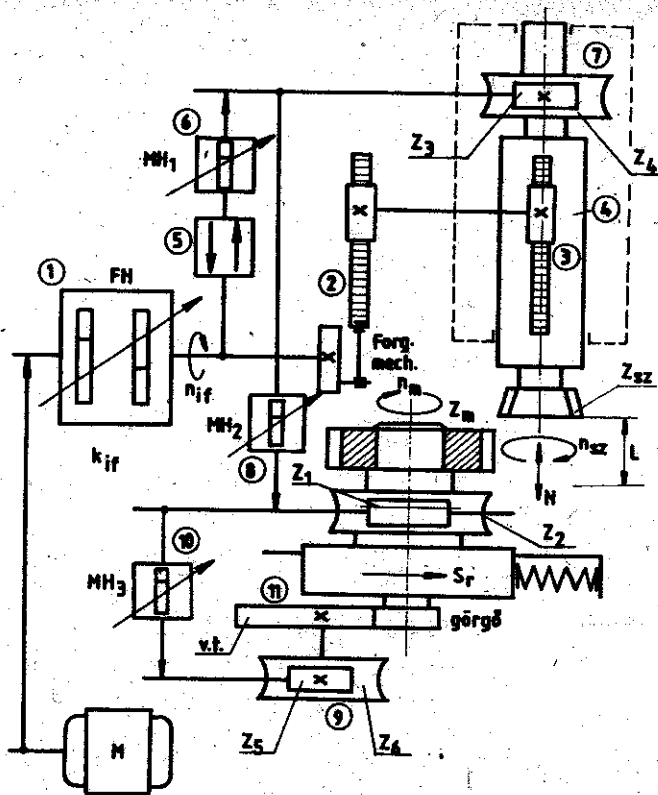
Az s_t körelőtolás beállítása következő kinematikai egyenlet alapján számítható:

$$1. \frac{z_{11}}{z_{12}} \cdot \frac{z_{13}}{z_{14}} \cdot \frac{z_{15}}{z_{16}} \left(\frac{a_1}{b_1} \right) \frac{z_{18}}{z_{19}} = \frac{1}{s_t} \quad (10.22)$$

Megjegyzés: "hajtóelemnek" a kinematikai egyenlet felírásánál a szerszámot tekintettük, egy szerszám kettőslöket alatt a szerszám saját tengelye körül $1/s_t$ mértékű szögelfordulást végez.



10.36 ábra
Metszőkeres fogósógép kinematikai vázlat



10.37 ábra
Metszőkerekű fogvészőgép funkcióvázlata

A (10.21) összefüggés behelyettesítésével, továbbá az $\frac{a_1}{b_1} = k_1$ cserekerékattétel kifejezésével a 6 mellékhatómű beállításához az alábbi összefüggést nyerjük:

$$\frac{a_1}{b_1} = k_1 = \frac{z_{12} z_{14} z_{16} z_{19} l}{z_{11} z_{13} z_{15} z_{18} \pi} \frac{s_t}{z_{sz} m} \quad (10.23)$$

Jelöljük a kifejezésben szereplő állandókat K_1 -gyel, továbbá helyettesítsük be a $d_{osz} = z_{sz} m$ szerszámosztó kör átmérőt:

$$k_1 = K_1 \frac{s_t}{d_{osz}} = \frac{a_1}{b_1} \quad (10.24)$$

A lefejtő mozgás biztosítására szolgáló 8 hajtónú beállítása abból a feltételből számítható, hogy a szerszám és a munkadarab között a z_{sz}/z_m viszonynak megfelelő kényszerkapcsolatot kell biztosítani (lásd 10.19 összefüggést is).

A munkadarab forgó lefejtő mozgását a szerszámorsó -

$$- \frac{z_{19}}{z_{15}} - \text{VI} - \frac{z_{20}}{z_{21}} - \text{VII} - \frac{z_{22}}{z_{23}} - \left(\frac{a_2}{b_2} \frac{c_2}{d_2} \right) - \text{VIII} - \frac{z_{24}}{z_{25}} -$$

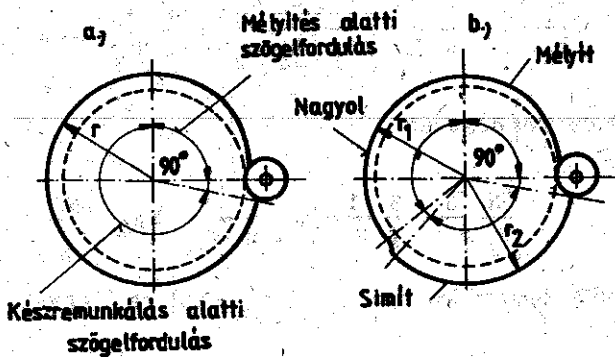
-tárgyorsó lánc továbbítja. A szerszámorsó és a tárgyorsó közötti hajtóviszony tehát:

$$\frac{z_{19}}{z_{18}} \frac{z_{20}}{z_{21}} \frac{z_{22}}{z_{23}} \left(\frac{a_2}{b_2} \frac{c_2}{d_2} \right) \frac{z_{24}}{z_{25}} = \frac{z_{sz}}{z_m}$$

Ebből a lefejtő cserekerekek fogszáma:

$$\frac{a_2}{b_2} \frac{c_2}{d_2} = k_2 = K_2 \frac{z_{sz}}{z_m} \quad (10.25)$$

ahol K_2 - gépállandó.



10.38 ábra

A fogásvételi szerkezet vezérlő tárcsái: a) egy fogás ($i = 1$), b) két fogás ($i = 2$) esetén

A fogazószán, vagy más fogvésőgépeknél az asztal mélyítő mozgását a 11 bütökös mechanizmus végzi.

A bütökötárcsa olyan kialakítású, hogy a munkadarab egy, két, esetleg három körülfordulás alatt munkálható készre. A bütökös tárcsa alakját

a 10.38 ábra szemlélteti. Mindegyik esetben a szerszám a bütykös tárcsa $1/4$ (90°) elfordulása alatt mélyít. Ez a mélyítő mozgás a munkadarab $1/3$ elfordulása alatt zajlik le. A tárgy egy-egyállandó sugaru szakaszához a munkadarab egy teljes körülfordulása tartozik a mélyítés alatti elfordulásán kívül. Tehát a)-nál 1, b)-nél 2 körülfordulás alatt valósul meg a fogak kimunkálása.

Ennek a mélyítő kinematikai láncnak a két szélső eleme a 11 bütykös tárcsa, illetve a 9 tárgyorsó (asztal). Mélyítés közben ezek elfordulásainak viszonya = $1/4 : 1/3$. A kinematikai lánc számítóképlete tehát:

$$\frac{z_{25}}{z_{24}} \left(\frac{d_2}{c_2} \frac{b_2}{a_2} \right) \frac{z_{23}}{z_{22}} \frac{z_{21}}{z_{20}} \left(\frac{b_1}{a_1} \right) \frac{z_{16}}{z_{15}} \frac{z_{14}}{z_{13}} \left(\frac{a_3}{b_3} \frac{c_3}{d_3} \right) \frac{z_{26}}{z_{27}} \frac{z_{28}}{z_{29}} \frac{z_{30}}{z_{31}} = \frac{3}{4} \quad (10.26)$$

Az állandó fogszámértékek egy gépállandóban (K_3) foglalhatók össze. Ezzel

$$K_3 \left(\frac{d_2}{c_2} \frac{b_2}{a_2} \right) \left(\frac{b_1}{a_1} \right) \left(\frac{a_3}{b_3} \frac{c_3}{d_3} \right) = \frac{3}{4}.$$

Ebből

$$\frac{a_3}{b_3} \frac{c_3}{d_3} = \frac{3}{4} \frac{1}{K_3} \left(\frac{a_1}{b_1} \right) \left(\frac{a_2}{b_2} \frac{c_2}{d_2} \right) = \frac{3}{4} \frac{1}{K_3} k_1 k_2,$$

k_1 és k_2 helyettesítésével:

$$\frac{a_3}{b_3} \frac{c_3}{d_3} = \frac{3}{4} \frac{1}{K_3} \left(K_1 \frac{s_t}{m \cdot z_{sz}} \right) \left(K_2 \frac{z_{sz}}{z_m} \right).$$

Az állandók összevonásával és z_{sz} -szel való egyszerűsítés után

$$\frac{a_3}{b_3} \frac{c_3}{d_3} = k_2 = K_4 \frac{s_t}{m \cdot z_m} = K_4 \frac{s_t}{d_{om}}, \quad (10.27)$$

d_{om} : a munkadarab osztókörátmérője,

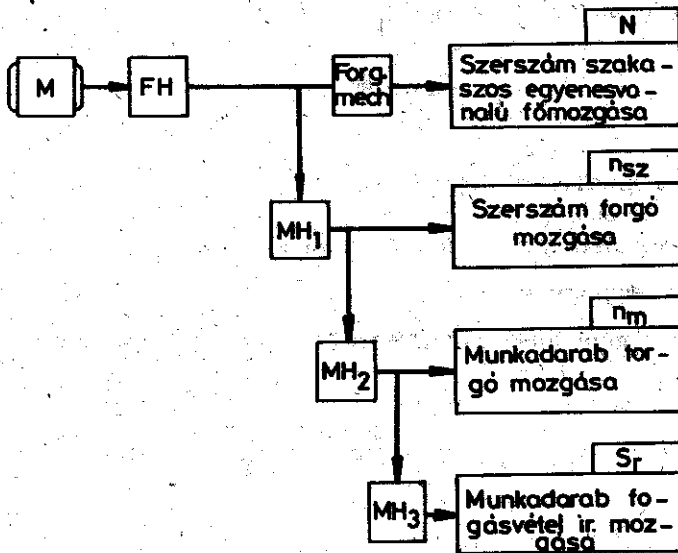
K_4 : gépállandó.

A mélyítés befejeztével ugyancsak a bütykös tárcsáról vezérelt, de a vázlaton nem látható mechanizmus a K kapcsolót átváltja és a bütykös tárcsa hajtását most már az asztalmozgató VIII tengelyén ékelt,

E_1 excenterről a J kilincsmű végzi. A kilincsmű lökete úgy állítható, hogy a munkadarab egy teljes körülfordulása alatt a G görgő a bütőkös tárcsa köríves szakaszán haladjon.

A II. tengelyen ékelt E_2 excenter mechanikus elemek segítségével az asztalt minden holtlököt alatt a szerszámtól kismértékben eltávolítja.

A különböző gyártmányu metszőkerekes fogvésőgépek mechanizmusai kis mértékben eltérnek egymástól. Vannak pl. gépek, amelyek a kost lengőhimbával mozgatják. Más gépek a mélyítést nem bütőkös tárcsával, hanem csavarorsóval végzik. Ebben az esetben a szerszám kiemelésére billenőkost alkalmaznak.



10.39 ábra

Metszőkerekes fogvésőgép blokkvázlata

A viszonylag bonyolult kinematikai felépítésű fogvésőgép áttekinthetőbb, leegyszerűsített funkcióvázlata (10.37 ábra) jelképek segítségével ábrázolja a főbb szerkezeti egységeket, azok kapcsolódását, valamint a mozgásokat. További egyszerűsítést tesz lehetővé a blokkvázlat (10.39 ábra), amely csak a mozgások és a hajtóművek kapcsolatát tünteti fel a konkrét szerkezeti kialakítástól teljesen elvonatkoztatva.

A technológiai tervezés fontos feladata a gépi főidő meghatározása. A metszőkerekes lefejtő fogvésés gépi főidejének számítása a kinematikai kapcsolatok ismeretében egyszerű.

A t_g gépi főidő két részből tevődik össze. Az egyik a t_r begördülési idő, amely a metszőkeréknek fogásmélységre történő begördüléséhez szükséges időtartamot jelenti:

$$t_r = \frac{h}{s_r N} \quad (\text{min}) \quad (10.28)$$

ahol h - a fogárok mélysége (mm)
 s_r - radiális előtolás (mm/kl)
 N - percenkénti kettőslöketszám (kl/min).

A másik idő, amelyet figyelembe kell venni, a munkadarab fogainak megmunkálásához szükséges időtartam:

$$t_k = \frac{z \cdot m \cdot \pi}{s_t N} \cdot i \quad (\text{min}) \quad (10.29)$$

ahol z - a munkadarab fogszáma
 m - a modul (mm)
 s_t - kerületi (kör-) előtolás (mm/kl)
 i - a fogások száma.

A teljes gépi főidő a (10.28) és (10.29) szerinti időtényezők összegeként adódik:

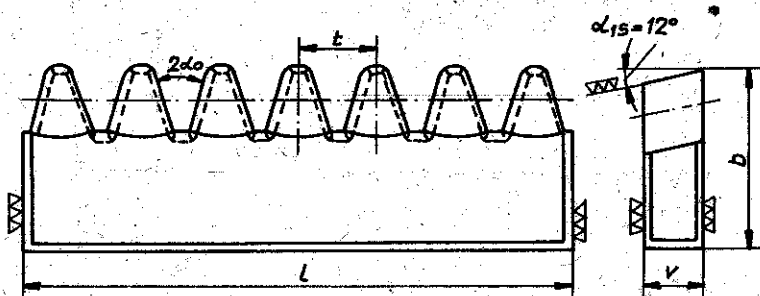
$$t_g = t_r + t_k = \frac{h}{s_r N} + \frac{z \cdot m \cdot \pi}{s_t N} i \quad (\text{min}) \quad (10.30)$$

10.232 Fogazás fogasléccel (MAAG-eljárás)

Az első fogasléccel dolgozó foggyalugépet a fogasléc alakú szerszámmal együtt Sunderland angol mérnök szabadalmaztatta 1906-ban. Maag (MAAG) svájci mérnök 1908-ban készítette el a saját gépét, mely a Sunderland-féle szerszámmal dolgozott. A két cég megegyezése folytán a kontinensen csak a MAAG-gépek terjedtek el. Sunderland gépek fekvő elrendezésűek, melynél a munkadarab csak forog és minden más mozgást (előtoló, alternáló) a szerszám végez. A MAAG-gépek álló elrendezésűek, melynél a szerszám csak alternáló mozgást, a munkadarab pedig a teljes legördülő mozgást végzi. Ezért a MAAG-gépek kinematikailag bonyolultabbak a Sunderland gépeknél. A MAAG-gyár különböző méretben készít gépeket maximálisan 5000 mm kerékátmérőre, 1250 mm löket-hosszra és 25 mm modulusra.

A MAAG-gépek szerszáma fogaslécprofilu fésűs kés, mely elvileg egy végtelen nagy sugaru fogaskerék egy részének is tekinthető. Ez a legegyszerűbb lefejtőszerszám, mert fogasléc alakú. A fésűskés fogainak száma mindig kisebb, mint a munkadarabé, ezért csak szakaszos osztással végzi a lefejtést. A nagyoló szerszám fejmagassága 0,15 mm-rel nagyobb az elméletinél, hogy a simító szerszám a fenékszalagon ne forgácsoljon. A fésűskéseket öntöttvas és bronz fogaskerekek megmunkálására homloklapjukban síkban, acélokhoz pedig homorura köszörülnek.

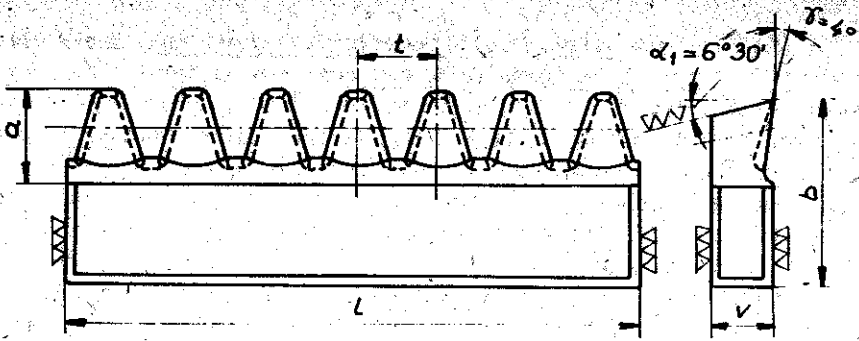
A fésűskések fogprofilja megegyezik a szerszámalapprofittal. A fésűskések lehetnek egyenes- és ferdefoguak. Az egyenesfogu fésűskések elvileg két típus szerint készülnek. Az egyiknek nincs homlokszög kiképezve (10.40 ábra). Ebben az esetben a gép befogófejének olyannak kell lennie, hogy $6^{\circ}30'$ alatt hajló γ homlokszöveget biztosítson a forgácsolóéleknél. A másik típusnál a homlokszöveget ugy alakítják ki, hogy a kés homlokfelületét leköszörülnek a homlokszögnek megfelelően, a szerszám befogófeje pedig olyan, hogy a munkadarab homlokfelületével párhuzamos síklapok közé fogják be a szerszámot. Az ilyen kialakítású szerszám γ homlokszöge általában 4° . Kialakítását a 10.41 ábrán láthatjuk.



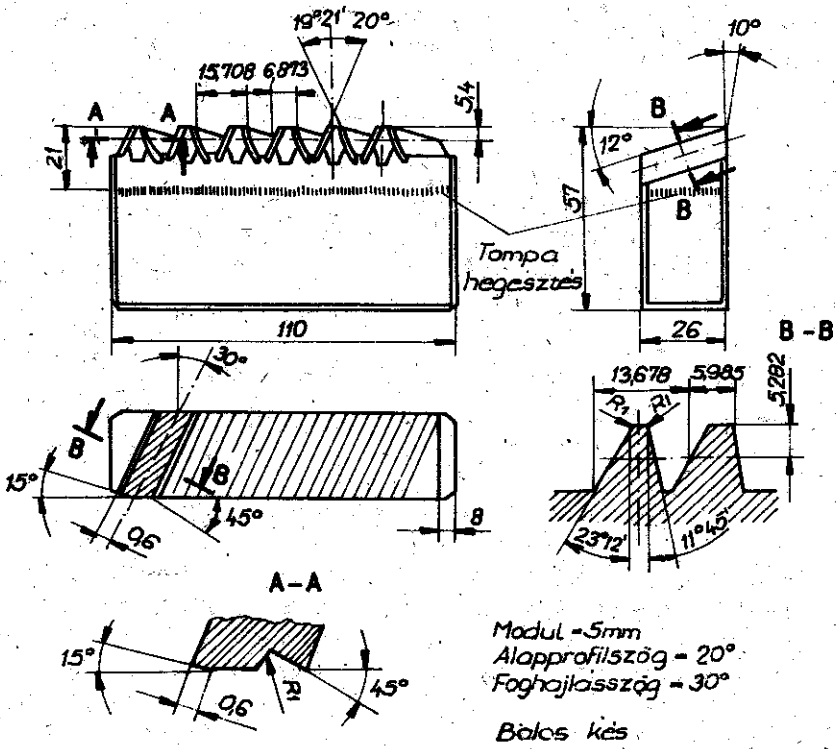
10.40 ábra
Egyenesfogu fésűskés $\gamma = 0$ homlokszöggel

Az ismertetett fésűskésekkel egyenes- és ferdefogu hengereskerékeket, valamint olyan nyílfozazatu kerekeket munkálhatunk meg, amelyeknél a két kerékfél között elég széles horony van a kés kifutására. A nyílfozazatu kerekek esetében a kerékfeleket természetesen külön-külön kell megmunkálni.

A ferdefogu fésűskéseket főleg nyílfozazatu kerekék lefejtő megmunkálására alkalmazzák. Két késsel fogaznak, az egyiknek jobb-, a másiknak bal hajlásu fogai vannak. A szerszám homlokfelülete a megmunkálandó fogaskerék homlokfelületével párhuzamosan van elhelyezve. Itt tehát nincs homlokszög, azt be sem állítják, hanem a forgácsoláshoz szükséges



10.41 ábra.
Egyenesfogu fésűskés $\gamma \neq 0$ homlokszöggel

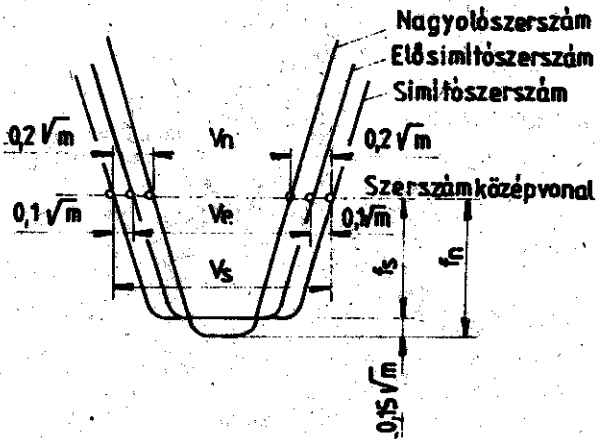


10.42 ábra
Ferdefogazatu fésűskés

Élszögek vannak megfelelően kialakítva, figyelembe véve azt, hogy a szerszám a fogaskerék β_0 foghajlásszögével azonos irányban végzi forgácsoló főmozgását. A 10.42 ábrán egy ilyen ferdefogu fésűskést mutatunk be "balos" kivételben, természetesen jobbos kivételű kések is használhatóak. A 10.42 ábrán is jól látható, hogy a ferdefogu fésűskések profilja a homloklapon megközelítően a szabványos szerszámalapprofilnak felel meg, a normálmetszetük pedig aszimmetrikus fogalak.

Az egyenesfogu fésűskések konstrukciós kialakítása

Az egyenesfogu fésűskéseket a megmunkálás pontosságától függően három fokozatban alakítják ki. A 10.43 ábrán a szabványos nagyoló, elősimító és simító szerszámalapprofil-kontúrokat szemlélteti.



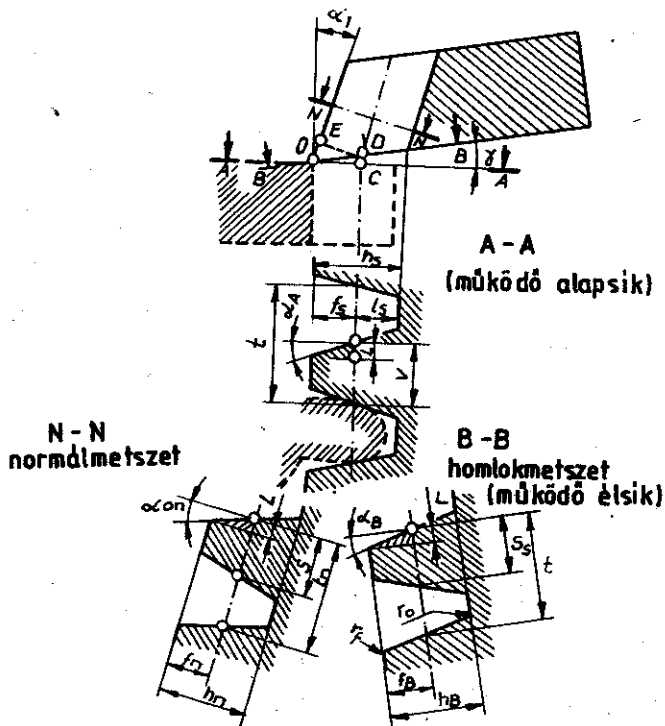
10.43 ábra
Fésűskés nagyoló-, elősimító- és simító szerszámprofil konturjai

A fésűskések tervezéséhez mindenekelőtt az alábbi, a szerszámról és a készítendő fogaskerékre egyaránt jellemző adatokat kell ismerni:

- s_0 - a fogaskerék osztóköri fogvastagsága,
- r_f , ill. r_1 - a fogfej, ill. fogtő lekerekítési sugara,
- f_s - a szerszám fejmagassága,
- h_s - a szerszám fogmagassága.

A 10.44 ábra a fésűskést olyan helyzetben ábrázolja, amely a forgácsleválasztás kezdetének felel meg. Miután a 10.40 ábra szerinti fésűskés végzi a megmunkálást, azt γ homlokszögnek megfelelő szögben dön-

teni kell. A 10.44 ábrán három, a forgácsoló szerszám kialakítására jellemző metszősíkot különböztettünk meg. Mindhárom metszősíkban külön-külön meg kell határozni a profilpontokat.



10.44 ábra
Fésűskés profiljai a jellemző síkokban

Az A-A metszeten (működő alapsík) a fésűskés profilja a szerszám-alaprofilnak felel meg. A profilelemeket a B-B homlokmet szetben (működő élsík) is meg kell határozni, hiszen a fésűskést ezen méretek alapján fogják elkészíteni és ellenőrizni. A fésűskés alkatrészrajzán tehát ezeket a méreteket tüntetik fel. Az N-N normálmet szetben ugyancsak ismerni kell a profilelemeket, hogy a fésűskést megmunkáló szerszámok (marószerszám, köszörűkorong) profilja meghatározható legyen.

Fentiek figyelembevételével a profilpont-elemek konkrét meghatározása is lehetséges.

A profil elemei az A-A síkban. Már említettük, hogy a fésűskés profilja megfelel a szerszám-alaprofilnak, azaz:

- a) a profil szöge megegyezik a fogaskerék α_o alaprofiliszögével;

b) a fésűskés f_g fejmagassága simító- és elősimító szerszám esetében megegyezik a fogaskerék lábmagasságával (általában 1,25 m, régi szerszámoknál 7 (6m), a nagyoló fésűskések esetében a fejmagasságot $0,15 \sqrt{m}$ értékkel növeljük, ami azért szükséges, mert nagyolás után a köszörűkorongnak vagy a simító fésűskésnek szabad kifutást kell biztosítanunk;

c) a fésűskés h_g fogmagassága legalább a szerszámfejhézagnak megfelelő mérettel legyen nagyobb a fogaskerék fogmagasságánál, általában:

$$h_g = 2,5 m$$

d) a fésűskés osztásának mindhárom esetben meg kell egyeznie a fogaskerék osztásával, azaz

$$t_o = m T ;$$

e) a fésűskés fogvastagsága a szerszámközépvonalon az egyes típusok szerint változó: simító szerszámnál az osztás felével egyenlő; elősimító- és nagyolószerszám esetében mindig a ráhagyás értékével csökken a kés fogvastagsága és ezekre gyakorlatilag az alábbi értékeket vehetjük:

$$s_e = s_o - 0,2 \sqrt{m} ;$$

$$s_n = s_o - 0,4 \sqrt{m} .$$

f) a fogfej r_r lekerekítési sugara megegyezik a szerszámalapprofil lekerekítési sugarával;

$$r_t = 0,35 \dots 0,37 m .$$

A fogtő lekerekítési sugara:

$$r_1 = 0,1 \dots 0,2 m .$$

Ezek az elemek szükségesek és elégségesek a profil kialakítása szempontjából. A 10.44 ábra A-A metszetében látható az így kialakított profil.

A fogprofil meghatározása a BB síkban. A 10.44 ábrából a BB metszet jelölésével az ODC háromszögből felírhatjuk, hogy az \overline{OC} oldal egyenlő az f_g fejmagassággal az AA síkban. Az f_B fejmagasság a BB síkban viszont megegyezik az \overline{OD} átfogóval. Így tehát felírhatjuk, hogy:

$$\overline{OD} = \overline{OC} / \cos \gamma \quad \text{vagy} \quad f_B = \frac{f_s}{\cos \gamma}.$$

A h_B fogmagasság a BB síkban ehhez hasonló:

$$h_B = \frac{h_s}{\cos \gamma}. \quad (10.31)$$

Ha ezek után a fésűskés mindhárom síkjában (AA, BB, NN) a profil α_o , α_B és α_{on} szögeinek számítása érdekében megszerkesztjük a bevonalkázott segédháromszögeket, akkor ezek alapján az AA és BB síkokban a következőket kapjuk:

$$\begin{aligned} - \text{ az AA síkban} & \quad L = f_s \operatorname{tg} \alpha_o; \\ - \text{ a BB síkban} & \quad L = f_B \operatorname{tg} \alpha_B. \end{aligned}$$

A vonalkázott háromszögek L befogója minden síkban azonos, tehát:

$$f_s \operatorname{tg} \alpha_o = f_B \operatorname{tg} \alpha_B.$$

vagy helyettesítve az $f_B = f_s / \cos \gamma$ értéket:

$$\operatorname{tg} \alpha_B = \operatorname{tg} \alpha_o \cos \gamma. \quad (10.32)$$

A többi elem, amely a fésűskés osztóvonalára mentén értendő (az osztás, a szerszámfogvastagság stb.), a BB síkban azonos lesz az AA síkban levő értékkel.

A fésűskés profiljának meghatározása az NN síkban az OED háromszögből indul ki (10.44 ábra). Az \overline{ED} befogó megegyezik az e síkban levő f_n fejmagassággal, viszont az \overline{OD} átfogó egyenlő a BB síkban levő f_B fejmagassággal. A D-nél levő szög viszont a hátszög és homlokszög összege, tehát $\alpha_1 + \gamma$.

Fentiek alapján felírhatjuk, hogy:

$$f_n = f_B \cos(\alpha_1 + \gamma).$$

Behelyettesítve az ismert f_B értéket:

$$f_n = \frac{f_s \cos(\alpha_1 + \gamma)}{\cos \gamma}. \quad (10.33)$$

A h_n fogmagasság számítása az előzőkhöz hasonló. Az α_{on} profilszög meghatározása érdekében felírhatjuk, hogy:

$$L = f_n \operatorname{tg} \alpha_{on}, \quad \text{viszont} \quad L = f_s \operatorname{tg} \alpha_o,$$

tehát

$$f_n \operatorname{tg} \alpha_{on} = f_s \operatorname{tg} \alpha_o,$$

vagy

$$\operatorname{tg} \alpha_{on} = \frac{f_s}{f_n} \operatorname{tg} \alpha_o.$$

Az így kapott képletbe behelyettesítve az előbb kiszámított f_n értékét:

$$\operatorname{tg} \alpha_{on} = \frac{\cos \gamma \operatorname{tg} \alpha_o}{\cos(\alpha_1 + \gamma)}. \quad (10.34)$$

A fésűskés élszögeit a két különböző késialakítás esetén eltérő módon alakítják ki. Ha a fésűskésen gyártáskor nem alakítanak ki homlokszöveget (10.40 és 10.44 ábrák), az α_1 hátszöget a gyakorlatban $5^{\circ}30'$ -nek választják. A szerszám döntésével $\gamma = 6^{\circ}30'$ értékű homlokszöveget (működő élszög) állítanak be. Ez azt jelenti, hogy a szerszám készítésekor $\alpha_{1s} = \alpha_1 + \gamma = 12^{\circ}$ hátszöget alakítanak ki. Az oldalélek élszögei (α_{old} és γ_{old}) általában 2° -osak. A forgácsolási körülmények javítása érdekében a fogak homloklapját homorura képezik ki. Természetesen ezáltal a homlokszög értéke is megnő. Előre beköszörült homlokszög esetén (10.41 ábra) $\gamma = 4^{\circ}$ és $\alpha_1 = 6^{\circ}30'$ élszögekkel készítik a fésűskést. Az oldalélek szögeiben nincs eltérés.

A ferdefogu kések α_1 hátszögét a fogirányra merőlegesen, az alábbi egyenlet fejezi ki:

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \operatorname{tg} \rho \cos \beta_o. \quad (10.35)$$

ahol ρ a szerszám hátfelülete és a homloklapra merőleges egyenes közötti szög.

Az oldalfelületek hátszögei szintén 2° körül vannak. A γ homlokszög általában nulla, ezért itt beköszörülést alkalmaznak, viszont az oldaléleken a homlokszögek erősen megváltoznak, azaz az egyik oldalon hegyes, míg a másikon tompa homlokszög adódik. Ennek elkerülésére itt külön alaköszörülés szükséges. A két oldalél különböző szöge miatt ezek az élek használat közben egyenlőtlenül kopnak.

Az ismertettett élszögek megvalósítására a fésűskéceket igen gondosan kell köszörülni.

Az egyenesfogu fésűskécek mindkét típusa esetében a homloklapokat sikköszörűn köszörülik. Az első esetben a mágnesasztalra helyezett szerszám homloklapján valamennyi fogat egyszerre köszörülik át. A második esetben a fésűskést a kiképzendő γ homlokszögnek megfelelően döntve helyezik a mágnesasztalra és úgy köszörülik valamennyi fog homloklapját.

Az élszögek kialakításánál már említettük, hogy a homloklap egyszerű köszörülése nem biztosítja az oldalélek γ szögét. Ezért az egyes fogak oldalélelinek kialakítása céljából különleges köszörülési eljárást alkalmaznak. Az eljárás szakirodalomban megtalálható, részletezésétől eltekintünk.

Példa fésűskés méreteinek meghatározására:

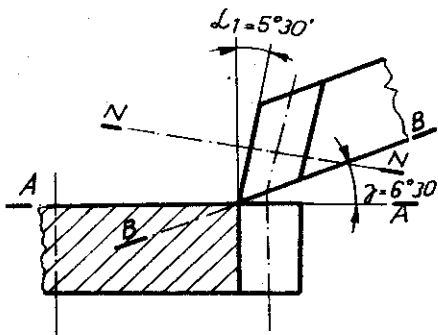
Feladat: Tervezzünk egy $m = 10$ mm modulu fogaskerekek simító megmunkálására alkalmas egyenes fésűskést.

A fogaskerék kapcsolási szöge $\alpha_0 = 20^\circ$.

A szerszám $\gamma = 6^\circ 30'$ -es működő élszögét a szerszám beállításával biztosítják. A beállított hátszög a tárgyalat körülmények miatt

$$\alpha_1 = \alpha_{1s} - \gamma = 12 - 6^\circ 30' = 5^\circ 30'$$

értékű lesz (10.45 ábra).



10.45 ábra

Beállítandó hátszög a példabeli fésűskésnél

A profil elemei az AA síkban (10.46 ábra)

a) A profil α_A szöge megegyezik a kapcsolási szöggel (α_0 alaprofilszög):

$$\alpha_A = \alpha_0 = 20^\circ$$

b) A fésűskés f_s fogfejmagassága:

$$f_s = 1,25 m = 1,25 \cdot 10 = 12,5 \text{ mm}$$

c) A teljes fogmagasság:

$$h_s = 2,5 m = 2,5 \cdot 10 = 25 \text{ mm} .$$

d) A fésűskés osztása:

$$t_o = m \widehat{\pi} = 10 \widehat{\pi} = 31,415 \text{ mm}$$

e) A fogvastagság a szerszámközepvonalon:

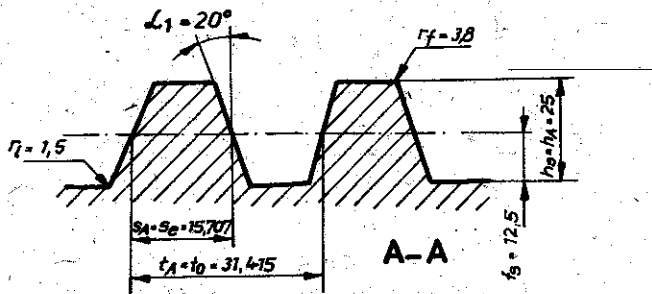
$$s_e = \frac{t_o}{2} = \frac{31,415}{2} = 15,707 \text{ mm}$$

f) A fogfej r_f lekerekítési sugara:

$$r_f = 0,38 \text{ m} = 3,8 \text{ mm}$$

A fogtő r_1 lekerekítési sugara:

$$r_1 = 0,15 \text{ m} = 1,5 \text{ mm}$$



10.46 ábra

A példabeli fésűskés profil elemei az AA síkban

A fogprofil a BB síkban (10.47 ábra)

a) Az f_B fejmagasság:

$$f_B = \frac{f_s}{\cos \gamma} = \frac{12,5}{\cos 6^{\circ} 30'} = 12,582 \text{ mm}$$

b) A teljes fogmagasság:

$$h_B = \frac{h_s}{\cos \gamma} = \frac{25}{\cos 6^{\circ} 30'} = 25,164 \text{ mm}$$

c) A profilszög:

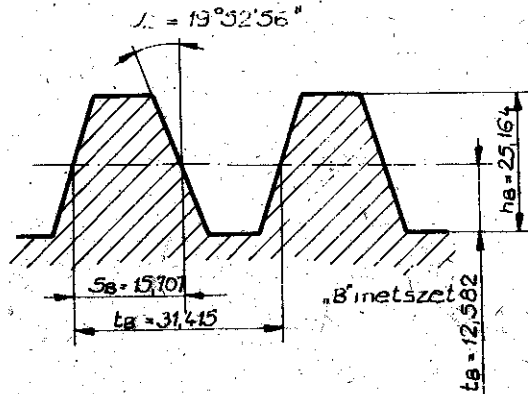
$$\operatorname{tg} \alpha_B = \operatorname{tg} \alpha_o \cdot \cos \gamma = \operatorname{tg} 20^\circ \cdot \cos 6^\circ 30' = 0,3616306$$

$$\alpha_B = \operatorname{arc} \operatorname{tg} 0,3616306 = 19^\circ 52' 56''$$

d) Az osztás, a szerszámfog vastagság ebben a síkban azonos lesz az AA-síkban meghatározott értékkel, azaz:

$$t_B = t_A = t_o = 31,415 \text{ mm, ill.}$$

$$s_B = s_A = s_e = 15,707 \text{ mm.}$$



10.47 ábra

A példabeli fésűskés fogprofilja a BB síkban

A fésűskés profiljának meghatározása az NN síkban (10.48 ábra)

a) Az f_n fejmagasság:

$$f_n = \frac{f_s \cos(\alpha_1 + \gamma)}{\cos \gamma} = \frac{12,5 \cdot \cos(5^\circ 30' + 6^\circ 30')}{\cos 6^\circ 30'}$$

$$f_n = \frac{12,5 \cdot \cos 12^\circ}{\cos 6^\circ 30'} = 12,306 \text{ mm}$$

b) A h_n fogmagasság:

$$h_n = 2 f_n = 24,612 \text{ mm}$$

c) Az α_{on} profilszög:

$$\operatorname{tg} \alpha_{on} = \frac{\cos \delta \operatorname{tg} \alpha_o}{\cos(\alpha_1 + \delta)} = \frac{\cos 6^\circ 30' \cdot \operatorname{tg} 20^\circ}{\cos(5^\circ 30' + 6^\circ 30')}$$

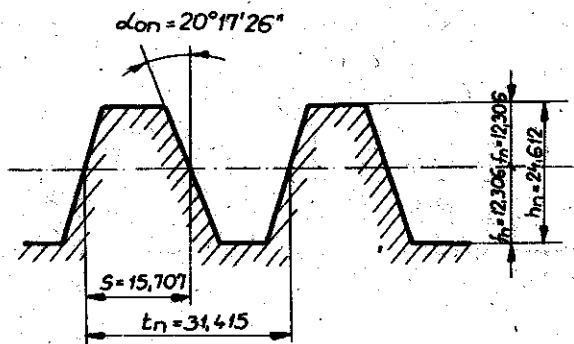
$$\operatorname{tg} \alpha_{on} = \frac{\cos 6^\circ 30' \cdot \operatorname{tg} 20^\circ}{\cos 12^\circ} = 0,3697096$$

$$\alpha_{on} = \operatorname{arc} \operatorname{tg} 0,3697096 = 20^\circ 17' 26''$$

d) Az osztás és a szerszámfogvastagság értékei változatlanok maradnak, azaz:

$$t_n = t_o = 31,415 \text{ mm, ill.}$$

$$s_n = s_e = 15,707 \text{ mm.}$$



10.48 ábra

A példabeli fésűskék fogprofilja az NN síkban

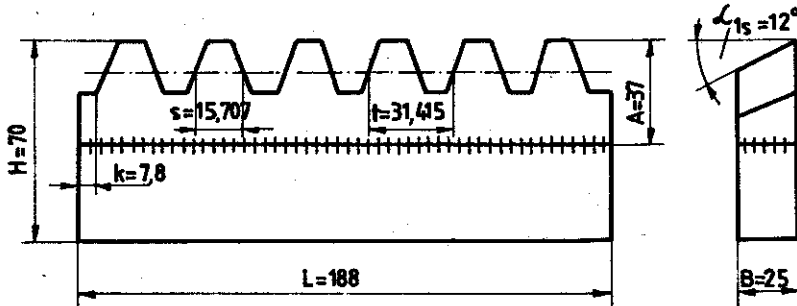
A fésűskés fogazórész rendszerint gyorsacélból készül, míg a hegesztett toldat anyaga szerkezeti acél. A fésűskés további szerkezeti méreteit táblázatból (10-4. táblázat) határozhatjuk meg. A fogazószerszámot a 10.49 ábra szemlélteti.

A MAAG-eljárás fogazószerszámának, a fésűskésnek megismerése után a fogazóeljárás szerszámgepét és mozgásait tárgyaljuk.

A fésűskéses lefejtő fogvésőgep (MAAG) körvonalrajzát a 10.50 ábra szemlélteti. A fogvésőgep működési elvét a 10.51 ábra, a fogazáshoz szükséges mozgásokat pedig a 10.52 és 10.53 ábrák szemléltetik.

MAAG fésűskések főbb szerkezeti méretei

Modul	Hossz	Szélesség	Vastagság	A fogazófé- sű fogainak száma	Távolság a hegyvarratig
m	L	H	B	z	A
1	77	50	20	24	15
2	82			13	16
3	95			10	20
4	113			9	22
5	126	60	22	8	26
6	150			8	28
8	177			7	31
10	188			6	37
12	226	70	25	6	42
16	251	80		5	52
18	281	90		5	56
20	311			5	60

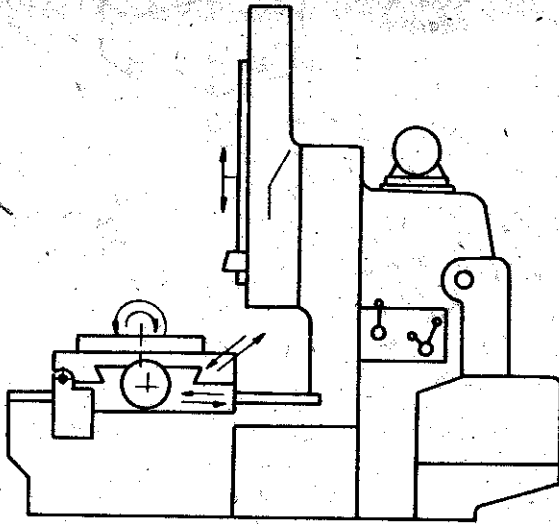


10.49 ábra

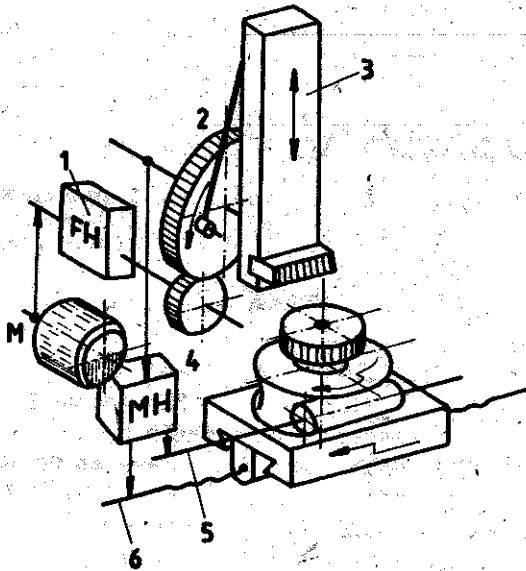
A példabeli fésűskés konstrukciós kialakítása

A fésűs fogazókés csak egy mozgást végez, a függőleges irányu, egyenesvonalu alternáló főmozgást (n_{k1}).

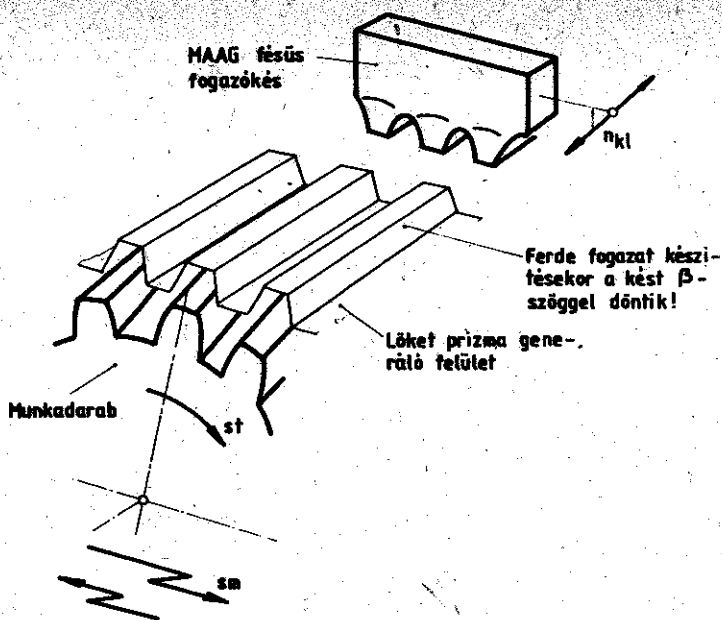
A fogazandó munkadarab mozgásai:
a szerszámhoz viszonyítva végzi a gördülő mozgását, amely ezuttal is két mozgás eredője, nevezetesen;



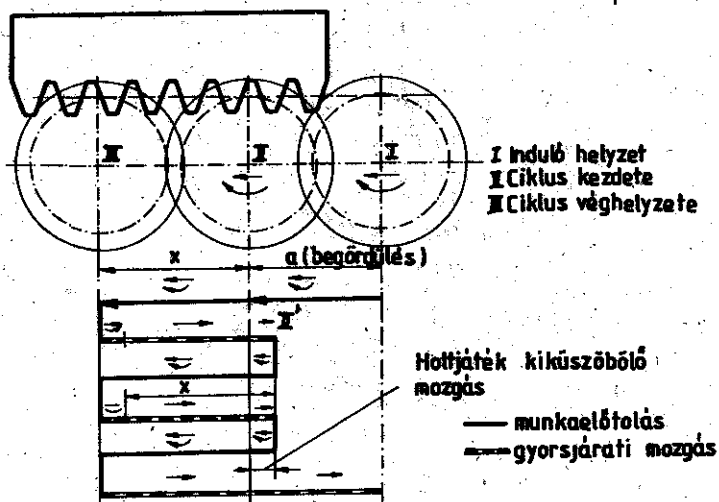
10.50 ábra
Fésűskéses lefejtő fogvésőgép (MAAG) körvonal-
rajza



10.51 ábra
Fésűskéses lefejtő fogvésőgép működési elve



10.52 ábra
Fésűskéses lefejtő fogvésés mozgásjellemezői



10.53 ábra
Fésűskéses lefejtő fogvésés mozgásciklusai

a munkadarab forog saját tengelye körül (n_m), a vele összehangolt haladó mozgást (s_m) ugyancsak a munkadarab (illetve a 6 tárgyasztal) végzi.

A fésűskéses fogvésőgép munkaciklusa:

I. Induló helyzet: a szerszám teljes fogásmélységre van beállítva.

II. Az ismétlődő munkaciklusok alaphelyzete. Eddig tart a munka bevezető szakasza, a begördítés (a szerszám első foga befejezte egy fogárok teljes kimunkálását); a = begördítési uthossz.

III. A munkaciklus véghelyzete. Az x távolságu elmozdulás alatt a szerszám egy vagy több fog teljes megmunkálását végzi el; x a fogosztás egész számú többszöröse. A további fogak megmunkálásához a munkadarab relatív elfordulás nélkül a II. alaphelyzetbe tér vissza (osztómozgás). Az irányváltás okozta holtjáték kiküszöbölése érdekében ez a mozgás összetett. A gyorsított visszafutás ellenkező irányú gördüléssel kezdődik. Kismértékű gördülőmozgás után azonban a forgás megszűnik és az asztal x méretű egyenesvonalu mozgással a II. alaphelyzetben tulfut. Irányváltás után a munkamenet irányának megfelelő gördüléssel jut ismét a II. alaphelyzetbe, így a következő munkaciklus kezdetén az összes mozgatóelemek az előremenetnek megfelelően kapcsolódnak. Visszafutás közben a szerszám áll. Ismételt munkaciklusok után az összes fog elkészül, a munkadarab kigördül és a gép leáll. A teljes munkafolyamat önműködő.

Az elemi mozgásokat megvalósító főbb szerkezeti egységek (10.51 ábra):

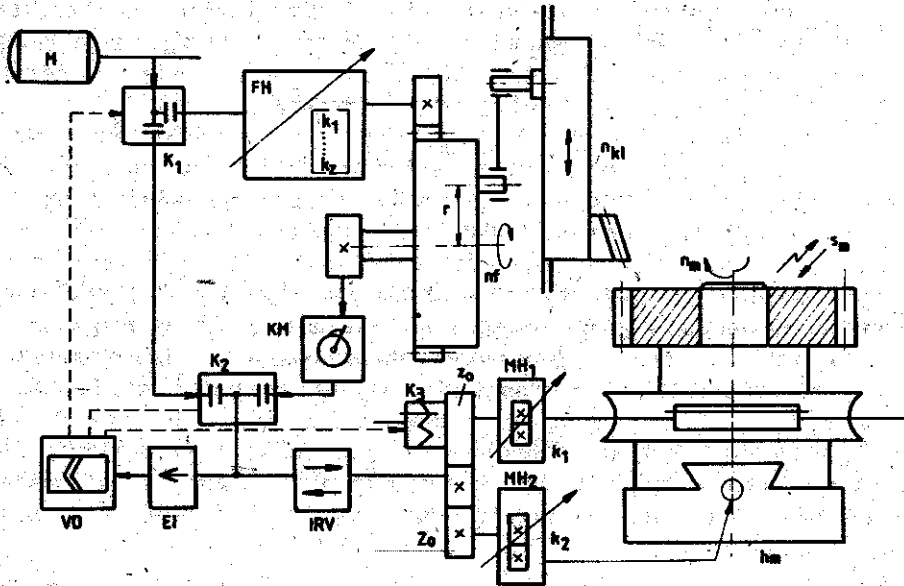
- az 1 főhajtómű,
- a 2 forgattyus mechanizmus, amely a 3 kost mozgatja,
- a 4 mellék-hajtómű, amely egyfelől az 5 csigahajtás, másfelől a 6 asztalmozgató orsó (un. modulorsó) forgatását biztosítja.

Igen lényeges megjegyeznünk, hogy az asztal forgó és haladó mozgása között kinematikai (kényszer-) kapcsolat van, hiszen e két mozgás eredője a munkadarab szerszámhoz viszonyított lefejtő (legördülő) mozgása.

Már említésre került, hogy a MAAG-eljárás szakaszos, azaz egy munkadarab elkészítéséhez a munkaciklusokat többször is meg kell ismételni. Ezeknek az ismétlődő munkaciklusoknak a mozgásait a kapcsoló- és vezérmű biztosítja. A kapcsoló- és vezérmű fontosabb elemeit és azok kapcsolatát működési vázlaton (10.54 ábra) mutatjuk be.

A szakaszos lefejtő mozgás a főhajtóműtől származik, az n_f egyenletes forgómozgást a KM kilincsmű alakítja át szakaszos mozgássá. A K_2 választókapcsolón és az IRV irányváltón keresztül ez a szakaszos mozgás az MH_1 és MH_2 mellék-hajtóművekre kerül. A célszerűen

megválasztott k_1 illetve k_2 cserekerék-áttelek biztosítják végső soron az imént említett lefejtés mozgásviszonyait, azaz az n_m asztal-forgást és a vele összehangolt s_m haladó asztal-mozgást.



10.54 ábra
Fésűkés lefejtő fogvészógép funkcióvázlata

A munkaciklusok ismétlését biztosító osztás közben a forgácsolás szünetel, ezért ez egy gyorsított mozgás és független a főmozgástól. A K_1 váltókapcsoló tehát az osztómozgás időtartamára lekapcsolja a főhajtóművet és ezáltal szünetelteti az n_{k1} főmozgást, a kos felső holtponthelyzetében áll. A K_1 váltókapcsolót a VD vezérdob működteti, amely VD vezérdob a teljes megmunkálási ciklus összehangolt lefolyását hivatott biztosítani. A gyorsított osztómozgás a szakaszos lefejtőmozgáshoz hasonlóan ugyancsak a K_2 váltókapcsolón, az IRV irányváltón, továbbá az MH_2 mellékajtóművön keresztül biztosítja az asztal gyors visszafutását, az osztást (lásd a 10.53 ábrát is), miközben a K_3 kapcsoló szünetelteti az asztal forgó mozgását. A 10.54 ábráról leolvasható, hogy K_2 és K_3 kapcsolók működését is a VD vezérdob hangolja össze. A lefejtés és az osztás (visszafutás) mozgásértelme ellentétes,

viszont a VD vezérdob csak azonos értelemben foroghat. Ezt az azonos értelmű forgást biztosítja az EI mozgásirányító. A VD vezérdob hatá-
sában levő áttételeket úgy kell megválasztani, hogy a VD vezérdob
egy munkaciklus alatt éppen egy fordulatot végezzen. A VD elfordulása-
nak $2/5$ része alatt folyik a fogak megmunkálása, további $2/5$ fordulat
alatt a visszafutás és a fennmaradó $1/5$ fordulat alatt pedig a holtjáték
kiküszöbölésére kerül sor.

A 10.55 ábra a fésűskéses fogvésőgép elvi kinematikai vázlatát mu-
tatja, amelynek segítségével a fogvésőgép működése részletekbe menően
is tanulmányozható. Elsősorban terjedelmi okok miatt ezuttal nem írjuk
fel a kinematikai egyenleteket, illetve a beállításokat, ezek egyéni mun-
kával is felírhatók. A fésűskéses fogvésőgép blokkvázlatát a 10.56 áb-
rán mutatjuk be, amelyen a mozgások és a hajtóművek kapcsolatát tűn-
tettük fel.

Fésűskéses külső ferde fogazású homlokfogaskereket is lehet készí-
teni. Ha a fésűskés egyenes fogazatu, a szerszámtartó szánjának veze-
tékeit β szöggel döntik (10.57 és 10.58 ábrák). Ennek a megoldásnak
hátránya, hogy a fésűskés kifutásához meglehetősen hosszú utszakasz
szükséges, amely különösen csoportkerekek megmunkálásánál jelent prob-
lémát. A kosra gyakran elforgatható és tetszőleges helyzetben rögzíthető
késtartót szerelnek (10.59 ábra), ezzel a késkifutás minimális értékűre
csökkenthető.

Kapcsolódó ferde fogu fogaskerékpár fogazásához - az utóbbi eset-
ben - egy pár fésűskés szükséges; egy jobbos és egy balos fésűskés.
A MAAG-eljárás a gépiparban általánosan elterjedt fogazás.

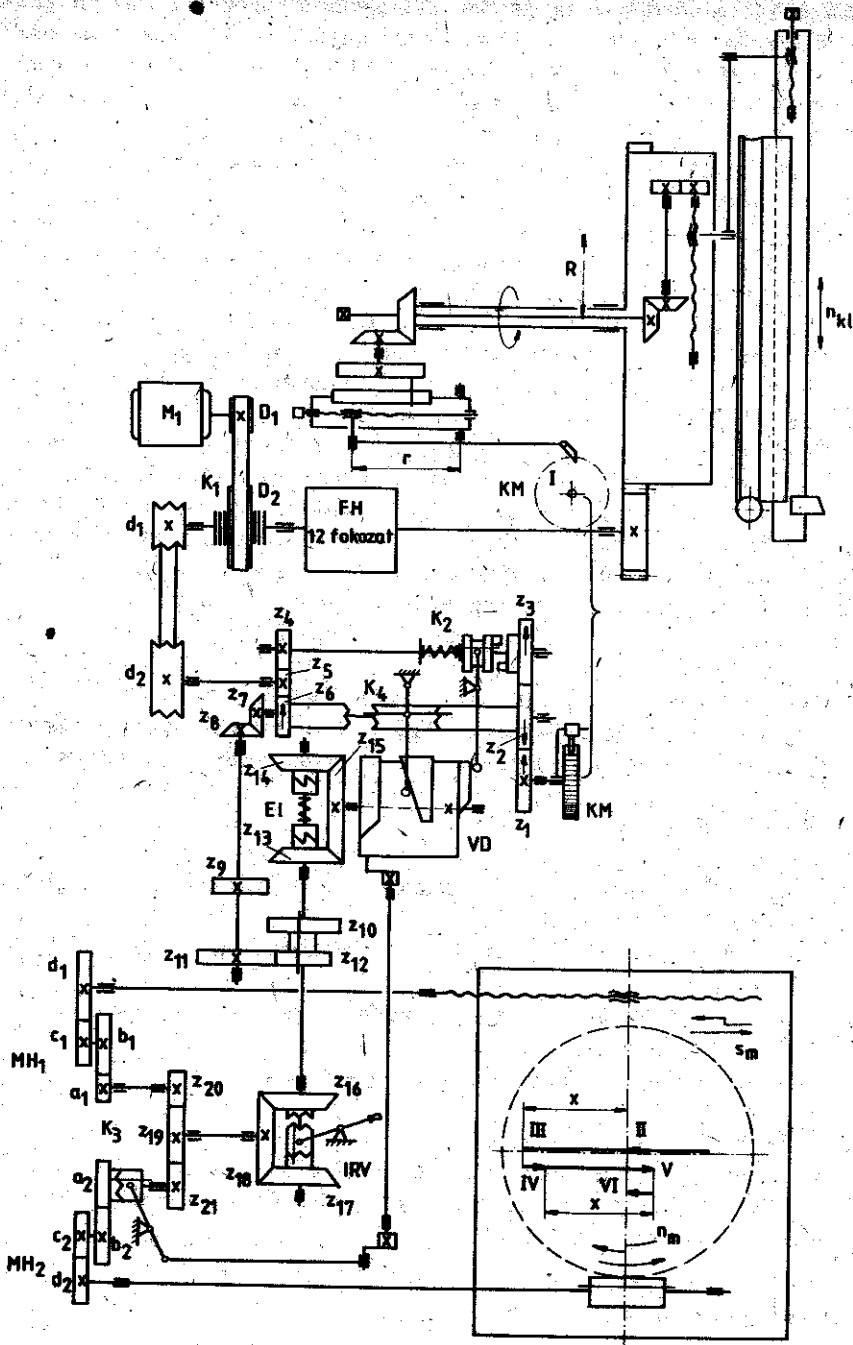
Előnyei:

- ferde fogazásra a gép átállítása egyszerű,
- fogankénti löketség nagyság határok között változtatható (fogfelület
érdessége így beállítható),
- a legnagyobb modulu kerekek lefejtő fogazására legalkalmasabb
fogazógép,
- szerszámának alakja legegyszerűbb, nagy pontossággal készíthe-
tő és egyszerűen élezhető,
- legpontosabban dolgozó lefejtő fogazógép.

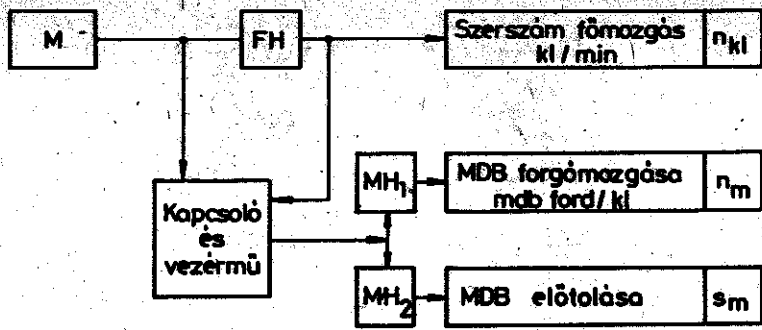
Hátrányai:

- a gép szerkezete bonyolult, karbantartása nehéz,
- a lökettej nagy tömege miatt a forgácsolási sebesség kicsi,
- főleg simításra használják.

Fogvésőgépeket egészen $d = 5000$ mm-es kerékatmértől és $m=25$
mm modulhatárig készítenek.



10.55 ábra
Fésűskéses lefejtő fogvésőgép elvi kinematikai vázlata



10.56 ábra
Fésűskéses lefejtő fogvésőgép blokkvázlata

Az elérhető pontosság megfelel a 6-7 minőségnek, a profilhiba $+0,02$ mm-es nagyságrendű. Az egyenes fogoldalú fésűskés a fogoldalon kisebb egyenetlenségeket hoz létre (10.60 ábra), mint az evolvensprofilu metszőkerék (vö. a 10.34 ábrával).

A fésűskéses lefejtő foggyalulás gépi főideje három részből tevődik össze: a begördülési (t_{be}), a foggyalulás (t_k) és a fogosztási (t_o) időből.

A begördülési idő:

$$t_{be} = \frac{q m \mathfrak{F}}{n_{kl} s_t} \text{ (min)} \quad (10.36)$$

A foggyalulási idő:

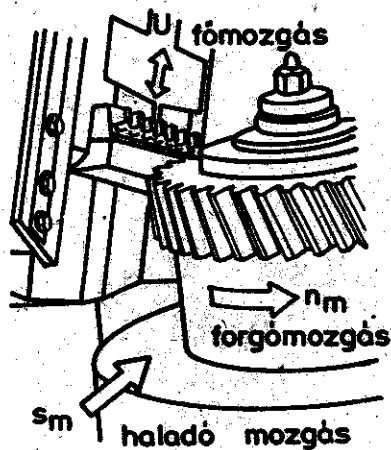
$$t_k = \frac{z m \mathfrak{F}}{m_{kl} s_t} \text{ (min)} \quad (10.37)$$

A fogosztási idő általában kis gépeknél kb. 4 sec-ot, nagy gépeknél kb. 8 sec-ot tesz ki osztásonként.

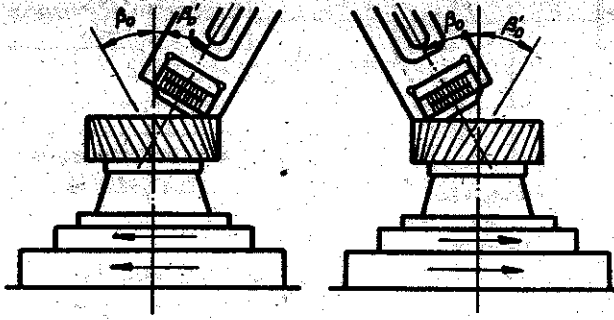
A teljes gépi főidő fogankénti osztás esetében:

$$t_g = \frac{(z + q)m \mathfrak{F}}{m_{kl} s_t} i + (z + q)t_o i \text{ (min)} \quad (10.38)$$

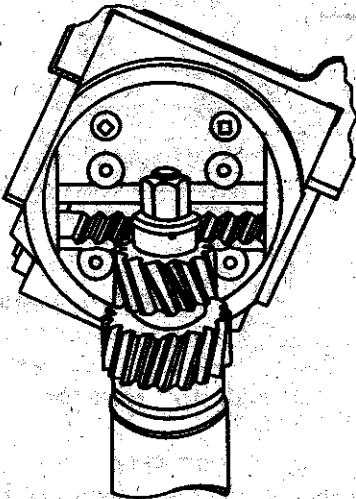
továbbá



10.57 ábra
Ferde fogazatu homlokkerék fogazása egyenes fogazatu fésűskéssel



10.58 ábra
Fésűskéses lefejtő fogvésőgép késtartójának döntése ferde fogazatu homlokkerék fogazásánál



10.59 ábra
Elfordítható késtartó ferdefogú fésűskéses befogására

$$n_{k1} = \frac{1000 \cdot v}{2L} \quad (\text{kettős löket/mín})$$

$$L = b + l_1 + l_3 \quad (\text{mm})$$

ahol z a fogaskerék fogszáma, q a begördülési fogsám (10-5. táblázat), m modul (mm), i fogások száma (10-6. táblázat), n_{k1} kettős lökettek száma (kettős löket/mín), s_t kerületi előtolás (mm/kettős löket), v forgácsolási sebesség (m/mín), b a fogaskerék szélessége (mm), $l_1 + l_3 =$ ráfutás és tulfutás utja; 10...15 (mm).

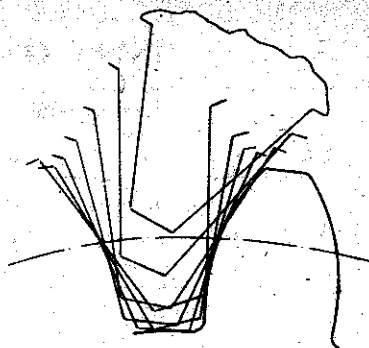
Az s_t kerületi előtolások, valamint a v forgácsolási sebességek értékeit ugyancsak táblázatokban rögzítik, ezek gépkönyvekben, illetve szak-

irodalomban megtalálhatók. Az ajánlott forgácsolási sebesség a megmunkálendő anyagtól, ill. a szerszámgép típusától függően $v = 10-40$ m/mín között változhat. Az s_t kerületi előtolás értékét az előírt pontosságtól, a munkadarab anyagminőségétől, valamint a modultól függően $s_t = 0,1-0,5$ mm/kettős löket, vagy más ajánlások szerint $s_t = m \sqrt[3]{10} - m \sqrt[3]{20}$ mm/kettős löket nagyságúra választják. A MAAG gépkönyvek az s_t kerületi előtolás helyett az ún. fogankénti löketszámot (n_z) tartalmazzák a

modul, a fogszám és az anyagminőség függvényében. Ezzel a foggyalulási idő:

$$t_k = \frac{z \cdot n_z}{n_{kl}} \text{ (min)} \quad (10.39)$$

Símtó fogazásnál a begördülési fogszám: $q = 0$.



10.60 ábra
Fogprofil felületi érdessége fésűskéssel történő fogazásnál

10-5 táblázat

A begördítés többletfogszáma

A munkadarab fogszáma z_m	A begördítés többletfogszáma q
7-11	2,5
12-18	3
19-26	3,5
27-35	4
37-48	4,5
49-80	5
80-120	6
121-172	7
173-220	8
220 felett	9

Fogások száma fésűskéses fogazásnál

Megmunkálendő kerék modulja					Fogások száma
2-3	4-5	6-7	8-10	10-en felül	
A megmunkálendő kerék fogszáma					
-105	-35				1
106-	36-120	-115	-100	-50	2
	121-	116-	101-230	51-200	3
			231-	201	4

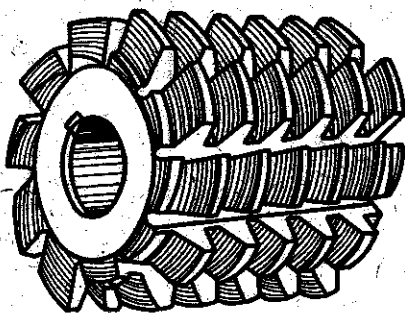
10.233 Fogazás lefejtőmaróval (Pfauter-eljárás)

A legelterjedtebb fogazási eljárás. Az első lefejtőmaróval dolgozó fogazógépet PFAUTER szabadalmaztatta 1897-ben, ezért használatos a Pfauter-eljárás a megmunkálás megjelölésére. A Pfauter gyáron kívül számos más ismert gyár is készít ilyen szerszámgepeket, többek között: Komszomolec, TOS, Volman, Beoehringer stb.

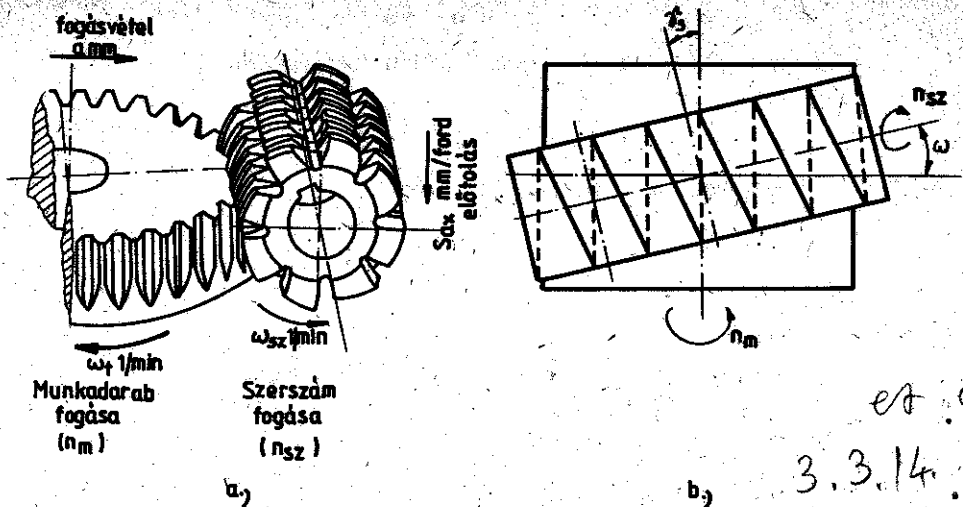
Elterjedtebbek a függőleges elrendezésű fogazógépek, a maximálisan megmunkálható munkadarabátmérők $\varnothing 65 \dots \varnothing 6300$ mm, a munkadarab szélességi méretek $40 \dots 2240$ mm nagyságrendűek, a modulok ezeknél a mérethatároknál: $m = 0,8 \dots 33$ mm.

Az eljárás szerszáma a lefejtőmaró (csigamaró). Alapjában véve egy olyan megmunkáló éllel kialakított csavarorsó, amelynek menetprofilja normál metszetben fogasléc (10.61. ábra), vagy másként megfogalmazva: a lefejtőmaró úgy származtatható, hogy a forgácsolást végző fogaslécet egy henger palástjára adott menetemelkedéssel viszik fel. Homlokfogaskerék gyártása esetén az alábbi mozgásokra van szükség (10.62. ábra).

- a forgó főmozgás, amelyet a szerszám végez (n_{SZ}),
- a munkadarab ugyancsak forgó folyamatos (n_m) forgó mellékmozgása.



10.61. ábra
Lefejtőmaró



10.62 ábra
 .Mozgások lefejtőmaróval történő fogazás esetén

A két mozgás együttesen biztosítja a kinematikailag helyes lefejtést (legördülést).

- a szerszám függőleges (axiális irányú) e_{ax} előtoló mozgása.

A modern fogazógépek az egyenirányú marás elve alapján dolgoznak (10.63 ábra), amely - az ismert előnyei miatt - 25-60%-os termelékenységnövekedést és a megmunkált felület minőségének javulását eredményezi. Természetesen az egyenirányú marás csak merev, holtjátékmentes szerszámgépen valósítható meg.

A későbbiek szempontjából is lényeges, hogy a Pfauter fogazógépeken nemcsak axiális, hanem - a feladattól függően - érintőleges (tangenciális s_t) és sugárirányú (radiális s_r) előtolás is létesíthető.

Megmunkálás előtt a lefejtőmaró tengelyét bizonyos szöggel dönteni kell, egyenes fogazásnál (10.62 ábra)

$$\omega = \gamma_s$$

szöggel (γ_s a szerszám osztóhengerén mért menetemelkedési szög).

Ferde fogazatu homlokkerék gyártásánál az ω szög nagysága az alábbiak szerint alakul (10.64 ábra):

- ha a szerszám menetemelkedése és a megmunkálandó fogaskerék ferdesége ellentétes értelmű, akkor

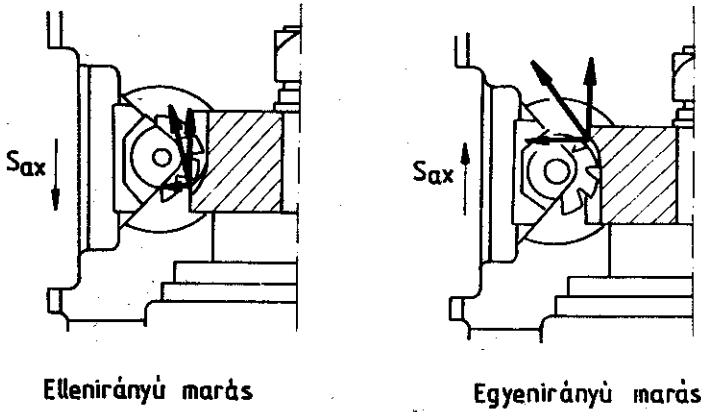
$$\omega = \beta_0 + \gamma_s, \quad (10.40)$$

- ha viszont az irányok egyező értelműek, akkor

$$\omega = \beta_1 - \gamma_s, \quad (10.41)$$

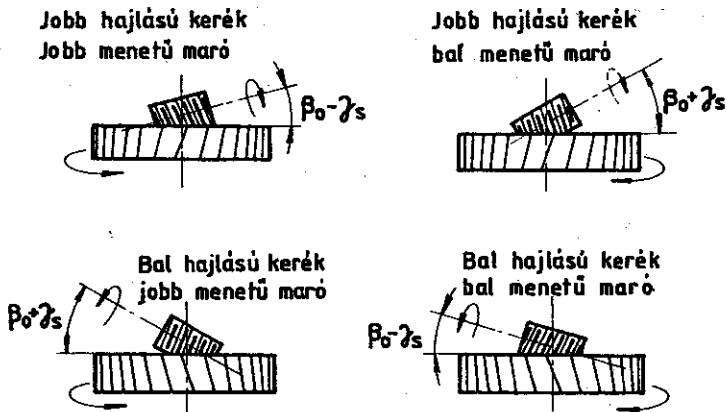
ahol β_0 a munkadarab fogferdeségi szöge.

5.A.



10.63 ábra
Ellenirányú, ill. egyenirányú fogmarás

5.2.



10.64 ábra
Beállítások ferdefogazatu homlokkerék fogzásánál

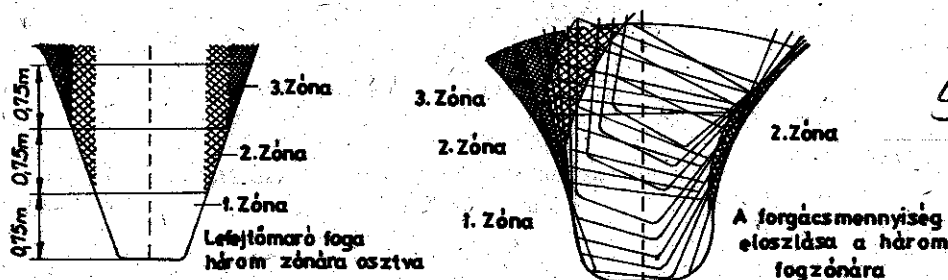
A homlokfogaskerek előállítására szolgáló lefejtőmarók lehetnek:

- nagyoló marók,
- elősímítő lefejtőmarók, valamint
- simító lefejtőmarók.

A nagyoló lefejtőmarók kevésbé pontos kivitelűek, gyakran nem egy, hanem kettő, esetleg több bekezdéssel készítik, ezáltal megnő a megmunkálás termelékenysége.

A megnövelt emelkedési szög hatására azonban romlanak a forgácsolási feltételek az oldaléleken, így az előtolást csökkenteni kell. Az előtolás csökkentése viszont rontja a termelékenységet. A termelékenység növelésének egy másik, az utóbbi időben egyre gyakoribb módszere az, hogy a fogásmegosztás elvének alkalmazásával három különböző marófoggal dolgozik a lefejtőmaró.

Az anyagmennyiség leválasztásában 75%, 19% és 6%-os arányban vesznek részt (10.65 ábra). Az ilyen elv szerint kialakított szerszám (10.66 ábra) forgácsolási feltételei - tapasztalatok szerint - kedvezőbbek. Ezek a nagyolómarók, elsősorban szerszámgyártási okok miatt, csak $m > 4$ mm modul esetén alkalmazhatók.



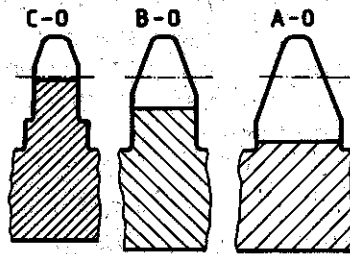
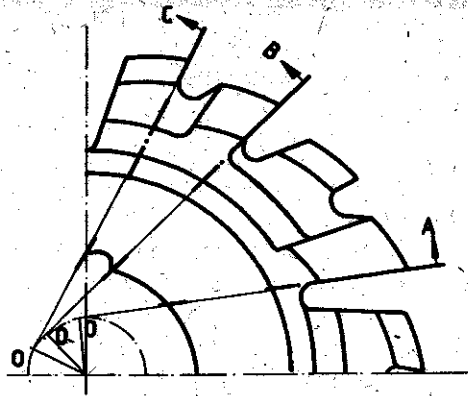
10.65 ábra
Fogásmegosztás elve lefejtőmarásnál

Az elősímítő lefejtőmarók köszörtülési ráhagyással dolgoznak, rendszerint csak egy-, ritkán két bekezdéssel készülnek. Edzésre kerülő fogaskerekeknél a ráhagyás (az elhuzódások kompenzálása érdekében) nagyobb, mint a hőkezeletlen kerek esetében.

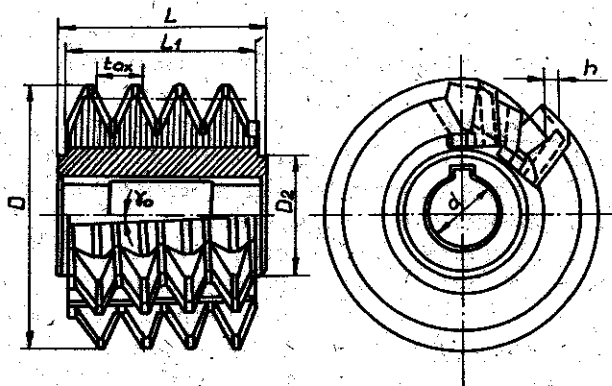
A simító lefejtőmarók a fogaskereket készre munkálják. Közös jellemzőjük, hogy relatíve nagyobb átmérővel készülnek, nagyobb görbületi sugárral, és ebből adódóan nagyobb megmunkálási pontossággal.

A szertelt lefejtő csigamarók főleg az utóbbi években terjednek erőteljesebben, forgácsoló részük gyorsacél, illetve keményfém.

A betétkéses marók esetén csak a fésűkés alakú forgácsoló rész készül gyorsacélból, a szerszámtestet szerkezeti acélból alakítják ki.

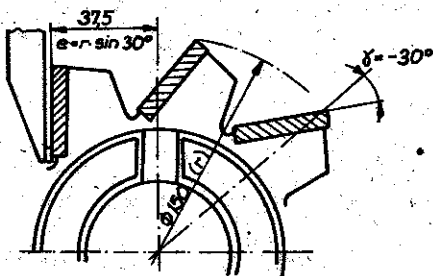


10.66 ábra
Fogásmegosztás elve szerint kialakított
lefejtőmaró



10.67 ábra
Betétkéses lefejtőmaró

A sokféle konstrukciós megoldás közül csak egyet mutatunk be példaképpen a 10.67 ábrán. A keményfém ismert tulajdonságai (nagyobb keménység, kopásállóság, kisebb szívósság) miatt csak korlátozottan alkalmazható. Nagyoló és elősimitő szerszámként csak az $m \leq 2 - 2,5$ mm modulal bíró fogaskerekek megmunkálásánál használható. A vizsgálatok azt mutatták, hogy ennél nagyobb modulok esetében - a megmunkálás kedvezőtlen feltételei miatt - a forgácsolólél kitöredezése következik be. A keményfém alkalmazási körének kibővítésére irányuló fejlesztő munka intenzíven folyik. Ennek illusztrálására említjük meg azt a legutóbbi időben kifejlesztett lefejtőmarót, amelyet a betétedzés utáni fogprofil simítására fejlesztettek ki. Hagyományosan a betétedzés utáni megmunkálást köszörüléssel vagy dörzsköszörüléssel végezték el. A jó minőséget biztosító fogköszörülés igen költséges megmunkálás, ezért a kb. 60-64 HRC keménységű edzett fogaskerekek fenti szerszámmal történő készre-munkálása nagy jelentőségű, gazdaságos és termelékeny eljárásnak ígérkezik. Az alkalmazható szerszámok keményfém betétesek és negatív homlokszöggel ($\gamma = -30^\circ$) készülnek (10.68 ábra). Minthogy a nagy negatív homlokszög miatt a profilon hántoló forgácsolás jön létre, az eljárást hántoló-lefejtőmarásnak nevezik. A hántoló-lefejtőmarókat az $m = 2-10$ mm modul tartományban betétlécés, $m > 10$ mm esetén pedig forrasztott vagy szerelt kivitelben gyártják.

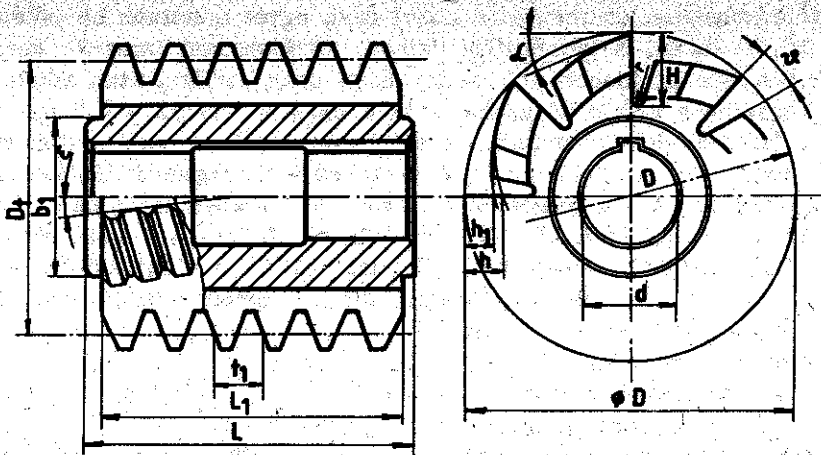


10.68 ábra
Hántoló-lefejtőmaró

Jelentős eredményeket ígérnek a szuperkemény (kőbős bórnitrid alapu) forgácsolólapkás lefejtőmarók is, amelyekkel nemcsak a termelékenység, hanem a megmunkált fogaskerekek pontossága is fokozható. Ilyen szerszámok például a Pfauter vállalat által kifejlesztett Borazon lapkás lefejtőmarók.

A 10.69 ábrán egybekezdésű, simító megmunkálásra szolgáló lefejtőmaró látható. A lefejtőmarók méretezésével a jegyzet korlátozott terjedelme miatt nem foglalkozunk, a számítási eljárások a vonatkozó szakirodalomban megtalálhatók. Mindössze azokat a szempontokat foglalkozunk össze röviden, amelyek adott feladathoz történő szerszám-kiválasztásnál bírnak jelentőséggel:

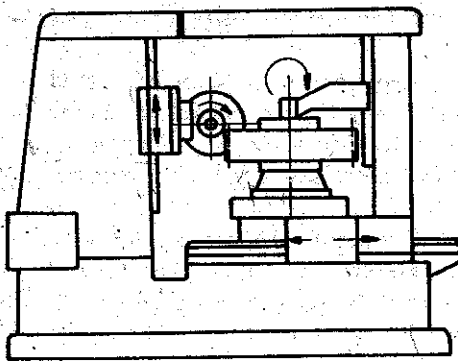
- A szerszám profilja nem függ a munkadarab fogszámától, tehát
- azonos modul esetén - ugyanazzal a szerszámmal tetszőleges fogszámú egyenes fogazatu fogaskerék fogazható.
- Ferdefogazatu homlokkerekek gyártásánál a lefejtőmaró moduljának meg kell egyeznie a ferdefogazásu homlokkerék normál met-szetében mért modulal.



10.69 ábra

Egybekezdésű, simító megmunkálásra szolgáló lefejtőmaró

- A lefejtőmaró D külső átmérőjének megválasztásánál figyelembe kell venni a munkadarabra előírt minőségi követelményeket is, minél nagyobb átmérőt alkalmazunk, annál pontosabb fogazatot eredményez a megmunkálás.
- Az ajánlott fogszám a modul értékétől függ, táblázatokból választható ki.

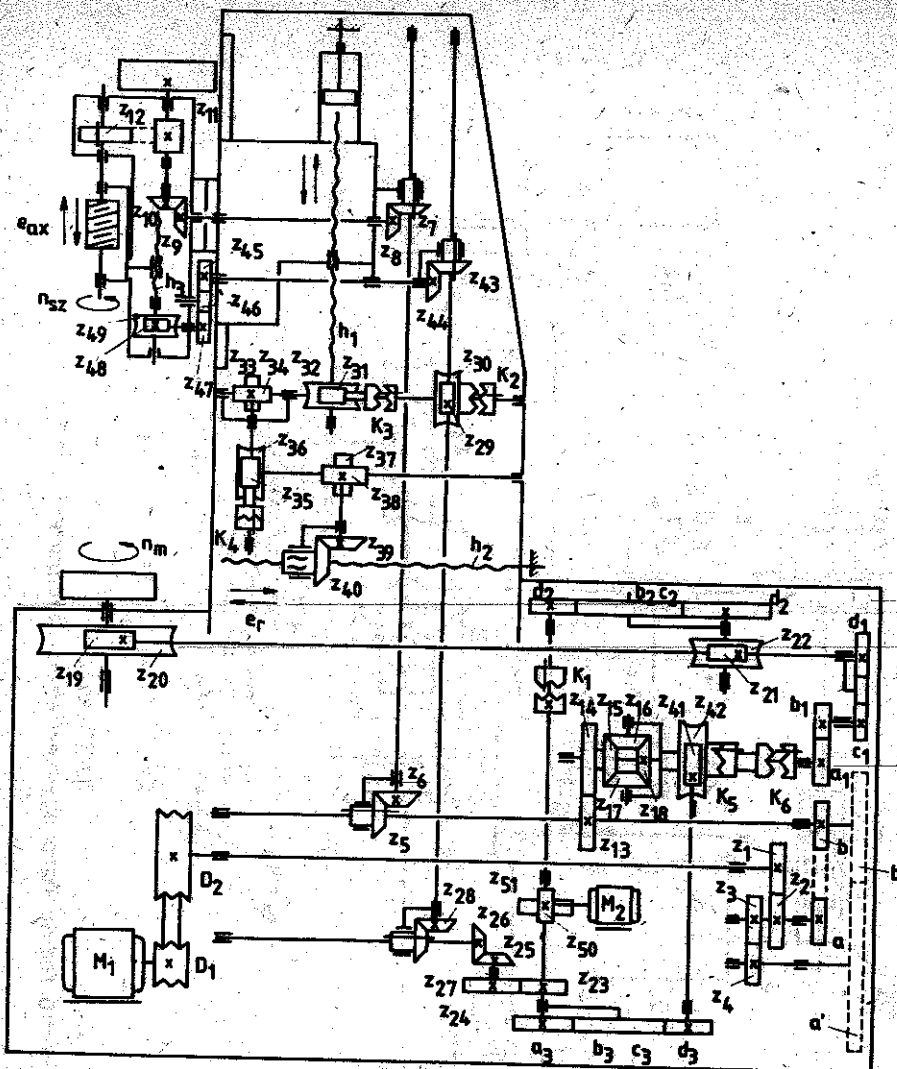


10.70 ábra

Lefejtő marógép körvonalrajza

A csigamaróval dolgozó lefejtő marógépek egyenes és ferde külső fogazású hengeres kerek, továbbá csigakerek, bordástengelyek, lánc-kerek stb. megmunkálására szolgálnak. Általában a függőleges elrendezésű géptípus terjedt el (10.70 ábra).

A szerszám gép mozgásjellemzőit a fejezet elején már ismertettük. A mozgások megvalósítását szolgáló kinematikai láncok a 10.71 ábrán látható kinematikai vázlat segítségével tanulmányozhatók. A meglehetősen bonyolult kinematikai vázlatot a 10.72 ábrán lényegesen egyszerűbb alakban ábrázoltuk a mozgáskapcsolatok könnyebb áttekinthetősége, továbbá a számítóképletek egyszerűsítése érdekében.



10.71 ábra
Lefejtő fogmarógép kinematikai vázlata

A főmozgás kinematikai láncja alapján a lefejtmáró fordulatszáma:

$$n_{sz} = n_{mot} \left(\frac{a}{b} \right) K_1 \quad (10.42)$$

ahol K_1 gépállandó, a/b a főhajtás létesítésére szolgáló váltókerekek fogsámértékeinek hányadosa.

A lefejtő kinematikai lánc a szerszám és a munkadarab között olyan k_1 hajtóviszonyt létesít, amely megfelel a szerszámbekezdések száma (B) és a munkadarab fogszáma (z_m) közötti viszonyzámnak (lásd a 10.19 összefüggés is). A kinematikailag pontos legördítés feltételéből adódó hajtóviszony tehát az alábbi kinematikai egyenletből számítható:

$$n_{sz} \left(\frac{a_1 c_1}{b_1 d_1} \right) k_d \frac{z_1}{z_2} = n_m$$

Az összefüggésből a váltókerék fogszámok:

$$k_1 = \frac{a_1 c_1}{b_1 d_1} = \frac{n_m z_2}{n_{sz} z_1} \frac{1}{k_d} = \frac{B z_2}{z z_1} \frac{1}{k_d} = K_2 \frac{B}{z} \quad (10.43)$$

ahol $n_m/n_{sz} = B/z$ összefüggés is felhasználtuk. A K_2 gépállandó pontosabb értéke természetesen a 10.71 ábra alapján lenne meghatározható.

Az axiális előtolás (s_{ax}) kinematikai származtatása értelmezéséből adódik, hiszen s_{ax} szerszámelőtolás a munkadarab egy fordulatára vonatkozik. A marószán s_{ax} nagyságu elmozdulása alatt a h_1 menetemelkedésű emelőorsó s_{ax}/h_1 nagyságu elfordulást végez.

A kinematikai egyenlet:

$$(1 \text{ mdb fordulat}) \cdot \frac{z_2 z_3}{z_1 z_4} \left(\frac{a_2 c_2}{b_2 d_2} \right) \frac{z_9}{z_{10}} \frac{z_{11}}{z_{12}} h_1 = s_{ax}$$

A k_2 hajtóviszony

$$k_2 = \frac{a_2 c_2}{b_2 d_2} = \frac{s_{ax}}{h_1} \frac{z_1 z_4}{z_2 z_3} \frac{z_{10} z_{12}}{z_9 z_{11}} = K_3 s_{ax} \quad (10.44)$$

ahol K_3 összevont gépállandó.

Az s_r radiális előtolásra elsősorban csigakerekek megmunkálásánál van szükség. Kinematikai lánc csaknem azonos az s_{ax} axiális előtolás kinematikai láncával. Ugyancsak a munkadarab egy fordulatára vonatkozik. Végzi a szerszám gép állványa a h_2 menetes orsóanyá révén.

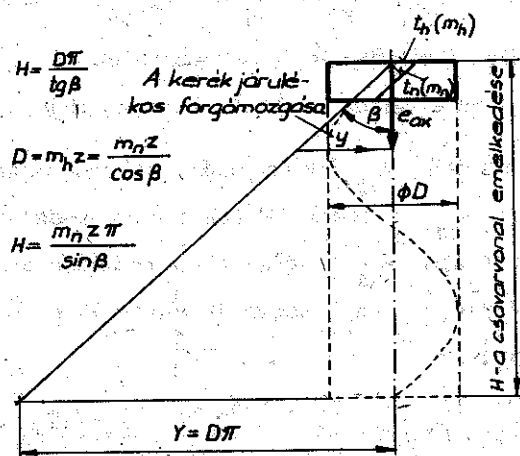
A kinematikai egyenlet:

$$(1 \text{ mdb fordulát}) \cdot \frac{z_2 z_3}{z_1 z_4} \left(\frac{a_2 c_2}{b_2 d_2} \right) \frac{z_7 z_{13} z_{15}}{z_8 z_{14} z_{16}} h_2 = s_r$$

Az MH_2 hajtómű k_2 hajtóviszonya:

$$k_2 = \frac{a_2 c_2}{b_2 d_2} = K_3 s_r$$

Ferde fogazatu fogaskerek megmunkálásához az egyenes fogazás eddig tárgyalt alapmozgásain (lefejtő mozgás, axiális előtolás) kívül szükség van a munkadarab járulékos forgó mozgására is.



10.73 ábra

A ferde fogazáshoz szükséges járulékos mozgás mértéke

A ferde fogazáshoz szükséges járulékos mozgás mértékét a 10.73 ábra alapján határozhatjuk meg. Ahhoz, hogy a szerszám a β hajlásszögű ferde fog mentén forgácsoljon, az e_{ax} tengelyirányú szerszám-előtolás mellett még szükség van a munkadarab y mértékű járulékos elfordulására is. A járulékos elfordulás mozgásértelme az alapforgás-értelemmel

- egyező "jobb emelkedésű" fogazásnál és
- ellentétes, ha a fogazás "bal emelkedésű".

Előzőek miatt a járulékos mozgást kinematikailag a függőleges előtolást létesítő h_1 orsról vezetik le, hiszen a járulékos mozgás - mint láttuk - az e_{ax} tengelyirányú előtolás függvénye. Képzeletben hosszabbítsuk meg a fogaskerék valamelyik fogoldalát oly módon, hogy ez a ferde fog, mint egy csavar, éppen egy teljes menetet alkosson. Ennek a csavarvonalnak H magasságát a β fogferdeség, valamint az osztóhengyer D átmérőjéből meg lehet határozni (10.73 ábra). A járulékos mozgás mértéke éppen az osztókör kerülete (Y), azaz egy teljes munkadarabfordulat.

A csavarvonal H menetemelkedésének megfelelő utat a h_1 menetes orsó H/h_1 fordulat alatt teszi meg. A kinematikai egyenlet (10.72 ábra alapján):

$$\frac{H}{h_1} \cdot \frac{z_{12}}{z_{11}} \frac{z_{10}}{z_9} \left(\frac{a_3}{b_3} \frac{c_3}{d_3} \right) \frac{z_5}{z_6} \cdot k_d \cdot \frac{z_1}{z_2} = D \mathcal{A} \quad (10.46)$$

ahol k_d a D differenciálmű áttétele. Megjegyezzük, hogy a differenciálmű mozgásösszegzőként szerepel. A szerszám és a munkadarab lefordításához szükséges, már tárgyalt munkadarab forgáshoz a differenciálmű előjelhelyesen hozzáadja a pótmozgást. A (10.46) összefüggésbe helyettesítsük be H értékét (lásd 10.73 ábrát is), majd fejezzük ki HM_3 mellékhajtómű k_3 áttételét:

$$k_3 = \frac{a_3}{b_3} \frac{c_3}{d_3} = h_1 \cdot \operatorname{tg} \beta \frac{z_{11}}{z_{12}} \frac{z_9}{z_{10}} \frac{z_6}{z_5} \frac{1}{k_d} \frac{z_2}{z_1} = K_5 \operatorname{tg} \beta \quad (10.47)$$

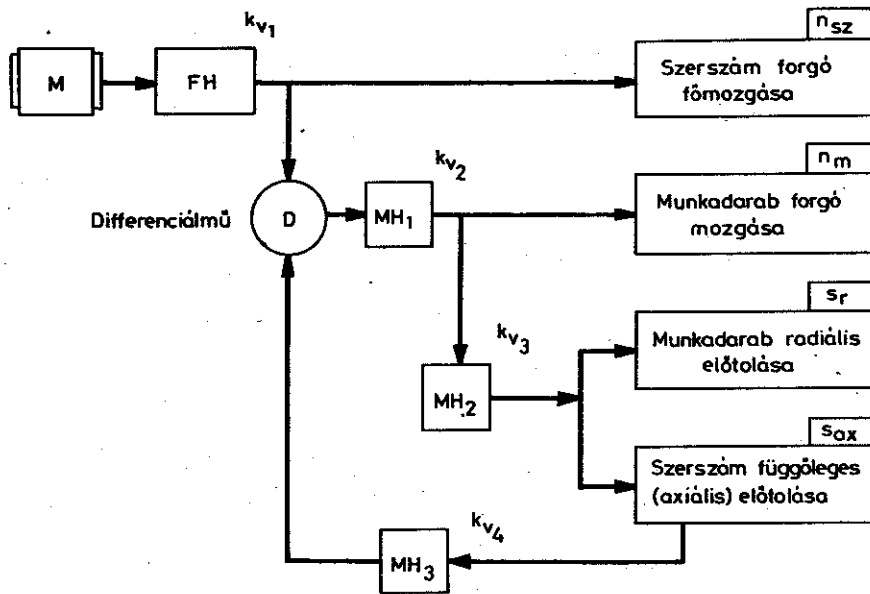
ahol K_5 - összevont gépállandó.

Megjegyezzük, hogy a 10.71 ábrán látható kinematikai vázlat kis mértékben eltér a 10.72 ábra szerinti egyszerűsített funkcióvázlattól, ezért a 10.47 összefüggés a 10.71 ábrát tekintetbe véve kissé módosulna. A pótmozgás kinematikai láncában szerepet játszik a

$$k_1 = \frac{a_1}{b_1} \frac{c_1}{d_1}$$

váltókeres részajtómű is. A mozgáskapcsolatok áttekintését teszi lehetővé a lefejtőmarógép blokkvázlata (10.74 ábra).

A csigamaróval dolgozó lefejtő fogmarógépek alkalmasak csigakerekek készítésére, ennek részletelt a 11.2 fejezetben ismertetjük.



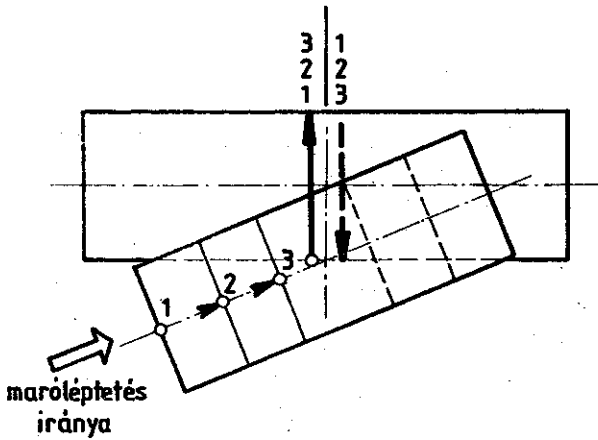
10.74 ábra
Lefejtő fogmárgép blokkvázlata

A lefejtő fogmárgépek asztalát mindig csigahajtás forgatja, a korszerű gépeken kettős csigahajtás és holtjátékcsoökkentő szerkezet található az egyenirányú marás követelményeinek teljesítésére (vesd össze a 10.63 ábrával kapcsolatban leírtakkal). A nagyméretű fogazógépek asztalát rendszerint tehermentesített kivitelben készítik. A maróorsón gyakran található lendkerék, a rezgések csökkentése érdekében. A korszerű fogazógépeken a különleges feladatok elvégzésére jellegzetes szerkezetek, illetve géptartozékok szolgálnak, amelyek révén a termelékenység lényegesen fokozható, vagy az alkalmazási terület bővíthető ki számottevően.

A fontosabb géptartozékok, illetve mechanizmusok:

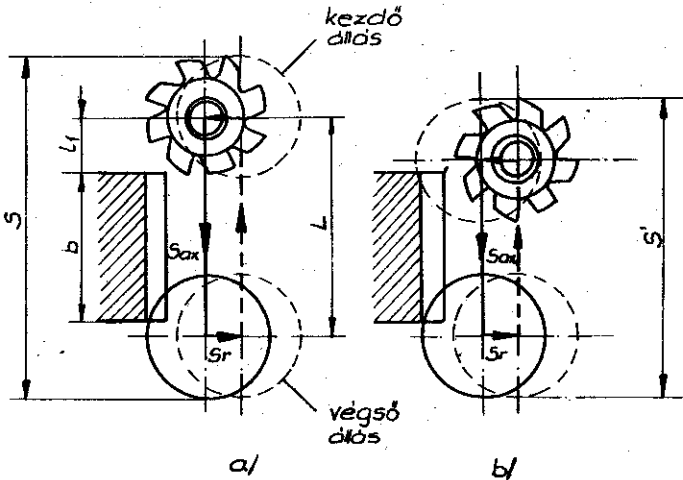
- Kézi osztószerkezet. Profilozó, vagy nagyoló fogazáshoz használható tartozék.
- Maróléptető berendezés (shifting). Az új szerszámgepeken elterjedten alkalmazott mechanizmus a marószerszámot tengelyirányban - meghatározott mértékben - önműködően eltolja (10.75 ábra). A léptetés mértéke kisebb, mint az osztás fele. A szerkezet a munkadarab cseréjénél működik. Szélső helyzetben természetesen a léptetést reteszelik. Nyilvánvaló előnye, hogy a szerszám éltartama megnő, egyes szerzők szerint többszörös éltartamot lehet a maróléptetés révén elérni. Ugyanakkor

nem javul a megmunkálási pontosság és nem csökkennek a dinamikus erőhatások sem.



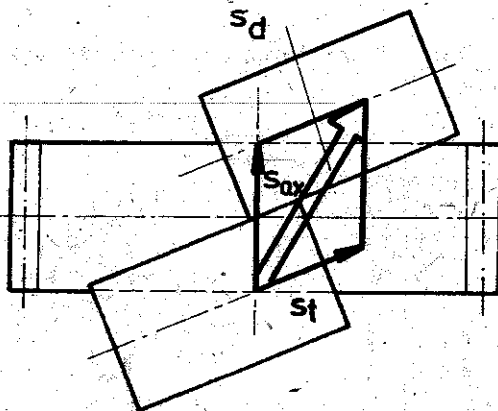
10.75 ábra
Maróléptetés

- Belső fogazófej. Belső fogazatok készítésére szolgál, profilozó tárcsamarróval dolgozik.



10.76 ábra
Forgácsolási munkaut lefejtő fogmarrásnál: a) "hagyományos"; b) automatikus munkaciklus esetén

- Vezérlő szerkezet. Az összetett munkafolyamat automatizálását szolgálja. Olyan munkafolyamatok (mozgásciklusok) hozhatók így létre, amelyek a gépi főidő, továbbá a mellékidők jelentős csökkentését eredményezik. A forgácsolási munkaut csökkentésének mértékét jól szemlélteti a 10.76 ábra. A gépi s_r radiális és s_{ax} axiális munkaelőtolásokból, továbbá ugyanezen irányú gyorsmenetektől összetevődő automatikus munkaciklust (10.76/b ábra) rendszerint ütközős vezérléssel oldják meg. Az s_r radiális előtolással megtett út egyezik a fogárok mélységével, illetve a fogásmélységgel, az s_{ax} axiális előtolás utja pedig alig haladja meg a fogaskerék szélességét. A radiális előtolás következtében számolni kell az éltartam csökkenésével. Ugyancsak a vezérlő berendezés révén realizálható az éltartam javulását is biztosító fogazási technológia, az un. diagonális (vagy átlóirányu) marás (10.77 ábra). Az s_{ax} tengelyirányu és az s_t érintőleges előtolás kombinációja egyenletesebb szerszámkopást és nagyobb pontosságot eredményez. Az éltartamnövekedés elérheti az 50...70%-ot is.



10.77 ábra
Diagonális marás

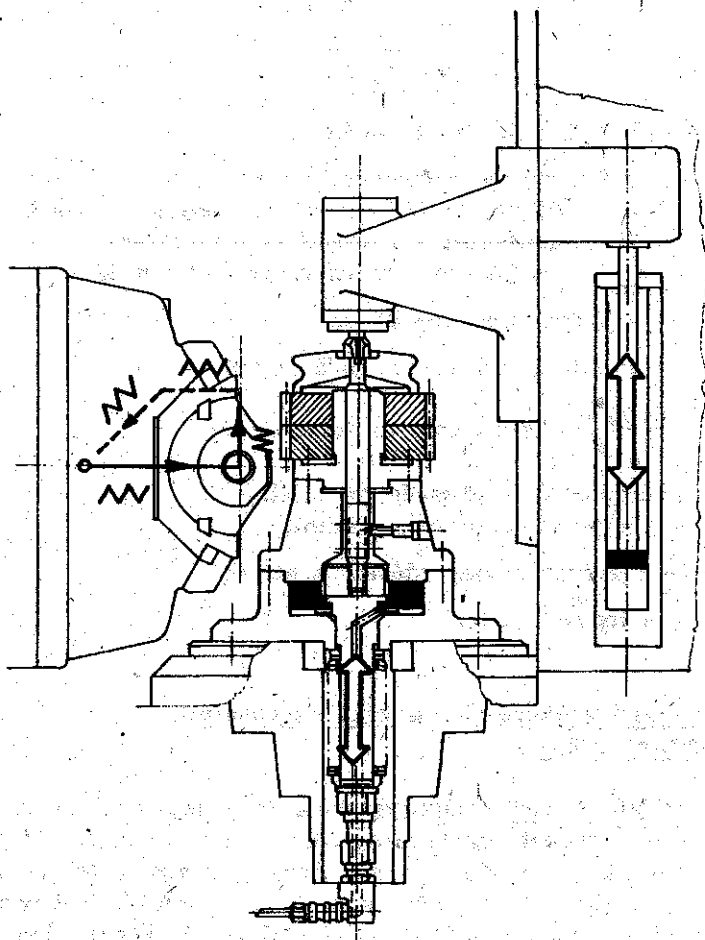
A lefejtőmaróval végzett fogazás technológiai adatai:

- a szerszám,
- a munkadarab anyaga,
- a modul és
- a fogszám

függvényében gépkönyvek táblázataiból választhatók meg. A v forgácsolási sebesség régi szerszámgépeken $v = 20 \dots 30$ m/min, korszerű gépeken $v \geq 50$ m/min értékű is lehet. Az előtolás értékeit a munkadarab egy fordulatára adják meg, értékeit gépkönyvek és kézikönyvek táblázataiból lehet kiválasztani. Hozzávetőleges értéke acélból készített fogaske-
rekek esetén

- nagyolásnál: $s_{ax} \approx 0,7 \dots 3,5$ (mm/mdb ford.),

- simításnál: $s_{ax} \approx 0,4 \dots 1,0$ (mm/mdb ford.).



10.78 ábra
Hidraulikus működésű felfogó szerkezet lefejtő fogas-
marógépen

A fogások számának megállapításánál a modul nagyságából indulnak ki. Ha $m < 8$ mm, a fogazást egy fogással készítik el. Ennél nagyobb modul esetén két fogással választják le a fogárkot. Simitő fogásra 0,5...1 mm ráhagyást hagynak az osztóköron mérve.

Keskeny fogaskereknek esetén a gazdaságos megmunkálás követelményének kielégítése érdekében több fogaskeretet fognak fel egyszerre a felfogó készülékben (10.78 ábra). Korszerű fogazógépeken a készülékek hidraulikus működtetésűek (10.78 ábra).

A lefejtőmarás gépi idője az alábbi összefüggés alapján határozható meg:

$$t_g = \frac{L \cdot z'}{s_{ax} \cdot n_s \cdot z_b} i \quad (10.48)$$

ahol $L = b + l_1 + l_2$ (mm) munkaut;

b - a fogaskerék szélessége (mm);

$l_1 + l_2$ a hozzáfutás és kifutás utja, amely általában 5...8 mm. Értelmezésüket a 10.76 ábra szemlélteti;

$z' = z_m + 3$ a bekezdés miatt megnövelt fogszám;

z_m - a munkadarab fogszáma;

s_{ax} - axiális előtolás (mm/mdb ford.);

$n_s = \frac{1000 \cdot v}{D_s \cdot \pi}$ a szerszám fordulatszáma;

v - forgácsolási sebesség (m/min);

D_s - a szerszám átmérője (mm);

z_b - a szerszám bekezdéseinek száma;

i - a fogások száma.

10.24 Hengeres fogaskerek fogazási eljárásainak összehasonlítása

A profilozó eljárás a legegyszerűbb és a legpontosabb módszer a hengeres fogaskerek fogazására. Alkalmazási területe ezért az egyedi gyártásban, kis pontosságú, lassan forgó és nagyméretű kerek fogazásnál indokolt. Használatos még nagyolásra a lefejtő szerszámok kímélésére, továbbá ujjmarók esetében zárt nyíl fogazás készítésére. Tömeggyártásban, ha a pontosság nem követelmény, akkor alkalmazzák a profilozó üregelést, ill. foggyalulást.

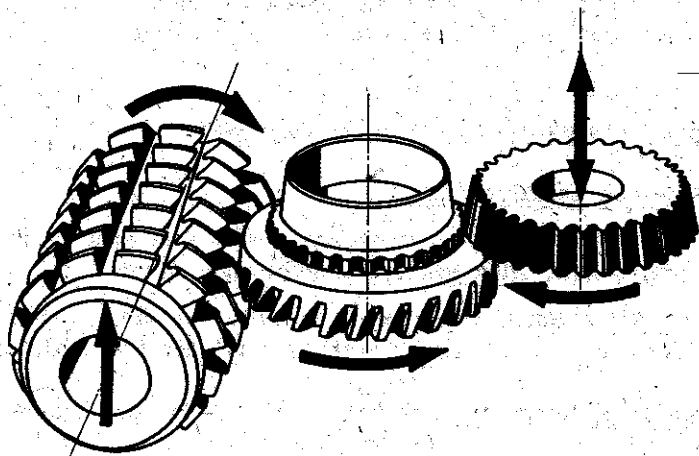
A lefejtő eljárások közül $m = 2... 8$ mm fogaskerek fogazásánál a legtermelékenyebb a lefejtőmarás. Előnyös tulajdonsága, hogy min-

den mozgása folytonos és egyfajta szerszámmal fejthető le bármilyen fogszámú egyenes vagy ferde fogazat, ha a normálmodulja azonos. Egyes fogazásnál a profilhibák nagyobbak, mint foggyaluláskor vagy fogmetészkor. A fogferdeségi szöget illetően a differenciálműves fogmarogép a legpontosabb ferdefogu kerékpárok készítésére.

Metszőkerékkel való fogazás a legtermelékenyebb eljárás $m \leq 2$ mm-ig. A lefejtő eljárások közül ezzel lehet csak fogaslécet, zárt nyíl fogazást, belső fogazást és olyan ferdefogu kereket készíteni, ahol a munkadarab alakja nem enged meg nagyobb szerszámkifutást. A pontos ferdefogazást csak akkor tudjuk megvalósítani, ha a két (bal és jobb hajlású) metszőkereket azonos átmérőre, valamint a csavarvonalban osztott hüvelyek is kívánt mértékre készülnek el.

A fésűkéssel való fogazás a legpontosabb, de a legkisebb forgácsolási sebességgel dolgozó eljárás. Szerszáma a legegyszerűbb lefejtőszerszám, ezért szívesen alkalmazzák 10 modul alatti fogaskerekek simítására is. A 10 modul feletti kerekek fogazása már gazdaságosabb, mint a többi lefejtő eljárás. A legnagyobb modulu kerekek viszont csak ezzel az eljárással gyárthatók.

Ferdefogu kerekeknél viszont ezzel az eljárással kapjuk a legnagyobb eltérést a két fogferdeség között. Ugyanis az egyik kerék lefejtése után, a késszánt a körskálán ellenkező irányba kell dönteni, amit néhez pontosan beállítani még ugyanazon a gépen is.



10.79 ábra

Kombinált fogazási eljárás csoportkerekek megmunkálására.

Végezetül megemlítjük, hogy az egyes fogazási eljárásokat egymással kombinálják a termelékenység fokozása és a minőség javítása céljából. A 10.79 ábrán csoportkerék megmunkálását szemléltetjük. Ez a jellegzetes munkadarab egy olyan fogazógépen készül, amely valójában egy lefejtő fogmarógép és egy metszőkeres fogvésőgép egyesítése révén keletkezett.

10.3 Kúpos fogazatok megmunkálása

A kupfogaskerek legfontosabb geometriai jellemzőit a Géprajz-gépelemek tantárgy tárgyalja, ezért - a fejezet megírásánál - ezeket a jellemzőket ismertnek tételeztük fel. Gyártási szempontból az a legfontosabb geometriai sajátosság, hogy a kupkerek osztókupjainak közös a csúcspontja. Ha a kupkerek egyenes fogazatuak, a fogdalak alkotói is ebben a csúcspontban találkoznak. Előzőekből következik, hogy a csúcspont felé haladva a fogak vastagsági és magassági méretei az osztással együtt csökkennek. Ez az oka annak, hogy profilozó eljárással pontos kupkerék nem készíthető, szinte kizárólag kupkerek nagyolására alkalmazott eljárás a profilozás. Ritkán profilozó eljárással készítik a nagyméretű ivelt- vagy nyilfogazású kupkereket.

Fontos szempont, hogy az együttműködő kupkerékpárok mindkét kerékét azonos gyártmányu fogazógépen kell elkészíteni.

10.31 Kupkerek osztályozása, felfogási módok

Kupkerek osztályozása

A kupkereket - műveltervezés során - alakjuk és pontosságuk alapján osztályozzák. Alak szerint megkülönböztetnek:

- Egyoldalas tengelyes kupkereket (10.80/a ábra), amelyet egy darabból készítenek a csapágyazás céljait szolgáló felületelemekkel együtt.

- Kétoldalas tengelyes kupkereket (10.80/b ábra), amelynek mindkét végén található hengeres felület. Viszonylag ritkán alkalmazott konstrukciós megoldás.

- Furatos kupkerék (10.80/c ábra), amelynél a tengely és a fogazott kerék külön darabból készül, ebből következően anyaguk lehet különböző is (anyagtakarékos megoldás).

- Tányérkerek (10.80/d ábra) csak nagy fogszámu kupkereknél használnak, nagy módosítás mellett.