

- ahol - s_t a körelőtolás (mm/min),
 - d a menet névleges átmérője (mm).

A körelőtolás képlete:

$$s_t = s_z \cdot Z \cdot n_{sz} \quad (\text{mm/min}), \quad (9.9)$$

- ahol - s_z a fogankénti előtolás (mm/fog),
 - Z a szerszám fogszáma,
 - n_{sz} a szerszám fordulatszáma (ford/min).

A szerszám fordulatszáma az ismert képletből:

$$n_{sz} = \frac{1000 v}{D_{sz} f}, \quad (9.10)$$

- ahol - v a választott forgácsolási sebesség (m/min),
 - D_{sz} a szerszám átmérője (mm).

Az összefüggések nem veszik figyelembe azt, hogy egy forgácsolandó menet hosszabb a névleges menetátmérővel számított kerületnél. A 9.7 összefüggésben nem szerepel a fogásszám, mert az a gyakorlatban - csaknem kivétel nélkül - mindig $i = 1$ (nagyoló megmunkálás).

A gépi főidő rövid menet marásakor:

$$t_g = \frac{k}{n_t} \quad (\text{min}) \quad (9.11)$$

- ahol - k korrekciós szám értéke 1,16...1,33,
 - n_t munkadarab fordulat (ford/min).

Az n_t munkadarab-fordulat az előzőekben közöltek szerint határozható meg. A k annak a többletfordulatnak az értéke, amelyet a munkadarabnak az egy fordulaton kívül még meg kell tenni ahhoz, hogy a fésűsmaró a szükséges menetmélységre álljon.

A tárcsás menetmarókat rendszerint 60...80 mm átmérővel, 8...18 mm vastagságban és 30...40 fogszámmal készítik. A fésűs menetmarókat külső menetekhez 40...90 mm, belső menetekhez pedig 10...40 mm között választhatjuk. Belső menet marására a maró átmérője a furat átmérőjének 0,75...0,85-szöröse legyen. A marók hossza 15...90 mm között változik, de legfeljebb a menetemelkedés 60-szorosa.

A forgácsolási sebességet a szerszám és a munkadarab anyagának

függvényében választják meg. Szerkezeti acélok fésűs maróval való menetmarásakor a $v = 10 \dots 40$ m/min.

A fogankénti előtolás közepes menetminőségénél

$$s_z = 0,01 \dots 0,02 \text{ mm/fog.}$$

durva minőségénél pedig

$$s_z = 0,04 \dots 0,08 \text{ mm/fog.}$$

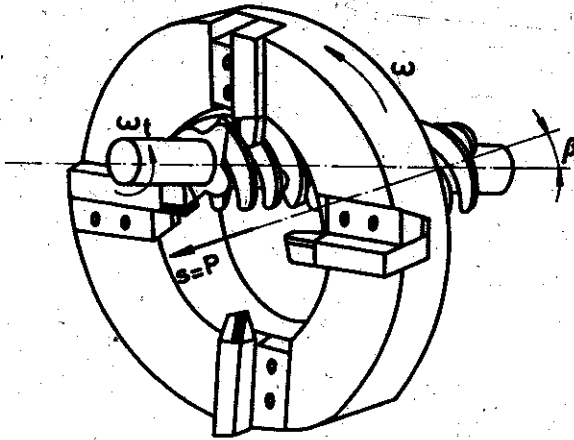
Menetmegmunkáláshoz ajánlatos hűtő-kenő folyadékot is előírni. A hűtő-kenő folyadék alkalmazása révén csökken a surlódás a szerszám és a munkadarab között, javul a felületi minőség és megnő a forgácsoló szerszám éltartama. Öntöttvas, szinesfém és könnyűfém szárazon is megmunkálható.

9.312 Örvénylő menetmarás

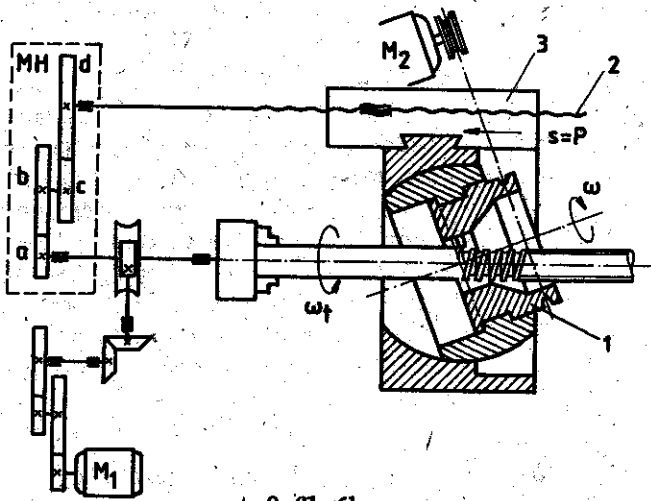
Az egyik legkorszerűbb menetmegmunkálási eljárás, egyaránt alkalmas külső és belső menetek megmunkálására. Termelékenysége 2...40-szerese a hagyományos menetmegmunkáló eljárások termelékenységének. A szerszám profilja megfelel a készítendő menetprofilnak. A megmunkálást rendszerint több szerszámmal végzik. A betétkésként kialakított szerszámok egy különleges szerszámtartóban helyezkednek el, amely szerszámtartó (ω) forgó főmozgást végez (9.60 ábra). A betétkések forgácsoló része rendszerint keményfémlapka, ritkábban gyorsacél. Az $s = P$ nagyságú előtolást ugyancsak a szerszámtartó végzi, miközben a munkadarab ω_t forgó mellékmozgással biztosítja a folyamatos forgácsleválasztást.

A 9.61 ábrán egy örvénylő menetmarógép elvi vázolata látható. Az 1 örvénylő marófej a 2 vezérorsóval hosszirányban mozgatott 3 alapszámra van szerelve. A marófej keresztirányban állítható és vízszintes vagy függőleges síkban dönthető. A marófejet fokozat nélküli szabályozható villamos motor hajtja közvetlenül. Egyaránt alkalmas egyirányú és ellenirányú marásra. A mellékajtás a főhajtóműtől független, de a munkadarab főorsója és a vezérorsó között merev kinematikai kapcsolat van. A munkadarabot mozgó bábok támasztják. A forgácsot sűrített levegő távolítja el a munkatérből.

A 9.61 ábráról leolvasható, hogy a munkadarab ω_t forgómozgása, illetve a marófej $s = P$ előtoló mozgása összehangolt (kinematikai kényszerkapcsolat) az MH cserekerékes mellékajtómű révén. Minthogy ilyen kinematikai kapcsolat az esztergagépeken is adott, az örvénylő menetvágás bármilyen esztergagépen elvégezhető, ha a menetvágófejet az alapszámra felerősítik.



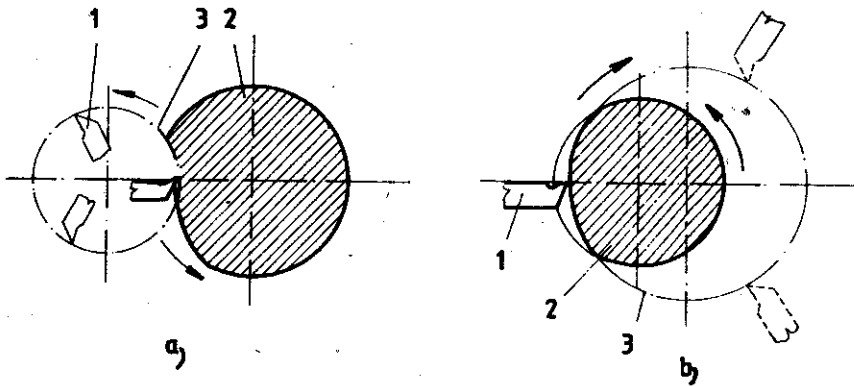
9.60 ábra
Örvénylő menetmarófej kialakítása



9.61 ábra
Örvénylő menetmarógép elvi felépítése

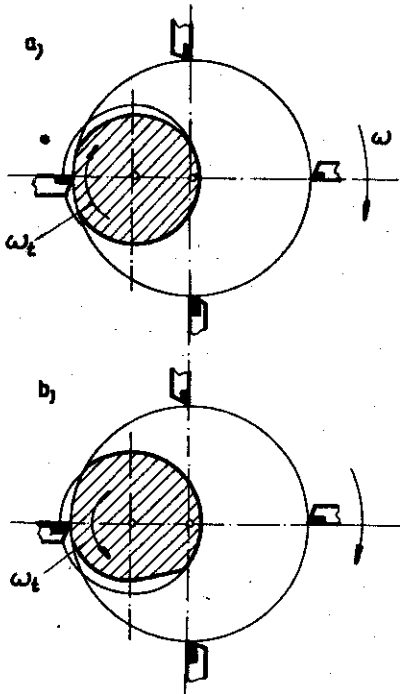
A szerszám és a munkadarab relatív helyzete alapján az örvénylő menetmarásnak két változata ismeretes (9.62 ábra):

- külső érintkezésű,
- belső érintkezésű örvénylő menetmarás.



9.62 ábra

Az örvénylő menetmarás változatai: a) külső érintkezésű, b) belső érintkezésű. 1. betétkés, 2. munkadarab, 3. szerszámhály



9.63 ábra

Egyenirányú és ellenirányú (külső) örvénylő menetmarás

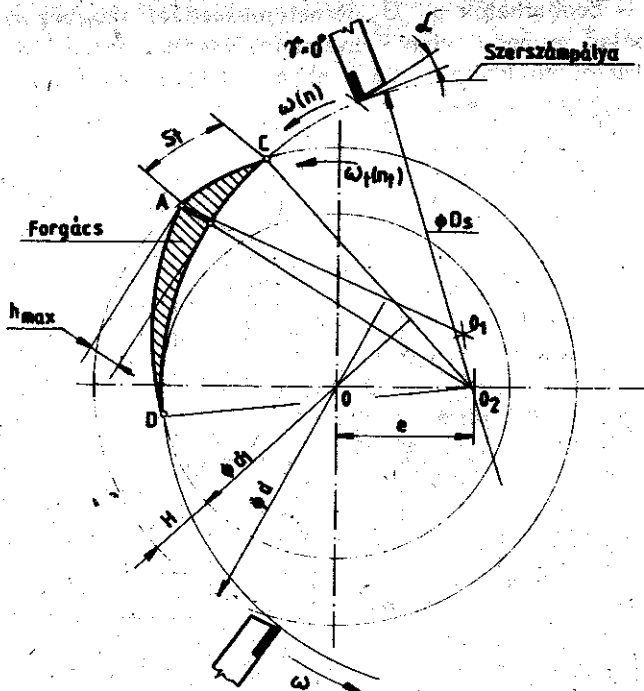
Az egyenirányú örvénylő menetmarás esetén az éltartam kedvezőbben alakul, mert a szerszám forgácsoló éle rövid idő alatt éri el a maximális h_{max} forgácsvastagságot (9.64 ábra). Ugyanakkor az egyenirányú marás merev (holtjáték nélküli) kinematikai rendszert követel meg. A munkadarabot a forgácsolási hely közelében meg kell támasztani, a rezgések kiküszöbölésére pedig nagy tömegű tokmánytárcsát vagy tokmányféket kell használni.

Ellenirányú marás csak keménykérű, revés darabok örvénylésénél indokolt.

A szerszám D_s és a munkadarab d átmérőjének viszonyától függ a felület alakhibája és a termelékenység. Tapasztalat szerint megfelelő a viszonyszám, ha

$$D_s/d = 1,1 \dots 1,2,$$

ekkor a betétkés a kerület $1/5 \dots 1/4$ -én forgácsol.



9.64 ábra
Egyenirányú örvénylő menetmarás forgácsolási viszonyai

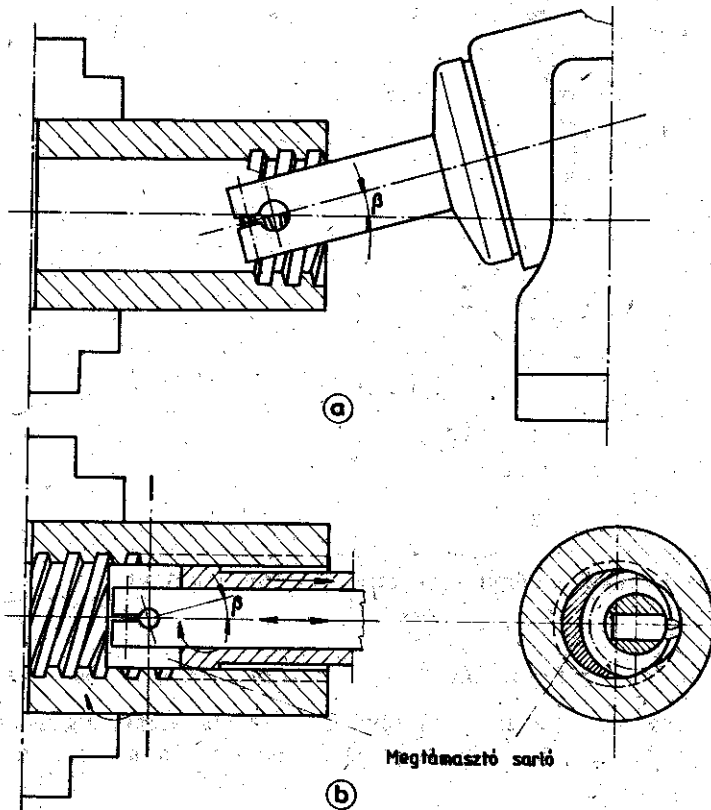
Az átmérők viszonzyszámán kívül a munkadarab ω_t és a szerszám ω szögsebességének aránya is befolyásolja az alakhibát. Ugyancsak tapasztalati értékek alapján megállapítható, hogy túrésen belüli a menet, ha ez a viszonzyszám

$$\frac{\omega_t}{\omega} = 0,005 \dots 0,02$$

értékek közötti. A profiltorzulások csökkentését az alakkés (betétkés) ψ szelvényyszögének és szelvénysszélességének módosításával érik el. Nagyobb pontossági igények esetén a γ homlokszög értékét $\gamma = 0^\circ$ -ra választják. Radális elrendezésű örvénylőkés esetén (lásd 9.64 ábrát is) az α hátszög szokásos értéke: $\alpha = 5 \dots 8^\circ$. A radális betétkéseket hátlanon, a tangenciális szerszámokat homloklapjukon kell újraélezni.

A menetörvénylés viszonyai döntő mértékben függenek a forgácsmegosztástól. A használatos menetörvénylő szerszámok betétkéseit optikai szerszámbeállító berendezés segítségével állítják be, az előírt pontos méretre. Az örvénylő menetmarófejben elhelyezett szerszám tárcsák

- sok esetben - bedönthetők a β menetemelkedési szögnek megfelelően. A 9.65 ábra belső menet örvénylő megmunkálásánál szemlélteti ezt a szerszám beállítást rövidebb (9.65/a ábra), illetve hosszabb menet megmunkálása (9.65/b ábra) esetén.



9.65 ábra

Belső menet örvénylő megmunkálása: a) hagyományos módon, b) hosszabb menet elkészítése váltakozó mellékmozgást végző szerszámmal

A forgácsolási adatok pontosan csak kísérleti uton határozhatók meg. A forgácsolási sebesség általában

$$v = 100 \dots 200 \text{ m/min.}$$

A t_g gépi fődőt a 9.64 ábra jelöléseit is figyelembe véve az alábbi összefüggés alapján lehet meghatározni:

$$t_g = \frac{l + l_1 + l_2}{n_t \cdot P} \text{ (min)} \quad (9.12)$$

- ahol
- l a készitendő menethossz (mm);
 - l_1 és l_2 a hozzáfutás, ill. túlfutás mértéke (mm);
 - n_t a munkadarab fordulatszáma (ford/min);
 - P a menetemelkedés (mm).

A munkadarab n_t fordulatszáma:

$$n_t = \frac{s_t \cdot z \cdot n}{d \cdot \pi} \quad (9.13)$$

- ahol
- s_t a körelőtolás (mm/fog);
 - z a betétkések fogszáma;
 - n a szerszám fordulatszáma (ford/min);
 - d a külső menetátmérő (mm).

Az s_t körelőtolás értéke pedig az alábbi összefüggésből határozható meg:

$$s_t = \frac{d \cdot \pi}{z} \cdot \frac{n_t}{n} \text{ (mm/fog)} \quad (9.14)$$

Az örvénylő szerszámtartó n fordulatszáma:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{D \cdot \pi} \text{ (ford/min)} \quad (9.15)$$

A gyakorlatban a szerszám és a munkadarab fordulatszámait a következő határértékek között választják meg:

$$500 < n < 3000$$

$$0,5 < n_t < 30$$

A megmunkálás fajlagos forgácsteljesítménye:

$$V_f = 9 \dots 11 \text{ cm}^3 / \text{KW min}$$

Megjegyezzük, hogy $P \leq 6$ mm menetemelkedésig $i = 1$ fogással készítik a meneteket.

9.313 Menetkőszőrülés

A kőszőrüléssel készült menetek felületi érdessége és méretpontossága felülmúlja az eddig ismertetett menetkészítési eljárásokat. A menetkőszőrülés rendszerint befejező művelet, s ilyenkor a nagyolást egyéb eljárással végzik. A kőszőrülés ugyanis nem alkalmazható gazdaságosan nagy mennyiségű anyagok eltávolítására. Gyakran találkozunk azonban olyan menetkőszőrüléssel, amelynél mind a nagyolást, mind a simítást kőszőrükoronggal végzik. Ezt az eljárást főként edzett anyagok meneteinek kialakításakor használják. Kis emelkedésű meneteknél az elővágás szintén elmaradhat, mivel a leválasztandó forgács kis mennyiségű.

A kőszőrülést mind külső, mind belső menetek készítésekor használják. Belső menetek kőszőrülése csak nagy átmérőjű munkadaraboknál lehetséges (30 mm felett) a szerszám helyszükséglete miatt. A kőszőrükorongot a menetprofilnak megfelelően alakítják ki.

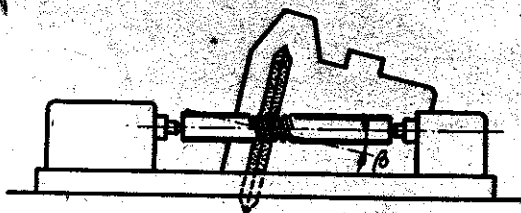
A menetkőszőrülés elvégezhető:

- egytetemes menetkőszőrügépen,
- csucs nélküli menetkőszőrügépen,
- korlátozott rendeltetésű menetkőszőrügépen,
- esztergára szerelt menetkőszőrülő készülékkel (ritkábban).

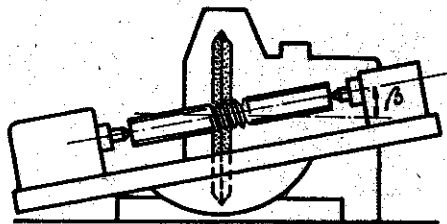
Az egyvetemes menetkőszőrü felépítése a palástkőszőrühöz hasonló. Különleges jellemzője: a kőszőrükorong vagy az asztal a β menetemelkedési szögnek megfelelően ferdére állítható. A menetemelkedés szögének beállítására egyprofilu koronggal végzett megmunkálásnál van szükség. Ezt a beállítást egyes gépeken az asztal billentésével (9.66/b ábra), más gépeken pedig a kőszőrüorsófej elfordításával valósítják meg (9.66/a ábra).

A munkadarab forgómozgása és az asztal hosszmozgása között merev kinematikai kapcsolat van, az asztalt vezérorsó mozgatja. Az asztalmozgató vezérorsón menetemelkedés-helyesbítő van. A hajtási láncban levő játékot sullyal, rugóval, vagy hidraulikus uton küszöbölik ki. A kőszőrüorsófej keresztirányú mozgató mechanizmusa menetre való ráállást, finom fogásvételt, gyors távolítást és közelítést tesz lehetővé. E mozgásokat mechanikus (csavarorsó, fogasléc, bütyköstárcsa) vagy hidraulikus szerkezetek valósítják meg. A fogásvétel pontossága 1-2 μm lehet.

A menetek (pl. menetfurók) hátrakőszőrülése különleges mélyítő mechanizmussal végezhető el. A szükséges mélyítést vagy a kőszőrüorsófej, vagy a munkadarab mozgása létesíti.



(a)



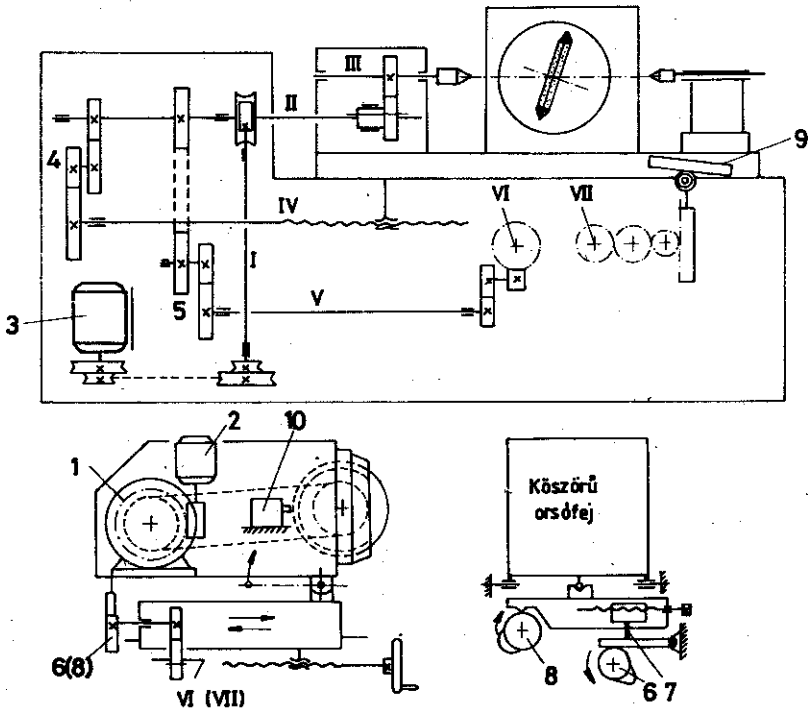
(b)

9.66 ábra

A β menetemelkedési szög beállítása
menetkőszőrülésnél

A 9.67 ábrán egy menetkőszőrű kinematikai ill. szerkezeti vázlata látható. A kőszőrűorsót az 1 főmotor hajtja. Korongszabályozás közben a korong kisebb fordulatszámúval való hajtására a 2 motor van beépítve. A mellékajtóművet a 3 motor mozgatja. A kinematikai lánc I-II-III ága a munkadarab forgatását végzi. Az asztalt mozgató IV vezérorsó a II tárgyorsóval a 4 cserekerék útján van kapcsolatban. Ugyancsak a II tárgyorsóról vezetnek le 5 cserekerékeken az V és a VI tengelyeken át a korongorsóháznak a hátrakőszőrülés alatti billentő mozgását is. Az ismételt billentést a 6 bütykös tárcsa végzi. A hátrakőszőrülési mélységet a 7 csap eltolásával lehet beállítani. A kőszőrűorsófej finomelőtolását a 8 bütykös tárcsa ugyancsak a fej billentésével végzi. Ezt a tárcsát VII tengely útján kézzel lehet mozgatni. Ugyanez a szerkezet dolgozik kupos menet kőszőrülésekor is. A 9 kupvonalzó az asztal mozgása közben fogasléc útján a VII tengelyt, ill. 8 bütykös tárcsát mozgatja, így a kőszőrűorsófej a kuposságnak megfelelően fokozatosan elbillen.

A menetkőszőrű fontos tartozéka a korongszabályozó berendezés. Egyprofilu korongot gyémánttal, többprofilu korongot fésűs morzsolóhengerral szabályoznak. Nagyobb menetemelkedésű, többprofilu korongok szabályozására idomléccel vezetett gyémántot is használnak.



9.67 ábra
Egyetemes menetköszörűgép kinematikai vázлата

Egyes gépeken a leszabályozott korong méretváltozásának kiegyenlítésére olyan mechanizmust alkalmaznak, amely az orsóházat olyan mértékben állítja közelebb a munkadarabhoz, amilyen mértékben a korongszabályozómű a korongot lehuzta. Így a köszörűkorong a beállított átméren dolgozik tovább.

Minden menetköszörűn van hűtőfolyadék-berendezés. A munkát bőséges hűtéssel kell végezni a hő okozta méretváltozás kiküszöbölése érdekében.

Az egyetemes menetköszörűk különleges tartozékai: belsőmenet köszörűlőfej, lefejtő csigamaró köszörűlő készülék, fésűs menetkés köszörűlő berendezés, optikai ellenőrző készülék, osztóberendezés.

Az egyetemes menetköszörűk 100...300 mm maximális menetátmé-
rő- és 300...700 mm maximális menethossz megmunkálására készülnek. Megemlítjük, hogy a hazai szerszámgépipar (a Csepel Művek Szerszámgépgyára) két méretben is gyárt egyetemes menetköszörűgépet. A KM-250/500 típusjelű szerszámgépen $L_{max} = 485$ mm, a KM-250/1000

tipusjelűn pedig $L_{\max} \leq 1020$ mm menethosszak köszörülhetők. A korlátozott rendeltetésű menetkösörű meghatározott eljárással, szűkebb feladatkör ellátására alkalmas szerszám gép.

A menetkösörülés szerszámait:

- tárcsás korong,
- fésűs korong,
- menetes korong.

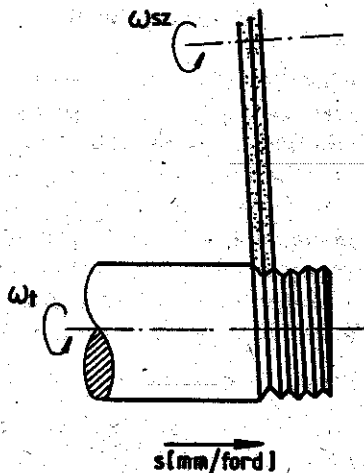
Tárcsás (egyprofilu) koronggal nagy pontosságú, kis menetemelkedésű, finom meneteket köszörülnek, továbbá nagy emelkedésű meneteket, ahol a többprofilu köszörűkorong már nagy profiltorzulást eredményez. A szerszám egy olyan köszörűtárcsa (9.68 ábra), amelynek normálmetszete illeszkedik a köszörülendő menet egy menetárkában. A pontosság azért fokozott, mert viszonylag kicsi a korongnyomás, a fellépő deformáció elhanyagolható, a köszörűkorong leszabályozása pedig egyszerű készülékkel elvégezhető. A tárcsás korong - fentiekén kívül - alkalmas nagyolt menetek simítására és meneteknek tömör anyagból történő készremunkálására is. Az s hosszolótást a munkadarab végzi.

A fésűs korongok több kb. 5...7 db) egymás mellé helyezett köszörűtárcsának tekinthetők, normál metszetük illeszkedik a teljes köszörülendő menethossz menetszelvényéhez (9.69 ábra). A köszörűkorong kialakítása és munkája is a fésűs menetkéséhez hasonlítható. Ez az eljárás termelékenyebb, mint a tárcsás korongé. Hosszu menetes orsók és nagyméretű belső menetek készítésére alkalmas eljárás. Általában $P = 1,25$ mm menetemelkedésig a fésűskorongokat csak nagyolásra használják. Fésűskoronggal történő menetkösörülés lehet:

- a) beszuró köszörülés,
- b) menetkösörülés hosszirányu előtolással.

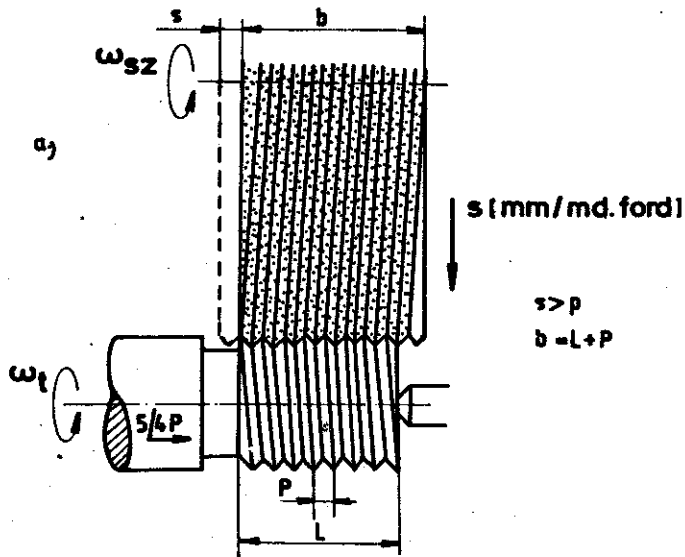
A beszuró eljárást olyan rövid munkadaraboknál alkalmazzák, ahol a vállak akadályozzák a menetkifutást.

A köszörűkorong minimálisan egy menetemelkedéssel szélesebb a megmunkálendő menethossznál. A köszörűkorong a munkadarab $1/4$ fordulata alatt hatol be az anyagba a teljes menetmélységig, ezért a menet készre köszörüléséig a munkadarab $n_t = 5/4$ fordulatot tesz meg, miközben tengelyirányban $5/4$ menetemelkedésnek megfelelő mértékű elmozdulást



9.68 ábra

Menetkösörülés tárcsás (egyprofilu) koronggal



9.69 ábra

Menetkőszörülés fésűs koronggal beszűrő eljárással

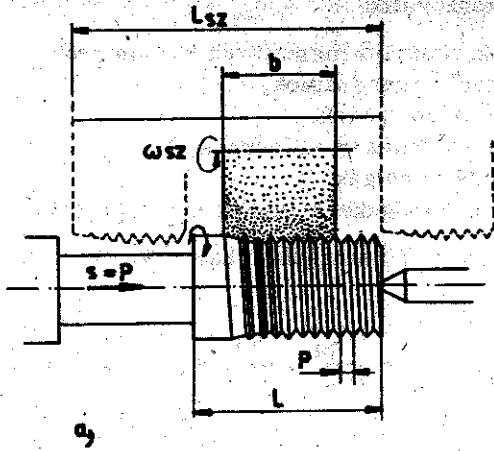
végez (9.69 ábra). A fésűskorongot az emelkedési szögnek megfelelően ferdére állítják a munkadarab tengelyvonalához képest. A kívánt menet-emelkedés és menetszelvény biztosítása érdekében a korong profilját az emelkedési szög függvényében korrigálják.

Fésűs koronggal, hosszirányú előtolással végzendő menetkőszörülésnél a kőszörűkorongot a forgácsolás céljából a bekezdő részen kuposra képezik ki teljes menetprofil szerint (9.70/b ábra), vagy csonka menetprofillal (9.70/c ábra). Az ábrákon a forgácsleválasztás módját is szemléltettük. A megmunkálás során az ω_{sz} szögsebességgel forgó kőszörűkoronggal vesznek fogást, közben az ω_t szögsebességgel forgó munkadarab $s = P$ (mm/fordulat) nagyságú előtoló mozgást végez (9.70/a ábra).

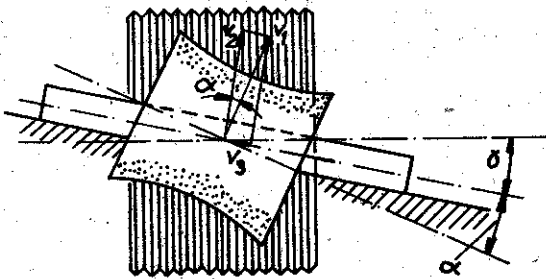
Mint különlegesen nagy termelékenységi eljárásról kell szólnunk a fésűs koronggal történő csucs nélküli menetkőszörülésről (9.71 ábra).

Mind a beszűrő-, mind az átmenő eljárást alkalmazzák a tömeggyártásban.

A kőszörülés mint menetkészítési eljárás, a menetmaráshoz hasonlít. Menetet minden olyan esetben kőszörülni szokták, amikor más megmunkálási eljárás nem vezet eredményhez.



9.70 ábra
Menetkiszörülés fésűs koronggal
hosszelőtolással



9.71 ábra
Csucs nélküli menetkiszörülés

A menetet köszörülük:

- menetfurók, önnyló menetfurók és metszők,
- menethengerlő szerszámok,
- menetmérő idomszerek,
- pontossági és műszervezérorsók,
- több bekezdésű csigák,
- lefejtőmarók, csigakerékmarók stb. gyártásánál.

A gépi főidő a menetmaráshoz hasonlóan számítható (lásd a 9.7 összefüggést is):

$$t_g = \frac{l + l_{be} + l_{ki}}{P \cdot n_t} \cdot i \quad (\text{min}) \quad (9.16)$$

- ahol
- l a készítendő menethossz (mm);
 - $l_{be} + l_{ki}$ a hozzáfutás és a tulfutás mértéke (mm);
 - P a menetemelkedés (mm);
 - n_t a munkadarab fordulatszáma;
 - i a fogások száma.

Beszűrő köszörülésnél a köszörűkorong kb. a munkadarab 1/2 elfordulása alatt mélyít és a kívánt mélységű és hosszúságú menet pedig 1,25 fordulat alatt készül el.

A 9.1 fejezetben a felületidegen menetalakító eljárások között soroltuk fel a menethengerlést és a menetmángorlást is (ld. a 9-1. táblázatot is). Minthogy ezek az eljárások nem tartoznak a forgácsoló megmunkálások közé, részletesebb ismertetésüktől eltekintünk.

10. Fogaskerekek megmunkálása

10.1 Fogaskerék megmunkálási eljárások

A fogaskerekek a legelterjedtebb alkatrészek közé tartoznak. A fogazás pontosságától nagymértékben függ a szerszámgépek, gépjárművek, sebességváltóművek és más erőátviteli berendezések pontossága, zajszintje, élettartama és megbízható működése. A fogaskerekek megmunkálásánál ezért a következő főbb tényezőket kell figyelembe venni:

- a méret; amely meghatározza a fogazógép nagyságát és a fogások számát,
- a szerkezeti kialakítás; ez hatással van a műveletek sorrendjére, és számára,
- az érdesség; esetleg finomfelületi megmunkálásra van szükség,
- a darabszám; amely befolyásolhatja a gép megválasztását,
- az anyag; ez a forgácsolási sebességet határozza meg.

A fogaskerekek anyagát mindig rendeltetésük, terhelésük és az üzemi kerületi sebességük függvényében választják meg. Kis terhelésű kerekek anyaga acél vagy öntöttvas, nagyobb terhelésnél acélöntést vagy modifikált öntöttvasat is használnak. A hajtás zajának csökkentésére kisebb igénybevételre műanyag fogaskerekeket is alkalmaznak.

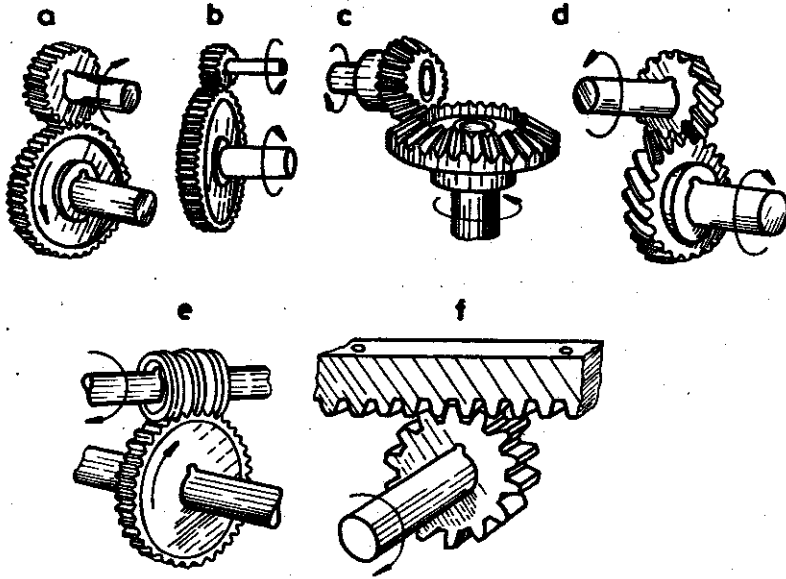
A fogaskerekeket célszerű a megmunkálás szempontjából osztályozni. A megmunkálást döntően befolyásolja a fogazott alkatrészek alakja, mely lehet:

- hengeres fogaskerék (a kapcsolódó fogaskerekek tengelyei párhuzamosak),
- kupkerék (a tengelyek metszik egymást),
- csiga és csigakerék, valamint csavarkerék (a tengelyek kitérőek).

A 10.1 ábrán a leggyakrabban alkalmazott fogaskerék-kapcsolatokat kinematikai elempárokat szemléltetjük.

A megmunkálás szempontjából fontos még a fogazás helyzete, mely lehet:

- külső fogazás,
- belső fogazás.



10.1 ábra
Fogaskerék-kapcsolatok

A fogak iránya szerint megkülönböztetnek:

- egyenes,
- ferde,
- nyíl és
- ívelt fogazású fogaskerekeket.

Az osztályozás elvégezhető a fogaskerék szerkezete szerint is. Ennek alapján a fogaskerék készülhet egy darabból, több darabból, lehet fogaskoszorú, csoportkerék stb. A fogazási technológia szerint megkülönböztetnek:

- öntési eljárással,
- másoló eljárással,
- profilozó eljárással és
- lefejtő eljárással készült fogaskerekeket.

Megjegyezzük, hogy a fogaskerekek csoportosítását, geometriai jellemzőiket, méretezésüket, gyártásuk egy áttekintő ismertetését hallgatóink már tanulmányozták a Géprajz-gépelemek tantárgy keretében.

A fogazási technológia megválasztása szempontjából alapvető jelentőségű a fogaskerékkel szemben támasztott pontossági igény. A vonatkozó KGST és magyar szabványok a fogaskerekeket 12 pontossági fokozatba sorolják, azokat 1...12 számjegyekkel jelölik a pontosság csökkenésének

sorrendjében. A szabványok hengereskerekre az 1. és 2., a kupkerekre az 1., 2. és 3., hengeres csigahajtásokra pedig az 1. pontossági fokozat tűréseinek és határeltéréseinek számértékeit nem tartalmazzák. Példaképpen a hengereskerékre vonatkozó előírásokat (10-1 táblázat) mutatjuk be az MSZ 05-07.5301 ágazati szabvány alapján.

A fogaskerekes hajtások nagy száma, a sokféle szerkezeti változat, továbbá az eltérő pontossági igények miatt az alkalmazott fogazási technológiák választéka is igen bő. Az eljárások közti tájékozódás megkönnyítése érdekében a leggyakrabban előforduló fogazási technológiákat a 10-2 táblázatban csoportosítottuk. A csoportosítás során alapvető ismérvek tekintettük, hogy a fogazat geometriáját tartalmazza-e a szerszám (profilozó eljárások), vagy pedig az evolvensprofil a szerszám és a munkadarab geometriailag helyes legördülése alapján jön létre (lefejtő eljárás). Ezek alapján tehát a fogazási eljárások lehetnek:

- a) profilozó eljárások, illetve
- b) lefejtő eljárások.

Az eljárások közül a jegyzetben csak azokat ismertetjük részletebben, amelyek a gépiparban és ezen belül a járműgyártás területén elterjedten használatosak.

10.2 Hengeres fogaskerek megmunkálásának gépei, szerszámai, készülékei

A hengeres fogaskerek gyártását 3 fő szakaszra szokás felosztani:

- a) a fogazást megelőző műveletek,
- b) a fogazás műveletei,
- c) a fogazást követő műveletek.

10.21 A fogazást megelőző műveletek

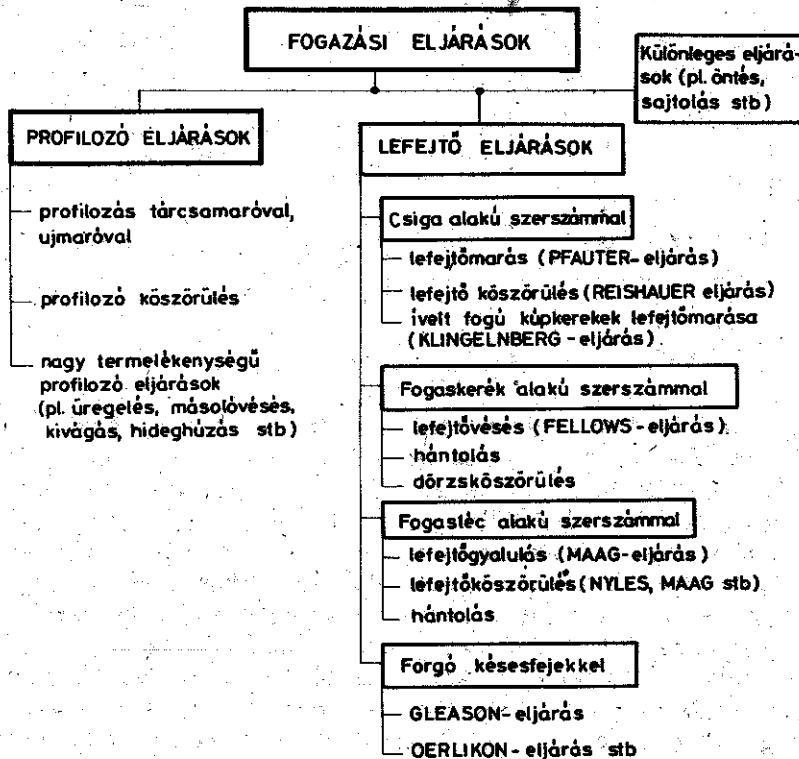
A hengeres keréktesteket szerkezeti kialakítás tekintetében a tárcsák vagy tengelyek csoportjába lehet sorolni (10.2 ábra). Minthogy a keréktesteket a tárcsákra érvényes általános elvek szerint kell megmunkálni, a következőkben csak a különleges szempontokra térünk ki.

Technológiai szempontból ki kell emelni, hogy a fogaskerék jellemző körei különböző műveletekben készülnek, ezért egymáshoz képest szűkszerűen excentrikusak. A jellemző körök az alábbiak:

Ajánlott pontossági fokozatok és ajánlott utolsó megmunkálási mód
fogaskerekre (MSZ 05-07.5301 alapján)

Pontos- sági fo- kozat	Átlagos kerületi sebesség v m/s	Ajánlott felhasználási terület	Fogfelületek ajánlott érdes- sége és az utolsó megmun- kálási mód $R_a - h_q (\mu m)$ max
4	-	Főleg mérőkerekre	0,4 köszörülés összejárás
5	$v > 15$	Csak különösen indokolt esetek- ben, nagy pontosságot igénylő fogaskerekre	0,4 köszörülés, összejárás
6	8-25	Szerszámgép-főhajtóművek kere- kei, fogaskerékszivattyú kerekei; gépjármű-hajtóművek nagypon- tosságú kerekei; hűtőkompresszorok, Diesel-motorok, kábelipari gépek kerekei	0,8 köszörülés,
7	4-15	Általános rendeltetésű, különö- sebb követelményeket nem kívá- nó hajtóművek, kötött tengelytá- vu váltókerek	1,6 simítás, köszörülés
8	2-10	Időszakosan üzemeltetett szerke- zeti kerek, áthajtóművek lassu járású kerekei	3,2 simítás
9	$v < 4$	Alárendelt jelentőségű külső és belső fogazatu kerek, eszter- gagépek cserekerekei	6,3 egy fogással készre
10	-	Kézi mozgatható kerek	6,3 egy fogással készre

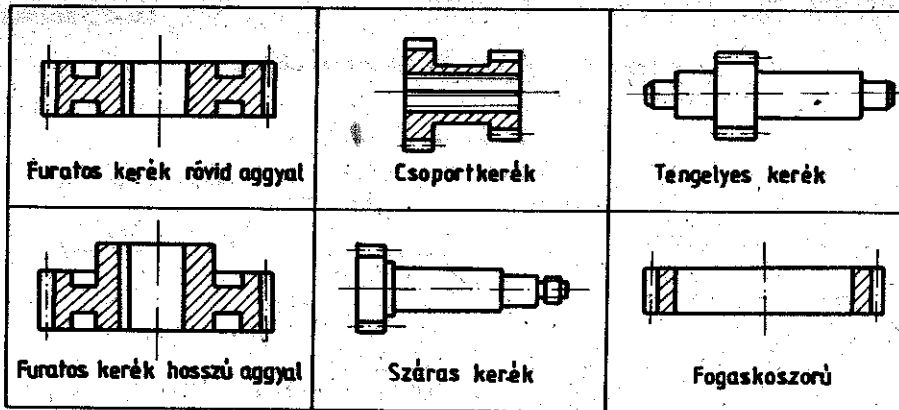
Megjegyzés: a fenti táblázat csak ajánlott adatokat közöl, s nem képez kizárólagos elhatárolást a pontossági fokozatok megválasztásához. A pontossági fokozatot és a megmunkálást mindenkor az összes körülmények mérlegelésével kell előírni.

A fogazási eljárások csoportosítása

- a) a furatkör (száras és tengelyes keréknél csapkör),
 b) a fejkör,
 c) a lábkör és a közvetlenül nem mérhető körök (szerszámosztó kör, talpkör, alapkör).

A c) pontban felsorolt körök egyszerre készülnek el, ezért azok egymással koncentrikusak. Feltétlenül központossági hibájuk van azonban a konstrukciós bázis szerepét játszó furatkörhöz (csapkörhöz) képest. Ennek következménye üzem alatt a kerék szögsebességének ingadozása. Dinamikus ütőhatást okoz a fejkör excentricitása is.

Az eddigiekből az következik, hogy a fogaskerégyártás valamennyi fázisában gondot kell fordítani a helyes bázisválasztásra. Az előírt alakúság legkönnyebben úgy biztosítható, hogy a koncentrikus felületeket vagy egy műveletben, vagy a konstrukciós bázisról munkáljuk meg.



10.2 ábra
Hengeres fogaskerekek csoportosítása

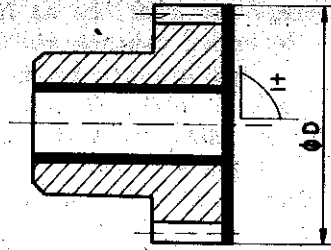
Furatos keréken a bázis mindig a furat és egy a fogaskerék tengelyvonalára merőleges sík, azaz az egyik homloklap (10.3/a ábra) tengelyes és szárás kerekeken pedig a csapágyhely és egy a fogaskerék tengelyvonalára merőleges sík (10.3/b ábra).

Furatos kerekek megmunkálásának legelső művelete rendszerint a kerék furatának és a tengelyvonalra merőleges síknak (homloklapnak) egy befogásban való nagyolása és simítása. A furat türése rendszerint H7, és leggyakrabban dörzsárral simítják. Ennél lazább türést a furatra csak lassan forgó nagy kerekeknél szabad megengedni. Igen pontos kerekek furatára a H7-nél szűkebb türés is előírható. A furatot és a homloklapot egy műveletben kell köszörülni. A furattal egy befogásban megmunkált sík felületet jelölni kell, hogy a további műveletekben a bázist könnyen fel lehessen ismerni.

Sorozatgyártásban szokásos a kerekek furatát üregelni, nemcsak bordás, vagy hornyolt, hanem sima hengeres furatok esetében is. Ilyenkor a keréktestet először oszlopos vagy szárnyas furógépen kifurják és utána ugyanabban a befogásban a kerékagy egyik homlokfelületét csapos süllyesztőmaróval munkálják meg azért, hogy üregelőgépen a munkadarab ezen a felületén ütköztethető legyen (10.4 ábra). A furatok üregelés utáni ovalitása általában nem lehet nagyobb 0,006 mm-nél, a kupossága pedig nem haladhatja meg a 0,004 mm-t.

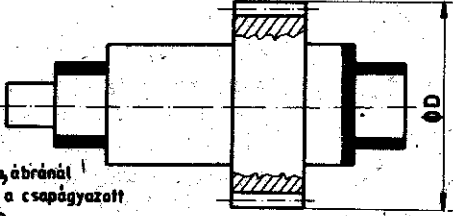
Ha a hosszú agy egyoldali, akkor a kerék ellenkező oldali homloklapja legyen a bázis. Kétoldali agy esetén bármelyik sík választható alapfelületnek, de ilyenkor a bázisfelületet a keréken külön meg kell jelölni.

a.)



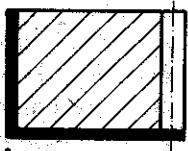
A furat illesztése: H7
 D tűrése:
 A és B oszt.-ban: h10
 C és D oszt.-ban: h11

b.)



D tűrése:
 azonos mint a. ábránál
 Bázis: lehetőleg a csapágyozott
 csaprészt legyen

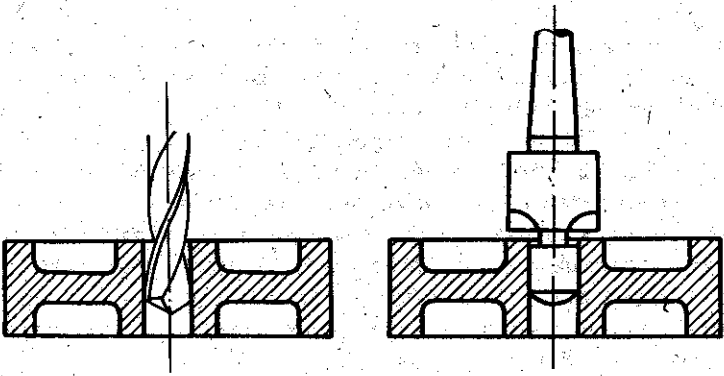
c.)



Bázisfelületek:
 felfekvő felület és egy
 erre merőleges sík

10.3 ábra

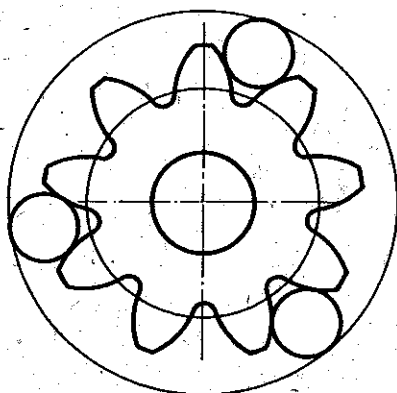
Felfogási bázisok megválasztása



10.4 ábra

Felfogási bázisok (furat és homloklap) merőlegességének biztosítása

A keréktest további megmunkálását, ha az furatos, kupos vagy expanziós esztergatluskén - lehetőleg csucsközött - csucs- vagy többkéses esztergán végezzük. A repülőtüske központosítása bizonytalan, ezért az ilyen tüske használatát kerüljük. Száras kerekeket csucsközött esztergálunk. A forgócsucs játéka is hibát okoz. Megbízhatóbb a merev csucs alkalmazása, ha egyébként a tüske csucsfészkel kifogástalanok. Célszerű, ha a csucsfészkeket köszörüljük, és a tuskét használatbavételkor mérőórával ellenőrizzük.



10.5 ábra

Kerék központosítása a fogárkokban elhelyezett görgőkkel

kapcsolószámot csökkentí. Hatása azonban csak a harmadik tizedesben jelentkezik. Szigorítani kell viszont a tűrést akkor, ha valamely későbbi ellenőrző művelet ezt megkívánja (pl. fogvastagságmérés fejszalagbázison).

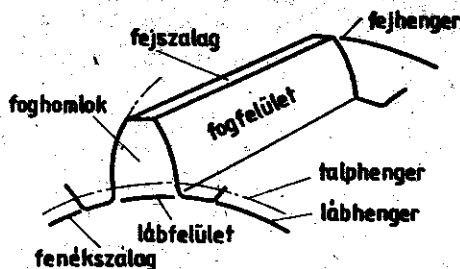
A száras és a tengelyes kerék gyártásának első művelete a tengelyhossz méretre munkálása és a csucshukfurás. Korszerű gépeken e két műveletet egy felfogásban megvalósítható. A keréktest megmunkálását segédbázisról (csucsfurat) végezzük. Ez a körülmény szükségessé teszi a csucsfuratok köszörülését. Minthogy a fogazás bázisa szerkesztési bázis, a csapágyfelületeket tűréssel írjuk elő (kb. IT 7-8 minőséggel) még akkor is, ha a csapokat később még egyszer köszörülük.

A fogaskoszorúk megmunkálását két lépésben végezzük. Az illeszkedő felületek nagyolása és simítása után a koszorút sajtólással vagy melegítéssel az agyra huzzuk, és a további megmunkálást vagy a főbázisról, vagy a segédbázisról végezzük.

A fogasléc bázisfelületeiként két egymásra merőleges síkot választanak. Az egyik sík célszerűen valamelyik felfekvő (beépítésnél) felület (10.3/c ábra).

Ha a furatot üregeléssel készítjük, akkor a homloklap nem készíthető ugyanabban a műveletben a furattal, ezért a kerék felfogásának a homloklapon való ellenőrzése nem mérvadó. Ha a furat bordás, és üregeléssel készült, akkor a fogazás befejezése után a furatot köszörülni kell. Ilyenkor a kereket az elkészült fogazaton kell központosítani (10.5 ábra).

A fejhenger (10.6 ábra) átmérőjének tűrése negatív elhelyezkedésű. A szabvány előírása szerint az A és B osztályba sorolt kerekek külső átmérője h_{10} , a C és D osztályokba soroltaké h_{11} tűrésű. Negatív a tűrés azért, hogy a fejhézag ne csökkenjen, és azért lehet nagy, mert a méretszóródás a kerék üzemét nem befolyásolja. Tény, hogy a nagy tűrés a



10.6 ábra
Fogazat-felületek

10.22 Hengeres fogaskerekek gyártása profilozó eljárással

Hengeres fogaskerekek fogazata profilozó- vagy lefejtőeljárással készülhet. Bár pontos kerék csak lefejtőeljárással állítható elő, a profilozó eljárást is használják, ezért mindkét eljárás ismerete fontos a technológusmérnök számára.

A profilozást a fogárokra megfelelő alakos maróval vagy üregelő szerszámmal végzik. Mindegyik eljárás a fogakat egyenként munkálja ki, pontos osztóberendezésre van szükség. Nem korszerű eljárás, bár előnye, hogy egyszerű szerkezetű gépet igényel, egytetemes gépen is elvégezhető, ezért ma még egyedi gyártásban vagy javítóüzemben használják.

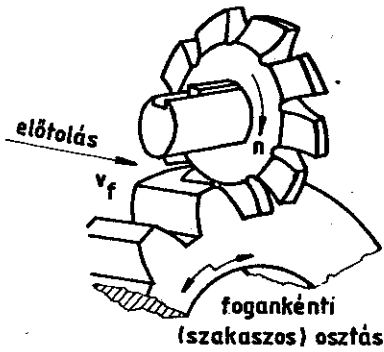
A hengeres fogaskerekek profilozó alakítása lényegében véve a alakmarásnak egy egyszerű fajtája. A szerszám konturja a fogárok alakját testesíti meg, és vagy tárcsamaró, vagy ujjmaró. (Régen másoló gyalulóprofilozást is alkalmaztak.)

a) Profilozás tárcsamaróval

A fogazandó kerék egy helyben áll addig, amíg a tárcsamaró (10.7/a ábra) a kerék szélességének megfelelő uthosszon a tengely irányában végigmegy. Egy fogárok elkészítése után a fogazandó kereket osztófej segítségével egy fogosztásnyival tovább fordítjuk, és a maróval egy újabb fogárkot állítunk elő (10.8 ábra).

Ezt a módszert főként az egyedi és a kissorozat-gyártásban alkalmazzák osztófejjel felszerelt vízszintes marógépen. Ez a legegyszerűbb és legponiatlanabb módszer a hengeres fogaskerekek fogainak marására.

A profilozófogazás legerőteljesebb szerszáma a profil-tárcsamaró (modulmaró, 10.9 ábra). Ez a szerszám is csak jó közelítéssel fogaz. Mivel a különböző fogszámú, azonos modulu kerek fogárok-profiljai



10.7 ábra

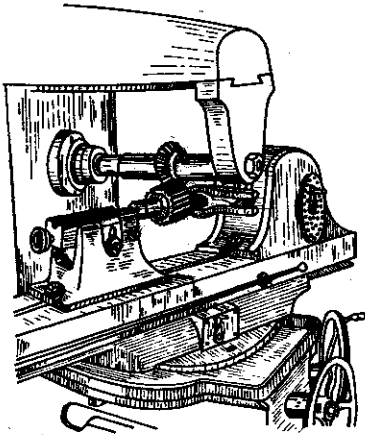
Profílozás tárcsamaróval

alkatrészek előállítására. A technológiai értékek (v, s) a fogazandó kerék moduljától és anyagától függően táblázatokban találhatóak.

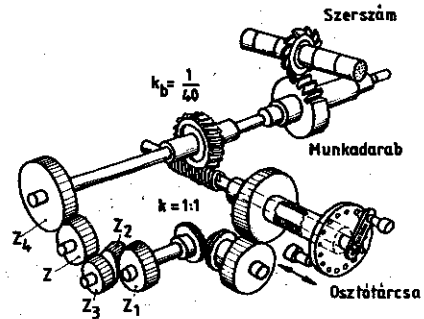
között annál nagyobb az eltérés, minél kisebb a kerék fogszáma, az egy maróval fogazható fogszámok tartománya a fogszám csökkenésével szűkül. A 10.9/a ábrán az I-IV. jelű marók azonos modulu, de különböző fogszámu kerekék megmunkálására alkalmasak. (Az I. nagy fogszámhoz a IV. kis fogszám való.)

A profil-tárcsamarókat hátraesztergált, ritkábban hátraköszörült kivitelben készítik. Ferde fogazásra is alkalmasak. A 10.9/b ábra hátraesztergált kivitel mutat be. Ezeket a marókat a TMK műhelyk ma is gyakran használják igénytelenebb pót-

a,



b,

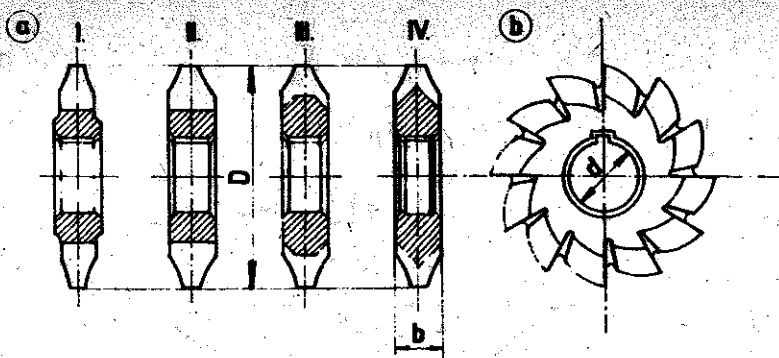


10.8 ábra

Profílozó fogaskerékmarás egytetemes marógépen osztófej segítségével

A tárcsás modulmaró a hátraesztergált fogu profílmárók egy sajátos válfaja. Tulajdonképpen nem más, mint egy fogaskerék foghézagának megfelelő profilu hátraesztergált marószerszám.

A tárcsás modulmaró profiljának méreteit általában - a nagyobb pontosság elérése érdekében - számítással határozzák meg.



10.9 ábra
Furatos fogprofilmarók

Kivételt a nagyolómaró képez, melynek profilját szerkesztéssel is meg lehet határozni. Mivel a maró profilja megegyezik a foghézaggal, így a modulmaró profiljának méretmeghatározása visszavezethető egy fogaskerék foghézag méreteinek számítására.

A fogaskerék fogárkának profilja két részre osztható (10.10 ábra): A-B működő és B-C nem működő részre. Az A-B görbeszakasz evolvens, a B-C görbeszakasz a fogtő.

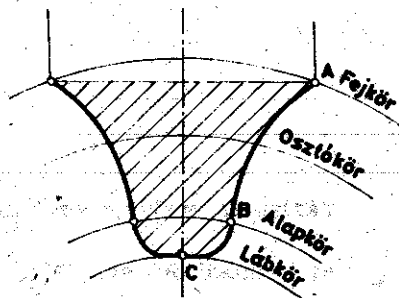
Az A-B evolvensszakasz méreteinek meghatározása szerkesztéssel és számítással is végezhető. A szerkesztéssel meghatározható pontosság itt általában nem kielégítő, azonban az analitikus módszer kiegészítőjeként a szerkesztés mindig segítséget jelent, mellyel a durva hibák elkerülhetővé válnak.

Az evolvens-görbe szerkesztését nem tárgyaljuk, mert a módszert a Géprajz-gépelemek tantárgy keretében a hallgatónk már megismerték.

A maró evolvens profiljának meghatározása céljából és a számítások megkönnyítése végett legyen az alapkör középpontja és a derékszögű koordináta-rendszer origója egy közös pontban, az Y-tengely pedig a vizsgáló fogárok szimmetria-tengelyében.

A 10.11 ábrán a foggörbe tetszőleges helyén kijelölt M pont koordinátáit a következőképpen lehet meghatározni:

$$x = r_x \sin \delta_x, \quad (10.1)$$

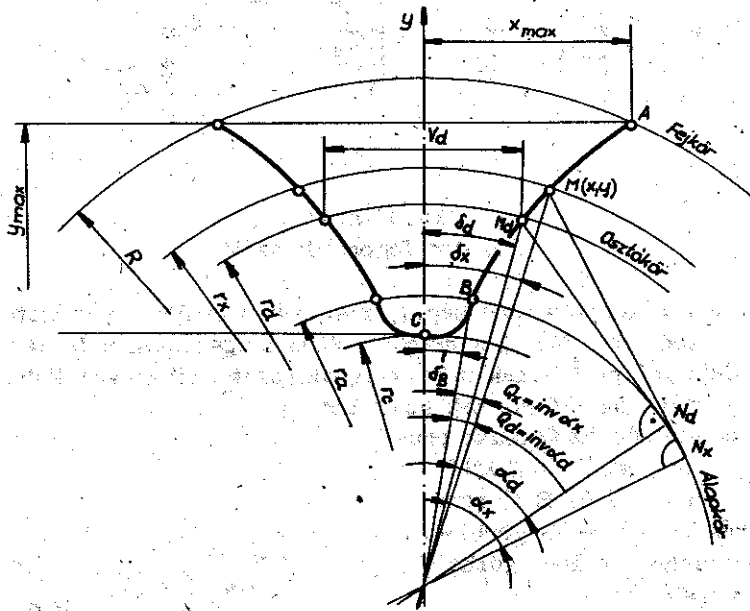


10.10 ábra
A fogárok részei

és az

$$y = r_x \cos \delta_x, \quad (10.2)$$

$$\delta_x = \delta_B + \theta_x \quad (10.3)$$



10.11 ábra

Vázlat az evolvens profilpont koordinátáinak meghatározásához

Az osztókörön levő M_d pontra a helyettesítés elvégzésével kapjuk:

$$\delta_d = \delta_B + \text{inv } \alpha_d$$

ebből

$$\delta_B = \delta_d - \text{inv } \alpha_d$$

és helyettesítve a 10.3 egyenletbe

$$\delta_x = \delta_d - \text{inv } \alpha_d + \text{inv } \alpha_x \quad (10.4)$$

ahol a δ_d -t radiánokban kell helyettesíteni.

A δ_d -t a 10.11 ábrából a következőképpen lehet meghatározni:

$$\delta_d = \frac{V_d}{2r_d},$$

ahol

$$r_d = \frac{m \cdot z}{2},$$

visszahelyettesítve

$$\delta_d = \frac{V_d}{m \cdot z} \quad (10.5)$$

m a fogaskerék modulja,
 z a fogaskerék fogszáma,
 r_d a fogaskerék osztókörének sugara.

A 10.5 egyenletet a 10.4 egyenletbe visszahelyettesítve, a δ_x középponti szög tehát

$$\delta_x = \frac{V_d}{m \cdot z} + (\text{inv } \alpha_x - \text{inv } \alpha_d) \quad (10.6)$$

A kapott egyenletek segítségével tetszőleges (evolvens szakaszon belül levő) r_x sugárhoz az x és y koordinátáit meg lehet határozni.

A 10.1 és a 10.2 egyenletbe a 10.6 egyenletet úgy lehet behelyettesíteni, hogy a δ_x -et először radiánokban kell meghatározni, majd a radiánokat fokokra kell átalakítani, és a helyettesítést csak ezután lehet elvégezni, s az x ; y koordinátáit meghatározni. Az M pont (10.11 ábra) koordinátái tehát:

$$x = r_x \sin \left[\frac{V_d}{m \cdot z} + (\text{inv } \alpha_x - \text{inv } \alpha_d) \right] \quad (10.7)$$

$$y = r_x \cos \left[\frac{V_d}{m \cdot z} + (\text{inv } \alpha_x - \text{inv } \alpha_d) \right] \quad (10.8)$$

ahol a 10.6 szerint δ_x középponti szög

$$\frac{V_d}{m \cdot z} + (\text{inv } \alpha_x - \text{inv } \alpha_d) = \delta_x$$

fokokban van meghatározva.

Az α_d tulajdonképpen a fogaskerék kapcsolószöge. Ez elemi fogazásnál 15° , illetve 20° .

Az α_x -et a 10.11 ábra MN_xO derékszögű háromszögéből lehet meghatározni

$$\cos \alpha_x = \frac{ON_x}{OM}$$

Végezzük el az $ON_x = r_a$ és $OM = r_x$, a helyettesítéseket:

$$\cos \alpha_x = \frac{r_a}{r_x},$$

és ebből nyerjük

$$\alpha_x = \arccos \frac{r_a}{r_x}. \quad (10.9)$$

Példa fogprofilpont meghatározására:

Határozzunk meg egy koordinátapontot a fogaskerék fogárkán. A fogaskerék adatai:

$$z = 30 \quad \alpha_d = 20^\circ$$

$$m = 8 \text{ mm} \quad V_d = 12,566 \text{ mm}$$

A felvett tetszőleges pont az $r_x = 125$ mm-es sugáron van.

1. Az alapkör sugarának meghatározása:

$$r_a = \frac{m \cdot z}{2} \cos \alpha_d = \frac{8 \cdot 30}{2} \cdot 0,9396 = 112,752 \text{ mm.}$$

2. Az α_x meghatározása az r_x segítségével:

$$\alpha_x = \arccos \frac{r_a}{r_x} = \arccos \frac{112,752}{125} = \arccos 0,9020 = 25^\circ 34'$$

3. Involut táblázatból az α_x és α_d :

$$\text{inv } \alpha_x = \text{inv } 25^\circ 34' = 0,032182,$$

$$\text{inv } \alpha_d = \text{inv } 20^\circ = 0,014904.$$

4. A δ_x meghatározása:

$$\delta_x = \frac{V_d}{m \cdot z} + \operatorname{inv} \alpha_x - \operatorname{inv} \alpha_d = \frac{12,566}{8,30} + 0,032182 - 0,014904 = 0,069637.$$

5. A δ_x radiánérték fokokba való átszámítása:

$$\delta_x \text{ fokokban} = \frac{\delta_x \text{ radián}}{0,017463} = \frac{0,069637}{0,017463} = 3^\circ 59' 24''.$$

6. Az x és y koordináták:

$$x = r_x \sin \delta_x = 125 \cdot \sin 3^\circ 59' 24'' = 125 \cdot 0,06959 = 8,698 \text{ mm},$$

$$y = r_x \cos \delta_x = 125 \cdot \cos 3^\circ 59' 24'' = 125 \cdot 0,999757 = 124,969 \text{ mm}.$$

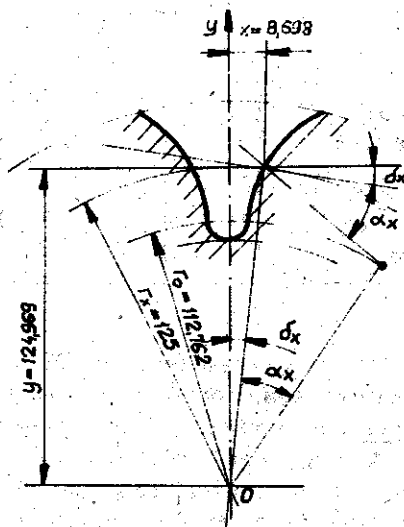
(10.12 ábra).

A maró fogprofiljának meghatározására természetesen nem elegendő egy pont koordinátáinak kiszámítása, hanem több pont koordinátáit kell meghatározni.

Mivel a fogprofilpontok számításánál a fogaskerékprofil meghatározásokban mindenütt a fogaskerék fogszáma is szerepel, az azonos modulu, de eltérő fogszámú kereknek mindegyikéhez más-más maróra volna szükség. Természetesen ez drága megoldás és sokszor felesleges is lenne, ezért a tűréshatáron belüli profilpontatlansággal számolva, az azonos modulu fogaskerekhez szükséges marókat egy-egy fogszámcsoporthoz használják.

A kis modulu fogaskerék maróit ($m = 10 \text{ mm}$) 8 fogszámcsoportha sorolták. A modulmarók fogszámcsoporthoz tartozását a 10-3 táblázat tartalmazza.

A tárcsás modulmarókat $m = 10 \text{ mm}$ felett már 15 csoportba célszerű sorolni, mert itt az eltérések abszolút értékei nagyobbak, mint a tárcsás modulmaróknál engedélyezett tűrések.



10.12 ábra

A példa szerinti profilpont koordinátái

marószámra

Egyébként a 8 db maróból álló készletet alapkészletnek nevezik. A pontosság fokozása érdekében a marókészletet 26 marószámra is felosztják.

Az egyes fogszámcsoporton belül mindig a fogszámcsoport legalacsonyabb fogszámára kell a profilt meghatározni. Így például: a 8 db-ból álló alapkészletnél a 7. sz. maró profil méreteit az 55-ös fogszámhoz kell kiszámítani, illetve ehhez elkészíteni. Ha nem így készülne el a maró profilja, hanem pl. középértékkel, akkor a $z = 55$ fogszámú fogaskerék üzem közben beékelődhetne.

A tárcsás modulmarók számítását nagymértékben leegyszerűsítik az egységnyi modulra előre kiszámított koordináta-pontok. E táblázatok nemcsak az evolvens görbére vonatkozó pontokat, hanem a fogtőgörbe pontjait is tartalmazzák.

A fogtőgörbe a 10.10 ábra szerint B és C pont közötti görbeszakasz. Az 1-5 csoportszámú modulmaróknál körív, míg a 6-8 csoportszámú szerszámoknál egyenes és körív képezi a fogtövet.

10.3 táblázat

A maró sorszama	1	2	3	4	5	6	7	8
A készíthető kerék fogszama	12-13	14-16	17-20	21-25	26-34	35-54	55-134	135-

Az eddigiekben tárgyalt tárcsás modulmaró tulajdonképpen csak az egyenes fogazású fogaskerekhez használható. A ferdefogazású homlokfogaskerek elvileg csak külön erre a célra készített profilmaróval munkálhatók meg. Ferdefogu fogaskerék a sorozatba tartozó tárcsás modulmaróval is megmunkálható, ha a fogszámhatárok kiválasztásánál figyelembe vesszük valamilyen módon a ferde fogazás tényét. A gyakorlati igényeket kielégíti, ha a marószerszámot egy un. elméleti fogszám (z_e) alapján választjuk ki. Az elméleti fogszám az alábbi összefüggésből határozható meg:

$$z_e = \frac{z}{\cos^3 \beta} \quad (10.10)$$

ahol z - a ferdefogazatu fogaskerék fogszama,
 β - a fogferdeségi szög.

Példa a z_e elméleti fogszám meghatározására

Készítendő ferdefogazású homokkerék tárcsás modulmaróval. Meghatározandó milyen normál sorozatszámú maróval lehet a ferdefogazású kereket megmunkálni.

A ferdefogazású kerék adatait:

$$z = 52 ; \quad m = 6 \text{ mm,}$$

$$\beta = 20^\circ ; \quad \alpha = 20^\circ,$$

$$z_e = \frac{z}{\cos^3 \beta} = \frac{52}{0,93973} = \frac{52}{0,8275} = 63.$$

Tehát az egyébként egyenes fogazású homlokkeréknél az 52 fogszám előállításához a 6 csoportba tartozó (35-54) marót kellene használni. A $z = 52$ fogszámú és $\beta = 20^\circ$ fogferdeségű, ferdefogazású homokkerék gyártásához a 7 csoportszámú maró szükséges.

A technológiai tervezés fontos feladata a gépi főidő meghatározása. A 10.13 ábra alapján a gépi főidő a következő összefüggéssel határozható meg:

$$t_g = i z \left(\frac{L}{v_f} + t_o \right) \text{ min} \quad (10.11)$$

ahol i a fogások száma, z a gyártandó fogaskerék fogszáma, v_f az előtolás (mm/min). A marószerszám által megtett út:

$$L = b + l_1 + l_2 + l_3 \quad (10.12)$$

$$\text{ahol } l_2 = \sqrt{Dh - h^2}$$

D - a tárcsamaró átmérője (mm)

h = 2,17 mm - a fogmagasság (mm)

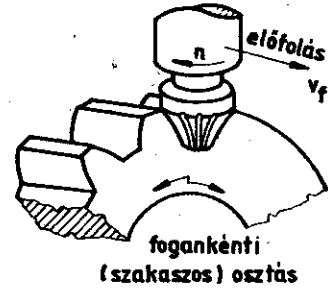
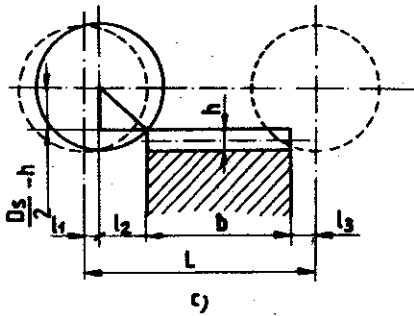
t_o - a visszafutás és az osztás ideje (s), ez táblázathól határozható meg

$l_1 + l_3 = 10 \div 20$ (mm) - tapasztalati érték.

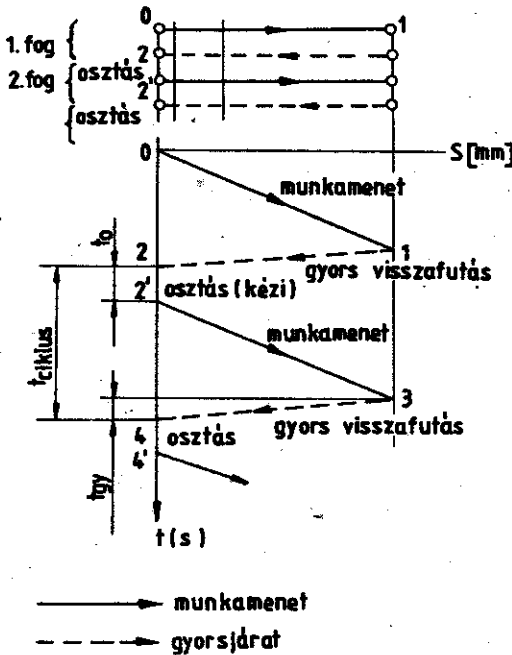
b) Profilozás ujjmaróval

A profilmarást profilos ujjmaróval is elvégezhetjük (10.14 ábra). Az ujjmarót is a készítendő fogárok oldalának megfelelően kell köszörülni.

A marás elvben megegyezik az előbb ismertetettel. Ennél az eljárásnál is egy fogárok elkészítése után a fogazandó kerékettestet osztófej segítségével egy fogosztással továbbfordítjuk.



10.14 ábra
 Profilozó megmunkálás
 ujjmaróval



10.13 ábra
 A profilozó megmunkálás mozgásvi-
 szonyai

Az ujjmaróval végzett profilmarás termelékenysége kicsi, és a megmunkálás költsége nagy, ezért ez az eljárás ma már nem korszerű. Csak igen nagy méretű, lassan forgó kerekeket szokás ma is így profilozni. Például: a kohászati hengerek nagy méretű nyíl fogazatu kerekeit vagy az aránylag lassan forgó vízturbinák ívelt vagy nyíl fogazatu kupkerekait.

Egy keréktelen hézag nélküli nyíl fogazatu viszont csak ezzel az eljárással állítható elő.

A modul ujjmaró készülhet nagyoló és simító kivitelben. A nagyoló modul ujjmarók élelt sakk-táblaszerű elosztással forgácsolóval látják el, amit az él hátraesztérgálása után munkálnak ki,

ugyancsak hátraesztérgálással.

A simítómarón ezzel szemben nem készítenek forgácsolóhoronyot. A nagyolómaróknál a γ homlokszög $8-10^\circ$, a nagyobb forgácsolóteljesítmény elérése céljából. A simítómaró - a nagyolómaróval szemben - γ homlokszöge mindig 0° a nagyobb pontosság elérése végett.

Igen nagy hibája a modul ujjmaróknak, hogy élzése után - mely homloklapon történik -, a profil méretei megváltoznak.

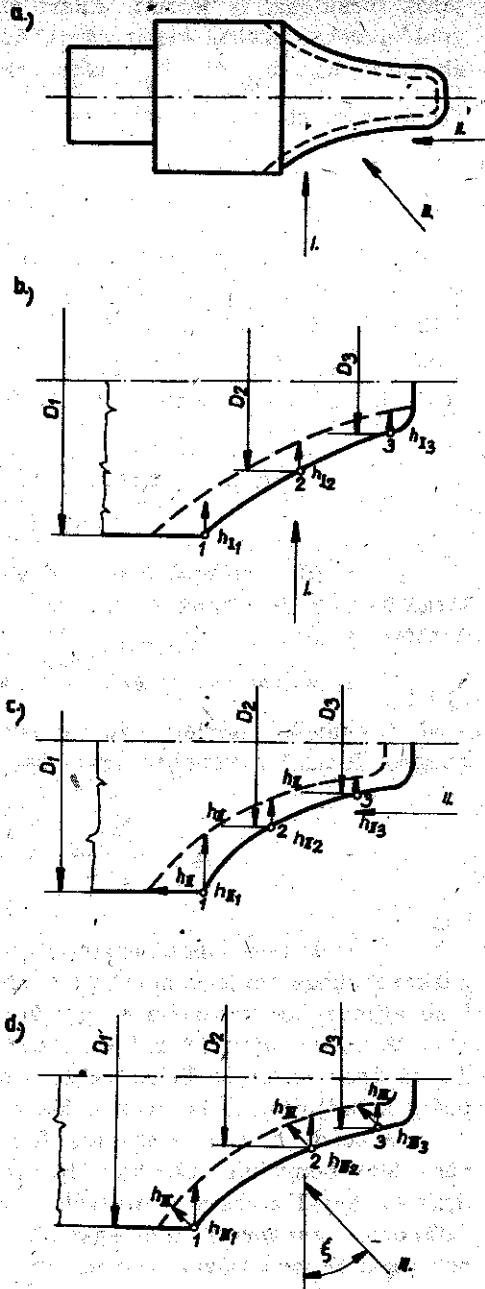
Az ujjmarókon a hátszög kialakítását hátraesztergálással érik el. Mivel a maró profilja itt is követi a fogaskerék foghézagának profilját, így a profilhoz húzható érintők is különböző szöget zárnak be a profil szimmetriatengelyével. Ugyanis az élek mentén a megfelelő nagyságu hátszög a maró forgácsolási teljesítményét javítja. Lényeges feltétel a hátraesztergálás irányának megválasztásakor, hogy a megfelelő nagyságu hátszög elérése mellett lehetőleg mindenütt azonos nagyságu legyen, és újraélezéskor minimális méretváltozás keletkezzék.

A modul ujjmarót háromféle irányból lehet hátraesztergálni. A 10.15/a ábrán a hátraesztergálás három irányát az I., II., III. jelű nyilak mutatják. Ezek szerint az I. irány a tengelyre merőleges, a II. irány a tengellyel párhuzamos és a III. irány a tengellyel szöget bezáró irányú hátraesztergálás.

Ha az egyes irányokban végrehajtott hátraesztergálásokat vizsgálat alá vesszük, a következő megállapítások tehetők:

a) Az I. irány esetében, amikor a hátraesztergálás sugárirányú, a kés hátraesztergáló elmozdulása a profil mentén a munkálásból adódóan mindenütt h_r (10.15/b ábra), míg a hátszögértékek igen nagymértékben eltérnek.

A sugárirányban hátraesztergált ujjmaróknál újraélezéskor az átmérő is erősen változik, ami a készítendő fogarok profil-



10.15 ábra
Modul ujjmarók hátraesztergálási irányai

jának torzulását is jelenti. Ezért simító marókat nem, hanem csak nagylómarókat szokás sugárirányú hátraesztergálással készíteni. A 10.15/b ábrán a h_{II} ; $h_{II.2}$ és $h_{II.3}$ hátraesztergálás mértéke az ismert összefüggés szerint határozható meg:

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{h \cdot z}{D \mathfrak{F}}$$

b) A II. irány, Nem használható eljárás, mert a tengellyel párhuzamos, vagy közel párhuzamos maróprofil-érintőknél a hátszög nulla, vagy csak igen minimális értékű, amit a 10.15/c ábra szemléltet.

A $h_{II.1}$, $h_{II.2}$ és $h_{II.3}$ között a különbségek nagyobbak, mint az I. irányu hátraesztergálás esetében, tehát a

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{h_{II.1} z}{D_1 \mathfrak{F}} > \frac{h_{II.2} z}{D_2 \mathfrak{F}} > \frac{h_{II.3} z}{D_3 \mathfrak{F}}$$

c) A III. iránynak (10.15/d ábra) megfelelő ferdeirányu hátraesztergálás adja a legjobb eredményt. A ferdeirányu hátraesztergálásnál a hátszög közel állandó a profil mentén, mert a $h_{III.1}$; $h_{III.2}$ és $h_{III.3}$ változását az átmérő (D) változása közelítőleg kiegyenlíti. Ezért a simítómarókat ferdeirányu hátraesztergálással készítik. Tehát a hátszögnél fennáll a közelítő egyenlőség

$$\operatorname{tg}_i = \frac{h_{III.1} z}{D_1} \approx \frac{h_{III.2} z}{D_2} \approx \frac{h_{III.3} z}{D_3}$$

A ferdeirányu hátraesztergálás \mathfrak{F} szöge $75-80^\circ$. Kis fogszámú fogaskerekhez tartozó marónál a nagyobb, míg a nagyobb fogszámhoz tartozó ujjmaróhoz a kisebb szöget kell választani.

A modul ujjmaró méreteit ugyanugy kell meghatározni, mint a modul tárcsamaróknál. Tehát pontról pontra megadott koordinátákkal, vagy pedig a helyettesítő körívek módszerével.

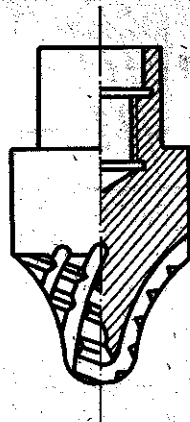
A ferde és a nyilfogazásu fogaskerekhez szükséges marók méretezése igen bonyolult számítást igényel. Ennek oka az, hogy a ferde- vagy nyilfogazásnál a maró tengelyén is átmenő normál síkmetszet által meghatározott maróprofil nem egyezik meg a fogaskerék normál metszetének fogárok profiljával, hanem attól eltér.

A modul ujjmarókat száras vagy szerelhető kivitelben készítik, a 10.16 ábra szerelhető kivitelűt mutat.

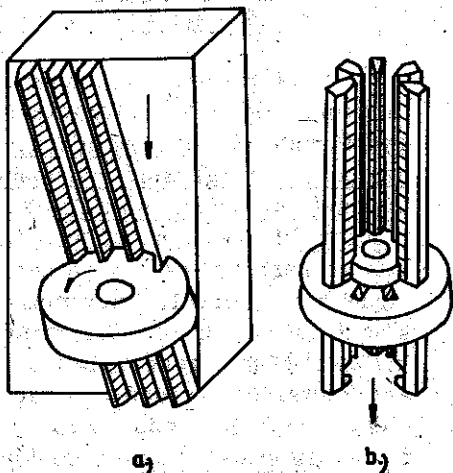
A maró anyaga többnyire gyorsacél. Az utánélezést a homloklapon végzik.

c) Profilozás üregelő szerszámmal

A fogfelületek profilozó megmunkálása elvégezhető üregeléssel is (10.17 ábra). Ezzel a módszerrel egy, vagy több, esetleg egyidejűleg valamennyi fog készítése lehetséges egyenes, vagy ferde fogazással. Általában kis modulu kerekeknel alkalmazzák és ez eredmény igen jó pontosságú fogaskerék. A termelékenysége kb. tízszer nagyobb a lefejtőmarónál. Hátránya viszont, hogy a hosszú üregelőszerszámok elkészítése és edzése körülményes.



10.16 ábra
Szerelhető kivitteli modul ujjmaró



10.17 ábra

Fogazat készítése üregeléssel

d) Fogaskerekék profilozó gyalulása

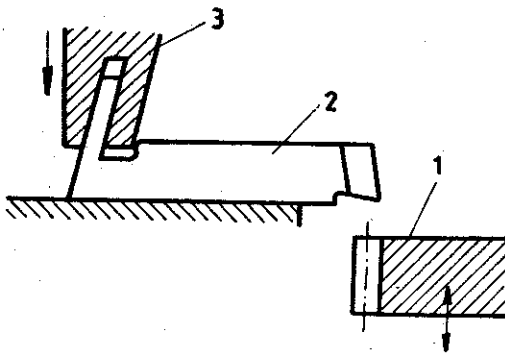
Az üregelő eljárás hátrányainak kiküszöbölése érdekében fejlesztették ki egyenes külső fogazású hengeres fogaskerekék fogainak profilozó gyalulására az ún. SHEAR SPEED —eljárást, amelynek működési elvét a 10.18 ábra szemlélteti. Az ábrán egy olyan gyalukés látható, amely egy fogárok kimunkálására szolgál. A kör alakú, kupos szerszámfejbe radiálisan annyi gyalukés (10.19 ábra)

van befogva, ahány fogárkot kell készíteni és ezek egyszerre dolgoznak. A kések fogárokprofiluak. A forgácsoló főmozgást a munkadarab végzi. A fogazókések a keréktést felfelé mozgásánál forgácsolnak, lefelé pedig kissé visszahúzódnak. A szerszám több löketben, fokozatos radiális előtolással készíti el a fogaskereket. A fogásmélység elérése után a kések egészen visszahúzódnak, a szerszám felemelkedik és a munkadarabot ki lehet cserélni.

Előnye az eljárásnak a nagy termelékenység.

Hátrányai:

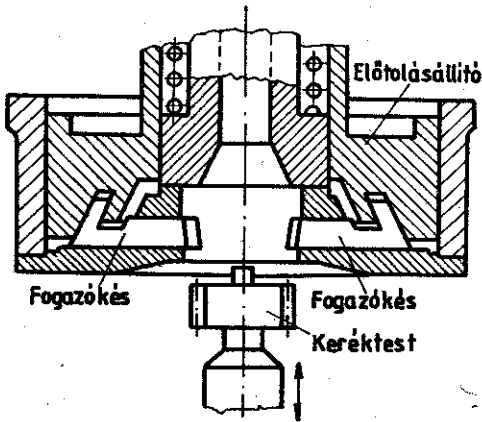
- a kések mozgására szolgáló berendezés elkészítése drága és hosszantartó,
- egyforma fogazókés készítése és profilköszörülése nehéz,



10.18 ábra

Shear-Speed-eljárás elvi vázlat:

1. munkadarab, 2. szerszám, 3. vezetőharang



10.19 ábra

Profílozó gyalugép szerszámbefogó szerkezete

felel meg, ezért a szerszámot fogszámtól függetlenül lehet megválasztani, minden modulhoz elegendő egyetlen szerszám. A fogazó szerszám lassu begördülő mozgás közben forgácsol és a fogárkot egyidőben csak 2 alkotón érinti.

A lefejtőszerszámok nagyoló, elősimító és simító kivitelben készülnek. A lefejtő eljárásokat az alkalmazott fogazószerszám szerint különböztetjük meg, nevezetesen:

- metszőkerékkel,

- az osztás pontossága nehezen érhető el,
- a kések utánkösörülése esetén nehezen biztosítható egyenlő fogásmélységre való behatolás.

Ezek miatt csak nagy sorozatban készítenő kerekknél alkalmazzák, különösen akkor, ha a pontosság nem elsőrendű követelmény (nagyolásnál).

10.23 Hengeres fogaskerekek gyártása lefejtő eljárással

A lefejtő eljárás alapvető megmunkálási mód a fogaskerékgyártásban. Az eljárás lényege az, hogy a forgácsoló szerszám kinematikus nyoma hozza létre a fogprofil. Megmunkálás közben a szerszám és a munkadarab egymáson legördül. Vagy másként fogalmazva; az előállítani kívánt kerékkel geometriailag helyesen kapcsolódó fogazószerszám, az elemek mozgásviszonyainak megfelelő legördülés közben alakítja ki a fogprofil. A fogak egyenként vagy csoportosan egymás után, vagy valamennyi egyidőben folyamatosan készül el.

A fogazószerszám profilja fogaslécnek vagy fogaskeréknek

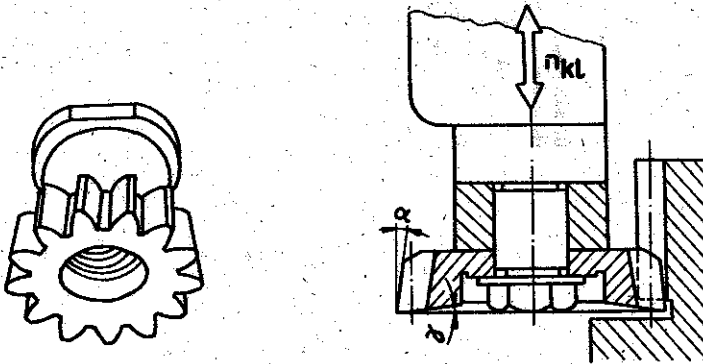
- fésűs késsel és
- lefejtőmaróval (csigamaróval)

végzett fogazó eljárásokról beszélnek.

10.231 Fogazás metszőkerékkel (Fellows-eljárás)

A fogvésőgépet (fogmetszőgépet) a metszőkerékkel együtt Fellows amerikai mérnök szabadalmaztatta 1898-ban. Ezt a géptípust az amerikai Fellows gyáron kívül ma már számos más gyár is készíti. Hazánkban a Komszomolec, Volman, TOS, Lorenz, Fiat stb. gyárak gépeit találhatjuk. A fogvésőgépeken - a géptípustól függően a megmunkálható fogaskerek legnagyobb átmérője 2000...2500 mm, modulja 4...12 mm és a legnagyobb szélessége 40...200 mm közötti érték lehet.

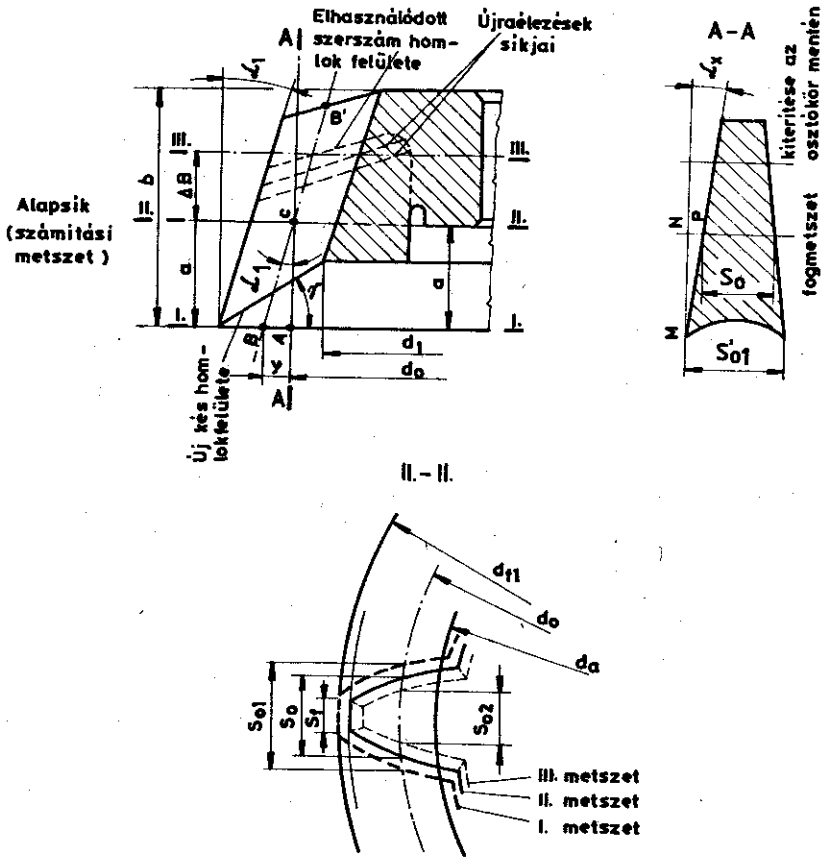
A fogvésőgép szerszáma a metszőkerék. A metszőkerék tulajdonképpen egy olyan fogaskerék, amelyet edzett és élezett forgácsoló részszél képeznek ki (10.20 ábra). A forgácsoló rész élkialakítását, továbbá a metszőkerék méretezéséhez szükséges metszeteket és jelöléseket a 10.21 ábra tartalmazza. Az ábrán található jelölések:



10.20 ábra
Metszőkerék

- Az I., II. és III. metszőkeréken felvett olyan metszősíkok, amelyekben bizonyos számításokat kell elvégezni.
- ΔB a II. keresztmetszet és az utánkösörülés felső határa közti távolság.
- d_{f1} a metszőkerék fejkör átmérője az I. metszetenél.
- d_a a metszőkerék alapköre.

- s_o a metszőkerék fogvastagsága a II. metszet osztókörén.
- s_{o1} a metszőkerék fogvastagsága az I. metszet osztókörén.
- s_f a metszőkerék fogfej vastagsága az I. metszetenél.
- α_1 a metszőkerék hátszöge.
- α_x a metszőkerék oldalhátszöge a középátmérőn.
- γ a metszőkerék homlokszöge.



10.21 ábra
Metszőkerék font osabb metszetei és jelölései

A számítás céljára felvesszük a II.-vel jelzett metszetet. Ebben a metszetben, mely a homloktól a távolságra van, a metszőkerék elemei pontosan a tulajdonképpeni alapsíkot adják meg. Ez azt jelenti, hogy az elemi fogazatnak az alapsík metszete felel meg. Az alapsíktól a homloklap felé + előjelű, míg a hátlap felé - előjelű profileltolások metszetei helyezkednek el. Az ábra szerinti alapsíkban (II. sík) $x = 0$, azaz nincs profileltolás. Mivel az újraélezések mindig a homloklapon történnek, a fogprofilnak végig evolvens profilunak kell maradnia. Ez viszont csak kizárólag úgy érhető el, ha a vésőfogak oldalfelületei csavarvonalú evolvens felületet képeznek.

Megjegyezzük, hogy az evolvens profilu fogaskerek metszőkerékkel való megmunkálásakor elemi feltétel: a metszőkerék fogprofilja a tengelyre merőleges metszetben mindig evolvens legyen. Ha ez a feltétel nem teljesül, a metszőkerék utánélezésekor már az evolvenstől eltérő profilt ad, ez pedig pontatlan fogaskereket eredményez.

A metszőkerék a különböző metszetekben úgy vizsgálható, mint egy általános fogazatu hengereskerék, amelynél az y profileltolás mértéke:

$$y = xm$$

Az egyenesfogu metszőkerék számítását a metszőkerék z_s fogszámának a felvételével kezdjük. A z_s fogszámot úgy választjuk meg egyenes külső fogazatu hengereskerékeket megmunkáló metszőkerékhez, hogy a $d_o = mz_s$ összefüggés betartásával a d_o osztókörátmérő a következő névleges osztókörátmérőjű szabványos metszőkerékek átmérőjével megegyezzen, vagy ahhoz lehetőleg közel legyen.

m	1...4,5	1...6	2,5...8
d_o	75	100	125

A méretek megállapításakor az osztókörátmérőn és a fogszámon kívül figyelembe kell vennünk a gépet is, amelyen a szerszámot alkalmazni akarjuk, hogy azon a szerszám megfelelően elférjen.

A következő fontos méret a d_a alapkörátmérő:

$$d_a = d_o \cos \alpha_{os}$$

Az α_{os} értéke a 10.21. ábra alapján számítható ki:

$$\operatorname{tg} \alpha_{os} = \frac{\operatorname{tg} \alpha_o}{1 - \operatorname{tg} \alpha_1 \operatorname{tg} \gamma}, \quad (10.13)$$

- ahol α_0 a fogazat alaprofilszöge;
 α_1 a hátszög a metszőkerék fejélére merőleges síkban;
 γ a homlokszög;
 α_{os} a szerszám alaprofilszöge a tengelyre merőleges síkban.

A következő lépésben meghatározzuk a metszőkerék megengedett legnagyobb méretváltozását (ujraélezések hatása!). A 10.21 ábrán ez az érték: $a + \Delta B$. A metszőkerék teljes vastagsága: $b \approx 3a$. A homloklaptól a távolságban vettük fel az alapsíkot. Most már meghatározhatjuk a profilleltolást is az alapsíkhöz viszonyítva:

$$\pm y = \pm xm = a \operatorname{tg} \alpha_1 .$$

A 10.21 ábrán az I. homloksíkban a profilleltolás $+xm$, a III. síkban, ahol már a metszőkerék elhasznált, a profilleltolás $-xm$.

Vizsgálat tárgyává téve a metszőkereket mint általános fogazatu hengereskereket, azt tapasztalhatjuk, hogy többszöri újraélezés után, a tengelytávok változatlanul hagyása mellett a munkadarab fogvastagsága állandóan nő. A fogvastagság megváltozása mellett viszont a fogak profilja változatlanul szabályos evolvensprofil marad.

A tengelytávolságok csökkentésével elvileg elérhető, hogy egyes köszörülések után szabályos evolvensprofil mellett megfelelő fogvastagság legyen a megmunkált fogaskeréken. Mivel a tengelytávolságok változtatása viszonylag kis mértékben valósítható meg, éppen ezért a metszőkerekek méretezésénél az újraélezési méreteket úgy vesszük figyelembe, hogy az x profilleltolástényező értéke ne legyen nagy.

Ha ismerjük az α_1 hátszöget és a megengedhető profilleltolás mértékét, kiszámíthatjuk az alapsíknak a homloklaptól való a távolságát.

A 10.21 ábrán az ABC háromszögben a \overline{BC} átfogó párhuzamos a metszőkerék hátlapjával, az \overline{AB} befogó megegyezik az y távolsággal, az \overline{AC} befogó pedig egyenlő lesz az a távolsággal, az alapsík kiindulási méretével. Tehát:

$$a = \frac{y}{\operatorname{tg} \alpha_1} = \frac{x_{\max} m}{\operatorname{tg} \alpha_1} , \quad (10.14)$$

ahol x_{\max} a maximális profilleltolás tényező, amelyet a metszőkerék fogának kihegyesedése, a munkadarab alámetszése, valamint az adott metszőkerékkel elkészített fogaskerekek kapcsolódásakor fellépő interferencia jelenségek korlátoznak. Ennél a számításnál, amelyet az I-es síkban is el kell végezni, a homlokszöveget figyelmen kívül hagyjuk, illetve $\gamma = 0^\circ$ -nak képzeljük el.

Ezek után meghatározandó az alapsíkban a fej- és a lábmagasság.

A fejmagasság: $f = f_o^{\pi} m = 1,25 \text{ m}$, vagy $1,3 \text{ m}$.

A lábmagasság: $l = (f_o^{\pi} + c_o^{\pi}) m = 1,25 \text{ m}$, vagy $1,3 \text{ m}$.

A metszőkerék fogfejtagsága:

$$s_{fl} = d_{fl} \left(\frac{s'_{ol}}{d_o} + \text{inv } \alpha_{os} - \text{inv } \alpha_{fl} \right), \quad (10.15)$$

ahol d_{fl} a fejkörátmérő az I. síkban,

s'_{ol} a fogvastagság az I. síkban,

α_{fl} a fejszög az I. síkban,

d_o az osztó körátmérő.

A fejkörátmérő az I. síkban:

$$d_{f1} = d_o + 2f + 2xm.$$

A fejkörátmérő a III. síkban:

$$d_{f2} = d_o + 2f - 2xm.$$

A fogvastagság az I. síkban:

$$s'_{ol} = \frac{\tilde{f} m}{2} + 2xm \text{ tg } \alpha_{os}. \quad (10.16)$$

A fogvastagság a III. síkban:

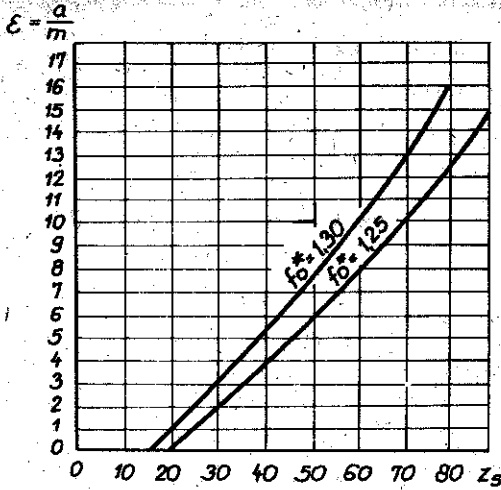
$$s'_{o2} = \frac{\tilde{f} m}{2} - 2xm \text{ tg } \alpha_{os}.$$

ahol $\frac{\tilde{f} m}{2} = s_o = \frac{t_o}{2}$ a fogvastagság az alapsíkban, illetve az osztás fele.

A fogvastagságot más módon a 10.21 ábrán a metszőkerék egy a BB' alkotóju kuppal való fogmetszetének kiterítése alapján tudjuk megállapítani:

$$s'_{ol} = s_o + 2a \text{ tg } \alpha_x. \quad (10.17)$$

Az egyenletben s_o és a értéke már ismert, viszont az oldalél α_x hátszögét még meg kell határoznunk. Ha ismerjük az α_1 hátszö-



10.22 ábra

$\varepsilon = a/m$ értékei a metszőkerék z_s fogszámának függvényében

A fogfej s_{fl} vastagsága az I. síkban az s'_{o1} fogvastagság 10.16 szerinti értékének a 10.15 összefüggésbe történő behelyettesítése után az alábbi képlettel számítható:

$$s_{fl} = d_{fl} \left(\frac{s_o}{mz_s} + \frac{2x \operatorname{tg} \alpha_{os}}{z_s} + \operatorname{inv} \alpha_{os} - \operatorname{inv} \alpha_{fl} \right) \quad (10.18)$$

A számítási munka megkönnyítése érdekében az s_f fogfejvastagság különböző értékeit táblázatokba foglalták, illetve diagramokban ábrázolták. A számpélda kidolgozásához is szükségünk lesz a 10.23 ábra adataira, amely az m modul függvényében tartalmazza

$$s'_f = \frac{s_f}{m} \text{ értékeit.}$$

Gyakorlatban az x_{\max} profileltolási tényező meghatározását diagramok (10.24/a és b/ ábra) segítségével végzik.

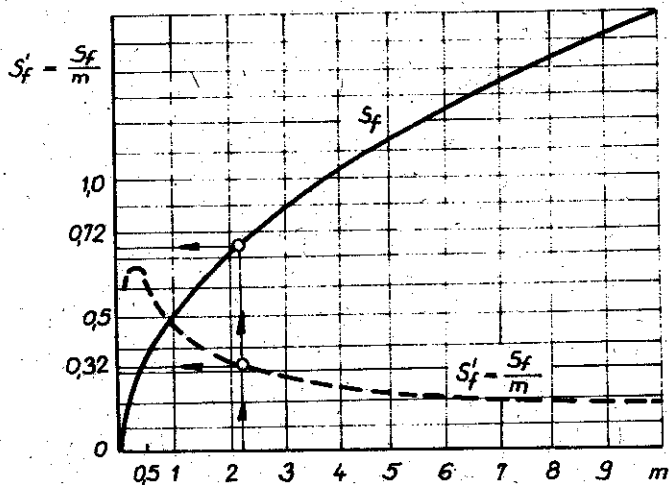
A fogfej megengedett minimális s_f értékét, valamint a metszőkerék fogszámát ismerve a diagramból megkereshetjük az x_{\max} megfelelő értékét. A maximális profileltolástényező értékével ezután kifejezhetjük a 10.14 képlettel az alapsík a távolságát:

get, a metszőkerék fejéjére merőleges síkban és a szerszám α_{os} alapprofiliszögét a tengelyre merőleges síkban, akkor az s'_{o1} fenti két egyenletének egybevetése után α_x a következő képlettel számítható:

$$\operatorname{tg} \alpha_x = \operatorname{tg} \alpha_1 \operatorname{tg} \alpha_{os}.$$

Az alapsík a távolságának, illetve az a kiindulási méretének meghatározására használhatjuk a 10.22 ábrán bemutatott diagramot, amely a metszőkerék fogszámának és az f_0^* fejmagasságtényezőnek függvényében tartalmazza az alapsík fajlagos távolságának $\varepsilon = a/m$ értékét az I. homloksíktól.

$$a = \frac{x_{\max} m}{\operatorname{tg} \alpha_1}$$



10.23 ábra
Fogvastagság értékei a modul függvényében

Ha az x_{\max} profileltolástényező igen nagy, akkor fellép az a veszély, hogy alámetsződnek a megmunkálandó fogaskerék fogai. Ez az alámetszés a profileltolástényező mértékétől függően változó fogaskerék fogszámoknál jelentkezik, ezek a határfogszámok kiszámíthatók és diagramban is ábrázolhatók. A 10.25 ábra tartalmazza a profileltolástényező függvényében a metszőkerék z_s és a hozzá tartozó határkerék z fogszámait. Például ha $z_s = 16$ és a profileltolástényező értéke $x_{\max} = 0,105$,

akkor a határfogszám $z = 56$, ez tehát az a maximális fogszám, amely még alámetszés nélkül megmunkálható a $z_s = 16$ fogszámú metszőkerékkel.

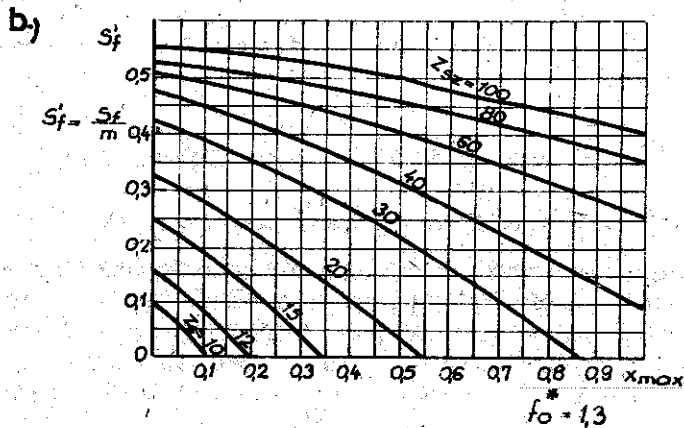
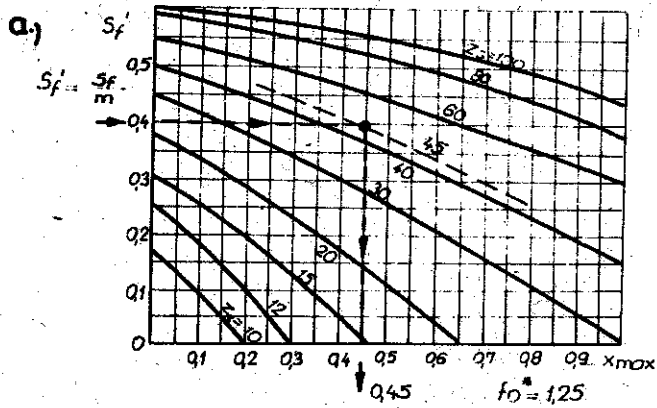
Az egyenesfogu metszőkerék számításának a menete a következő:

A szabványból megválasztjuk a metszőkerék fogszámát. Ha nem áll rendelkezésre szabvány, akkor a megmunkálandó fogaskerék fogszámából és geometriájából, valamint a rendelkezésre álló fogazógép adataiból úgy határozzuk meg a fogszámot, hogy alámetszés ne lépjen fel. Itt a 10.25 ábra diagramját (a megengedhető legnagyobb fogszámra) lehet használni.

Az alámetszés határának megállapítása a már ismert módon.

A fogfej vastagságának ellenőrzése.

A szerkesztési méretek kiszámítása.



10.24 ábra

Profileltolás tényező kiválasztására szolgáló diagram

Terjedelmi okok miatt nem foglalkozunk a belső fogazatu fogaskerek megmunkálásához alkalmazható metszőkerék méretezésével, ezek a számítások szakirodalomban megtalálhatók. Mindössze azt említjük meg, hogy különös figyelmet kell fordítani az ilyen metszőkerék méretezése során a fogkihegyesedésre és az egyik legismertebb interferenciajelenségre-, az alámetszésre. Ugyancsak nem foglalkozunk részletesen a ferdefogu metszőkerék méretezésével sem, minthogy a ferdefogu metszőkerék homlokmetszeteire valamennyi olyan összefüggés érvényes, amelyet az egyenesfogu metszőkeréknél megismertünk. Megjegyezzük, hogy a fog két oldalán eltérő nagyságu hátszögeket alakítanak ki.

Példa metszőkerék főbb méreteinek meghatározására

Feladat:

Tervezzünk egy 40-100 fogszámhatárok között dolgozó metszőkereket $m = 2,25$ mm modulu egyenesfogu, külső fogazatu fogaskerek megmunkálásához.

A fogaskerek alapprofiliszöge: $\alpha_0 = 20^\circ$

A metszőkerék névleges átmérője:
100 mm

A metszőkerék típusa, miután a fogaskerek nem különleges kivitelűek, legyen tárcsa alakú.

A homlokszög: $\gamma^* = 10^\circ$.

A metszőkerék anyaga: gyorsacél.

A számítás:

1. A metszőkerék osztókörátmérője:

$$d_o = m z_s ;$$

$$z_s = \frac{d_{névl}}{m} = \frac{100}{2,25} = 44,4 \approx 45,$$

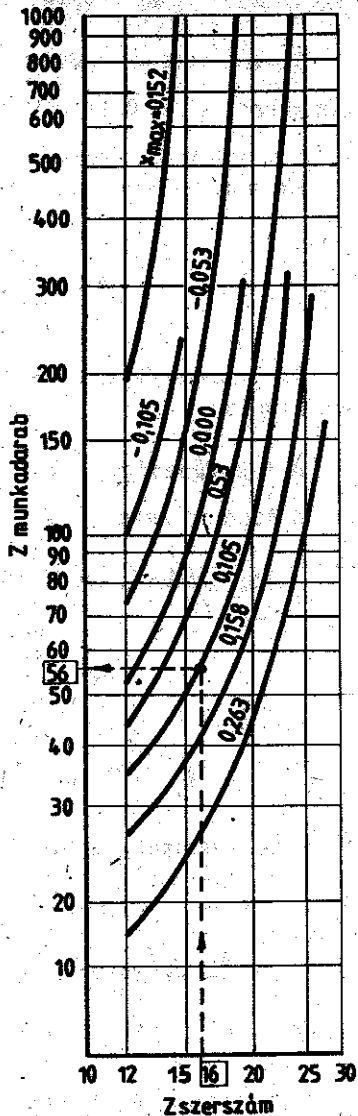
ezzel

$$d_o = 2,25 \cdot 45 = 101,25 \text{ mm.}$$

2. A metszőkerék megengedett legnagyobb kopása (ha $\Delta B = a$ fennáll):
2a, ahol a az alapsík távolsága:

$$a = \frac{x_{\max} m}{\text{tg } \alpha_1}$$

Az x_{\max} profileltolástényező meghatározásához ismerni szükséges az s_f fogvastagság minimális értékét. A 10.23 ábrából leolvashatjuk az s_f fogvastagság megengedett értékét:



10.25 ábra
Határkerék fogszámok

$$s_f = 0,72 \quad \text{és} \quad s'_f = \frac{s_f}{m} = 0,32 .$$

Természetesen választhatunk nagyobb értéket is. Például $z_s = 45$ fogszámhoz $s'_f = 0,40$ -nél ($s_f = 0,90$) a 10.24/a ábra szerint $x_{\max} = 0,45$ profilleltolástényező tartozik.

Ha a hátszöget $\alpha_1 = 6^\circ$ -ra választjuk, az alapsík a távolsága:

$$a = \frac{xm}{\operatorname{tg} \alpha_1} = \frac{0,45 \cdot 2,25}{\operatorname{tg} 6^\circ} = 10 \text{ mm} .$$

3. A metszőkerék fogméreteit az alapsíkban az alábbiak szerint számítjuk ki:

A fejmagasság: $f = f_o^* m = 1,25 \cdot 2,25 \approx 2,8 \text{ mm}$

A lábmagasság: $l = 1,25 \cdot 2,25 \approx 2,8 \text{ mm}$

A fogvastagság az alapsíkban:

$$s_o = \frac{f m}{2} = \frac{3,14 \cdot 2,25}{2} = 3,465 \text{ mm} ;$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{os} = \frac{\operatorname{tg} \alpha_o}{1 - \operatorname{tg} \alpha_1 \operatorname{tg} \gamma} = \frac{\operatorname{tg} 20^\circ}{1 - \operatorname{tg} 6^\circ \operatorname{tg} 10^\circ} \approx 0,444 .$$

A fogvastagság a homloklapon:

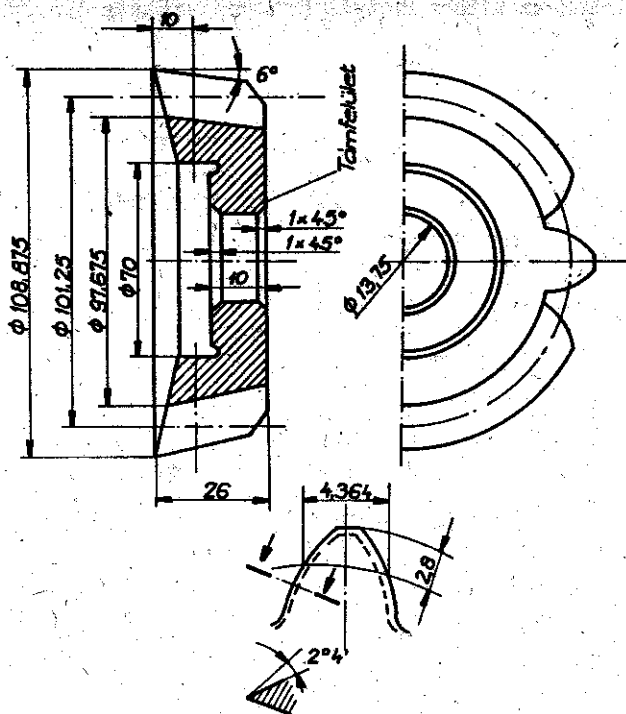
$$s'_{o1} = \frac{f m}{2} + 2xm \operatorname{tg} \alpha_{os} = 3,465 + 2 \cdot 2,25 \cdot 0,45 \cdot 0,444 = 4,364 \text{ mm} .$$

4. A metszőkerék fejkörátmérője a homloklapon:

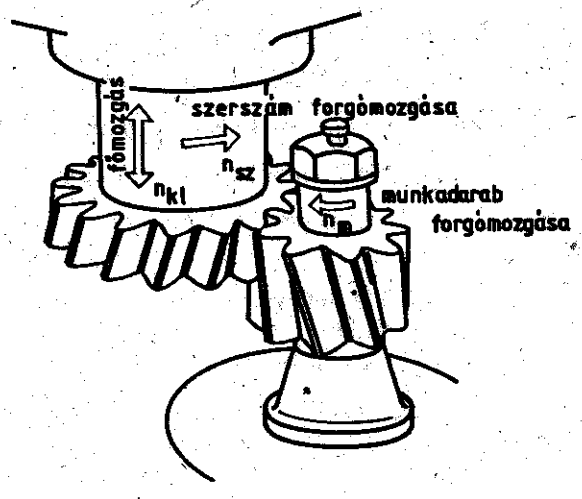
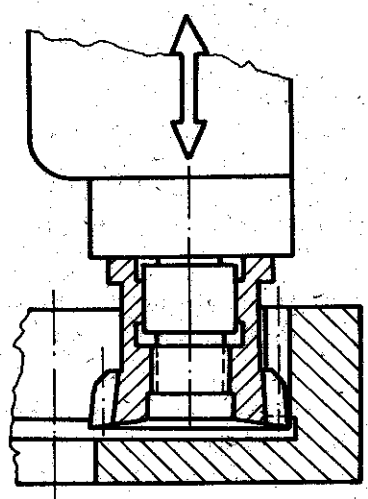
$$d_{f1} = d_o + 2f + 2xm = 101,25 + 5,6 + 2,25 = 108,875 \text{ mm} .$$

A szerkesztéshez szükséges további méreteket megtalálhatjuk a vonatkozó szabványokban. A szerszám konstrukciós rajzát a 10.26 ábrán mutatjuk be.

A metszőkerék nagyfajta kiviteli formában készülhet, lehet: tárcsa alaku (10.26 ábra), harang alaku (a felütközés elkerülése érdekében használják), hüvelyes és száras (a belső fogazatok készítéséhez) kiviteli metszőkerék (10.27 ábra). Ez utóbbi a legbonyolultabb és a legnehezebben készíthető lefejtő szerszám, de belső fogazás csak ezzel készíthető.



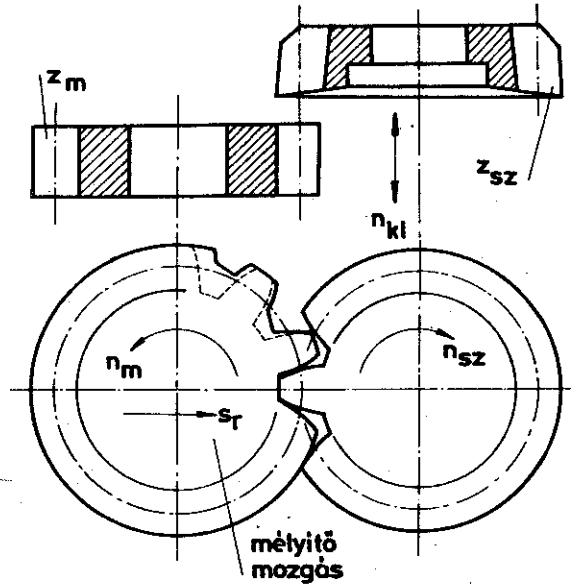
10.26 ábra
Metszőkerék konstrukciós rajza



10.27 ábra
Metszőkerék belső fogazathoz

10.28 ábra
Ferdefogazatu homlokkerék készítése
metszőkerekes eljárással

A fogazáshoz az alábbi mozgásokra van szükség (10.28 és 10.29 ábrák).



10.29 ábra
A metszőkerékes fogazás elrendezése és mozgásai

A metszőkerék mozgásai:

- függőleges irányú egyenesvonalu alternáló főmozgás (n_{kl}),
- saját tengelye körüli forgómozgás (az egyik lefejtő mozgás; n_{sz}).

A fogazandó munkadarab mozgásai:

- saját tengelye körüli forgómozgás (n_{sz} -el összehangolt, lefejtő mozgás; n_m),
- radiális irányú begördítő mozgás, amelyre a megmunkálás kezdetén, illetve minden egyes fogásvétel alkalmával szükség van (s_r ; részletes ismertetését lásd később).

A megmunkálás során további mozgásra is szükség van a forgácsoló szerszám és a már megmunkált felület kimélése érdekében; az üresjárat alatt a szerszámot és a munkadarabot egymástól el kell távolítani, ezt a segédmozgást végezheti mind a munkadarab, mind a szerszám, a konkrét megoldás szerszámgépenként eltérő lehet. Megjegyezzük, hogy

sok esetben az s_r radiális irányú begördítő mozgást nem a munkadarab, hanem a szerszám végzi.

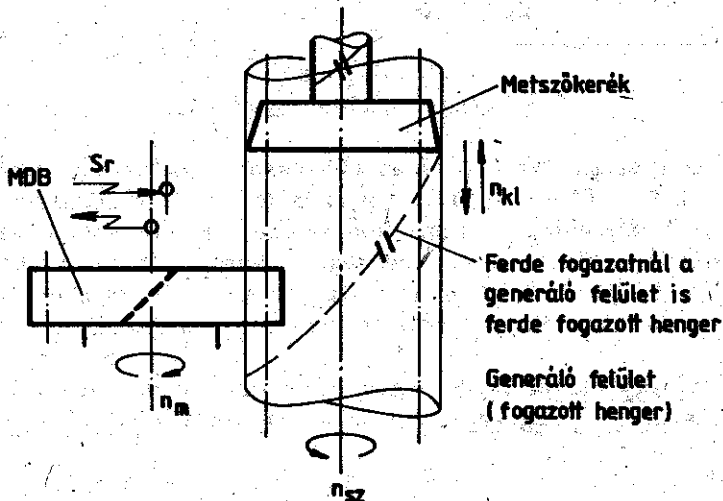
A szerszám forgácsoló élel az n_{kl} főmozgás révén egy ún. generáló felületet hoznak létre, amely természetesen absztrakció révén keletkezik (10.30 ábra) és amely a legördítés folyamatának szemléltetése szempontjából bír jelentőséggel. Az így származtatott generáló felület egy fogazott henger lesz egyenes vagy ferde fogazattal attól függően, hogy egyenes vagy ferde fogazású homlokkerék készül-e. A fogazott henger (generáló felület) és a munkadarab geometriailag helyes csuszásmentes legördülésének feltétele (a kerületi sebességek egyenlőségéből következően):

$$n_{sz} \cdot z_{sz} = n_m \cdot z_m$$

vagy átrendezve az összefüggést:

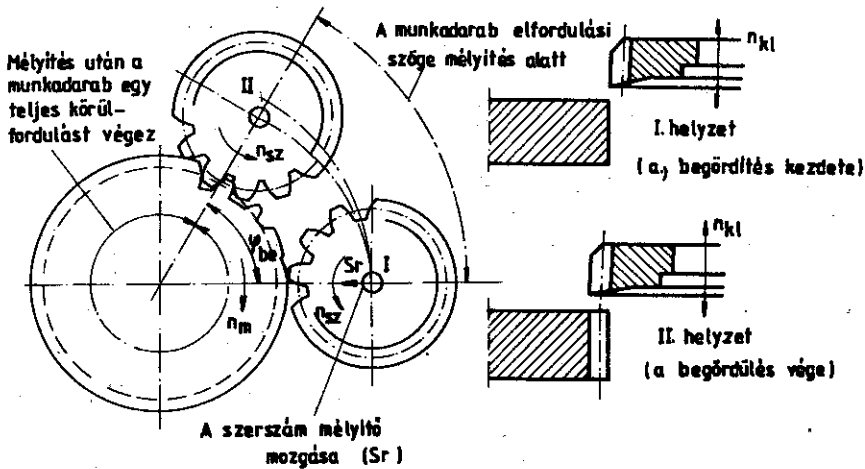
$$\frac{n_{sz}}{n_m} = \frac{z_m}{z_{sz}} \quad (10.19)$$

Az összefüggésben z_{sz} a szerszám, z_m a munkadarab fogszáma.



10.30 ábra
Generáló felület Fellows-eljárásnál

Az s_r begördítő mozgásra a fokozatos fogásvétel, illetve a szerszám kiméltése érdekében van szükség. A mozgást egy vezértárcsa irányítja (lásd később) oly módon, hogy az érintő fogásvételtől (10.31 ábra) a teljes fogásmélység eléréséig a munkadarab kb. $1/3 \div 1/4$ fordulatot tegyen meg. Az ábrán a szemléltetés céljából nem a munkadarab elfordulását, hanem a szerszám látszólagos elfordulását ábrázoltuk.



10.31 ábra
Fogásvétel Fellows-eljárásnál

Már említettük, hogy ezzel az eljárással ferdefogazatu homlokkerekek is fogazhatók. Ehhez a 10.28 ábrán is látható ferdefogazatu metszőkerék és a fogferdeségnek megfelelő emelkedésű kényszerpályával ellátott vezetőhüvely (10.32 ábra) szükséges, amely forgácsolás közben a ferde fogárok kialakítását biztosítja. Megjegyezzük, hogy ebben az esetben a generáló felület is egy ferdefogazatu henger lesz (lásd 10.30 ábrát is).

A külső egyenes és ferde fogazásokon kívül a metszőkerékes eljárás alkalmas zárt nyilfogazatok (10.33 ábra), továbbá belső fogazatok elkészítésére is.

Belső fogazásu koszoruk készítésénél fontos, hogy a fogaskerék fogszáma lényegesen nagyobb legyen, mint a metszőkerék fogszáma. A megengedhető viszonyszám elemi fogazás esetén:

$$15^\circ \text{ kapcsolószög esetén: } \frac{z_{\text{munkadarab}}}{z_{\text{szerszám}}} \geq 3$$