

10.80 ábra
 Kupkerék jellemző alakjai: a) egyoldalas
 b) kétoldalas tengelyes; c) furatos kup-
 kerék; d) tányérkerék

A fogak iránya szerint a kupkerekek lehetnek:

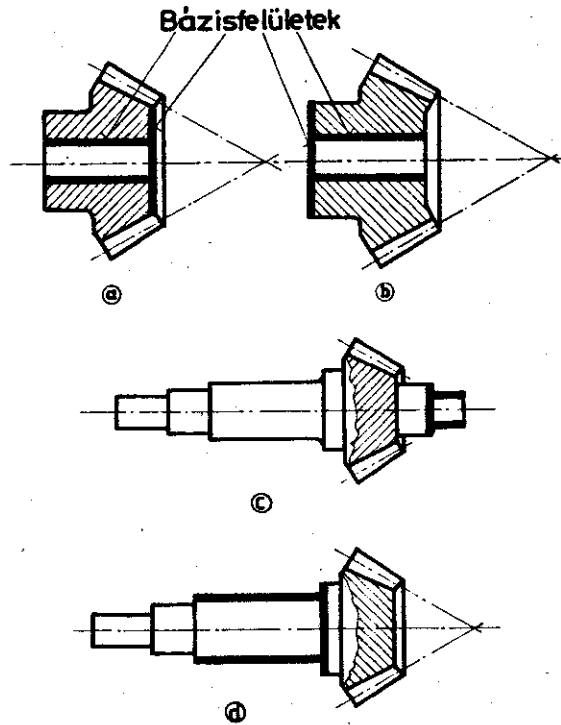
- egyenes,
- ferde és
- ívelt fogazású kupkerekek.

A gyártási tűréseket a pontossági osztályozás alapján (MSZ 05 07.5401) kell megállapítani. A kupkerekre 12 pontossági fokozatot különböztetnek meg, de az 1-6. pontossági fokozatu kupkerekeket a gépiparban támasztott pontossági követelmények jelenleg nem igénylik, a 12. fokozatu kupkerekeket azok pontatlan volta miatt a gépipar ugyancsak nem alkalmazza. Azaz; a használatos kupkerekek a 7-11. pontossági fokozatok valamelyikébe tartoznak.

Bázisfelületek megválasztása, felfogási módok

A homlokkerekek fogazásnál a gyártástervező technológus szabadon választhat a bázisok között, míg a kupkerekeknél a bázisfelületet a fogazat alakja és a fogazógép eleve meghatározza.

Példaképpen említjük meg, hogy az egyenes és ferde fogazat gyártására alkalmas egykéses fogazógép (Bilgram-Reinecker) esetén a bázisfelületek a kupkerék belső részén vannak (10.81/a ábra), míg a kétkéses lefejtő foggyalugép (a Heindenreich-Harbeck és a Gelason) esetén a kupkerék külső oldalán (10.81/b ábra).



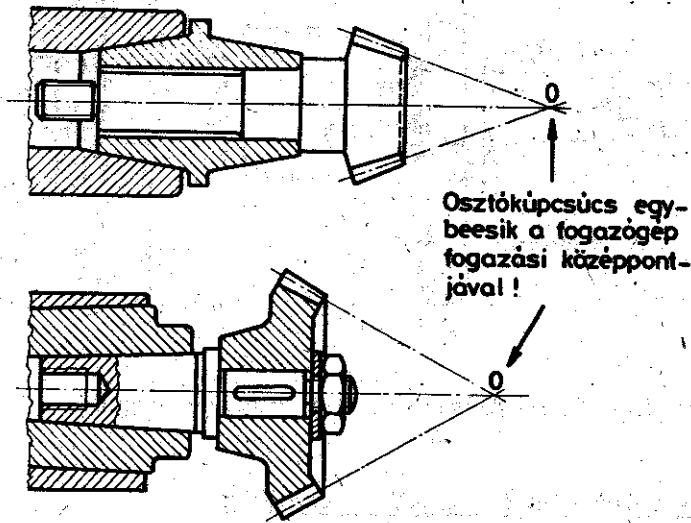
10.81 ábra

Bázisfelületek megválasztása: a) furatos
kupkerék bázisfelületei egykéses; b) fura-
tos kupkerék bázisfelületei kétkéses;
c) tengelyes kupkerék bázisfelületei egy-
késes; d) tengelyes kupkerék bázisfelületei
kétkéses lefejtő foggyalulásnál

A központosítást fogazásnál külső, ill. belső hengeres felületek, vagy csucsfészkek valósítják meg. A bázisfelület mindig köszörült, tűréses mérettel készül, még abban az esetben is, ha ez a bázisfelület "csak" segédbázis, azaz csak a fogazáshoz szükséges. Tengelyes kupkerék-nél ilyen segédbázisra van szükség (10.81/c ábra), ha a megmunkálást egykéses fogazógépen végzik. Ezt a segédcsapot a fogazást követő műveletek során eltávolítják.

Kétkéses fogazógépen ilyen segédcsapra nincs szükség (10.81/d ábra). A bázisfelület mindig két felület - amint ez a fentiekből is kitűnik - amelyek közül az egyik központosít, a másik pedig egy - előbbire merőleges - felfekvő felület. Ez utóbbi a fogazógép beállításához szükséges, se-

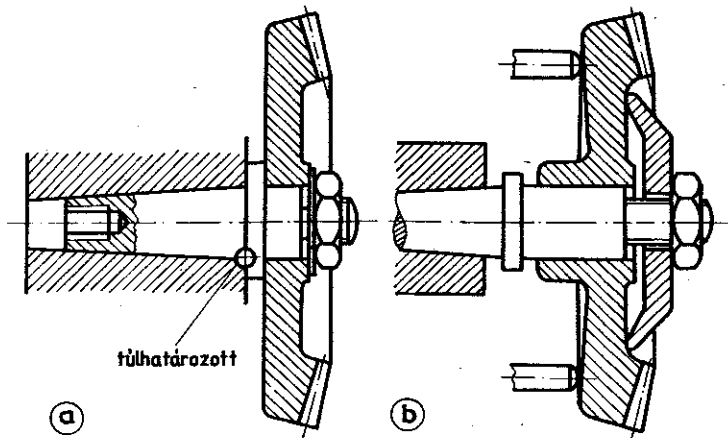
gítségével biztosítják, hogy a fogazandó kerék osztókupcsúcsa a fogazógép fogazási középpontjával egybeesik.



10.82 ábra

Kupkerék felfogása: a) száras, b) furatos kupkerék felfogása

A 10.82/a ábrán száras kupkerék, a 10.82/b ábrán pedig furatos kupkerék felfogását szemléltethetjük. A felfogás egytengelyűségét az a köszörült szár biztosítja, amely az a) ábrán látható kúpos hüvelybe, illetve a b) ábrán feltüntetett kúpos betéthüvelyhez csatlakozik. Ezek a kúpos hüvelyek ugyancsak köszörült felületekkel illeszkednek a szerszám-gép főorsójába. A felfogás előírt pontosságáról a hossz méret és az egytengelyűség ellenőrzésével győződnek meg. Tányérkerekek felfogásakor arra is figyelemmel kell lenni, hogy - nagyobb átmérőknél - a tányérkerekek könnyen deformálódhatnak a felfogáskor ébredő erőhatások következtében. A 10.83/a ábrán látható felfogás egy hibás, túlhatározott felfogási megoldást szemléltet, amely - a forgácsoláskor fellépő dinamikus erőhatások miatt - rezgésekre is "érzékeny". Helyesebb, ha a tengelyirányú helyzetmeghatározást ütközőcsapok biztosítják (10.83/b ábra), ebben az esetben a felfogás merevsége is megfelelő.



10.83 ábra

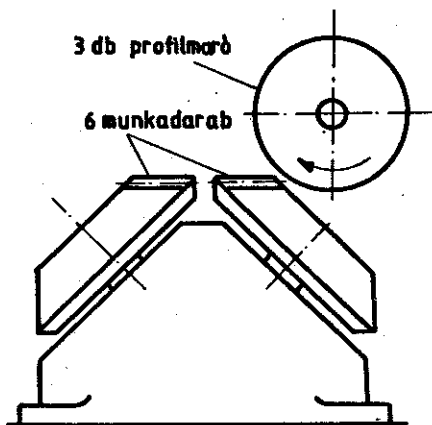
Tányérkerék felfogása: a) hibás, b) helyes megoldás

10.32 Kupkerekek fogazása profilozó eljárással

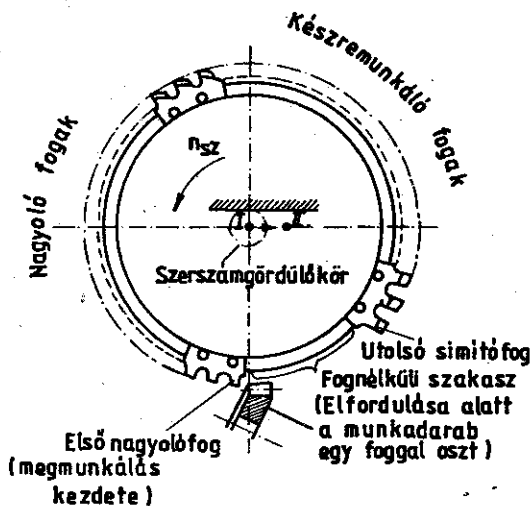
A bevezetőben leírtak miatt a profilozó eljárások csak nagyolásra alkalmasak. A leggyakrabban a profilozás marással történik. A megmunkálást rendszerint nem egytetemes marógépen végzik, mert egyszerre csak egy kereket lehet felfogni és a fogosztás sem automatizálható. Olyan kupkerék előmaró gépeket fejlesztettek ki, amelyeken egyszerre több munkadarab is felfogható és az osztás művelete is automatizálható. A gépen alakos tárcsamarót használnak, amelynek fogait a kupkerék belső fogvégén levő fogárok alakja határozza meg. A kupkerekek a lábkszögnek megfelelően vannak döntve a gépen úgy, hogy a marók a teljes fogárok-mélységig marnak. Az eljárás főleg nagyobb sorozatu és nagyobb modulu kupkerekek megmunkálásánál terjedt el. A szerszám gép vázlatos felépítését szemlélteti a 10.84 ábra. Ilyen kupkerék-előmarógépen jónéhány szerszámgyár (pl. Reinecker, Gleason, Klingelberg stb.) készít.

Ugyancsak profilozó eljárás kupkerekek megmunkálására az un. REVACYCLE-eljárás, amelyet a Gleason-cég fejlesztett ki (10.85 ábra). Szerszáma: viszonylag nagy átmérőjű üregelótárca, amely a fogakat egyenként munkálja ki, azaz az eljárás szakaszos. A vízszintes síkban dolgozó szerszám kerületén üregelőfogak vannak, amelyek egy szerszámfordulat alatt sorban előbb a nagyolást, elősimítást, majd a készremunkálást végzik. Egy-egy fog mindkét profiloldalon egyidőben dolgozik. A munka során a szerszám középpontja vándorol (a 10.85 ábrán I. és II. helyzetek között).

A szerszámkerület egy bizonyos szakaszán nincsenek forgácsoló be-tétkések. Amíg a szerszám ezt az ω szögelfordulást megteszi, ez alatt az idő alatt a munkadarab egy fogosztással elfordul. A megmunkálás termelékenysége igen nagy, egy fog-árok megmunkálása csupán néhány másodpercet igényel. A szerszám-gépet önműködő adagolóberendezés-sel szerelik fel, automatikus üzem-módban dolgozik. Az üregelessel készült fogárok profilja az egész fogszélességen változatlan, emiatt az így készített fogazat gördülési viszonyai rosszak. Ezzel a mód-szerrel elsősorban differenciálmű-vek bolygókerékelt gyártják (gépjárműiparban).



10.84 ábra
Kupkerék-előmarógép körvonalrajza



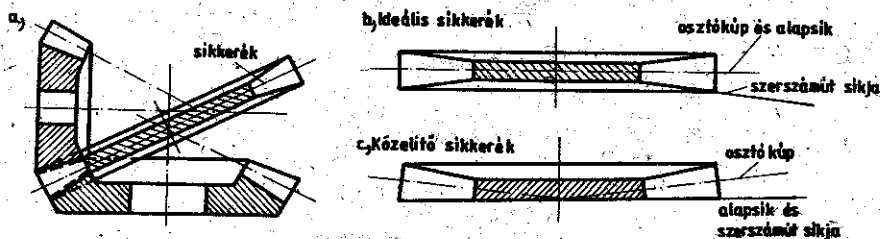
10.85 ábra
Kupkerék üregelesség (REVACYCLE -eljárás)

10.33 Kupkerek fogazása lefejtő eljárással

A homlokfogazáshoz hasonlóan a kupkerek lefejtő eljárásnál is a szerszám kinematikus nyoma hozza létre a fogprofil. Homlokfogazásnál a szerszám lényegében az ellendarabnak (kapcsolódó fogaskeréknek) felel meg, míg a kupkerek lefejtő eljárással történő fogazásánál a szerszám az ellendarabnak egy szakaszát testesíti meg. A kupkerék ellendarabja lehet az un. sikkerék is. A sikkerék a kupkerékpár között foglal helyet (10.86 ábra) és szerepe azonos a fogasléc szerepével (homlokfogazásnál), azaz a lefejtő eljárással dolgozó kupkerékfogazógép szerszáma a sikkerék fogainak felel meg. Ez a sikkerék egy elméleti sikkerék, melynek fogszáma általában nem egész szám. Ha azonban egész számú fogszám adódik, akkor a sikkerék a valóságban is előállítható. Egyenes fogazatu kupkerek gyártásánál kétféle sikkerék fordul elő:

- ideális sikkerék (10.86/b ábra), illetve
- közelítő sikkerék (10.86/c ábra).

Az ideális sikkerék osztókupja egybeesik az alapsikkal, elrendezése centrális, fogainak profilja egyenes vonalú, azaz: fogaslécprofilú. Közelítő sikkeréknél az alapsík egybeesik a szerszámúttal, de az osztókup nem. A sikkerek értelmezésére és szerepére az egyes eljárások ismertetésénél még visszatérünk.



10.86 ábra

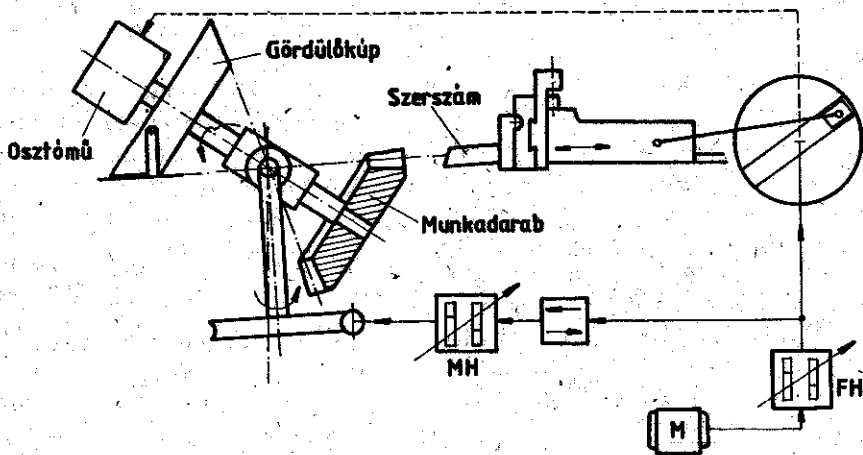
Sikkerék: a) általános elrendezésű sikkerék, b) ideális, c) közelítő sikkerék

10.331 Egyenesfogu kupfogazat készítése

Egykéses eljárás

Egyenes- és ferde fogazatu kupkerek készíthetők a BILGRAM-REINECKER-eljárás segítségével (10.87 ábra). Az elméleti sikkerék elve alapján működő fogazógép ma már elavult, elsősorban kis termelékenységé miatt (csak egy szerszáma van). A szerszám az álló sikk-

rék egy fogát képviseli, a munkadarab ehhez viszonyítva végzi a teljes lefejtést, másképpen fogalmazva: a munkadarab ezen "gördül le". Az eljárás szakaszos; az osztómű minden egyes szerszámlöket után a munkadarabot egy foggal elforgatja. A szerkezet egyetlen legördülést végez, ezalatt valamennyi fog elkészül. Rendszerint három fogással (1. nagyoló- és 1-1 jobb, ill. bal oldalas simító késsel) dolgoznak az egykéses kupfogógépen.

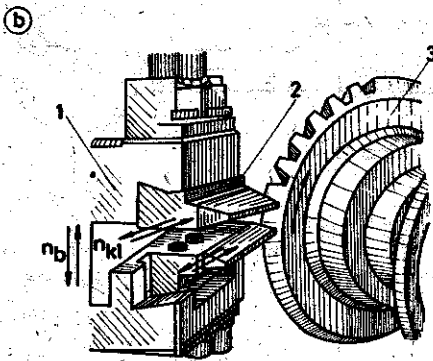
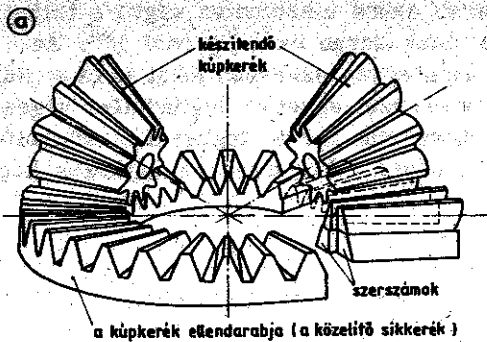


10.87 ábra

Egykéses foggyalugép (BILGRAM-REINECKER) felépítése

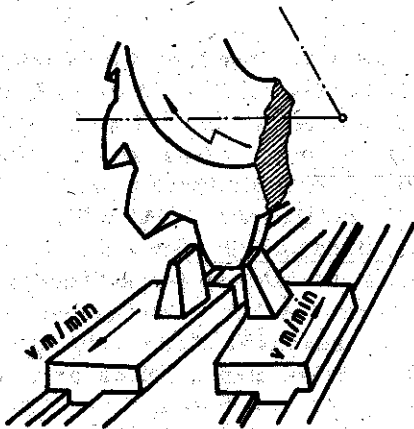
Kétkéses eljárás

A legelterjedtebb eljárás egyenes és ferde kupfogazatok készítéséhez. Hazánkban többnyire GLEASON, KOMSZOMOLEC 526 és HEIDENREICH-HARBECK típusu foggyalugépet használ az ipar. A közelítő sikkerék elve alapján dolgozik (10.88 ábra) és minden fogat a teljes fogmélységig lefejt. A két szerszám a fogirányban alternáló mozgást végezve egyidejűleg egy fog két oldalát munkálja meg ("fejti le"). A szerszámok a lábkup alkotójának irányában ellenfázisban végzik ezt az alternáló főmozgást (10.89 ábra), miközben a munkadarab forgástengelye körül elfordul (a kupkeréktől függő mértékben). A lefejtő mozgásban azonban nemcsak a szerszámok, hanem a szerszámokat hordozó ún. bölcső is részt vesz (10.90 ábra). Egy fog kialakítása után a bölcső és a munkadarab alaphelyzetbe tér vissza, miközben a kupkerék egy fogosztással elfordul. A kinematikai viszonyokból következik, hogy előtolásra nincs szükség, mégis a legtöbb gép beszuró előtolást is végezhet, hogy a művelet alatt a nagyolás és a simítás is megoldható legyen. Az újabb gépek a lefejtést beszuró előtolással kezdik, ezzel a be- és kigördülés ivhossza számottevő mértékben megrövidül.



10.88 ábra

Kétkéses foggyalulás: a) közelítő síkkerék és a szerszámok, b) elrendezés



10.89 ábra

Kétkéses foggyalulás: a szerszám-pályák és mozgások

A kétkéses fogazógépek szerkezete különféle (pl. mechanikus vagy hidraulikus) hajtóművel készülnek, a lefejtés forgómozgását kisebb gépeken gördülődob és acél-szalag létesíti; közepes gépeken váltókerekek határozzák meg a munkadarab és bölcső elfordulásának viszonyát. Egy jellemző körvonalrajzot szemléltet a 10.91 ábra.

Egy mechanikus szerkezetű fogazógép működéséről ad áttekintést a 10.92 ábrán látható funkcióvázlat. A főhajtás lánc a motor - a - k_{v1} - b - z_1/z_2 uton vezet a bölcsőben levő forgattyúszerkezethez (n_f), amely a szerszámok alternáló mozgását létesíti. A mellékmozgás a főmozgásról ágazik le. A bölcső forgásának hajtási lánc:

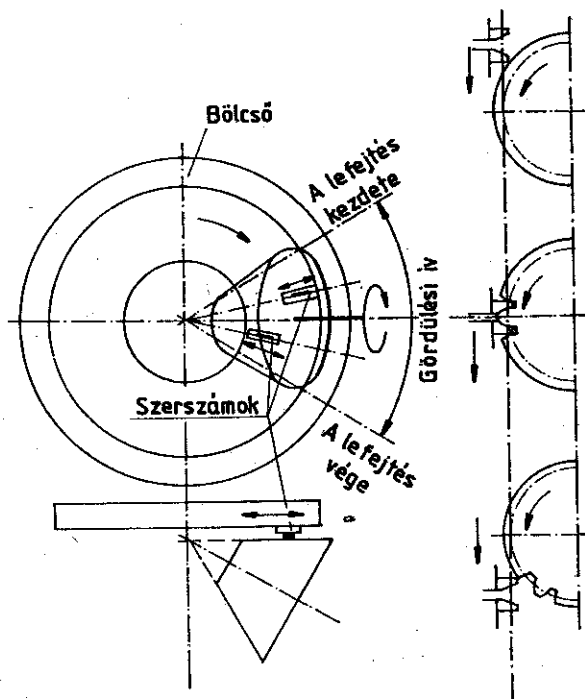
c - VSZ - d - k_{v2} (a bölcső lefejtőmozgásának váltókerekei) - e - f - z_3/z_4 . A munkadarab

forgásának hajtási lánc: c - VSZ - g - k_{v3} (munkadarab

- osztás váltókerekei) - h - j - z_5/z_6 . Alapvető követelmény,

hogy a z_4/z_3 - f - e - k_{v2} - d - VSZ - g - k_{v3} - h - j - z_5/z_6

kinematikai lánc módosítása úgy kerüljön beállításra, hogy lefejtés közben a bölcső és a munkadarab csuszás nélkül gördüljön le egymáson. Fogazás közben a gép bonyolult munkaciklust végez. A munkaciklusok időbeli sorrendjét és azok pontos lefolyását a vezérmű irányítja, amely gondos-



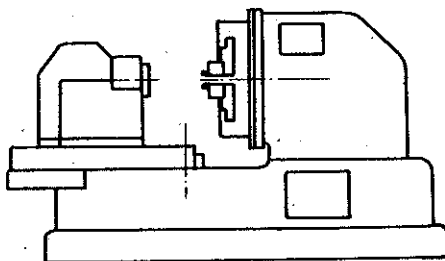
10.90 ábra

Kétkékes foggyalulás folyamata; egy fog két fogoldalának kialakítása

ködik a bölcső forgómozgásának be- és kikapcsolásáról, az irányváltásról, az osztómozgás bekapcsolásáról, továbbá a munkadarab szerszámhoz történő közeli-téséről, illetve eltávolításáról.

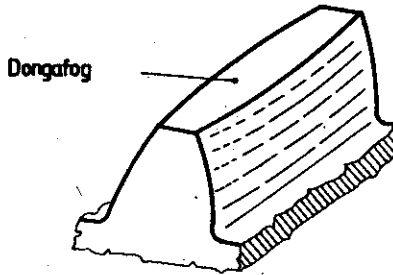
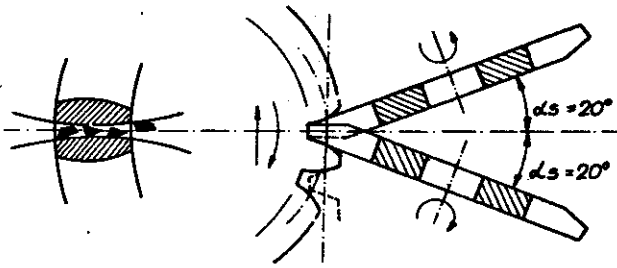
A hidraulikus hajtású és elektrohidraulikus vezérlésű korszerű gépeket a rövid mellékidő jellemzi: rövid kigördülési ut, gyorsított visszafutás, a tárgyorsófej önműködő hátrafutása a munka végén.

E gépeken külön tartozékkal ferdefogazású kupkereket is lehet fogazni. A munkadarabot olyan tárcsára fogják, amely magassági irányban állítható. Balferdeségű fogazáshoz a fejet süllyeszteni, jobbferdeségűhöz emelni kell.



10.91 ábra

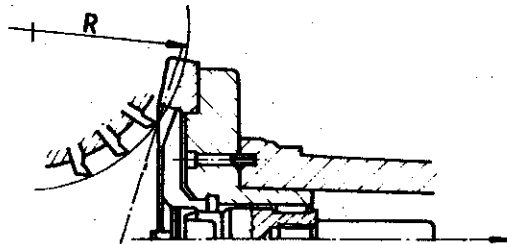
Kétkékes foggyalógép körvonalrajza



10.93 ábra

Késesfejjel dolgozó kupfogazó marógép mozgásai, a keletkező fogazat alakja

sesfejjel dolgozó kupkerékfoga-
gazó marógépet jónéhány gyár
készít, így például a
KLINGELNBERG, a GLEASON,
a WMW MODUL, a HEIDEN-
REICH-HARBECK stb. A fo-
gak felületi minősége igen jó,
termelékenységük rendkívüli.



10.94 ábra

Tányérkerék készítése késesfejjel dol-
gozó kupfogazó marógépen

10.332 Ivelt fogu kupfogazatok készítése

Az ivelt fogazású kupkerekek gyártása nehezebb feladat, mint az egyenes-, ill. ferdefogazatu kupkerekeké, mégis egyre szélesebb körben alkalmaznak ivelt fogazattal bíró kupkerekeket elsősorban olyan hajtásokban, ahol nagy nyomatókokat kell átszarmaztatni relative nagy sebességek mellett (pl. gépjárművek erőátviteli berendezésében).

Legfontosabb előnyek a következők:

- zajtalanabb járás, simább kapcsolódás (több fog vesz részt a kapcsolódásban),
- nagy nyomatékot nagy kerületi sebességgel vihetünk át (kisméretű hajtómű tervezhető),
- kitérő tengelyű kerékajtás is megvalósítható (pl. hipoid kerekek-nél),
- termelékenyebb fogazó eljárásokkal gyártható,
- könnyebben szerelhető, mert nem kényes a kapcsolt tengelyek szöghibáira.

Hátrányai:

- működés közben nagyobb tengelynyomások lépnek fel, ezért a csapágyazásra fokozott gondot kell fordítani,
- a fellépő csuszás miatt a fogak jobban kopnak,
- a megmunkálógépek bonyolultabbak, ezért beszerzési költségük nagy,
- a köríves fogazás kivételével nem köszörülhetők.

Az ivelt fogazású kupkerekéknél a fogirány vonala szerint megkülönböztetünk:

- körívfogazást,
- epicikloisívü fogazást és
- evolvensívü fogazást.

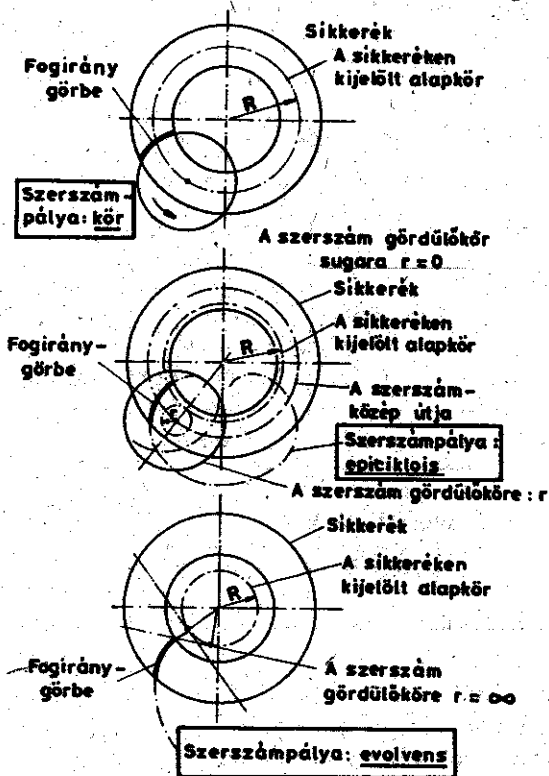
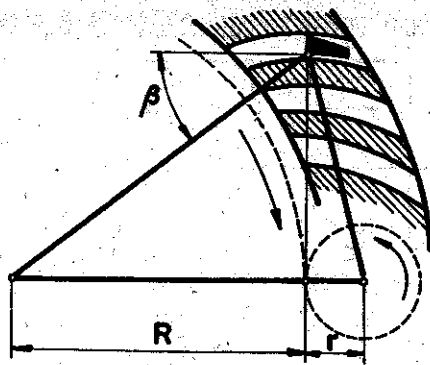
Az ivelt fogu kupkerekék fogirányvonalát mindegyik gép úgy állítja elő, hogy a sikkerek egy adott R sugaru körén a szerszám meghatározott r sugaru köre csuszás nélkül legördül (10.95 ábra). A szerszám körének r sugara zérus és végtelen között bármilyen értékű lehet.

Ha $r = 0$, azaz a szerszámkör egy ponttá zsugorodik, akkor a fogirányvonal kör.

Ha $r \neq 0$, akkor a fogirányvonal epiciklois.

Ha $r = \infty$ akkor a szerszámkör egyenessé lesz, mely a sikkerek R sugaru körén legördül. Az így keletkezett fogirányvonal evolvens lesz.

Az ivelt fogazású kupkerekéket gyártó gépek lefejtő eljárással dolgoznak (kivéve a nagyméretű $m = 50$ mm-ig - ivelt és nyílfogazású kupkerekék gyártásához profilozó ujjmaróval dolgozó marógépet). Valamennyi kupkerékfogazó gép marógép, bár ismerünk Gleason-rendszerű egykéses lefejtő foggyalugépet is. A jelenleg használatos iveltfogu kupkerékfogazógépek lényegbevágó tulajdonságainak összehasonlítását láthatjuk a 10-7. táblázatban.



10.95 ábra
 Fogiránygörbe származtatása ivelt fogazású kupkereknél

Az ivelt fogu kupkerékfogazó eljárások áttekintése

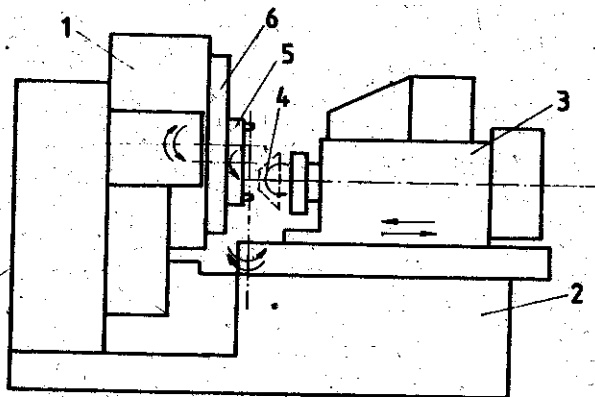
A fogiránygörbe alakja a sikkeré- ken		Körív	Epiciklois		Evolvens
Jellemző képviselő (gyártó cég) neve		Gleason	Fiat	Oerlikon	Klingel- berg
telephelye		Rochester USA	Torino Olaszor- szág	Basel Svájc	Remscheid Német- ország
Az elv kidolgozója		Röttcher	M a m m a n o		Schicht- -Preis
A szabadalom éve		1919.	1917.		1921.
A lefejtő szerszám alakja		Sokkéses marófej			Kupos maró
Egy csoport készsága		16-32	24	2-3	-
A szerszám fo- gainak elhelye- zése		Körívben	Egybekez- désű	Több bekezdésű	Kupos csavarme- neten
			archimedesi spirálison		
Moz- gások	főmozgás	folytonos			
	lefejtés	Foganként ismétlődő	Egy keréken egyszer		
	osztás	Szakaszos	Folytonos		

Az ivelt fogazattal bíró kupkereket nem lehet szabadon választott szerszámgépen fogazni, hanem csak azon, amelyekre a fogazatot a konstruktőr megtervezte, másképpen fogalmazva; már szerkesztéskor el kell dönteni, hogy milyen szerszámgépen kerül fogazásra az adott ivelt fogu kupkerék. Ismételt gyártásra csak a kupkerék számítási lapjának birtokában van remény (a számítási lap tartalmazza a kupkerék valamennyi adatát). Mivel a gyakorlatban erre nincs mindig lehetőség, ezért az ivelt-fogu kupkereket rendszerint párban cserélik.

Az ívelt fogu kupkerekék gyártását hosszadalmas gépbeállítás előzi meg. A beállításnál elsősorban a helyes hordkép biztosítására törek-
szenek (azaz: a hordkép lehetőleg középre kerüljön). Ennek okait, továbbá a gépek beállításának kérdéseit - terjedelmi okok miatt - részlete-
sen nem tárgyaljuk, szükség esetén azok szakirodalomban megtalálhatók.

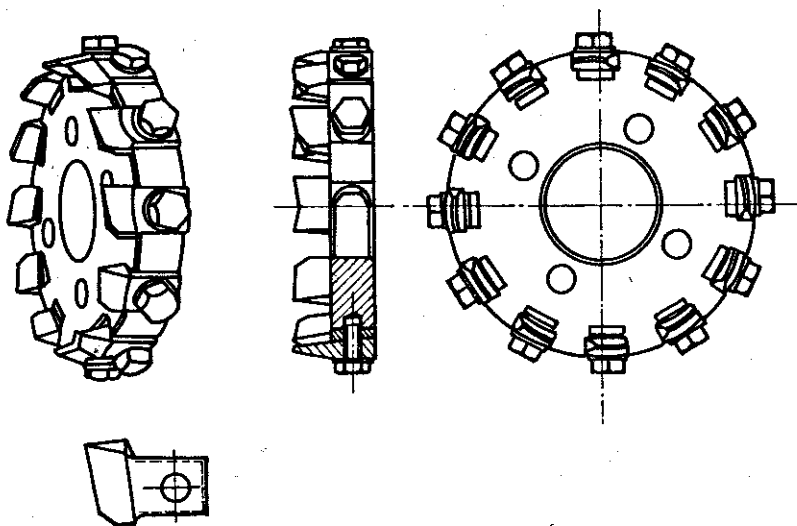
a) Körívfogazatu kupkerekék gyártása

Ha a szerszám-gördülőkör sugara zérus (10.95 ábra), akkor a fogirányvonal kör lesz. A köríves fogazás elvét BÖTTCHER dolgozta ki 1919-ben és eladta az amerikai GLEASON-gyárnak. A GLEASON-gyártmányú fogmarógépek külső megjelenésükben (10.96 ábra) és szerkezeti felépítésük tekintetében hasonlítanak a kétkéses foggyalugépekhez, a váltakozó fúmozgá-
su gyalukések helyett azonban forgó fúmozgású késfej (marófej) dolgozik. A forgácsolást végző trapéz keresztmetszetű szerszámtestek betétkésként van-
nak elhelyezve adott sugár mentén (10.97 ábra). Megmunkáláskor legördülés jön létre. Ezt a legördülést úgy kell elképzelni, mintha a készitendő kupkerék fogai egy olyan képzelni sikkerékkal kapcsolódnának, amely sikkerék fogoldalait a szerszám betétkéseinek egyenes forgácsolóélei képezik (10.98 ábra). A megmunkálás jobb elképzelését hivatott elősegíteni a 10.99 ábra, amely képiesen szemlélteti a szerszám és a munkadarab "kapcsolódását".



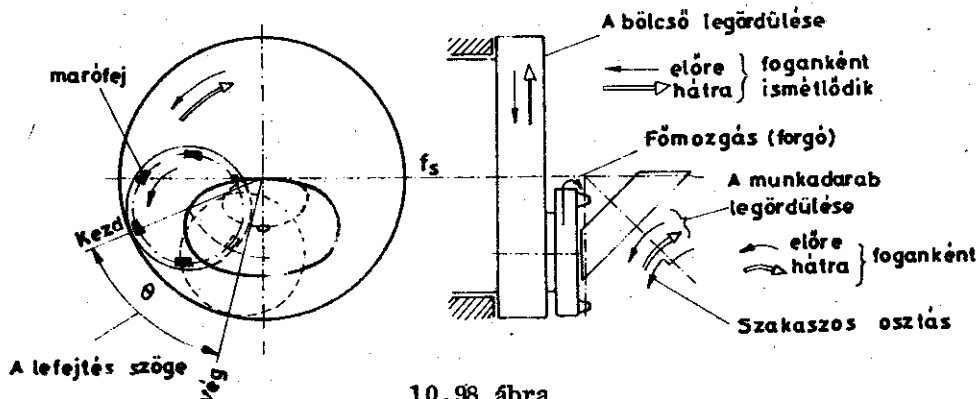
10.96 ábra

Köríves kupkerék fogazó marógép körvonal-
rajza és szerkezeti részei: 1. állvány,
2. ágy, 3. tárgyorsóház, 4. munkadarab,
5. szerszám, 6. bölcső



10.97 ábra

Késcsésfej betétkésekkel körívfogazatu kupkerekék gyártásához



10.98 ábra

Köríves kupkerék fogazás mozgásviszonyai

Az ívelt fog görbületét a betétkések elhelyezési sugara (10.95 és 10.98 ábrák) határozza meg. A munkadarabot úgy helyezik el, hogy a készítendő fogaskerék osztókupjának csúcsa egybeessen a síkkerék forgástengelyével (f_s a 10.98 ábrán). A munkadarab saját tengelye körül a síkkerék-kupkerék áttételének megfelelő fordulatszámmal végez forgó mozgást. Eközben a bölcső f_s tengelye körül egyik vagy másik irányba meghatározott szöggel (Θ) elfordul, ennek hatására a megmunkálandó

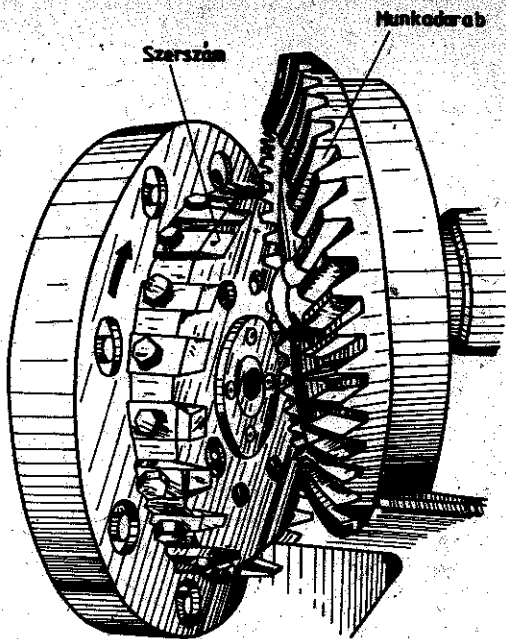
kerék és a sikkerék egymáson csuszás nélkül legördül. Egy fogárok teljes kimunkálása egy legördülést (\ominus szög) igényel. A fogárok elkészülte után a rendszer alaphelyzetbe áll vissza, a munkadarab egy fogosztással elfordul és új munkaciklus kezdődik. Tehát; a megmunkálás szakaszos. Egy köríves fogazó marógép funkcióvázlatát szemlélteti a 10.100 ábra.

Az 1 marófej excentrikusan ágyazva elforgatható, a 2 marószámt pedig sugárirányban lehet állítani (beállító mozgások). A 4 szerszám fordulatszámát a VK1 váltókerékrendszerrel lehet változtatni. A VK2 váltókerék a ciklusidő beállítására való. Egy fog elkészülte alatt a V vezérdob és 6 ívpályás dob is egyet fordul. Munka közben a 3 bölcső a lefejtés szögeivel elfordul, ennek sebességét VK3 váltókerék határozzák meg. A szerszámmal, mint a képzeletbeli sikkerék egy fogával kapcsolódó 5 munkadarab gördülősebességét a VK4 váltókerékrendszerrel kell beállítani. Egy fog lefejtése után a 6 ívpályás dob a 7 tárgyorsófejet visszahuzza, a V vezérdob pedig a 8 irányváltó révén gyorsított, ellenkező irányú mozgást kapcsol, a bölcső és munkadarab alaphelyzetbe tér vissza. Közben a 9 kapcsoló - amelyet ugyancsak a V vezérdob működtet - a 10 bolygóúti utján olyan mozgást visz a munkadarab hajtási láncára, ami azt a bölcsőhöz viszonyítva egy foggal elfordítja.

A Gleason-féle elv alapján működő szerszámgépek szerszámkialakításában és munkamódszerében jelentős különbségek vannak.

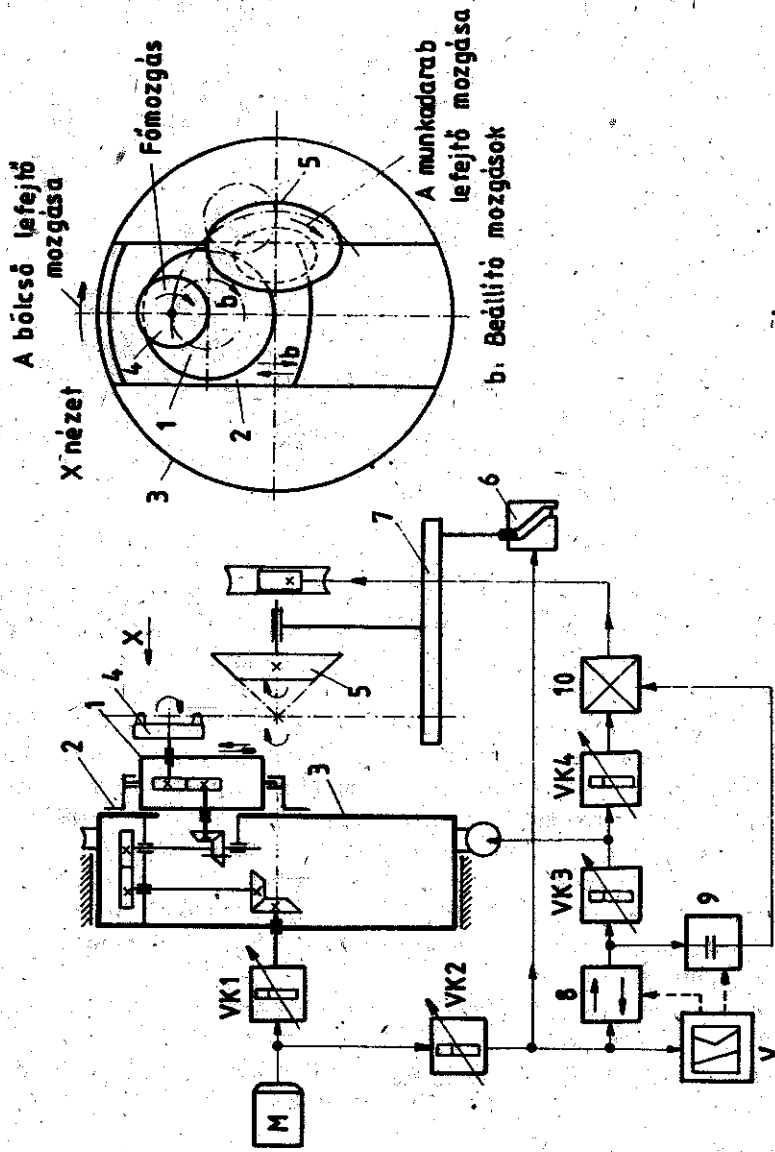
Egyetemes jellegű a Hypoid Generátor elnevezésű géptípus, amelyen az alábbi módszerekkel lehet körívfogazatot készíteni:

- egyoldalas módszer,
- kétoldalas módszer,
- az ún. Job-módszer.



10.99 ábra

A szerszám és a munkadarab kapcsolódása körívfogazatu kupkerék fogazásánál



10.100 ábra
Köríves fogazó-marógép funkcióvázlata

Az egyoldalas módszer egyedi gyártásban használható, mert csak egy szerszámgépre és két marófejre van szükség. A nagyoló késesfejet kétszer (a nagy- és a kapcsolódó kiskerekhez), a simító marófejet pedig négyszer kell beállítani (minden egyes fogoldalhoz külön-külön). Tehát ez az eljárás igen időigényes. Az un. kétoldalas módszernél egy nagyoló marófejet használnak, a nagy- és a kiskereket külön-külön kell beállítani, azaz két beállítás szükséges. A nagykerék simításához kétoldalas késfej kell (két sor késsel), amelyek a fogárok mindkét oldalát egyszerre simítják. A kiskereket ugy kell simítani, mint az egyoldalas módszernél, azaz a simításhoz két szerszám és három beállítás szükséges. A módszer kis- és közepes sorozatok gyártásánál alkalmazható. Az un. Job-módszer kissorozatoknál használható. A szerszámgéphez egy sorozat normálszerszám tartozik, amellyel minden gyártási feladat megoldható. A kis- és a nagykereket külön marófejjel nagyolják, a nagykereket kétoldalas, a kiskereket pedig kettő egyoldalas késesfejjel simítják.

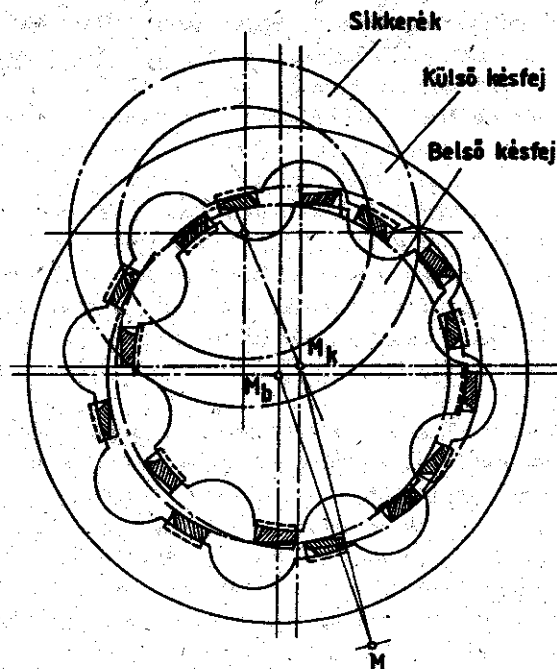
A tömeggyártás céljaira kifejlesztett un. Separat-fogazás külön nagyoló- és simítógépeket, valamint különleges, csak egyetlen feladatra alkalmas szerszámkészletet igényel. A Hypoid-Formate, vagy másképp: H jelzésű fogazógépek munkamódszere, hogy a kupkerékpár tányérkerekének fogait nem fejtik le, hanem különleges késtárcsával körívben üregezik ez az un. single-cycle-eljárás. Az ily módon előállított hypoid-hajtások gyorsan terjednek a zajmentes üzem és a megnövekedett kifáradási élettartamnak köszönhetően.

A Gleason gyáron kívül ilyen típusu gépeket gyártanak a Szovjetunióban, a szaratóvi gépgyárban és az NDK-ban is, a WMW Modul gyárban.

Különösen egyedi és kissorozat-gyártásban okoz problémát, hogy új kupkerékpár előállításánál az első beállítással nem lehet elérni a megkívánt hordképet. Az első kupkereket 3-5 alkalommal is után kell munkálni, amíg a kívánt hordképet elő lehet állítani. Ezért a problémán segít az un. KURVEX-eljárás. Az ilyen elven működő gép nem bonyolultabb, mint a "hagyományos", és megmarad az egyenesvonalu késalak is. A kis- és a nagykupkerék egyetlen késfejkészlettel gyártható. A hordkép előre meghatározható, próbálkozásokra, javításra nincs szükség. A gépen a teljes modul- és fogszámtartomány gyártható, mindössze három késesfej segítségével. Az eljárás állandó fogmagasságot és szélesség-irányu domboruságot biztosít. A foghajlásszög nagysága szabadon választható.

A kurvex késesfejnek két egymásba ágyazott maróorsója van (10,101 ábra), amelyekre külön-külön ékelik a késesfejeket. A két szerszám tengelye a munkadarab geometriai adatainak megfelelően egymáshoz képest eltolható. Ennek következtében az egyik késesfej a konkáv, a másik késesfej pedig a konvex fogoldalt munkálja meg. A külső és belső késesfej

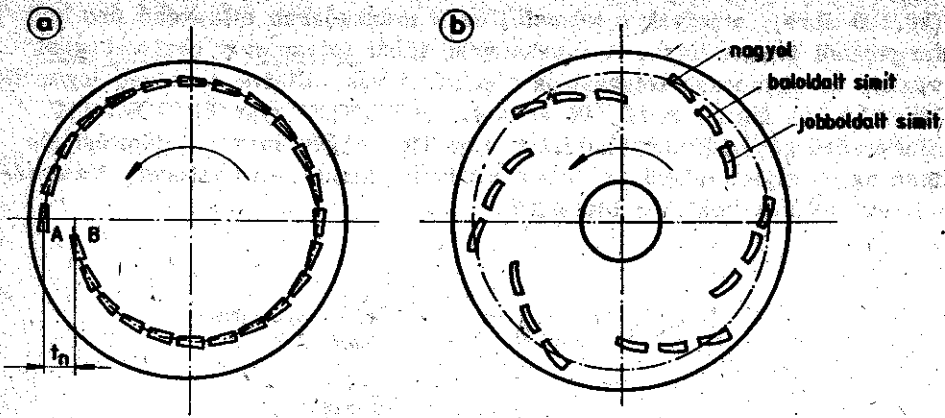
egyres betétkései fésztiszertlen egymásba nyulnak. A kurvex-eljárással dolgozó szerszámgepet az NDK-beli WMW Modul gyár készíti.



10.101 ábra
Kurvex késefej

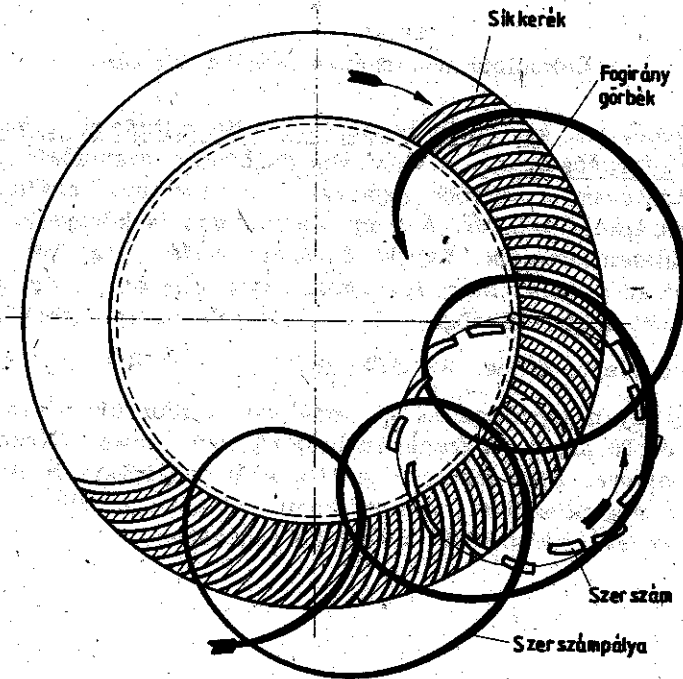
b) Epicyklois ív fogazás

Ezt az eljárást MAMMANO olasz fizikatanár fejlesztette ki 1917-ben szabadalmaztatta a megmunkálás elvét. A szabadalom alapján fejlesztette ki a FIAT cég az ún. Mammano-Fiat rendszerű fogazógépet. A szerszám ennél az eljárásnál (10.102/a ábra) is trapéz keresztmetszetű betétkéseket tartalmazó késefej. Ezek a betétkések egy olyan spirál mentén helyezkednek el, amelynek emelkedése megegyezik a képzületbeli ellenkerék (sikkerék) t_n osztásával. Később az eljárást a zürichi OERLIKON cég továbbfejlesztette a SPIROMATIC elnevezésű fogazógépén. A betétkéseket több spirál mentén csoportokba foglalva helyezték el (10.102/b ábra). Egy csoportban többnyire három kés helyeznek el. Az első kés nagyol, a következő az egyik fogoldalt, a harmadik pedig a másik fogoldalt simítja. Ha egy csoportban kettő kés található, akkor az egyik a belső, a másik a külső fogoldal megmunkálását végzi. A kés csoportok száma: 2-9.



10.102 ábra

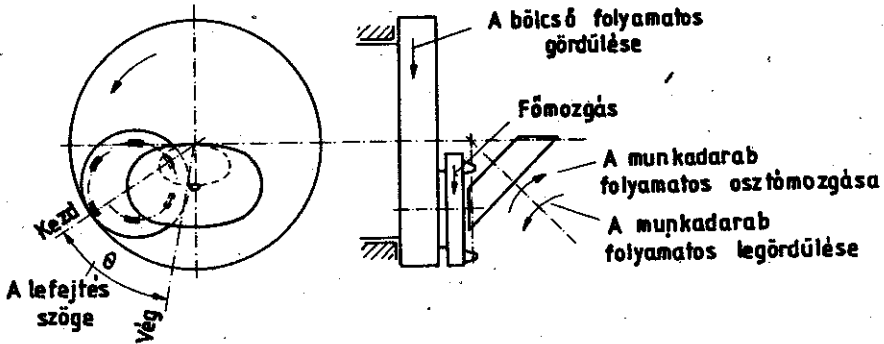
Késesfej epiciklois fogazáshoz: a) egybekezdésű (MAMMANO-FIAT),
 b) több bekezdésű (OERLIKON) késelrendezés



10.103 ábra

Fogiránygörbe és szerzőpálya epiciklois ívű fogazásnál

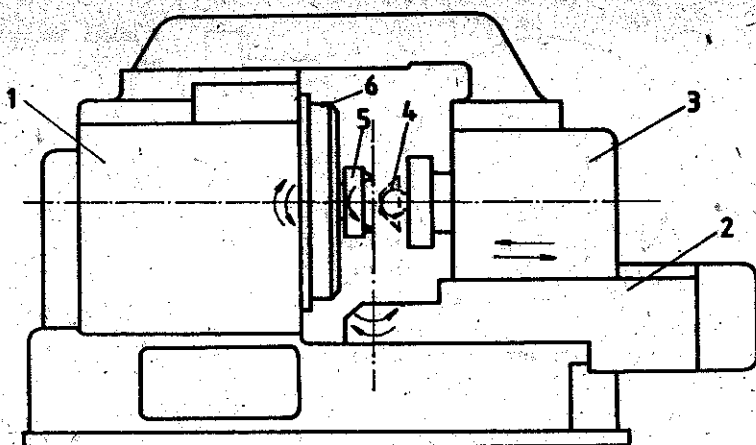
A fogtránygörbék mindkét eljárásnál nyújtott epiciklois darabok (10.103 ábra), amelyek a késesfej és a munkadarab ellenkező értelmű forgásából jönnek létre. A munkadarab tehát folyamatos osztómozgást végez, és ugyancsak folyamatos a munkadarab, illetve a bölcső legördülése (10.104 ábra). A 10.105 ábra az OERLIKON gyár SPIROMATIC elnevezésű gépének körvonalrajzát mutatja. A gép merev felépítésű és igen nagy teljesítményű. A teljes munkafolyamata automatikus, irányítását hidraulikus vezérlés biztosítja.



10.104 ábra

Epiciklois ívű fogazás mozgásvizonyai

Az újabb, un. kombinált beszuró-lefejtő eljárásnál a késfejek belülről kifelé forgácsolnak. A legkisebb sugáron a nagyolókést helyezik el, a simítókéseket a nagyobb sugárral bíró helyeken, ezáltal a késesfej fordulatszáma növelhető. A sorja eltávolítása is könnyebb, hiszen a külső felületen képződik. Egy kerékpárhoz kétféle, egy jobbos és egy balos késfej szükséges, mert foghajtásirányuk ellenkező. Az un. Oerlikon-eloid fogazat alapprofilszöge: $\alpha_0 = 17,5^\circ$, de egyre jobban terjed az $\alpha_0 = 20^\circ$ -os alapprofil is. Az OERLIKON gyár SPIROFLEX néven kifejlesztett egy olyan gépváltozatot is, amelynek a főorsója minden irányban dönthető (10.106 ábra). A forgácsolóteljesítmény lényeges fokozásán kívül az eljárás előnye, hogy lehetővé teszi a szélességirányú fogdomborítás (dongásítás) megvalósítását. A szerszámok élezéséhez a gyár különleges (SKN jelű) szerszámköszörülő készüléke szükséges.

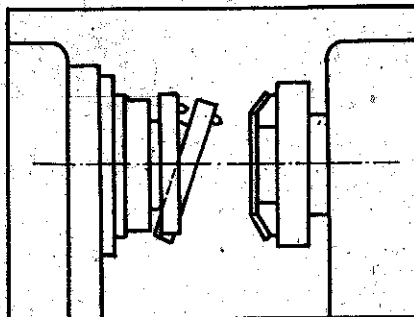


10.105 ábra

Epiciklois ivű kupkerék fogazó marógép (OERLIKON) körvonalrajza és szerkezeti egységei: 1. állvány, 2. ágy, 3. tárgyor-sóház, 4. munkadarab, 5. szerszám, 6. bőlcső

c) Evolvensívű fogazás

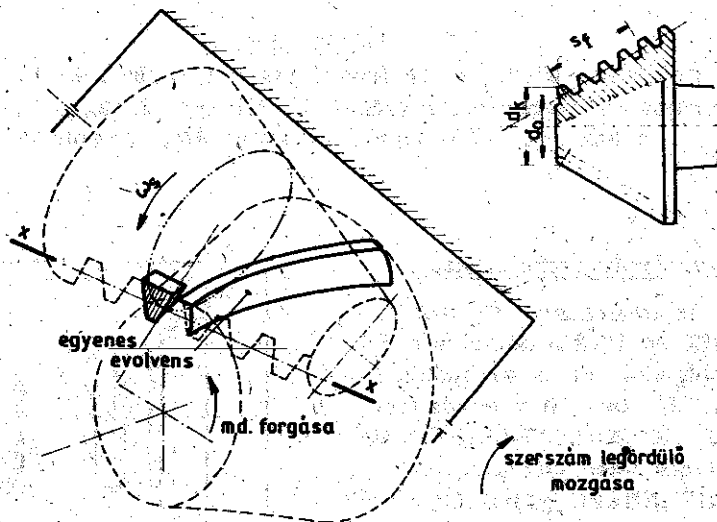
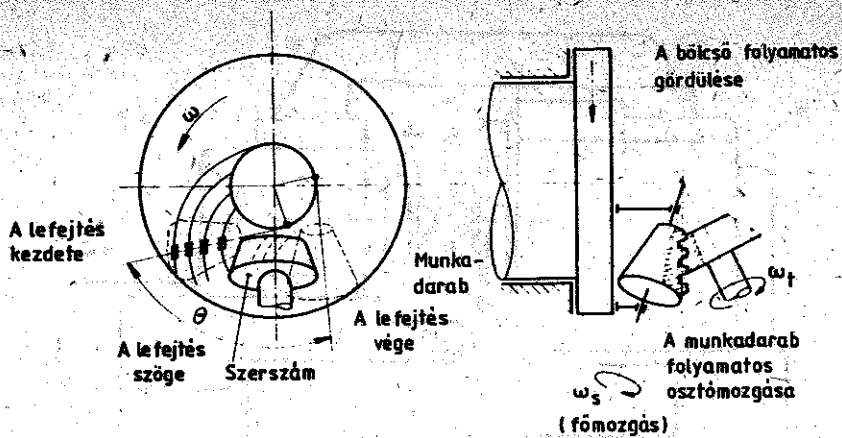
Az evolvensívű fogazatot SHICHT és PREIS német mérnökök dolgozták ki és szabadalmaztatták 1921-ben. A szabadalmat a W.F. KLINGELNBERG SÖHNE német cég vásárolta meg. A KLINGELNBERG gyártmányú ivelt fogazatot készítő fogazógép kupos marószerszámmal, lefejtő eljárással és folyamatos osztással dolgozik (10.107 ábra). A szerszám normál metszete elvileg fogasléc profilu. A forgácsolást végző



10.106 ábra

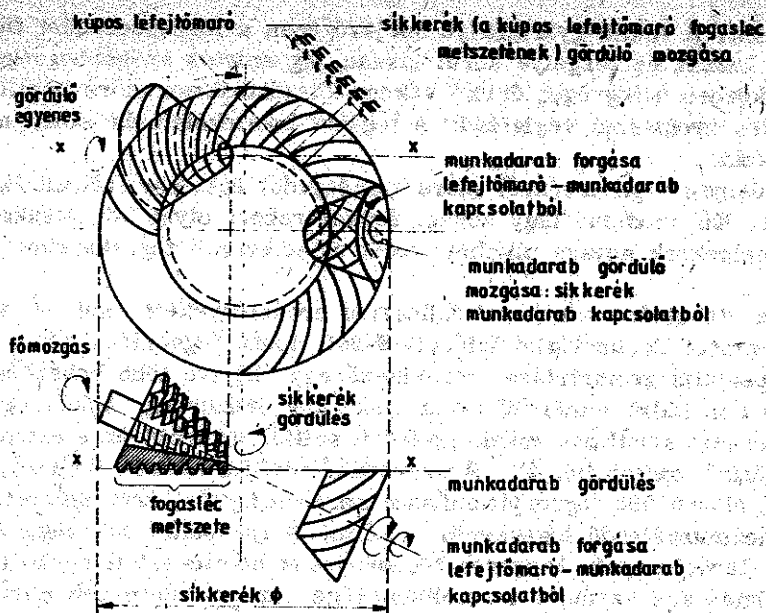
OERLIKON-SPIROFLEX kupkerék fogazó marógép főorsója

"fogasléc" egy csonkakup palástján helyezkedik el adott emelkedéssel. A megmunkáláskor létrejövő legördülést úgy kell elképzelni, mintha a készfendő kupkerék fogai egy olyan sikkerékkel kapcsolódnának, amelynek fogoladalaít a szerszám fogainak egyenes forgácsolóélei képeznek. A szerszám ω_g és a munkadarab ω_t forgómozgása - a lefejtés követelményeinek megfelelően - összehangolt. Az evolvens fogirány a szerszám fogasléc metszet $x-x$ középvonalának adott körön történő legördítésével származtatható (10.107/b, 10.108 és 10.95 ábrák).



10.107 ábra
Evolvensívű fogazás: a) elrendezés, b) evolvens fogoldal származtatása

A kuposság következtében a menetemelkedési szög a szerszámon változik, emiatt a kúpos lefejtőmaró által előállított evolvensprofil pontatlan, ezért az így származtatott görbét pallóidnak, a fogazatot pedig Klingelnberg - pallóid fogazatnak nevezik.



10.108 ábra
Evolvensivü fogazás mozgásviszonyai

10.4 Fogazást követő műveletek

A fogazott alkatrészeket a fogazás után felhasználási területüknek és anyaguknak megfelelően még különböző műveleteknek vetik alá. A hőkezelés előtti műveletek a sorjázás, fogsarkítás, foggömbölyítés és a hántolás. A hőkezelés utáni műveletek a köszörülés, bejáratás és tükrösítés. A finommegmunkálásokat (hántolás, köszörülés, bejáratás és tükrösítés) külön fejezetben (10.5 fejezet) tárgyaljuk.

10.41 Fogsorjázás

Sorja mindig keletkezik a fogároknak azon az oldalán, ahol a szerzősík kifut. Legtöbb helyen reszelővel kézi munkával sorjázunk, ami nem egyenletes és gyakran sorjázatlan marad egy-egy fog. A Shmaltz-féle sorjázógépen a sorját két forgó profilkés a fenékszalagtól kifelé, a fogfej felé húzódva veszi le, s így másodlagos sorja nem képződik. A gépen hengeres és kupkerekét egyaránt sorjázhatunk. Teljesítménye 60-100 fog

percenként. A Redin-gyártmányu sorjázógépen a fogaskerekeket függőleges tiskére huzzák és tengelye körül lassan, egyenletes szögsebességgel forgatják, miközben a fogvéget érintő vékony köszörítárcsa előre beállított egyenletes nyomással végigfésüli a fogazat homlokéleit és eközben lesorjázza azokat.

Műanyag fogaskerékről (hőre keményedő) égetéssel távolítják el a sorját. Kis modulu, lágy anyagu fogaskerekekt olyan körkefékkel sorjázanak, amelyeknek anyaga alkalmazkodik a leélezendő fogaskerekek anyagához.

Az utóbbi években hazai fejlesztés eredményeként született meg a GTI (Gépipari Technológiai Intézet) S-001 típusu fogsorjázó gépe. A szerszám speciális geometriával rendelkező egy, illetve több bekezdésű, 220-240 mm külső átmérőjű csiga alakú köszörűkorong, amely egy fém agyból és ezt körülvevő műanyagkötésű szilíciumkarbid és elektrokorund szemcsészetű koszoruból áll. A szerszám profilja mentén önélező, élettartama (60-80 000 fogsorjátlanítása) során felujtást nem igényel. Típusát a megmunkálendő fogaskerék homlokmodulja határozza meg. Az egyenes- és ferdefogazatu hengeres fogaskerekek homlokoldali sorjátlanítására alkalmas szerszám gép termelékenységé, az egyenletesebb minőség mellett, az eddig ismert módszerek termelékenységének többszöröse.

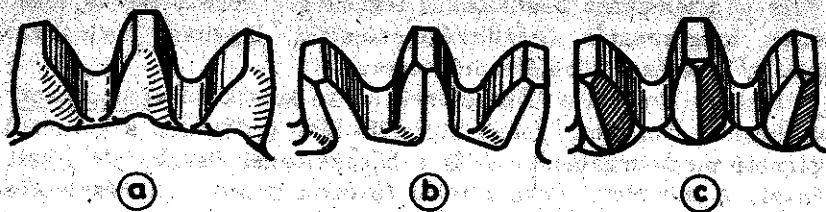
Sorjamennyiségtől és a fogaskerék méretétől függően a sorjátlanítási idő - az élettörést is beleértve - 3 - 60. sec.

10.42 Fogsarkítás, foggömbölyítés

Erre a műveletre akkor van szükség, ha a fogaskerekeket a tengelyen eltolva kell kapcsolatba hozni az ellenkerékével (pl. sebességváltónál). Amennyiben a kapcsolat csak egy forgásirányban fordul elő, akkor a fogvégek sarkítása egyoldalas (10.109/b ábra), különben vagy foggömbölyítést (10.109/a ábra), vagy kétoldalas fogsarkítást kell alkalmazni (10.109/c ábra). Ilyenkor csak azokat a fogvégeket sarkítják le, vagy gömbölyítik, amelyek a kapcsolat irányába esnek.

A foggömbölyítést végző szerszámgépek valójában különleges célgépek, amelyeken egyenes vagy ferde fogu, külső vagy belső fogazatu hengeres kerekek fogainak kapcsolódó végeit gömbölyítik. A feladatot kupos vagy alakos ujjmaróval, harangmaróval, ütőkéssel vagy pedig alakos köszörűkoronggal lehet elvégezni. A legtöbb ilyen gép szakaszosan, fogankénti osztással dolgozik, de vannak olyan gépek is, amelyeken a munkadarab és a szerszám is folyamatos forgó mozgást végez.

A szakaszos foggömbölyítő gép kupos maróval dolgozik (10.110/a ábra). A gép orsója köríves lengő mozgást végez, miközben a fogvéget legömbölyíti. A munkadarabot egy fogvéggömbölyítése után bütykös tárcsa váltja tovább a következő fogra, így a foggömbölyítés művelete bizo-



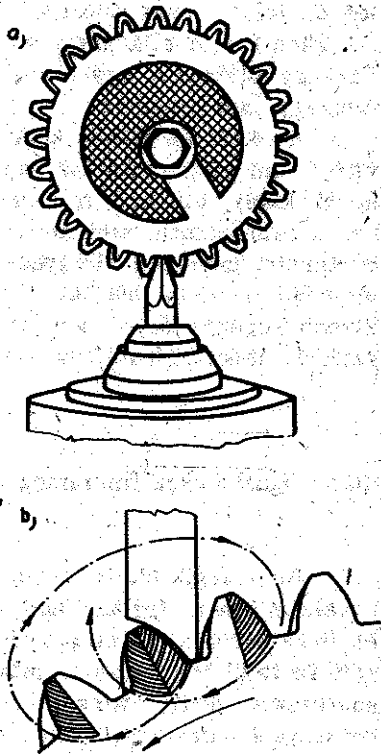
10.109 ábra

Homlok fogaskerek foghomlokainak kialakítása: a) foggömblyítés, b) egyoldalas fogsarkítás, c) kétoldalas fogsarkítás

nyos mértékig automatizált. A folyamatos fogsarkító gépen gyorsan forgó profilkés dolgozik, amely az egyenes sebességgel forgó kerék fogaihoz viszonyítva epicycloispályát ír le (10.110/b ábra). Ez a gép igen termelékeny.

10.43 Fogaskerek hőkezelése

A szerkezeti követelményektől és az igénybevételi viszonyoktól függően a fogaskerék anyagai is változatosak. Kisterhelésű kerek készülnhetnek öntöttvasból vagy öntött acélból. A legtöbb fogaskeréket ötvözetlen szénacélból gyártják hengerelt vagy kovácsolt előgyártmányból. A nagy kopásnak kitett kerekeket a betétedzhető C10 vagy C15 minőségű acélból, a nagy szilárdsági igénybevételnek kitett kerekeket pedig C45, C60 minőségű acélból készítjük. Különlegesen igénybe vett kerek ötvözött acélból készülnhetnek, elsősorban króm-, krómnikkel- vagy króm-molibdén ötvöztetésű anyagok betétedzhető vagy nemesíthető fajtáiból



10.110 ábra

Foggömblyító gép kupos maróval (a), illetve a folyamatos fogsarkítás művelete (b)

Más gépelemekhez hasonlóan a fogaskerék hőkezelése is lehet edzés, nemesítés, megérsztés, feszültségmentesítés, lágyítás, normalizálás és a felületi hőkezelések többféle módzata.

A fogaskerekeknel a hőkezelések során keletkező elhuzódások sok gondot okoznak. Az elhuzódások kiküszöbölése érdekében a kovácsolásnak, a forgácsoló megmunkálásoknak és a hőkezelésnek összhangban kell lennie egymással. A művelettervekben tehát fokozott gonddal és részletesen kell előírni a hőkezelő műveleteket, beleértve a kovácsolás és a nagyoló forgácsolás után alkalmazandó feszültségmentesítő hőkezeléseket is. Ugyancsak nem szabad megfeledkezni a hőkezelést kiegészítő műveletek előírásáról, a revétlenítésről és ivelt fogazatu kerekeknel az egyengetésről sem.

A szokásos hőkezelésekkel kapcsolatos tudnivalókat ismertnek tétel-
lezzük fel. A nagy kopásnak kitett köszörült kerekeknel szokásos felületi réteggeményítő eljárások: a cementálás, az indukciós edzés és a nitrálás. Ezek az eljárások ugyancsak szerepelnek az Anyagismeret és technológia tantárgy tananyagában.

Azoknál az edzett kerekeknel, amelyeknel edzést követően profilt javító finom megmunkálást nem tudnak alkalmazni (így például az ivelt fogu kerekeknel), elő kell írni az edzőprés alkalmazását. Az edzőprés lényegében a munkadarab alakjának megfelelően gyártott készülék, amelyben a hőntartást követően elhelyezzük az edzendő kereket, és a készülék zárása után olajfárammal hűjük. A présnyomás megakadályozza a vetemedést; kisebb kerekeknel ez nem is jelentős. Nagyobbaknál azonban még így is szükség lehet hidraulikus egyengetősajtóra.

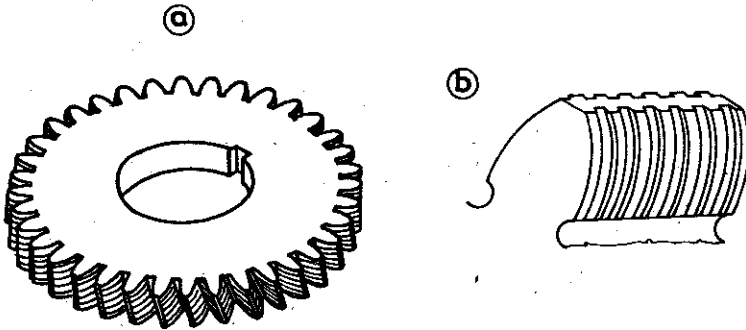
10.5 Fogaskerekek finommegmunkálása

Ha a fogfelülettel szemben fokozottak a pontossági és felületsímasági követelmények, foghántolást, köszörülést, összecsiszolást, összegördítést és összejáratást alkalmaznak. A fogköszörülés és összecsiszolás az edzett fogfelületek befejező műveletei, a foghántolást, összegördítést és összejáratást pedig nyersen hagyott fogaskerekek vagy HRC 32...53-nél nem keményebb edzett fogaskerekek megmunkálására alkalmazzák.

10.51 Fogaskerekek hántolása

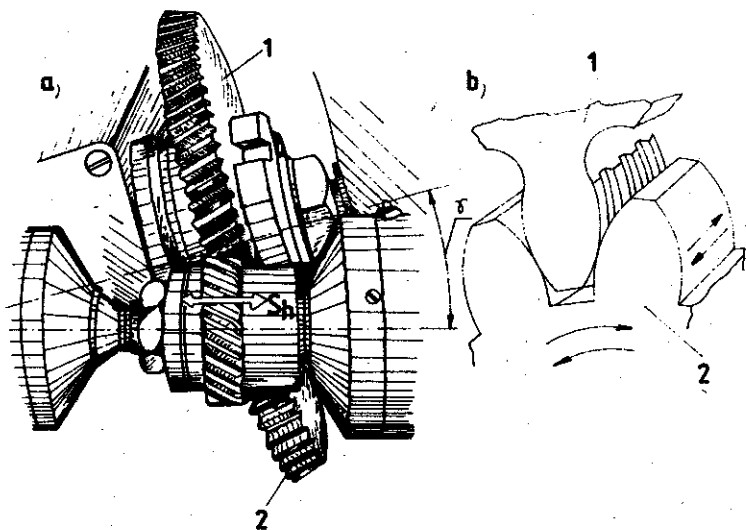
A foghántolás a foggyalulás, fogvésés ill. fogmarás után következő simító megmunkálás. Az első hántolóléccel dolgozó gépet 1932-ben hozta ki a Michigan Tool Co cég. Ugyanebben az évben került piacra a hántolókerékkel dolgozó gép, amelyet a National Broach and Machine Co cég készített.

Foghántolásnál az előzőleg megmunkált fogaskerék a hántólószerszámmal hézagmentesen összenyomva legördül, miközben a szerszám fogain kiképzett apró élek (10.111 ábra) hántolásszerűen leforgácsolják a kerék fogfelületein levő érdességeket. Ez a kaparóhatás azáltal jön létre, hogy a munkadarabot $10...15^\circ$ tengelyszögben párosítják a szerszámmal (10.112 ábra). A leválasztott forgács vastagsága 1–5 μm nagyságrendű. A hántolandó fogaskerék és a hántoló szerszám egymással kapcsolódva viszonylag lassan forognak és a munkadarab axiális, a fogszélességnél kisebb löketű alternáló mozgást végez (10.112 ábra). A ráhagyás szokásos értékei fogoldalanként: 0,06...0,2 mm. Az alkalmazott forgácsolási sebesség foghántoláskor $v = 100...150$ m/min nagyságrendű.



10.111 ábra
Foghántoló szerszám

Némelykor a fogaskerekek fogait a hőkezelés előtt hántolják meg, hogy csökkenjen a deformáció. Nagyobb ráhagyások leválasztásakor a fog felületén felkeményedett réteg keletkezik, amelynek a hatására a hőkezelés után nő a vetemedés és a kerék elveszti korábbi pontosságát. A fogak hántolása három és félszeresen csökkenti a felkeményedett réteget és a kerék elvetemedését, ha olyan kerékkel hasonlítjuk össze, amelynek fogait egyetlen fogással marták ki. Ezért a hőkezelés után az ilyen kerekek esetében elhagyható a fogak megköszörülése és helyette dörzsköszörülés (hónolás) (hónolás) vagy összecsiszolás alkalmazható.



10.112 ábra

A foghántolás elrendezése és mozgásviszonyai

Hántolni lehet a belső fogazatokat is külön erre a célra gyártott hántológépeken.

A hántolás minimálisan egy pontossági fokozattal javítja a minőséget. A hántolás nem pótolja ugyan a fogköszörülést, de nemesített, jó minőségű hengeres fogaskerekek nagysorozatban történő gyártására kiválóan alkalmas eljárás. Elsősorban a gépjárműiparban használják.

10.52 Fogaskerekek köszörülése

A nagy terhelésű és gyorsan forgó fogaskerékpárok fogfelületét edzik. A hőkezelés folyamán azonban a kerekek többé-kevésbé deformálódnak, ezért fogfelületüket köszörülni kell. Ezzel az eljárással lehet a legpontosabb fogaskereket készíteni. Köszörüléssel a 6-7. pontossági osztályoknak megfelelő fogaskerekek állíthatók elő, azonban néhány fogköszörűgép típus lehetővé teszi, hogy 5., sőt 4. pontossági osztályok előírásait is kielégítő fogaskerekeket gyárthassunk. A fogköszörüléssel a fogprofilon jelentkező és a hőkezelés következtében beállott összes hibát ki lehet küszöbölni, és javítani lehet a fogazatok kapcsolódási viszonyait (pl. zaj, rezgés, melegedés stb.).

A fogprofil köszörülése a gépgyártás egyik legköltségesebb művelete, ezért csak akkor írjuk elő, ha az alkalmazás ezt megköveteli. Foganként átlagban 2-4 perc a köszörülési idő, ha a megkövetelt osztáspontosság 0,005 mm. A fogköszörűgépek elvileg a fogazógépekkel azonos szerkezetűek