

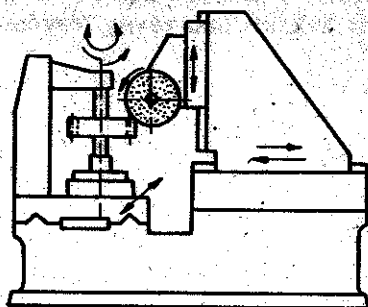
köszörülése után a köszörűszán hátrafut, a munkadarab gyorsított egyenesvonalu alaphelyzetbe tér vissza és közben a munkadarab a lefejtés irányával azonos értelmű osztómozgást végez.

A gépen 60...500 mm legnagyobb átmérőjű, 2...10 mm modulusu egyenes és ferde fogazatu hengeres kerek köszörülhetők. Technológiai jellemzők: a köszörűszán löketinek száma 36...300 löket/min, a lefejtőmozgás (asztal) sebessége 56...866 mm/min.

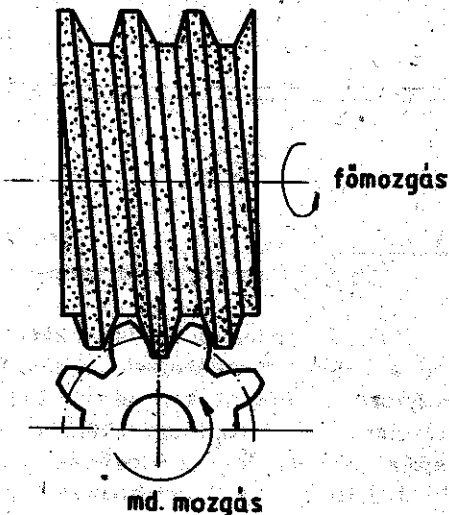
c) Fogköszörülés Reishauer-eljárással

Míg a Maag és a Niles rendszernél osztó-eljárással történik a fogfelületek köszörülése, a Reishauer-eljárás folyamatos, így természetesen termelékenysége messze felülmúlja az előző két eljárását. A szerszám olyan alakos köszörűszerszám, amelynek normálmetszete elvileg fogasléc profilu. A szerszámfelület alakját meghatározó fogasléc adott β emelkedéssel van egy henger palástjára felvive (10.120 ábra). A korong igen gondos leszabályozást igényel, amelyhez különleges leszabályozó készülék szükséges. Mozgások tekintetében a REISHAUER-eljárás a PFAUTER-eljáráshoz hasonló, hiszen a szerszám és a munkadarab kapcsolata ezuttal is csiga-csigakerék kapcsolatra vezethető vissza.

Egy csigaköves fogköszörűgép (szovjet gyártmányu) körvonalrajzát és funkcióvázlatát mutatjuk be a 10.121 ábrán. A köszörűcsigát a profil menetemelkedésének megfelelően ferdére kell állítani. A köszörűcsiga hajtási lánc: M-1 cserekerék - a köszörűcsiga sebességének beállítá-

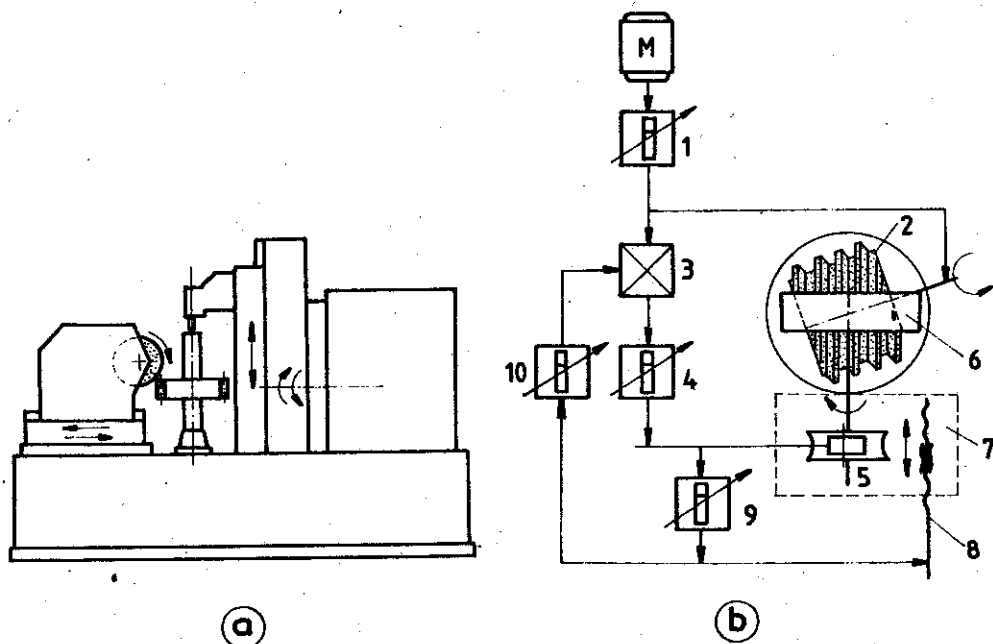


10.119 ábra
Kupos koronggal dolgozó lefejtő fogköszörűgép (NILES-rendszerű) körvonalrajza



10.120 ábra
Fogköszörülés REISHAUER-eljárással; elrendezés mozgáviszonyok

sára - 2 köszörűcsiga. A 6 munkadarab a köszörűcsiga tengelyéről leveztett hajtási lánc révén forgómozgást végez.



10.121 ábra

Csigaköves fogköszörűgép, a) körvonalrajz, b) funkcióvázlat

A köszörűcsiga fordulatszáma és a munkadarab fordulatszáma között a csiga bekezdéseinek száma és a munkadarab fogszáma által meghatározott arálynak kell lenni. Ezt az arányt a 2 köszörűcsiga - a 3 bolygó - a 4 osztócserekekerek - az 5 csigahajtás - a 6 munkadarab hajtási láncban levő módosításokkal, közelebbről a 4 osztócserekekerekkel állítjuk be. A 7 befogószán végzi a munkadarab fordulatonként meghatározott mértékű (0,3...2 mm) előtolását. Ez a mozgás az osztóláncriól van leveztetve. A hajtási lánc: 5 csigatengely - 9 előtolócserekekerek - 8 előtoló orsó. Egyenes fog köszörülésekor a munkadarab befogószánja függőlegesen mozog. Ferdefogazás köszörülésekor a szánt ferdére kell állítani és az előtolás mértékétől függő járulékos forgómozgással is hajtani. Ezt a járulékos mozgást az előtoló láncról kell leveztetni, mértékét a 10 váltókerekkel lehet beállítani.

A járulékos mozgás váltókerekeinek módosítását ugyanugy kell meghatározni, mint a lefejtő csigamaróval végzett ferdefogazás esetén. A hajtási láncban a járulékos mozgást a 3 differenciálmű adja hozzá a munkadarab alapmozgásához.

A teljes kerékszélesség átköszörülése után a munkadarab (előtolószán) önműködően alaphelyzetbe tér vissza, a köszörűszán fogást vesz (0,008...0,08 mm) és új munkaciklus kezdődik. A köszörülés befejeztével a gép leáll. A köszörűcsiga szabályozását kis korongfordulatszám mellett alakos görgő és idomléccel vezetett gyémánt végzi. A gép igen termelékeny, 0,5-4 mm modulusu, 240 mm legnagyobb átmérőjű és 170 mm szélességű kerek köszörülhetők ily módon. 0,8 mm modulus alatt a fogakat telibe lehet köszörülni. Az eljárással 5-6. pontossági osztályoknak megfelelő pontosságú fogazatok készíthetők.

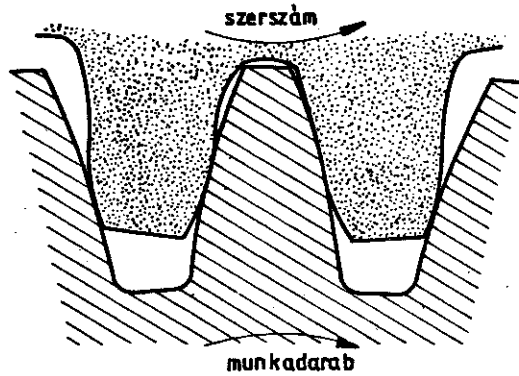
A magyar szerszámgépipar is gyárt csigaköves fogköszörűgépet, a Csepeli Szerszámgépgyár FK-500-5 és FK-500-6 típusjelű fogköszörűgépei magas műszaki színvonalat képviselnek. A nagyobb szerszámgépen (FK-500-6) $D = 50-500$ mm átmérőhatárok között $m = 1-7$ mm-es modulu kerek köszörülhetők $\beta = \pm 30^\circ$ fogferdeséggel. Fogszámhatárok: $z_{\min} = 15$, $z_{\max} = 200$. A szerszámgép félautomatikus működésű.

10.53 Fogaskerek dörzsköszörülése

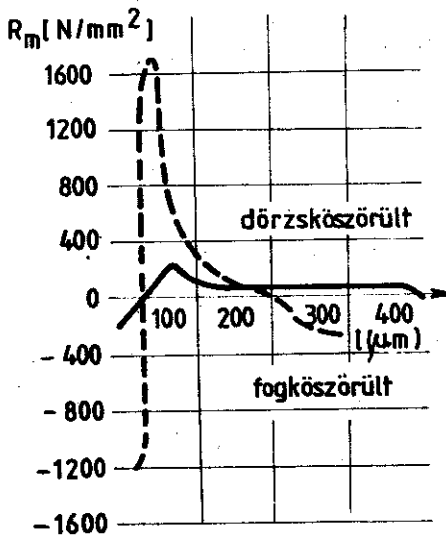
A dörzsköszörülés sok tekintetben hasonlít a foghántolásra. Ha a hántolókerék helyett egy köszörűszemcsékből álló fogaskereket (10.122 ábra) használunk, ez az érintkező fogfelületen dörzsköszörülést (hónolást) végez. A lényeges különbség a két eljárás között az, hogy amíg a hónolást edzetlen fogaskerek finomfelületi megmunkálásaként, addig a dörzsköszörülést edzett fogaskerek. - igen termelékeny - finomfelületi megmunkálásaként alkalmazzák. A fogoldalankénti ráhagyás dörzsköszörülésre: 0,005...0,02 mm fogoldalanként. A megmunkálás ideje alatt bőségesen kell adagolni a hűtőfolyadékot.

A fogaskerék dörzsköszörülés a max 6 mm modulu, max 300 mm külső átmérőjű, 56-64 HRc felületi keménységű egyenes- és ferde fogazatu hengeres fogaskerek korszerű finommegmunkáló eljárása.

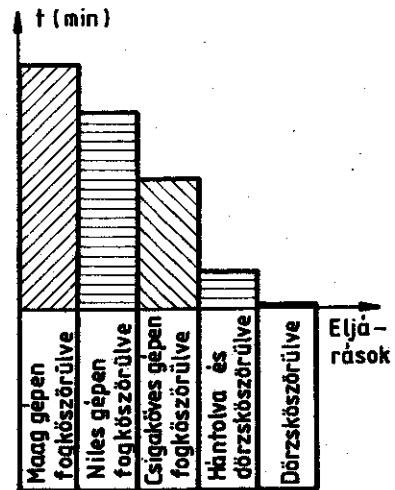
A dörzsköszörült fogaskerek magas élettartamuk és alacsony zajszintjük. Ezt a speciálisan módosított fogprofil és a fogfelületen jellegzetesen elhelyezkedő megmunkálási karcok által létrehozott folytonos olajfilm, valamint a kiváló felületi struktúra eredményezi. A felületi rétegben visszamaradó feszültségek lényegesen kisebbek, mint fogköszörülésnél (10.123 ábra). Az eljárással elérhető minőségjavulás az előgyártmánytól függően 1-2 pontossági osztály. Az elérhető legjobb minőség 7 pontossági osztály az MSZ 05-07.5301 szerint. A megmunkálási idő a megmunkált fogaskerék méretétől és a leválasztott anyagmennyiségtől függően (amely 0,01-0,06 mm többlefméretben mérve) 0,2-6 perc. A megmunkálási idő lényegesen kevesebb, mint fogköszörülésnél. Az arányokat jól szemlélteti a 10.124 ábra, amely a megmunkálási időket hasonlítja össze különböző finomfelületi megmunkálások esetén (pl. 1000 db azonos típusu fogaskerékre vonatkoztatva).



10.122 ábra
Fogaskerekék dörzsköszörülése



10.123 ábra
A felületi rétegben visszamaradó feszültségek dörzsköszörült, ill. fogköszörült fogaskerekéknél



Megmunkálási idők összehasonlítása (1000 db azonos típusú fogaskerekre vonatkoztatva)

10.124 ábra
Megmunkálási idők összehasonlítása fogköszörülés és dörzsköszörülés esetén

Az eljárás tehát helyettesítheti a fogköszörülést minden olyan esetben, amikor elsődleges cél a megfelelő felületminőség biztosítása a pontossági paraméterek nem túl szigorú előírásai mellett.

A szerszám fogprofilja a szerszámélettartam folyamán (amely a megmunkálendő fogaskerék méreteitől és a leválasztandó anyagmennyiségtől függően 1000-1500 perc) regenerálódik, szabályozást nem igényel, mindössze a külső átmérőt kell leszabályozni minden 50-60 db fogaskerék megmunkálása után.

A Gépipari Technológiai Intézet gyártja a D-771 típusjelű félautómata fogaskerék dörzsköszörülőgépet ($m = 2-6$ mm modulu fogaskerekék finommegmunkálására), amely szerszám gép magyar szabadalom alapján készült.

Továbbfejlesztett változata a D-200 típusu berendezés, mely a kis modul tartományok ($m = 0,75-2$ mm) megmunkálására készült.

Legújabban kifejlesztésre került a szuperkemény anyagu dörzsköszörülő szerszám a D-200 típusu gépre, amelynek élettartama és tartós pontossága többszöröse a műanyag kötésű szerszámoknak.

10.54 Fogaskerek bejáratása és tükrösítése

A fogaskerek bejáratását a fogfelületek érdességének csökkentésére és kisebb profilhibák javítására alkalmazzuk. A fogaskerek járása ezután zajtalanabb, nyugodtabb lesz. Mind nyers, mind edzett fogaskeréknél alkalmazható eljárás.

Bejáratáskor a fogaskereket az ellenkerékével bejárató gépen üzemi tengelyhelyzetben váltakozó forgásiránnyal járatjuk. Közben a gép a két kerék helyzetét - egymáshoz képest periodikusan - kismértékben változtatja. A bejáratási terhelés lényegesen kisebb a kerek üzemi terhelésénél. Az alkalmazott kenőanyagba igen finom szemcsézetű csiszolóport keverünk, ez végzi a kapcsolódó fogprofilok finomfelületi megmunkálását.

Tükrösítéskor a kereket nem az ellendarabjával, hanem rendszerint három nagy pontosságú öntöttvas mesterkerékkel járatjuk együtt (10.125 ábra). Változó forgásirányt alkalmazunk. Megmunkáláskor a csiszolóport furóolajban vagy petróleumban szuszpendálva viszik a felületre. 4 perces tükrösítés után a köszörült felület minősége $R_a = 0,4 \mu\text{m}$ -re, a fogazás pedig két pontossági osztállyal javul.

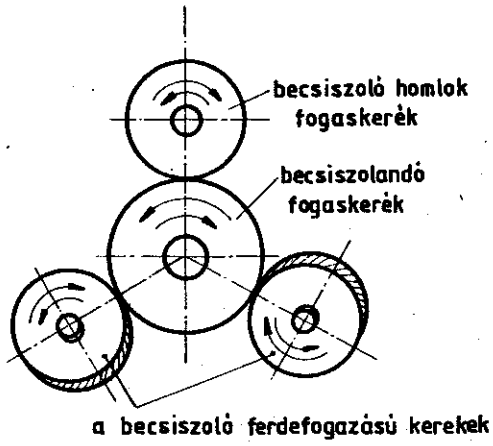
A bejáratáshoz, illetve a tükrösítéshez edzetlen kerek esetén fogoldalanként kb. 0,03 mm ráhagyással számolnak, hőkezelt kerekéknél külön ráhagyást nem számolnak, hiszen hőkezeléskor a fogvastagság megnövekszik mintegy 0,03...0,04 mm-rel.

Mintegy összefoglalásképpen tekintsük át, hogy az egyes fogazási eljárások milyen pontossági osztályu kerek előállítására alkalmasak.

járatják
alkalmazva

MAROST . . .

A 10.126 ábra tartalmazza az MSZ 05-07.5301 szabvány szerinti 12 pontossági osztályt, továbbá a leggyakrabban alkalmazott fogazási eljárásokkal biztosítható pontosságot, illetve felületi érdességet.



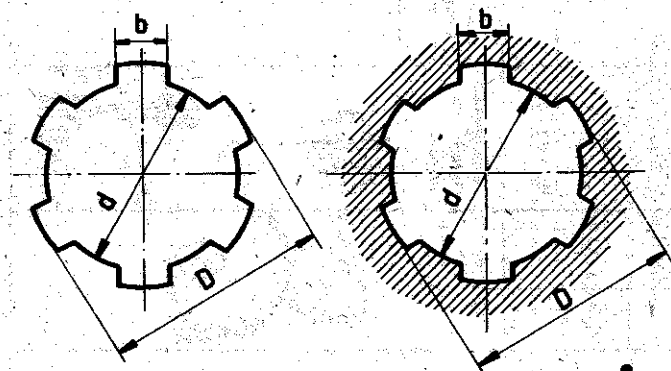
10.125 ábra
Fogaskerekek tükrösítése

11. Bordázatok, csigakerekek, csigák megmunkálása

11.1 Bordás tengelyek és hornyos agyak megmunkálása

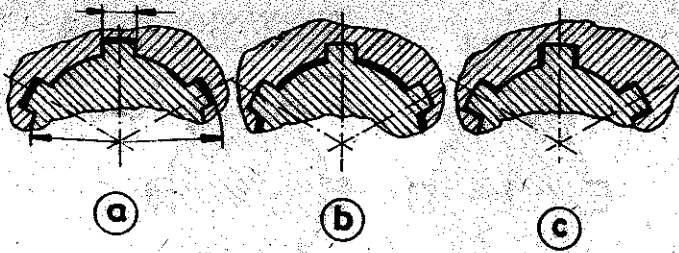
Technológiai szempontból igen lényeges, hogy a tengelyborda és a furathorony 11.1 ábrán D , d és b méretekkel jellemzett felületei közül melyik felület vezet (központosít). Ennek alapján megkülönböztetnek:

- külső vezetésű (D) kötéseket (11.2/a ábra),
- belső vezetésű (d) kötéseket (11.2/b ábra),
- bordavezetésű (b) kötéseket (11.2/c ábra).



11.1 ábra
Bordás kötések alakja

Bordás tengelyek és hornyos hüvelyek megmunkálásakor a gyártási eljárás közelítően azonos, bármely központosító felület szerinti kötést kell is legyártani. Részletesen a belső vezetésű megoldást tárgyaljuk, a többieknél csak az eltérésekre mutatunk rá.



11.2 ábra

A bordás tengely és a hornyos furat központoztása;

a) külső átmérőn, b) belső átmérőn, c) a borda oldalán

11.11 Belső átmérőn központozított bordás tengelyek és hornyos furatok megmunkálása

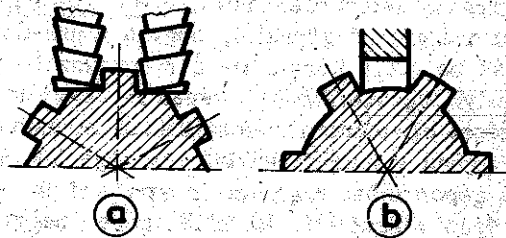
A bordás tengely megmunkálása

A bordák megmunkálását megelőző műveleteket ebben a fejezetben nem tárgyaljuk. A bordamarásnál bázisként központfuratot alkalmaznak. A bordázatok megmunkálása marással történik.

Horonymarás tárcsamaróval (11.3 és 11.4 ábrák)

A megmunkálást vízszintes marógépen végzik.

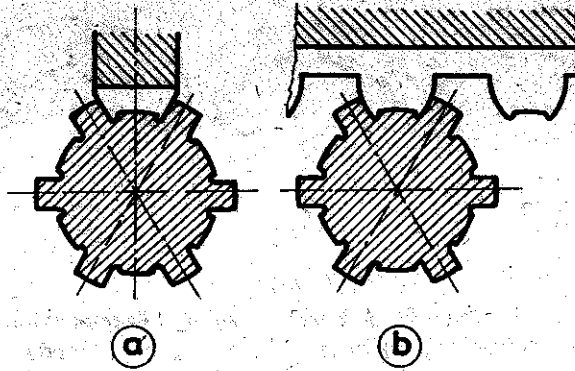
A tengelyt osztófejbe fogják be. Az alkalmazható szerszámok szerint többféle megoldás lehetséges. A 11.3 ábra vázlatain látható megoldásnál a bordák oldalfelületeit két tárcsamaróval, a belső átmérőt pedig tárcsás alakmaróval készítik. Megjegyezzük, hogy a belső felületet a köszörűkorong kifutása céljából a sarkokban horonnyal kell ellátni. Itt ugyanis a belső felület a vezetőfelület, s ezt köszörűlni kell. A másik módszer a 11.4/a ábrán látható. Ebben az esetben az előbbi két műveletet egy műveletben egyesítik, és alakos maróval munkálják meg az egész hornyot. Az ilyen alakmaró gyártása és utánkösörűlése költséges. A maró a köszörülési kifutást megmunkáló "szakállá" gyorsan kopik, emiatt csak kisebb forgácsolási sebesség írható elő. Ujabbban keményfém betétekkel igyekeznek ezen segíteni.



11.3 ábra

Borda marása csoportos tárcsamaróval

a) első művelet, b) második művelet

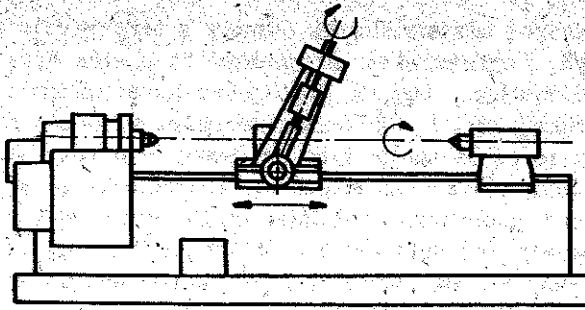


11.4 ábra
Borda marása; a) alakos maróval, b) lefejtő maróval

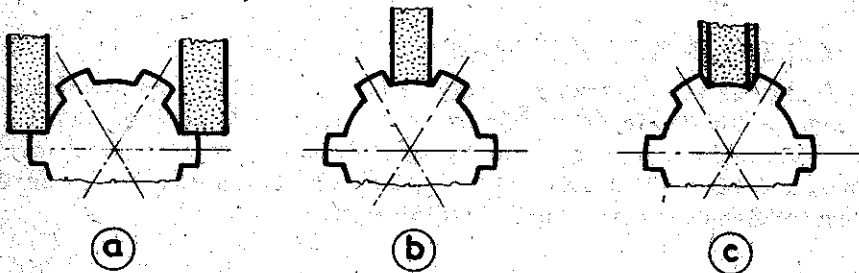
A sorozat- és a tömeggyártásban elterjedten alkalmazott bordás-tengelymegmunkálási mód a lefejtőmarás (11.4/b ábra). Ez a megmunkálási mód lényegét tekintve semmilyen sem különbözik a homlokfogaskerekek lefejtőmarásától. A bordástengely-maró gép csak annyiban tér el a fogmaró gépektől, hogy a munkadarabokat vízszintes helyzetben fogják be (11.5 ábra). Ha a munkadarabméretek engedik, akkor bordástengelyt fogaskerékmáró gépen is készíthetünk. Rövid tengelyeknél ezt a gépet elterjedten használják. A megkövetelt pontosságtól és méretektől függően a megmunkálást egy vagy két műveletben végzik el. Ugyanazon a gépen lehet nagyolni és simítani is, de célszerűbb ezeket külön-külön gépen végeztetni. Ha külön gépen nagyolunk, akkor kétbekezdésű marót alkalmazhatunk, ezáltal a termelékenységet másfél-kétszeresére növelhetjük. Szokásos az a módszer is, hogy tárcsamaróval és osztással nagyolnak, és lefejtőeljárással simítanak.

A bordás tengelyeket rendszerint nemesítik, vagy betétben edzik. Hőkezelés után a vezetőfelületeket csak köszörüléssel lehet megfelelő pontosságúra megmunkálni. A köszörülés kétféle lehet. A 11.6 ábrán látható eljárás szerint előbb a bordák oldalait köszörülik meg két hengeres koronggal (11.6/a ábra), majd a belső vezetőfelületet alakos koronggal (11.6/b ábra). Vannak különleges köszörűgépek, amelyekben a két művelet összevonhatjuk egy műveletbe és így egyszerre három koronggal munkálható meg. Ennek a gépnek azonban nagy hátránya, hogy a különböző átmérőjű korongok különböző mértékben kopnak, és a megmunkálás veszít pontosságából.

A nálunk is elterjedt bordaköszörülési mód vázlata a 11.6/c ábrán látható. Mindhárom felületet alakos koronggal köszörülik. Az osztásokat a gépbe beépített pontossági osztófejjel végzik. A korongot időnként a gépbe beépített lehúzó készülék segítségével méretre szabályozzák.



11.5 ábra
Bordástengely-maró gép körvonalrajza



11.6 ábra
Bordázat köszörülése: a) a két tárcsa alakú koronggal,
b) alakos koronggal, c) mindhárom felület köszörülése alakos koronggal

A hornyos furat megmunkálása

A horonymegmunkálást véséssel csak egyedi vagy kissorozat-gyártásban alkalmazzák szabványos méretek esetében. Ugyancsak ezzel az eljárással kell megmunkálni a nagyméretű bordás agyakat, mivel húzóúskét 80-100 mm átmérő felett nem gyártanak. A megmunkálás hasonló az ékhorony véséshez azzal a különbséggel, hogy a munkadarabot körasztalra fogják fel.

Sorozatgyártásban a hornyos furat megmunkálása üregeléssel végezhető. Az a körülmény, hogy hornyos furatot üregelünk, semmi különleges igényt nem támaszt, tehát az üregelésnél tanultak itt is érvényesek.

Bordás kötéssel leggyakrabban fogaskerekeket erősítenek a tengelyre, a fogaskerekek pedig többnyire hőkezelték. Hőkezelés után az illeszkedő felületek finom megmunkálását már csak köszörüléssel végezhetjük. Mivel a belső átmérő a vezetőfelület, a köszörülés a szokásos lyukköszörűgépen elvégezhető. Ügyeljünk azonban arra, hogy ennél a műveletnél azt

a felületet válasszuk bázisfelületnek, amely a tengely bordás részeivel lesz egytengelyű. Fogaskerek megmunkálása esetén erre a célra a fogak felületét választjuk. Nagyobb pontosságú követelményeknél a hornyok oldalfelületeit tükrösítik. A tükrösítő szerszám a bordás tengelynek felel meg, tehát egyszerre munkálja meg az összes hornyot; anyaga öntött vas. A szerszámot először az egyik horonyoldalnak, majd a másiknak feszítik; közben a szerszámnak axiális irányú mozgást adnak. A szerszámot időnként egy fogosztással tovább forgatják, hogy az elhasználódás egyenletes legyen. Egy hornyos furat tükrösítésének időtartama kb. 8-10 min.

11.12 Külső átmérőn központosított bordás tengelyek és hornyos furatok megmunkálása

A bordás tengely megmunkálása

A bordás tengely megmunkálása hasonlít az előbb ismertetett eljárásához. A különbség csupán annyi, hogy a belső átmérő nehézkes köszörülése helyett a külső átmérőt egyszerűbben, köszörűgépén munkálják meg méretre. Pontosabb kötéseknél az oldalfelületeket is köszörülik. Tömeggyártásban ezt az eljárást előnyben részesítik.

A hornyos furat megmunkálása

A hornyos furat megmunkálása a hőkezelésig teljesen azonos az előbb tárgyaltakéval. A hőkezelés után kell pontos méretre munkálni a vezető külső átmérőt és a hornyok oldalfelületeit. A megmunkálás egyszerűsítése érdekében a hőkezelést oly módon kell megoldani, hogy utána a hornyok oldalfelületeit és külső felületeit meg lehessen munkálni. Hogy ezek ne edződjenek meg, betétedzést alkalmaznak, amely csak a működő felületekre korlátozódik. Ugyancsak nagyon elterjedt a hőkezelés nagyfrekvenciás edzéssel, amelynél a furat eredeti keménységét szintén megtartja. Hőkezelésnél a meg nem engedett keménységnövekedés mellett az a veszély is fennáll, hogy az anyagban végbemenő térfogatváltozások folytán a furat torzulása a 0,3 mm-t is eléri. Lehetőség szerint ügyelni kell arra, hogy ezt az alakváltozást a minimálisra csökkentsük. A hüvely anyagának megfelelő megválasztásával vagy edzőkészülék alkalmazásával az elhuzódás csökkenthető.

A megmunkálás, hőkezelés után, lehet kalibrálás is. A kalibrálószerszám lényegében üregelötüske különlegesen kiképzett fogakkal, amelyeket 58-60 HRC keményre hőkezelnek (esetleg cianidálnak).

11.13 Oldalfelületeken központosított bordás tengelyek és hornyos furatok megmunkálása

A megmunkálás annyiban tér el az előzőktől, hogy sem a külső, sem a belső vezető felületeket nem kell köszörülni. A tengely külső átmérőjét azonban segédbázisként meg szokták köszörülni.

11.14 A különböző központosítású bordás kötések technológiájának összehasonlítása

A belső átmérő szerint központosított kötések előnyei a következők: az agyfurat belső átmérőjének megmunkálása egyszerű; a furat egytengelyűsége a darab hengeres vagy más (például fogazott) felületeivel nagy pontossággal biztosítható; mind a két elem edzett kivételben készíthető; ez biztosítja a nagy kopásállóságot.

Ezzel szemben hátrányai a következők: a bordás tengelyen a belső átmérő köszörülése viszonylag bonyolult; a hőkezeléskor adódó vetemedések kijavítása a bordás agyagnál csak költséges módszerekkel lehetséges.

A külső átmérő szerinti központosításnál a következő előnyök mutatkoznak: a tengelyköszörülés munkaigényessége kisebb; a marásnál munkaidő- és szerszámköltséget takaríthatunk meg, mert az egyszerűbb alak miatt nem kell a köszörüléshez beszúrást készíteni.

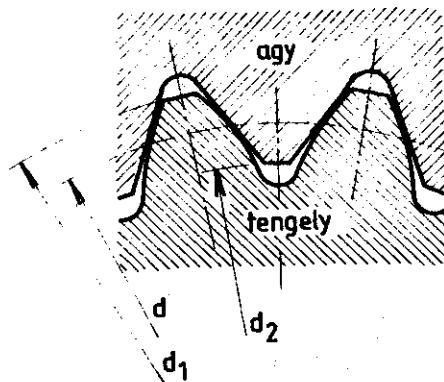
Hátrányai a következők: a hőkezelést gondosan kell végezni, hogy a furat ne edződjék be; a kalibrálásnál az üregelőszerszámnak kicsi az élettartama; a kétszeri üregelés miatt fennáll az a veszély, hogy a furat és a munkadarab megmunkált felületei között az egytengelyűség pontatlanná válik.

A felsorolt hátrányok kiküszöbölése érdekében fejlesztették ki az un. poligon (sokszögű) tengelykötéseket. Ezek elterjedése azonban az iparban - különböző okok miatt - meglehetősen lassú.

11.15 Ékfogazású tengelyek és furatok megmunkálása

Mérsékeltbb központosítási igények esetén gyakran használják (a járműgyártásban is) az ékfogazású tengelykötést (az un. KERB-fogazást). A profil többnyire evolvens (11.7 ábra).

Az ékfogazású tengelyt hasonlóan gyártják, mint a bordás tengelyt, azaz: profilozó marással vagy lefejtőeljárással. Gyakrabban alkalmazzák a lefejtőeljárást, mert az evolvensprofilu bordák gyártásához egyenes profilu szerszám alkalmazható. Az agyakat üregeléssel munkálják meg.



11.7 ábra
Az ékfogazat kialakítása

11.2 Csigák és csigakerekek gyártása

A csiga és csigakerék igen gyakori gépelem. Elsősorban nagy áttételi viszonyok, valamint nagy terhelések esetén az egymást 90° szög alatt keresztező tengelyeknél mozgások átvitelére alkalmazzák a csigahajtásokat. Csigahajtásnak mind a két kapcsolódó eleme ferde fogazású és a fogferdeség-irányuk azonos (szimmetrikus). Ezenkívül ismerünk még olyan aszimmetrikus csigahajtást, melynek egyik eleme hengeres csiga, a másik pedig ívelt fogazású sikkerék. Ezt a hajtást kis tengelytáv esetében és ritkán alkalmazzák.

A csigahajtások osztályozásánál megkülönböztetünk:

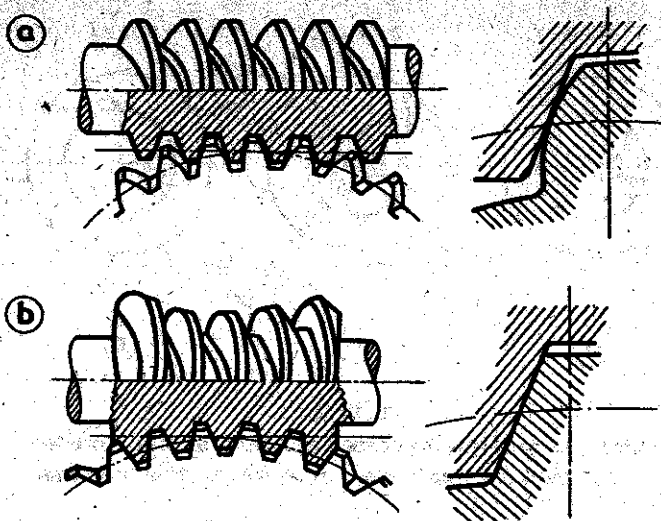
- hengeres csigahajtásokat (11.8/a ábra) és
- globoid csigahajtásokat (11.8/b ábra).

Mindegyik csigahajtás két kapcsolódó elemből áll:

- a) csigából és
- b) csigakerékből.

A globoidhajtásnál a csiga konturja a kerék konturjához simul és a fog teljes magasságában érintkezik. Ezért van az, hogy a globoidhajtással nagyobb terhet lehet átvinni, mint hengeressel.

Globoid csiga készíthető úgy is, hogy a lábfelület körív, a külső konturfelület pedig hengeres. Mind a hengeres, mind a globoid csigák alkotója lehet egyenes vagy ívelt, tehát a csigának négy változata gyártható.



11.8 ábra
Csigahajtások; a) hengeres csigahajtás, b) globoid csigahajtás

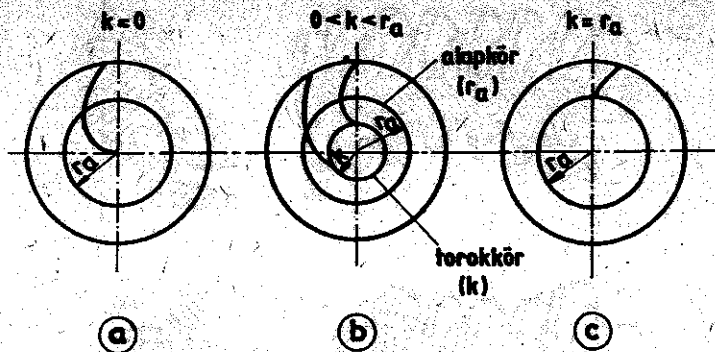
A fogazó szakemberek egy része a forgó mozgás átvitelére egymást keresztező kitérő tengelyeken, az egyszerű ferde fogazású homlokkerekeket, vagyis csavarkerekeket is a csigahajtások közé sorolja. Nagyobb emelkedések esetén ez indokolt, de ezek nagy teljesítmény átvitelére nem alkalmasak.

11.21 Csigák megmunkálása

Az egyenes alkotóju hengeres csigák lehetnek:

- archimedesi csiga, amelynek normálmetszete archimedesi spirális (11.9/a ábra),
- konvolutcsiga, melynek normálmetszete hurkolt evolvens (11.9/b ábra) és
- involutcsiga, melynek normálmetszete evolvens (11.9/c ábra).

A továbbiakban e három jellegzetes csigafajtának előállítását tárgyaljuk esztergálással, marással, metszéssel és finomfelületi megmunkálási módszerekkel.



11.9 ábra

A csigák normálmetszetének görbét: a) archimedesi, b) hurkolt evolvens, c) egyenes körevolvens

a) Csigák esztergálása

A csigákat leggyakrabban esztergálással munkáljuk meg. A csiga ugyanis elvileg csavarmenetnek tekinthető, tehát elkészítésük azonos a trapézmenettel azzal a különbséggel, hogy az esztergakés profilja és beállítási módja csigafajták szerint változó.

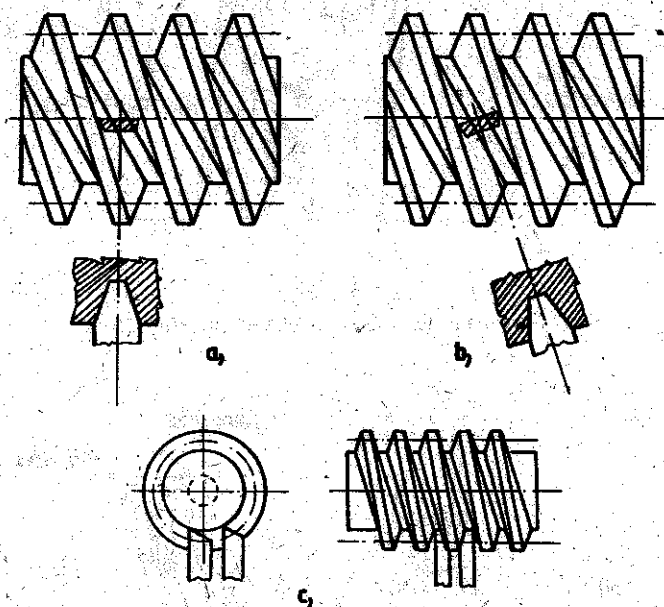
Archimedesi csiga készítésénél az esztergakés homloklapját a csiga tengelyén átmenő vízszintes síkban kell elhelyezni (11.10/a ábra). A forgácsolási viszonyok a szükséges hátszögek miatt kedvezőtlenek, ezért a nagy menetemelkedésű archimedesi csigákat inkább korrigált profilu marókkal marják.

Amennyiben a geometriai feltételeket betartják, az esztergán gyártott archimedesi csigák profilja tökéletes lesz. A marással előállított - vele kapcsolódó - csigakeréknél azonban profiltorzulás keletkezik, ezért az esztergált csiga és a már csigakerék kapcsolódása nem lesz tökéletes.

A konvolutsziga esztergálása kétféleképpen lehetséges: vagy a torokhenger érintősíkjaiban helyezik el az esztergakés forgácsoló éleit, vagy - gyakrabban - az egyenes élű esztergakést a menetemelkedési szögnek megfelelően döntik (11.10/b ábra). Az emelkedési szög a csiga fej- és lábmenetén, különböző, ezért lényeges, hogy az osztóköron mért értékeknek megfelelően döntsék a szerszámot, mert különben profiltorzulás keletkezik.

Az evolvenscsigák esztergálásánál is a megmunkálást lehetőség szerint egyenesvonalu esztergakésekkel kell elvégezni. Ezt a feltételt úgy tudják kielégíteni, hogy a késeket a torokhengert érintő, a csiga tengelyével párhuzamos síkokba helyezik (11.10/c ábra). Ennek a geo-

metriai feltételnek kielégítése a forgácsoló szerszám élszögeinek kialakításánál nehézségeket okoz, ezért az evolvenscsigákat rendszerint nem esztergálással, hanem marással munkálják meg.



11.10 ábra

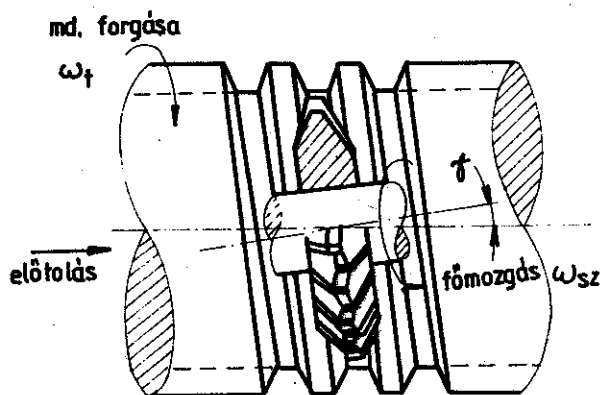
Csigák esztergálása: a) archimedesi, b) konvolut, c) evolvens csiga esztergálása

A menetmarás elterjedése elősegítette a csigák marással való megmunkálását is. A csigákat lehet marni tárcsamaróval, ujjmaróval és csigamaróval.

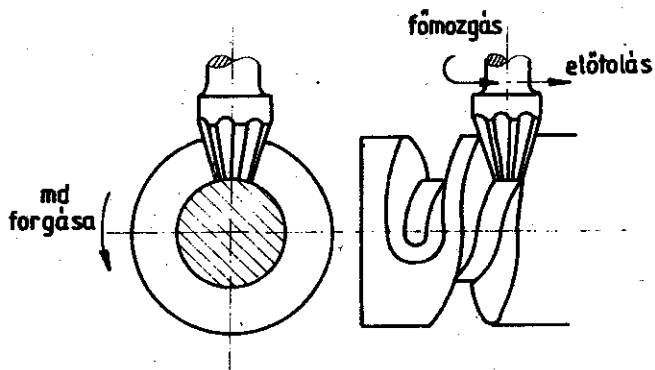
b) Csigák marász

Csigák marása tárcsamaróval pontatlan eljárás a profiltorzulás miatt (11.11 ábra). Ennek oka, hogy a menetemelkedési szög a fej- és lábhengernél eltér a csiga osztóhengerén mért értéktől. A profiltorzulás mértéke a csiga bekezdéseinek számától függ. A tárcsamarókat ezért főleg a csigák előnagyolására használják.

Csigák marása ujjmaróval csak nagyméretű munkadaraboknál végezhető (11.12 ábra). Egyenes profilu ujjmaróval való gyártásnál ügyelnünk kell arra, hogy a maró tengelyvonala messe a csiga tengelyvonalát és arra merőleges legyen. A termelékenységet növelni lehet két egymással szemben elhelyezett ujjmaróval.



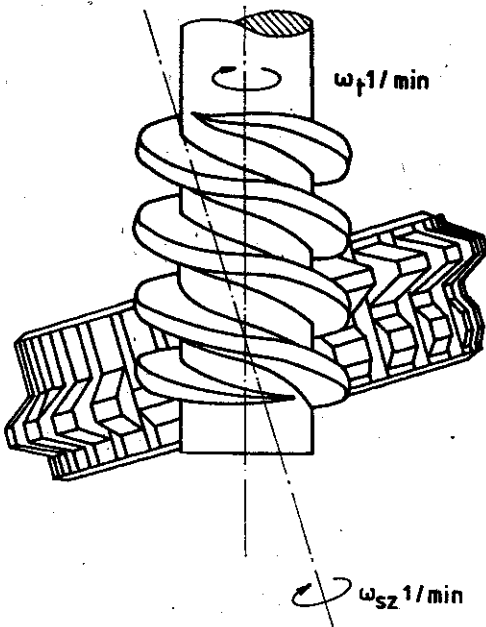
11.11 ábra
Csigák marása tárcsamaróval



11.12 ábra
Csigá marása ujjmaróval

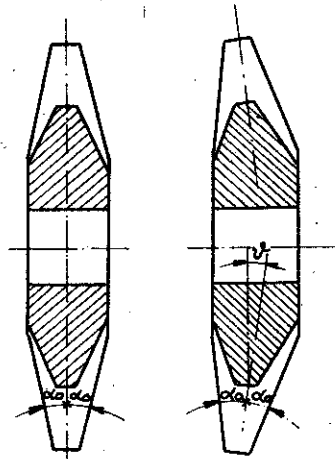
Csigák csigamaróval is készíthetők (11.13 ábra), mivel a csiga úgy tekinthető, mint egy ferde fogazású homlokfogaskerék, melynél a bekezdések száma egyenlő a fogak számával. Kétféle csigamarót ismerünk: szimmetrikust és aszimmetrikust (11.14 ábra).

Mindkettő tárcsa alakú. A szimmetrikus csigamarót akkor használják, ha a gépen a marótengely döntésének síkja párhuzamos a megmunkálendő csiga tengelyével, az aszimmetrikust pedig olyan gépen, ahol az előbbi kettő nem párhuzamos. A szerszámfejet a csiga osztóhengerén mért emelkedési szögével kell dönteni. Evolvens csigát egyenes profilu csigamaróval, archimedesi és konvolut csigát pedig korrigált profiluval szokták marni.



11.13 ábra

Csiga marása csigamaróval



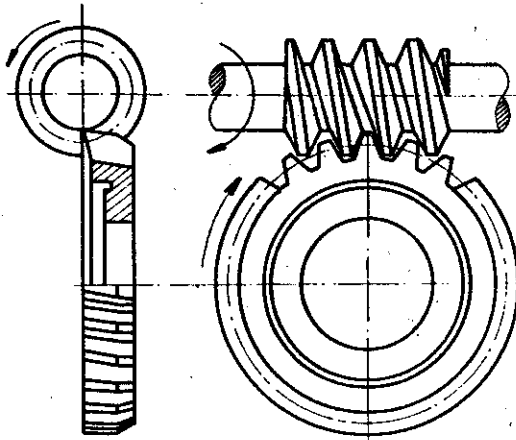
11.14 ábra

Csigamarók: a) szimmetrikus,
b) aszimmetrikus

c) Csigák készítése metszőkerékkel

Ez a megmunkálás Pfauter-típusú gépeken végezhető a Fellow-féle fogazásnál használt ferde fogazású metszőkerékhez hasonló szerszám segítségével (11.15 ábra). A gépen a csigamaró helyére teszik a munkadarabot és a kerék helyére a metszőkereket úgy, hogy a vágóéle felül legyen. Archimedesi-csiga készítésére olyan ferdefogu metszőkereket kell használni, melynek fogferdeségi szöge megegyezik a munkadarab osztóhengerén mért értékkel. A csiga tengelye ekkor merőleges a metszőkerék tengelyére és tangenciális előtolással fogazunk. Ügyelni kell arra, hogy a metszőkerék vágóélei a csigatengely magasságában legyenek.

Konvolutcsigát egyenesfogu metszőkerékkel fogazhatunk, de a csiga tengelyét az emelkedési szögnek megfelelően dönteni kell. Az előtolás itt is a csiga tengelyirányában történik.



11.15 ábra
Csiga vésése ferde fogazásu metszőkerékkel

d) Globoid csigák gyártása

Az axiális metszetben egyenesprofilu globoid csiga fogazatát egyenes vágóélű szerszámokkal munkálják meg úgy, hogy a forgácsolóélek a csiga vízszintes tengelysíkjaiban a kerék fogalkotóinak megfelelően helyezkednek el. A megmunkálást lefejtőmarógépen három lépésben végzik:

1. Radiális előtolással nagyolják a csigát úgy, hogy a szerszám a hajtópár névleges tengelytávolságáig közelíti meg a munkadarabot.
2. Ugyanezen a tengelytávon olyan köreltolással, amelyet a gép differenciálműve segítségével hoznak létre, felváltva az egyik és a másik irányban mindkét fogoldalt simítják.
3. A késtartófejbe szerelt három szerszámból kettő profilozókés, amelyek a menet oldalfelületeit munkálják meg, a harmadika forgácsolás során deformálódott fejszalagot simítja (11.16 ábra).

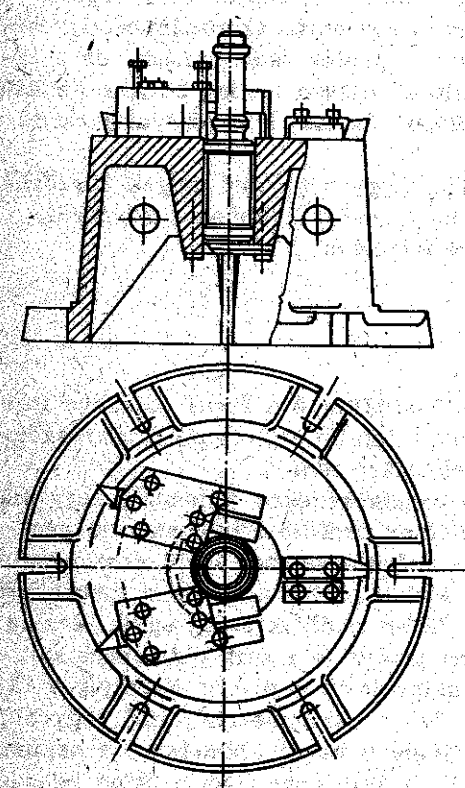
Elméletileg egyetlen szerszámmal is lehet forgácsolni, ekkor a forgácsolóélek egyszerre alakítják ki a fogárkot határoló két fogfelületet.

A szerszámok 11.16 ábra szerinti elhelyezése leegyszerűsíti a kések élezését és megnöveli a termelékenységet is az egykéses megmunkáláshoz viszonyítva.

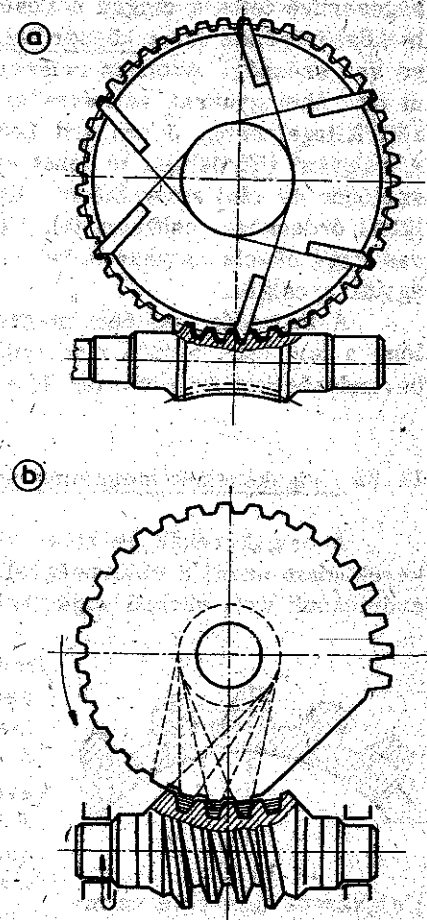
A késtartó fejet a lefejtőmarógép asztalára, a külső fejgloboid méretére esztergált munkadarabot pedig a szerszámgép főorsójába, a marótüske helyére fogják fel.

A termelékenység növelésére a lefejtőmarógép asztalára többkéses különleges késtartó is szerelhető (11.17/a ábra). Ezen tulajdonképpen a fogoldalakat megmunkáló késcsoport található körben többször megismételve. Hasonlóképpen lehet még olyan metszőkereket is alkalmazni,

amelynek a fogazatát huzótüskeszerűen képezték ki, a fogak fejszalagja tehát spirális alakban van elhelyezve, növekvő fogmagassággal, a végén pedig kalibráló mérettel rendelkező fogpárral (11.17/b ábra).



11.16 ábra
Késtartófej globoid csiga lefejtőmarógépen történő gyártáshoz



11.17 ábra
Globoid csiga készítése különleges késtartókkal: a) többkéses különleges késtartóval, b) huzótüskeszerűen kiképzett fogazatu metszőkerékkel

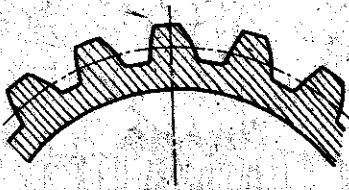
e) Csigák finomfelületi megmunkálása

A csigákkal szemben támasztott nagyobb pontosság, teherbírási követelmény, valamint a fordulatszám és a kopásállóság növelése szükségesszerűvé tette a csigák edzését és köszörülését. Csigákat minden menetkösörűgépen lehet köszörülni, csak megfelelő koronglemezű szerkezetre van szükség. Azonban célszerű speciális csigakösörűgépet beszerezni ott, ahol gyakran van erre szükség. Ilyen gépeket gyárt többek között Klingelberg, Jones and Lamson, Holroyd, Lindner stb. cégek. A csigákat tükrösíteni is lehet esztergán keményfa szerszámokkal, csiszolópor és olaj keverékével. Ily módon a profilt nem javítjuk, de a felületi érdességet csökkentjük. Tükrösítési eljárás az is, amikor öntöttvas vagy bükkfa csigakerékkel csiszolópor és olaj keverékével járatták együtt a csigát.

A teljesség kedvéért megemlítjük, hogy a globoid csigák köszörülése a fent leírt módon nem oldható meg, ezért különleges köszörülőberendezéseket fejlesztettek ki erre a feladatra.

11.22 Csigakerekek megmunkálása

A csigakerekek gyártása elvben hasonlítható a ferde fogazású fogaskerekekhez azzal a különbséggel, hogy a lefejtő eljárásnál a marószerszámoknak nem szabad sugárirányú eltolást adni.



11.18 ábra

Csigakerék metszete szimmetrikus fogprofilokkal

A csigakerekekre jellemző, hogy síkmetszeteinek profilja általában nem evolvens. A sok síkmetszet közül csak a szimmetria síkkal párhuzamos és a torokhengert érintő síkban találunk a fog egyik oldalán evolvens profilt (a másik oldal nem az). A két aszimmetrikus profilt láthatjuk a 11.18 ábrán. Ez az aszimmetria annál nagyobb, minél távolabb van a síkmetszet a szimmetriasíktól és minél nagyobb a csiga bevezetéseinek száma.

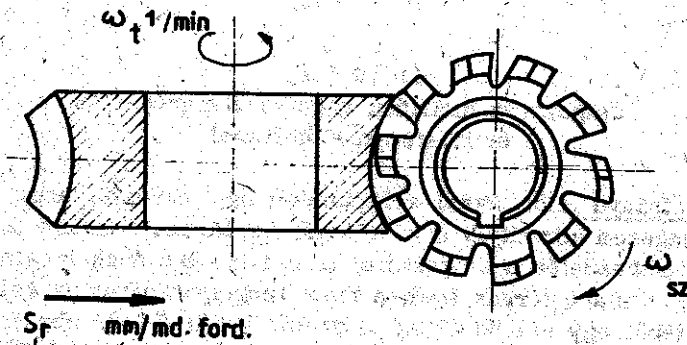
A csigakerék fogprofilja, mivel nem evolvens, következik, hogy sem alaphengere, sem alaposztása nincs, kivéve a két síkmetszetet, ahol az egyik oldali profil evolvens. Ezért szükséges, hogy a csiga és a csigakerékmaró azonos technológiával és azonos alpméretre készüljön. Ebből következik az a fontos szabály, hogy a csigakerék lefejtésekor a maró és a kerék tengelytávját nagy pontossággal be kell tartani. A csigakerekeket csak fogmarógépen csigakerékmaróval és ütőkéssel lehet megmunkálni (társcsamaró nagyon pontosan és ritkán használják).

a) Csigakerekek gyártása csigakerékmaróval

A csigakerékmaró olyan lefejtőmaró, amelynek valamennyi jellemző mérete és teljes geometriája azonos azzal a csigával, amelyik majd a lefejtendő csigakerékkel dolgozik. A csigahajtás hatásfoka annál jobb, minél kisebb a szerszám átmérője, és minél nagyobb a menetemelkedés, ill. a bekezdések száma. A csigakerékmarók hazánkban nincsenek szabványosítva és a csigahajtásokra sincs érvényben levő szabvány, mégis célszerű a hibaforrások elkerülésére a csiga osztókörének megválasztásánál figyelembe venni a kereskedelemben kapható szerszámokat. A szerszám kiválasztásánál figyelembe kell venni még azt is, hogy háromféle lehet: archimedesi, konvolut és evolvens maró. A nagyolást és simítást ugyanazzal a szerszámmal végezzük:

Csigakerékmaróval háromféleképpen lehet csigakerekeket készíteni:

- sugárirányu előtolással,
- érintőirányu előtolással,
- kombinált (sugar- és érintőirányu) előtolással.



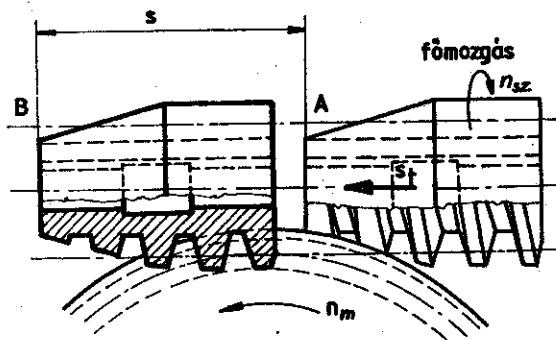
11.19 ábra

Csigakerék gyártása csigakerékmaróval és radiális előtolással

Sugarirányu előtolással csak kis pontosságú, egybekezdésű és kis menetemelkedésű (8° -ig) csigakereket célszerű marni, mert ennél az eljárásnál a legnagyobb a profiltorzulás (11.19 ábra). Ennél az eljárásnál a csigakerékmarót a módosítás arányában forgatják és sugarirányu előtolással közelítjük a kerékhez. Ha a szerszám az előírt mélységet elérte, az előtolást kikapcsolják. Termelékeny eljárás, de hátránya, hogy nagy fogszámoknál hosszú csigakerékmaró szükséges.

Csigakerék lefejtésekor a maró tengelyét nem döntik, hanem az pontosan vízszintes helyzetben marad, és az asztal forgásirányát a szerszám menetének hajlásiránya határozza meg.

Az előtolást a kerék anyagától függően $s_r = 0,3 - 1,0$ mm/asztal-fordulat értékre célszerű választani. A csigakerékmarók átmérője olyan kicsi, hogy a kerületi élszám ritkán több hatnál. A felületi simaság nem az előtolástól, hanem a kerületi élek számától függ, ezért nem kielégítő a sugárirányú lefejtésből származó fogoldalak simasága.



11.20 ábra
Csigakerék gyártása csigakerékmaróval és érintőirányú előtolással

Érintőirányú előtolásnál a fogásvétel úgy történik, hogy a szerszámot érintőlegesen közelítjük a készítendő kerékhez. A maró tengelye már a forgácsolás kezdetén a csigahajtás tengelytávolságának megfelelő helyzetben van. A maró forgás közben tehát tengelyirányban is halad és kezdeti helyzetéből egy másik végső helyzetbe kerül (11.20 ábra), mialatt s utat tesz meg. A szerszám kezdeti A helyzetét az határozza meg, hogy fogai még nincsenek fogásban, a végső B helyzetét pedig az, hogy az első teljes fog profilja túlhaladt a kapcsolóvonal végpontján. Ez utóbbi helyzet nehezen határozható meg, mert a kapcsolóvonal nem egyenes. A szerszám lehet hengeres végű, vagy bekezdő kupos, de az utóbbi jobb, mert a forgácsleválasztás egyenletesebb. A bekezdőkup szöge $10-15^\circ$. Ha teliből fogazunk, akkor csak bekezdőkupos marót használhatunk. Ezzel az eljárással legtöbbször egy fogásra fogazunk. Két fogás esetén az elsőre a teljes mélység $6/7$ -ed része jut, a másodiknál a pontos tengelytávra állnak be. A második fogás előtt az asztalt ki kell emelni, hogy a szerszám ne érintkezzen a munkadarabbal.

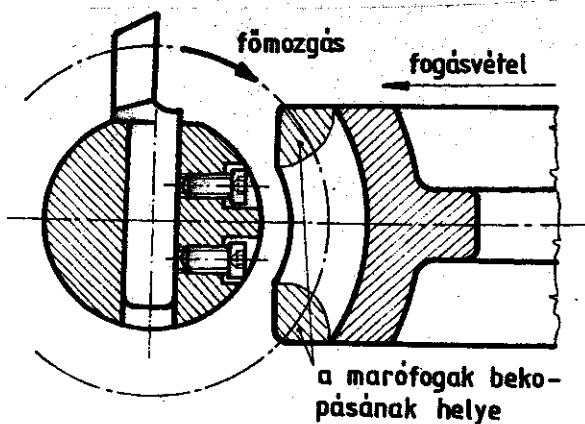
A tengelyirányú eljárásnál a fogfelületek simasága az előtolástól és kevésbé a kerületi élszámtól függ. Előnyei:

- fogak felületi simasága jobb,
- nincs profiltorzulás és
- a beállított tengelytávolság változatlan, így kevesebb a hibás beállításból adódó eltérés.

Kombinált előtolással az előbbi két eljárásnak hátrányait küszöbölik ki. Ennél az eljárásnál sugárirányú előtolással nagyolnak (nagyobb termelékenység) és érintőirányúval simítanak (nagyobb pontosság). Nagyoláshoz hengeres csigakerékmarót használnak és simításra csak néhány tized mm-t hagynak. Így a simításkor megteendő tengelyirányú ut (s) kisebb, mintha csak érintőirányú eljárással fogoznának.

b) Csigakerekek gyártása ütőkéssel

Ütőkéssel való csigakerék-megmunkálás csak kis darabszám és nagy modulusok esetében indokolt, mivel a szerszámköltség ugyan kicsi, de az eljárás nagyon lassu. Az ütökés a csigakerékmaró egyetlen foga, amelynek rendszerint hengeres szárat készítenek és a marótüske furatába fogják. Ütőkéssel rendszerint érintőirányú eljárással fogaznak (11.21 ábra). Az ütökés helyes profilkialakítása mindig a technológus feladata. Az elkészítésnél itt is azt az elvet kell szem előtt tartani, hogy a csiga és az ütökés azonos technológiával készüljön.



11.21 ábra

Csigakerék gyártása ütőkéssel

Az ütökés profilját pontosan a sablon szerint kell elkészíteni, az oldallapjait pedig késsel hátramunkálni. A hátraesztérgálás azért felesleges, mert egy-két csigakereket az ütökés egyetlen élezéssel lefejt, s utána eldobható. Ezért készítjük az ütökést közönséges szerszámacélból.

Az előtolás kicsi. Az eljárás sohasem elég pontos és osztáshibákra vezet, ezért el kell kerülni azt, hogy a csigakerék fogszáma osztható legyen a csiga fogszámával.

Ütőkéssel sugárirányú eljárással is nagyolhatunk, ez azonban nem lefejtés, hanem profilozás. Az előtolást ebben az esetben is kicsire kell választani. Nagy modulok esetében lépcsős élű ütőkést célszerű használni.

Nagy fogszámú kerek esetében a marószán kifutásának rövidítésére egyidejűleg több ütőkéssel is dolgozhatunk. Ebben az esetben csak az utolsó kés simít, az előzőek nagyolnak. Az eljárás hátránya, hogy kb. $\gamma > 8^\circ$ -nál nagyobb emelkedési szögű csigákhoz tartozó csigakerék fogfelületeit a maró - a geometriai viszonyok miatt - megcsönkítja (11.21 ábra).

c) Globoid csigakerekek gyártása

A hengeres csigahajtópár kerekéhez hasonlóan a globoid csigakerekek megmunkálásánál is a szerszámélek - relativ mozgás során kialakuló - burkolófelületének azonosnak kell lennie annak a valós csigának a burkolófelületével, amelyikkel a kerék kapcsolódni fog.

A legjobb konjugált felületeket a lefejtő globoid csigamaróval lehet elérni, mert a sok forgácsolóélel rendelkező lefejtőmaró közelíti meg elméletileg legjobban a kerékkal kapcsolódó globoid csiga helyettesítő csigáját.

A megmunkálást a csigához hasonlóan itt is három lépésben kell elvégezni:

1. A szerszám névleges tengelytávig megközelíti a munkadarabot.
2. és 3. A simító megmunkálásnál az előtolás csak a differenciálmű segítségével létrehozott körelőtölés lehet, mert a radiális előtolás a fogfejrészének nem kívánatos lenyesését okozza.

Ez a jelenség fokozott mértékben jelentkezik a nagyobb bekezdésszámú csigahajtópároknál.

Az egybekezdésű csigákkal kapcsolódó csigakerekeknél a fent említett lenyesés gyakorlatilag elhanyagolható, azért ezeket a kerekeket egyetlen lépésben radiális előtolással is megmunkálhatjuk. A csigakerék megmunkálásánál a csigakereket a lefejtőmarógép asztalára fogjuk fel, a szerszámot pedig a marótüske helyére. Bizonyos esetekben a globoid csigamaró helyett a megmunkáláshoz két betétkést tartalmazó szerszámot használhatnak (11.22 ábra). A betétkések forgácsolóélei a kerékhez viszonyítva ugyanugy helyezkednek el, mint a csiga szélső alkotói. Ennek a szerszámnak nagy előnye, hogy egyszerűbben és pontosabban elkészíthető, mint a globoid csigamaró, kiküszöböli a globoid csigamaróval való megmunkálásnál adódó osztáshibákat és egybekezdésű csigához tartozó csigakerekek fogazása esetén termelékenysége sem kisebb mint a globoid csigamaróé.

30. Köves Endre—Dr. Moser Miklós—Almásy Pál:
Köszörülés és finommegmunkálás
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1973.
31. Makádi András: Fémek marása
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1964.
32. Moll, W.P.: Szerszámgépek kapacitáskihasználásának tervezése
számítógéppel
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979.
33. Dr. Nagy Igaz: Géprajz-Gépelemek (Gépelemek II.)
Tankönyvkiadó, Budapest, 1978.
34. Ráber György: Gépipari technológusok zsebkönyve
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1977.
35. Rohonyi: Fogaskerékajtások.
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1980.
36. A. V. Scsogoljov: Üreglészerszámok tervezése
Műszaki Könyvkiadó, 1965.
- 37/ Szenczi Gyula: Fémek gyalulása és marása
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1960.
38. Szentkúti-Lázárovits: Furás, süllyesztés, dörzsölés
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1961.
39. Szilágyi-Váradi-Balázs-Kádár: Gépgyártás-technológia I.
Főiskolai jegyzet 49.930/I.
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1977.
40. Zitás István: Gyártási folyamatok számítógépes tervezése
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1980.

