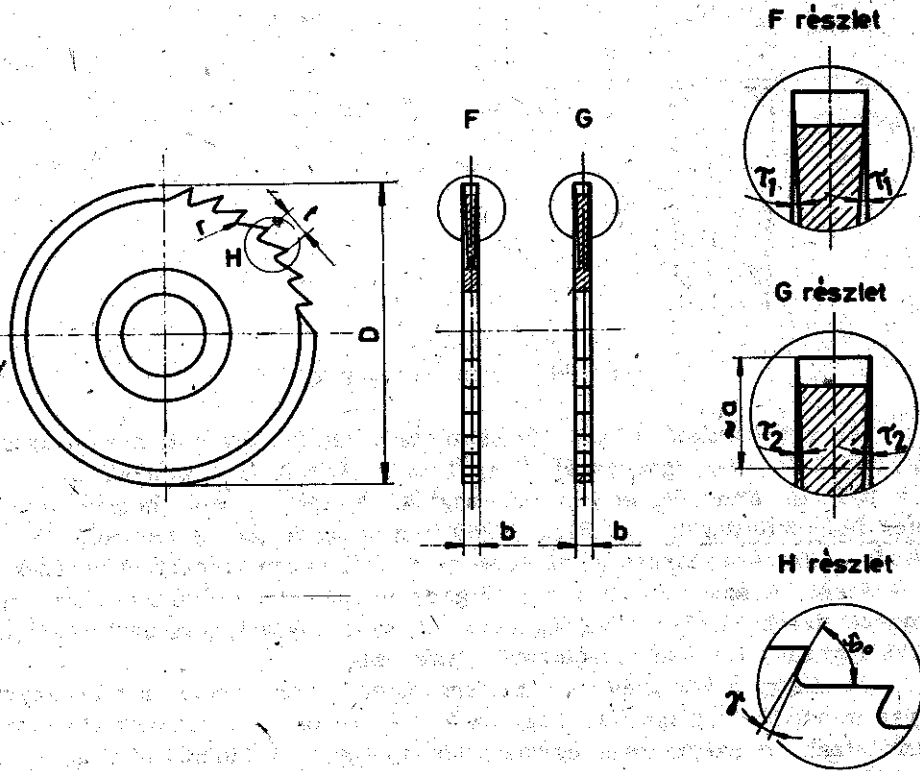


7.21 Darabolás körfűrészsel

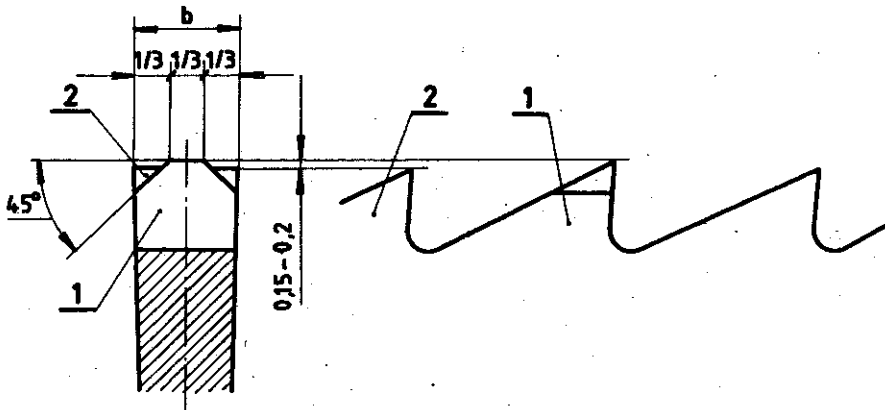
A körfűrészek tulajdonképpen keskeny, mart fogu horonymarók. A szerszám forgó főmozgást végez, emiatt az eljárás termelékenyebb, mint az alternáló főmozgással dolgozó eljárások. Az egyenesvonalu előtoló, mélyítő mellékmozgást ugyancsak a szerszám végzi, ez az előtoló mozgás lehet egyenletes, illetve változó sebességű. A munkadarab áll. A darabolás pontossága is jobb, mint a többi fűrészelési technológiánál.



7.2 ábra
Fűrész tárcsa

A kis átmérőjű fűrész tárcsákat egy darabból készítik (7.2 ábra). A fogak alakja többnyire hegyes. A szerszám és a munkadarab közti súrlódás csökkentése érdekében az oldalfelületeken τ_1 oldalszöget alakítanak ki (7.2 ábra F és G részlet). Szélesebb fűrész tárcsáknál ($b > 3$ mm) a fogásban levő élvonalhosszt csökkentik azáltal, hogy minden második fűrészfogat mindkét oldalon a 7.3 ábra szerinti mértékkel lesarkítják. A

lesarkított fogak (1) nagyobb átmérőn helyezkednek el, mint a teljes fűrészfogak, így módon a fogak között célszerű forgácsmegosztás jön létre. A kisebb átmérőn elhelyezett 2 jelű fogak b szélességű forgácsot választanak le, és leválasztják az előző 1 jelű fog által meghatározott anyagrészt. Ezáltal a forgácstörés is biztosított.



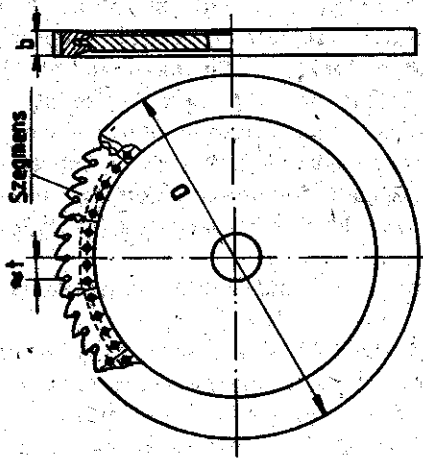
7.3 ábra
Fűrész tárcsa fogkiképzés

Az egy darabból készült fűrész tárcsák anyaga ötvözött szerszámacél (pl. WS 5 Cr) vagy gyorsacél (R4). Tömör kivételű fűrész tárcsákat $D = 250$ mm átmérőig készítenek, nagyobb átmérők esetén helyettük betétes fémkörfűrészeket ($D 315 \dots 1250$ mm) használnak. A szénacélból készített szerszám tárcsa kerületére gyorsacél szegmenseket erősítenek (7.4 ábra). A szegmensek 4...6 forgácsoló fogat tartalmaznak. Kemény anyagok darabolásához sűrű fogazású, lágyabb anyagok megmunkálásához ritka fogazású fűrészeket célszerű alkalmazni.

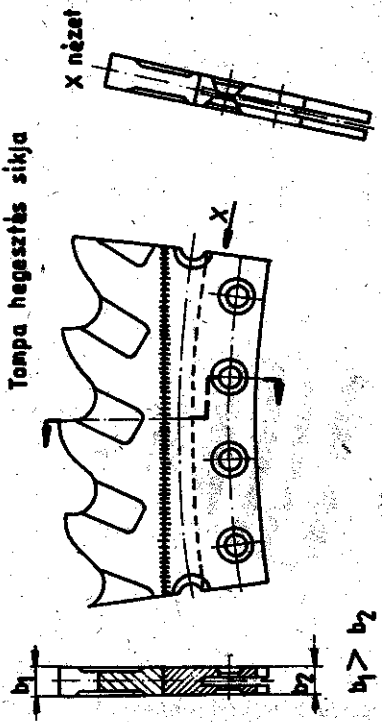
Mint hogy a körfűrészek zárt forgácsterű szerszámok, a foghézagot olyan mértékűre választják, hogy az kb. ötszöröse a leválasztandó anyag-térfogatnak. A szegmensek egymást követő fogait is különböző magasságokkal és lesarkítással készítik. A surlódás csökkentése érdekében a szegmenseket úgy alakítják ki, hogy a középpont felé elvékonyodnak, továbbá a fogak kevésbé igénybevett részein bemunkálásokat készítenek. A szegmensbetétes körfűrészek szélességi méretét az alábbi összefüggés segítségével lehet meghatározni:

$$b = 0,2\sqrt{D} \quad (\text{mm}) \quad (7.1)$$

ahol D - a szerszám átmérője (mm).



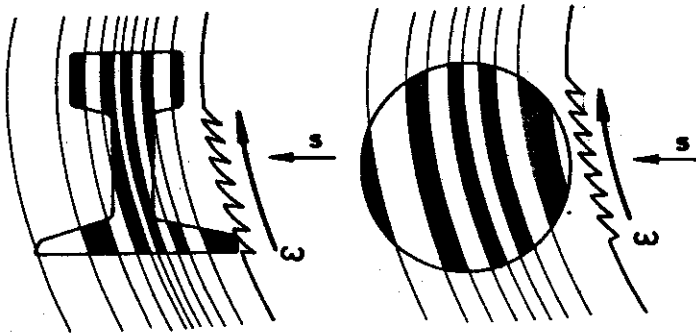
a)



b)

7.4 ábra Szegmensbetétes körfűrész és szegmensbetétje (MSZ 3 965 alapján)

Fűrészelés közben a fűrész-tárcsa fogai az anyagban különböző forgácsolási uthosszon dolgoznak, nulla és maximum közt változó hosszúságu ivet irnak le (7.5 ábra). Nagy forgácsolási ivhosszhoz kis előtolásra és a kis ivhez nagy előtolásra van szükség, hogy a fűrész-tárcsa egy fordulata alatt leválasztott anyagmennyiség állandó legyen. Ezt valósítja meg a változó sebességű előtolás. Erre a vezérlési feladatra a fojtásos körfolyamu hidraulikus hajtóművek alkalmasak, mert a terheléssel fordítottan arányos sebességük van. A körfűrészek előtolóműve szinte kizárólag fojtásos hidraulikus hajtómű. A főhajtómű rendszerint fokozatos, néha fokozat nélküli mechanikus hajtómű.



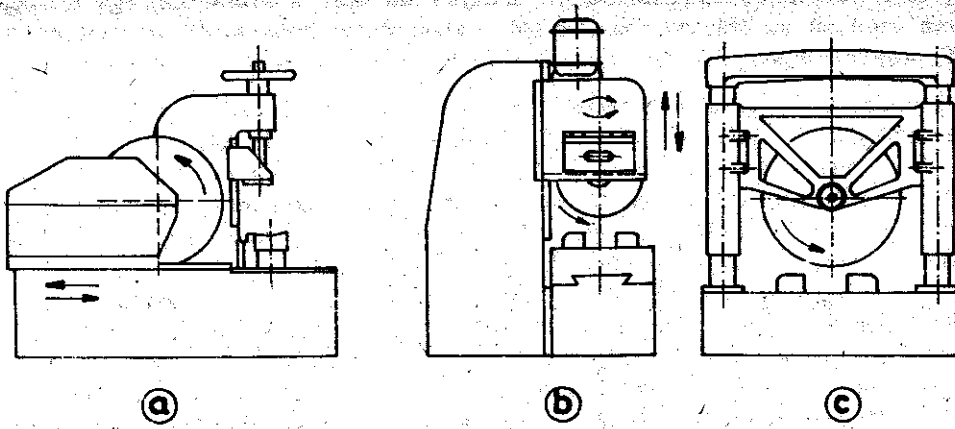
7.5 ábra

A fűrészelési ivhossz változása körfűrészelésnél

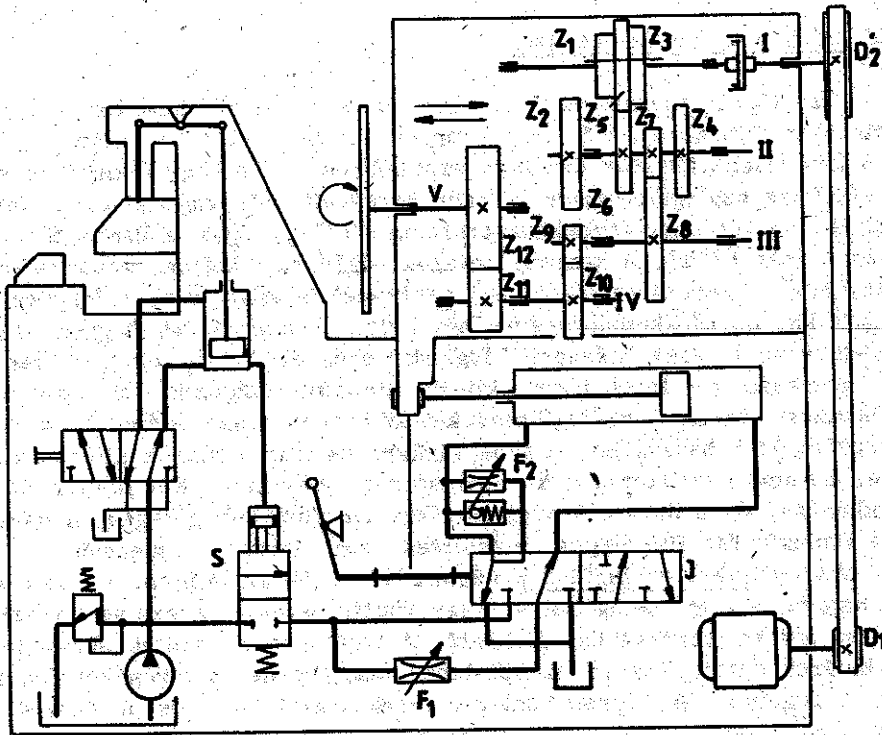
A daraboló körfűrészek általában vízszintes tengelyűek a fűrész-tárcsa előtolásának iránya azonban vízszintes vagy függőleges lehet, továbbá a fűrész-tárcsa síkja is lehet állandó, vagy változtatható. Különböző körfűrészek körvonalarzjai láthatók a 7.6 ábrán. Legelterjedtebb az egyetemes vízszintes körfűrész (7.6/a ábra). A fűrész-szán (orsóház) a főhajtóművet foglalja magába, a fűrész-tárcsa síkja nem változtatható. Hidraulikus előtolómű fojtásos körfolyamu, vagy állandó előtolóerőre ki-egyenlített, állítható szivattyus rendszerű. Elterjedtek még a kétszivattyus körfolyamok is, amelyeknek egy állandó folyadékmennyiségű és egy állítható (adagoló) szivattyu dolgozik. Az előtolás változtatható folyadékmennyiségét az adagolószivattyu szállítja.

Egy körfűrész fojtásos körfolyamu teljes hidraulikai rendszerét a 7.7 ábra szemlélteti.

Alapállásban a fűrészszán a munkahelytől eltávolodott helyzetben van. Amikor anyagot fogunk be, a szorítóhenger olajnyomása az S sor-rendszer szabályozó szelepet is működteti. Ezen keresztül a szivattyu olajat szállít az előtoló körfolyamatba. A folyadék F_1 fojtószelepen és az I irányváltón keresztül jut a henger jobb oldali terébe. A bal oldali hen-



7.6. ábra
Daraboló körfűrészek felépítési változatai



7.7 ábra
Egyetemes vízszintes körfűrészek hidraulikai körfolyama

gertér kifolyásra van kapcsolva. Irányváltás után a nyomóolaj egy közvetlen ágon jut az irányváltóba, majd a visszafutás sebességét meghatározó F_2 fojtószelepen át a henger bal oldalára. A jobb hengertérnek szabad

kiömlése van. Az anyag továbbítására kézi vagy hidraulikus mechanizmus használnak. A darabolási hosszt ütközővel lehet beállítani.

A vízszintes körfűrész főként merőleges vágásra alkalmas, de ferde befogóbetétekkel 45° -ig terjedő ferde vágásra is használható. A fűrész-tárcsa alulról felfelé vág, így a forgácsoló erő a fűrészszánt a vezeték-re szorítja, a munka rezgésmentes.

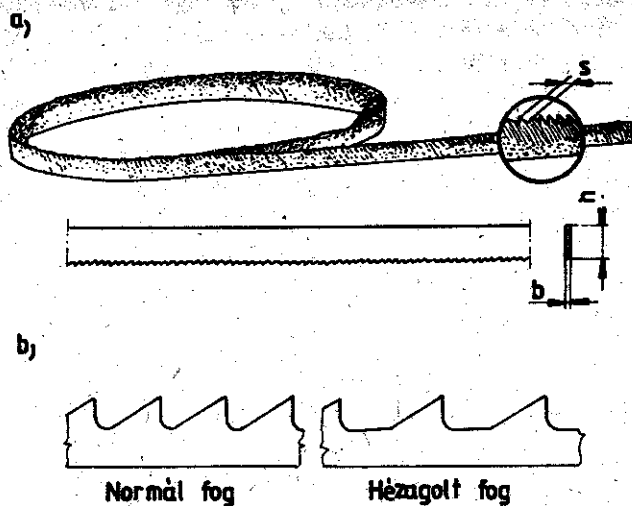
A függőleges körfűrész állványos vagy keretes szerkezetűek. Az előbbinél a fejet-függőleges tengely körül - elforgathatóra készítik, így ferde vágásra beállítható (7.6/b ábra). A zárt keretes szerkezetű fűrész igen merev, ezért nagy erők felvételére alkalmas (7.6/c ábra).

Meghatározott feladatokra különleges felépítésű körfűrészeket készítenek. Ilyenek az öntödei fűrész, a szárnyas, billenőfejes fűrészek, az idomvágó és próbavétel céljára való fűrészek. Vannak a faipari fűrészekhez hasonló, alulról vágó körfűrészek is.

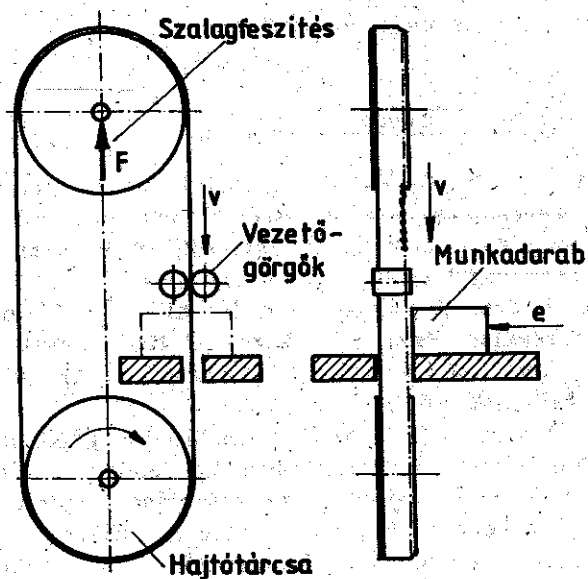
7.22 Darabolás szalagfűrészszel

Az eljárás szerszáma 6...5 mm széles, végtelenített fogazott élű acélszalag (7.8 ábra). Két nagy csoportjukat használják: a lágyabb, illetve a keményebb fémeket daraboló szalagfűrészek. A lágy fémek vágására alkalmas szalagfűrészeket hidegen hengerelt szén vagy alacsony ötvözetű, kb. 45 HRC keménységű szerszámacélból gyártják utólagos hőkezelés, illetve edzés nélkül. A kemény anyagok vágására alkalmas szalagfűrészek szénacélból, szerszámacélból vagy gyorsacélból készülnek, a forgácsoló fogakat kb. 60 HRC keménységűre hőkezelik. A mart fogak hegyes kiképzésűek normál, vagy "hézagolt" fogelrendezéssel (7.8/b ábra). A daraboló szerszám két forgó tárcsa között kifeszítve dolgozik, folytonos haladó mozgást végez. A szalagfűrészeket különösen a szerszám- és idomszergyártásban használják, alakos vágásra és zárt nyílások kifűrészelésére. Fémek és műanyagok darabolására is alkalmas. Két fajtája van: az idomvágó és a daraboló szalagfűrész. Az előbbi függőleges, a daraboló szalagfűrész függőleges, vízszintes, vagy ferde elrendezésű.

Az idomvágó szalagfűrész vázlatát a 7.9 ábrán látható. Az alsó tárcsa hajtott, a felső pedig súly- vagy rugóterheléssel a szalagot feszíti. A felső tárcsa magasságban állítható. A hajtóművel a szalagsebességet tág határok között, fokozat nélkül lehet szabályozni. A tárcsákon fék is van. A rugalmas és hosszú szalag a munkaasztal felett és alatt csuszó vagy görgős vezetékben fut. Ez a szalag rezgéseit küszöböli ki. A munkaasztal két irányban dönthető, így ferde vágást is lehet végezni. Az asztalra feltett munkadarab kézi előtolással mozgatható. Vannak gépi elő-



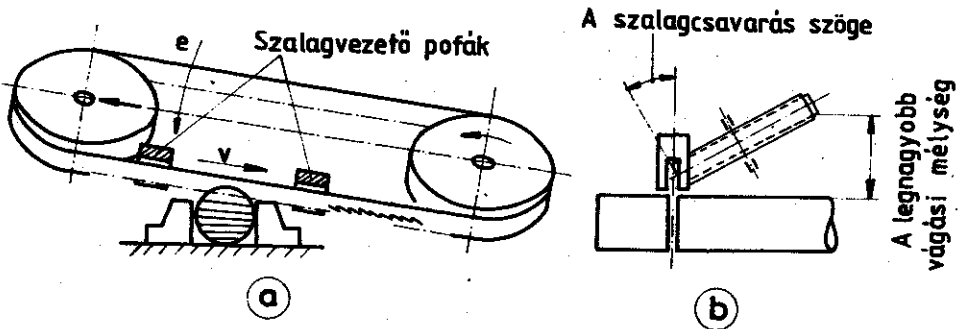
7.8 ábra
 Szalagfűrész (lágú anyagokhoz): a) szalagfűrész, b) normál fog és hézagolt fog



7.9 ábra
 Idomvágó szalagrűfész vázlata

tolású szalagfűrészek is. A forgácsot levegősugárral távoltítják el. Zárt, belső kerület fűrészelésekor a szalag forrasztási helyét megbontják, a munkadarabba készített furaton átfűzik, majd a végeket ismét összeforrasztják. E művelet elvégzésére a gépeken még egy kis köszörű (a végek letisztítására) és villamos forrasztókészülék is van.

A daraboló szalagfűrész (7.10 ábra) tárcsái billenthető, ferde keretbe vannak ágyazva. A darabolási hely előtt és után felszerelt vezetők a szalagot a függőleges vágási síknak megfelelően elcsavarják. A fűrészkeret előtolását csavar vagy súlyterhelésű, esetleg hidraulikus mechanizmus végzi.



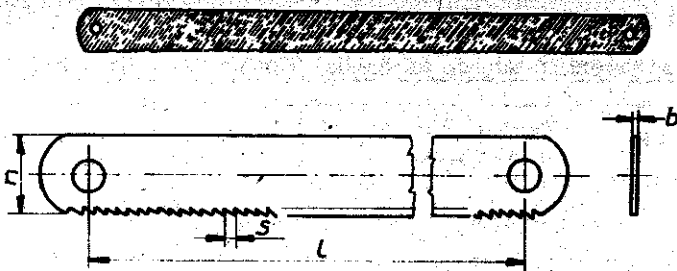
7.10 ábra
Daraboló szalagfűrész vázolata

7.23 Darabolás keretes fűrészgépen

Szerszámait: a gépi fémfűrészlapok (7.11 ábra), amelyek egyik oldalukon fogazott szerszámok. Fogaik aszimmetrikusak. Különböző fogosztással és ennek megfelelően különböző vastagsági méretekkel készülnek. Anyaguk gyorsacél vagy nagyteljesítményű szerszámacél.

A keretes fűrészgépek egyenesvonalu, alternáló főmozgását a fűrészkeretbe fogott fűrészlap végzi (7.12 ábra). A fűrészkeretet forgattyus mechanizmus működteti. A lökethossza állandó. A főhajtóműben a kettős löketek száma változtatható ($z = 2 \dots 4$).

Gyártanak fokozat nélküli mechanikus hatjású gépet is. A mélyítő előtolást a fűrész anyagra gyakorolt nyomása határozza meg. Egyszerűbb gépeken ezt a nyomást változtatható súlyterheléssel állítják be, korszerű gépeken hidraulikus berendezést használnak. Ez utóbbival a nyomás tág határok között, menet közben is változtatható. A hidraulikus berendezésnek további feladata is van: holtlöklet alatt a fűrészét kis mértékben fel-emeli az anyagról, a befejezett vágás után pedig az egész keretet alap-



7.11 ábra
Gépi fémfűrészlap (MSZ 3962 alapján)

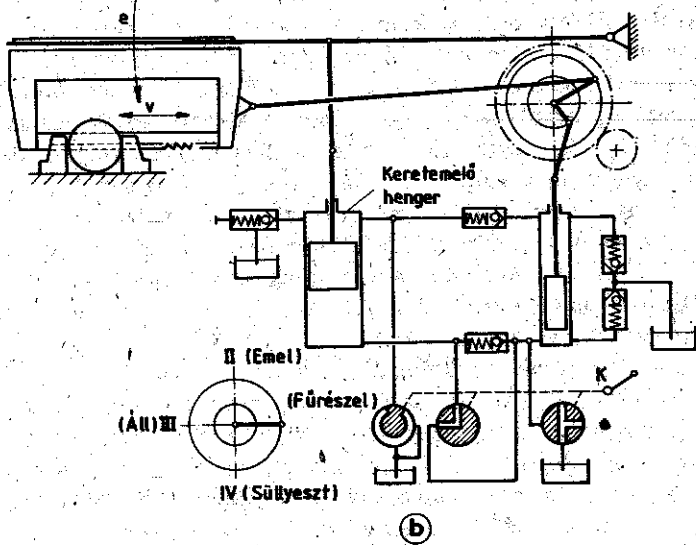
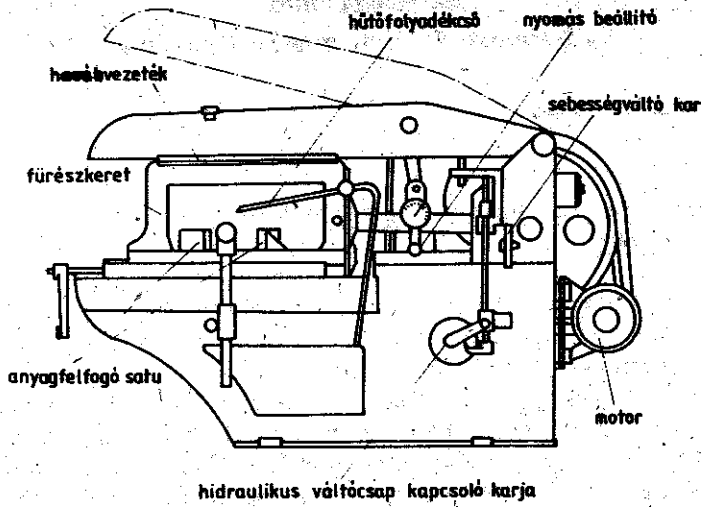
helyzetbe emeli. A keretes fűrészgép működése a 7.12 ábrán látható elvi vázlat alapján végigkövethető.

Ha összehasonlítjuk a különböző fűrészelési eljárásokat, megállapíthatjuk, hogy a legnagyobb forgácsolási sebességek szalagfűrészekkel érhetők el. Darabolásnál alapvető fontossággal bír a darabolási veszteség, amelynek értéke a szalagfűrésznél a legkisebb, míg a körfűrészeknél lényegesen nagyobb. Az arányokat jól érzékeltetik a 7-1. táblázat adatai, amelyek $D = 50$ mm gyorsacél rud darabolására vonatkoznak. Érdekes összehasonlításra adnak lehetőséget a gépi idők is, amelyek azt mutatják, hogy a legtermelékenyebb eljárás a körfűrészszel történő darabolás. Megfigyelhető a szalagfűrészszel történő darabolás terjedése, különösen drága anyagok esetén, hiszen a darabolási veszteség minimális és a termelékenység is kielégítő.

Összehasonlító adatok különböző fűrészelési eljárásokra

Az eljárás megnevezése	Technológiai adatok		Anyagvesztés (mm)	Gépidő (min)	Termelékenység db/műszak
	v m/min	v _f mm/min			
Darabolás körfűrészsel	30	55	2,5	0,9	343
Darabolás szegmensbetétes körfűrészsel	8	50	7,0	1	320
Darabolás szalagfűrészsel	30	12	1,0	4,2	96
Darabolás kettes fűrészgépen	13	44	1,5	11,4	41

Megjegyzés: a táblázat adatai D = 50 mm gyorsacél rud darabolására vonatkoznak.



7.12 ábra
 Keretes fűrészgép: a) körvonalrajz, b) működési vázlat

8. Köszörülés és befejező felületi megmunkálások

8.1 Köszörülési műveletek

8.1.1 A köszörülés az abrazív megmunkálások rendszerében

A fémek korszerű megmunkálási eljárásainak széles körű bevezetése a műveletközi ráhagyások fokozatos csökkentését vonja maga után. Az előgyártási technológiák fejlődése és elterjedése megváltoztatja a forgácsoló megmunkálások jellegét. Ezen minőségi változások következménye, hogy a tipikus nagyoló megmunkálási módok fokozatosan háttérbe szorulnak, és helyüket a finomfelületi megmunkálás foglalja el. Ezt a korszerűsödési folyamatot jelzi a forgácsoló megmunkáláson belül a köszörülés részarányának és minőségének állandó, fokozatos növekedése.

A gépgyártás e században lemérhető fejlődésével újabb és újabb finommegmunkálási eljárások alakultak ki, amelyek közös jellemzője, hogy a szabálytalan élgeometriájú kemény szemcséket kötött vagy szabad formában felhasználgják. Indokolt valamennyi eljárást összefoglalóan abrazív megmunkálásnak nevezni. A hangsúlyt ezáltal a forgácsolást végző szemcsére helyeztük, amelynek tulajdonságai a technológiák jellegét döntően megszabják. Ennek megfelelően abrazív megmunkálásnak nevezzük minden olyan anyagmegmunkálási eljárást, amelynél a forgácsleválasztást kemény, éles szemcsék végzik, melyek igen nagy sebességgel, 10...100 m/s haladnak át a kialakítandó felületen és azon különböző erősségű karcot alakítanak ki. A karcot egyidejűleg igen nagyszámú szemcse végzi, és a karcok nagy részénél a folyamat mikroszkópius méretű forgács (anyagrészecke) leválásával zárul.

Az igen kisméretű, 10^{-3} ... 10^{-6} (mm³), forgács ellenére abrazív megmunkálásnál kielégítő termelékenység érhető el, mivel a forgácsolási sebesség nagy és egyidejűleg igen sok abrazív szemcse forgácsol.

Az abrazív megmunkálás igen nagy pontosságot és igen jó felületi minőséget biztosít és ezért elsősorban befejező (finomító) eljárásnak tekintik, de számtalan példát lehetne említeni, amikor ezt az eljárást nagyolásra is igénybe lehet venni. Az abrazív megmunkálás széles körű alkalmazása az alak- és méretpontosság, valamint felületi minőség biztosításán túl, azzal is kapcsolatos, hogy az alkatrészek megmunkálás közben általában hőkezelési (edzési) eljárásokon is keresztül mennek, keménységük és szilárdságuk növekedése következtében az edzést követő megmunkálásuk már csak igen kemény szerszámmal valósítható meg, tehát gyakorlatilag abrazív megmunkálást igényelnek.

Az abrazív megmunkálás, mint szabálytalan sokélű szerszámmal végzett forgácsolás, történhet kötött szemcséjű szerszámokkal vagy szabad állapotban levő abrazív szemcsékkel. Ha a szemcsék kötött állapotban vannak, azaz ha azokat valamilyen anyag úgy tart össze, hogy egy merev, szilárd testszerű szerszám alakul ki, és azzal végezzük a forgácsolást, akkor köszörülésről beszélünk. Ha az abrazív szemcsék szabad (kötetlen) állapotban kerülnek a munkadarab felületével kölcsönhatásba, akkor szabad szemcséjű abrazív megmunkálást kell ez alatt érteni. Az ilyen megmunkálás általánosan használatos elnevezése a tűkröstités.

Az abrazív megmunkálásokat a mérettartás és a felületi minőség szempontjából három csoportba sorolhatjuk:

- mérettartó abrazív megmunkálások,
- felületkikészítő (felületi minőséget javító), abrazív megmunkálások,
- anyagszétválasztó abrazív megmunkálások.

8.111 Mérettartó abrazív megmunkálások

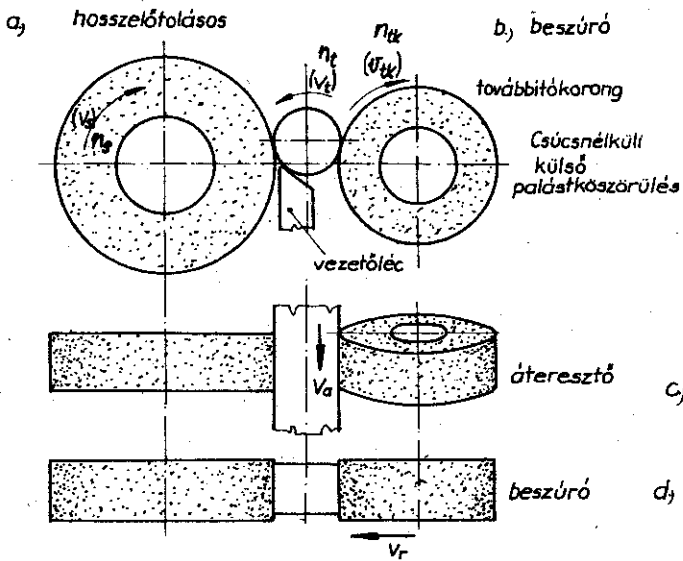
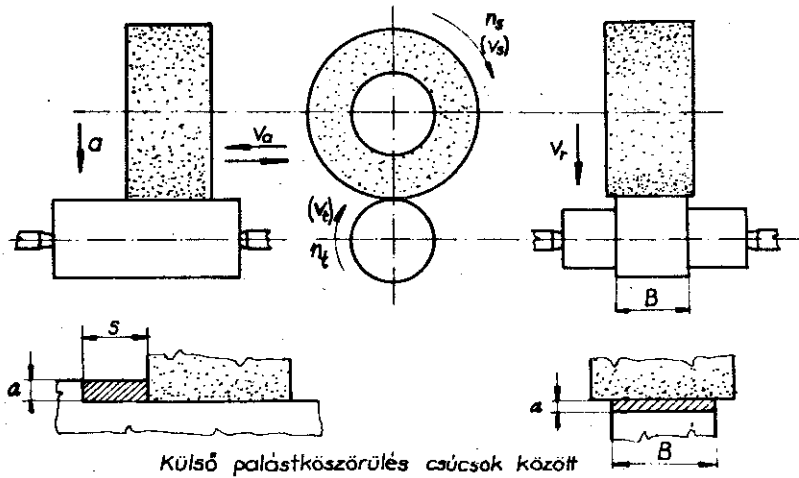
A mérettartó abrazív megmunkálásokkal a munkadarab méretét vagy alakját, vagy egyidejűleg mindkettőt meghatározott felületi minőségben lehet előállítani. E csoportba sorolható eljárásokat köszörülésnek nevezük. Meg szokták különböztetni a csoporton belül azokat az eljárásokat, amelyek $R_a < 1,6 \mu\text{m}$ felületi érdességet biztosítanak, mint finomfelületi megmunkálásokat. Az eljárások célszerű felosztása a megmunkált munkadarab felülete szerint lehetséges.

A köszörülés változatai elsősorban nem az alkalmazott szerszám tekintetében különböznek egymástól, hanem a megmunkálandó felület típusa és elhelyezkedése, valamint a szerszám gép típusa határozza meg azokat. A köszörülési eljárások főbb változatai a 8.1, 8.2, 8.3 és 8.4 ábrákon láthatók.

A legáltalánosabb eljárás a külső hengeres felületek köszörülése, vagy palástköszörülés. A folyamat megvalósításához szükséges mellékmozgásoktól és a gép típusától függően a palástköszörülés főbb fajtái: (lásd 8.1 ábra).

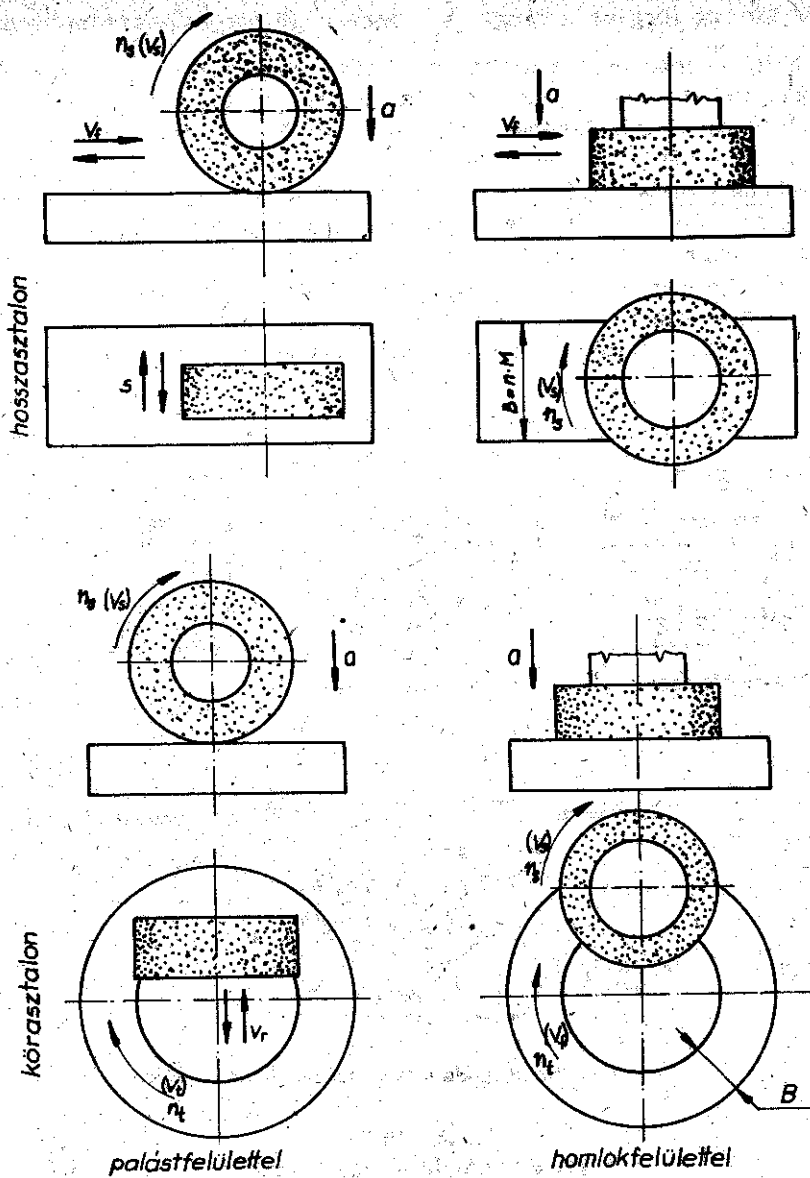
Csucsközötti palástköszörülés, mely megvalósítható hosszeltolással vagy beszűrő eljárással. Az eljárás lényege, hogy a munkadarabot a gépasztalra szerelt csucsközé fogják, majd tengelye körül forgatják, miközben a szerszámot és a munkadarabot egymáshoz viszonyítva axiális (v_a) vagy radiális (v_r) irányban elmozdítják.

Csucs nélküli külső (palást) köszörülésnél a munkadarabot nem fogják csucsközé, hanem az egy támasztó lécen felfeküdve, a köszörűszerszám és a továbbító korong között helyezkedik el, miközben a to-



8.1 ábra

A palástkösörülés főbb változatai: a) csúcsok közötti oldal-előtolásos, b) csúcsok közötti beszűrő kösörülés, c) csúcs nélküli átéresztő, d) csúcs nélküli beszűrő kösörülés

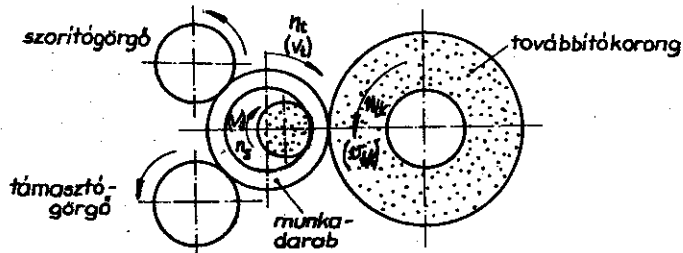
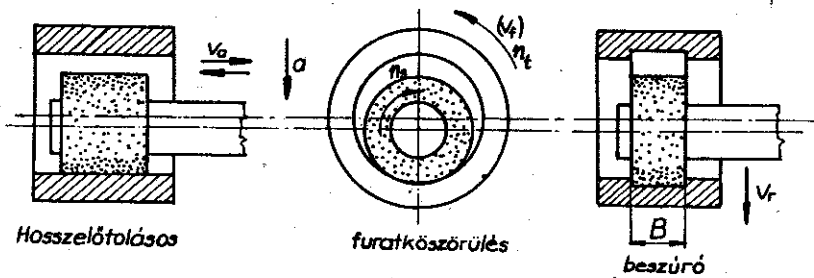


Sikközörülés

8.2 ábra
A sikközörülés főbb változatai

vábbító korong forgása a tárgy v_t sebességű forgását eredményezi. Ha a továbbító korong és a munkadarab kitérő tengely mentén kapcsolódik, az utóbbi axiális mozgást is kap. Ez az ún. áteresztő eljárás (hosszu munkadarabok köszörüléséhez). Ha rövid munkadarabot kell megmunkálni, akkor itt is lehet a beszűrő eljárást alkalmazni.

Sikköszörülés (8.2 ábra). A sikköszörülés kinematikáját tekintve a síkmaráshoz hasonló külsőleg. A munkadarabot a gépasztalon rögzítik (általában mágnesasztalon) és a sík köszörülését vagy a korong palástjával (palástmarás analógia), vagy pedig a korong homloksíkjával (homlokmarás analógia) végzik. Általában a ráhagyást több fogásban távolítják el, ezért a v_f előtolómozgás sikköszörülésnél alternál.



Furatköszörülés csúcsnélküli köszörűgépen

8.3 ábra

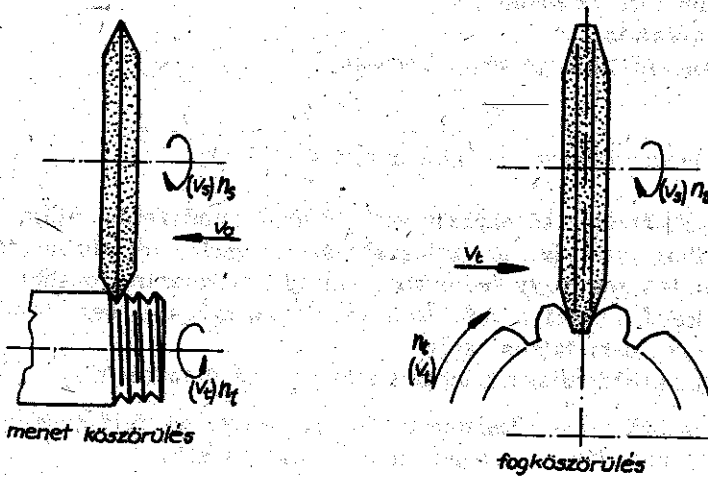
A furatköszörülés változatai

A sikköszörülés megvalósítható hossz- vagy körasztalon. A körasztalon való megmunkálás előnye, hogy a mellékmozgások egyik v_t összetevője folytonos lesz, tehát egyéb változatlan feltétel mellett növelhető a termelékenység. A 8.2 ábrából is következik, hogy a köszörűkorong munkafelületétől és a gépasztal konstrukció típusától függően a sikköszörülés mozgásigénye változik.

Belső hengeres felületek köszörülése vagy furatköszörülés (8.3 ábra). A furatköszörülés mozgásigényét tekintve azonos a külső palástköszörüléssel és ezért ezt a két változatot összefoglaló néven körköszörülésnek is szokás nevezni.

A furatköszörülésnél leggyakrabban a munkadarab forog, de vannak esetek, amikor a köszörűkorong végez a munkadarabhoz viszonyítva bolygómozgást. A furatköszörülésre ugyanazok a nehézségek jellemzők, mint a furatmegmunkálásra. Általában a szerszámot egy szűk térben kell elhelyezni, ezért a szerszám merevsége nem kielégítő és nem tesz lehetővé termelékeny megmunkálást, nő a rezgésveszély stb. Ezzel kapcsolatos, hogy a furatköszörülést általában hosszalótólással végzik, bár a beszűrő eljárás is használatos, de csak egy bizonyos, nem nagy megmunkálási B szélességig.

Furatköszörülésnél is alkalmazható csucs nélküli eljárás, különféle gyűrűszerű alkatrészek megmunkálásánál. Ebben az esetben a vezetőlécet vagy támaszt két görgő hegyettesíti, melyek közül egyik a támasztó, a másik pedig a szorítógörgő. Egyéb vonatkozásban a folyamat azonos a külső csucs nélküli köszörüléssel. Az eljárás nagy termelékenységgel és pontosságával tűnik ki.



8.4 ábra

Alakos felületek köszörülése

Fenti főbb köszörülési változatokon kívül még számtalan eljárást alkalmaznak az alkatrészgyártásban, így például a 8.4 ábrán vázolt menet- és fogköszörülést.

Finomfelületi megmunkálások közé sorolják az alábbi eljárásokat:

- finomköszörülés,
- tükrösítítés (szuperfiniselés),
- dörzsköszörülés (hónolás),
- tükrösítés (lappelés).

8.112 Felületkikészítő abrazív megmunkálások

Munkadarabok megmunkálásának utolsó műveleteként a felület megkivánt minőségét felületkikészítéssel adják meg. Ha az eljárás köszörűszemcséket alkalmaz, szerszámként, akkor vagy csiszolásról, vagy fényesítésről beszélünk. A kettő közötti különbség csak a felület kvalitatív megítélésében van: a csiszolt felületen még láthatók karcok, a fényesített felületen a karcnyom már nem megengedett. A szemcse folyadékban, pasztában, vagy valamilyen hordozó anyagon (vászon, papír, stb.) esetleg különféle méretű és alakú hasábokon (dobcsiszolás) kerül érintkezésbe megmunkálendő darab felületével.

Ide sorolható megmunkálási módok:

- folyadéksugaras csiszolás,
- vibrációs csiszolás,
- fényesítés,
- csiszolószalagos megmunkálás.

8.113 Anyagszétválasztó abrazív megmunkálások

Anyagszétválasztó abrazív eljárásokkal rendszerint előgyártmányok (nyersdarabok) szétvágását, feldarabolását végzik, tág tűréshatárokon belül. A szétvágott vagy fedlarabolt anyag rendszerint további megmunkálás alá kerül, ezért a művelettel szemben méret-, sem felületi követelményeket nem támasztanak.

Az anyagszétválasztó megmunkálások közé tartozik:

- Köszörűtárcsás fémdarabolás, az öntvények felöntéseinek levágása, nem fémes anyagok megmunkálása stb.

Szűkebb értelemben vett köszörülés és módozatai tehát a mérettartó abrazív megmunkálások csoportját alkotják és a finomfelületi megmunkálásokkal együtt jelentőségük a forgácsoló megmunkálásokban fokozódik.

Jól érzékelhetjük a gépipar termékeinek minőségi fejlődését, ha a megmunkálás pontosságának fokozódását felmérjük. Kiderül, hogy 1910. és 1960 között tíz évenként a pontosság egy-egy IT tűrésminőséggel növekedett.

Ma már nem ritka a néhány μm nagyságu mérettűrés, míg az alak- és helyzetűréseknél egy μm értéknél kisebbek is előfordulnak. Ez a fejlődés a köszörülés fontosságát két okból is aláhuzza.

Nem mindegy ugyanis, hogy mennyire gazdaságosan sikerül egy alkatrész pontosságát biztosítani. Ha az alkatrész vagy termék sorozatnagysága elég nagy és az előgyártmány pontossága is elér egy adott határt, akkor bizonyítható, hogy a közbenső esztergáló (vagy más forgácsoló) műveletek elhagyásával gazdaságosabb a köszörülés alkalmazása. Ha az alkatrész finomfelületi megmunkálással kapja meg végső tűrését és alakját, akkor az itt megkívánt szűktűrésű ráhagyások megelőző operációként ugyancsak a köszörülést igénylik.

Az előzőekben kiemelt technológiai szempontokat alátámasztja, hogy a gépipari üzemekben a köszörűgép a géppark 15-20%-át teszik ki.

A köszörüléssel elérhető méretpontosság és átlagos érdesség értékeit az alábbiakban foglaljuk össze:

Köszörülési mód:	Pontosság (IT):	Érdesség (Ra):
- nagyoló köszörülés	9...11	3,2...6,3
- félsimító köszörülés	8...9	0,8...3,2
- simító köszörülés	6...8	0,4...1,6
- finomköszörülés	4...5	0,1...0,4

8.12 A köszörülés technológiai jellemzői

A köszörülési műveletek végrehajtásának technológiai lehetőségei elsősorban a választott köszörűgéptől és a köszörűszerszámtól függenek.

A köszörülés bonyolult kinematikájú forgácsolás, mely független főmozgás mellett összetett mellékmozgással valósul meg. A mellékmozgások iránya, nagysága és mennyisége elsősorban a gép típusától, a munkadarab alakjától, a megmunkálandó felület nagyságától, elhelyezkedésétől és a korong típusától függ.

Köszörülésnél a főmozgást mindig a köszörűszerszám végzi, ezért a forgácsolási sebesség megegyezik a korong kerületi sebességével. A sebesség jelölése:

$$v_k \text{ vagy } v_s$$

mértékegysége: m/s.

Megjegyzés: köszörülésre vonatkozólag a szakirodalomban a szer- számmal kapcsolatos mennyiségek jelölésére az "s" ill. "k", a munkadarabbal kapcsolatosan pedig a "t" (tárgy) vagy "d" (darab) indexe-

ket használják. Ha az index elmarad, akkor a mennyiség a szerszámra vonatkozik.

További mennyiségek:

- n_s vagy n_k - a köszörűkorong fordulatszáma 1/min
- n_t vagy n_d - a munkadarab fordulatszáma, vagy haladó mozgás esetében a löketek száma 1/min
- d_s vagy d_k - a köszörűkorong átmérője mm,
- d_t vagy d_d - a munkadarab átmérője mm,
- v_f - előtolási sebesség (m/min),
- v_d vagy v_t - tárgysebesség m/min
- v_s vagy v_k - a köszörűkorong kerületi sebessége m/s.

Ha a munkadarab összetett mellékmozgást végez, mint például hosszlelőtolásos palástköszörülésnél, akkor az előtolási sebesség nem azonos a tárgysebességgel. Egyszerű mellékmozgás esetében a két mennyiség megegyezik.

- s - előtolás (a tárgy egy fordulatra vagy löketére vonatkoztatva), mm
- a - fogásmélység mm,
- B - köszörülési szélesség mm.

Köszörülésnél igen nagy jelentősége van az előtolási sebesség értelmezésének: ha a korong forgását megszüntetjük, akkor annak, mint merev testnek, a munkadarabhoz viszonyított relatív mozgása az eredő előtolómozgás, melyet a v_f előtolási sebességgel lehet jellemezni. Ebben az egyszerűsített modellben hasonlóan kell a mozgásokat vizsgálni, mint az esztergálásnál vagy gyalulásnál: a mellékmozgás fő összetevője a v_t tárgysebesség, a járulékos összetevő pedig a radiális vagy axiális elmozdulás v_r vagy v_a . Ha ezek a mozgások szakaszosak (sikköszörülés a korong palástjával), vagy hiányoznak (sikköszörülés a korong homloklapfelületével) az előtolási sebesség azonos lesz a tárgysebességgel (egyszerű mellékmozgás).

Közelítőleg beszűrő köszörülésnél is azonos a két sebesség, mivel a járulékos összetevő nagyságrendekkel kisebb a tárgysebességnél.

A köszörűkorong forgácsolás közben behatol a munkadarabba. Ez a behatolás jellemezhető a tárgysebesség irányára és a köszörült felületre egyaránt merőleges x vastagságu és y szélességű szelvényvel. Ennek a szelvénynek a területe az elméleti rétegkeresztmetszet, ami azonos a tárgy egy fordulatára vagy lökete alatt leválasztott anyag rétegének keresztmetszetével.

Az elméleti "forgácskeresztmetszet" tehát:

$$A = xy \text{ mm}^3$$

A köszörülési változattól és annak konkrét megvalósításától függően a rétegvastagság és -szélesség valamelyik forgácsolási tényezővel azonosítható az alábbiak szerint:

	s	a	B
hosszelőtolasos	y	x	-
Kör köszörülés			
beszuró	x	-	y
palástfelülettel	x	y	-
Sík köszörülés			
homlokfelülettel	-	x	y

A mindenkorli előtolás nagyságát a járulékos mellékmozgás sebességéből kell meghatározni:

$$s = \frac{v_a}{n_d} \quad - \text{hosszelőtolásnál;}$$

$$s = \frac{v_r}{n_d} \quad - \text{beszuró eljárásnál.}$$

ahol a v_a vagy v_r - axiális vagy radiális járulékos előtolási sebesség (mm/min) mértékegységben kifejezve.

Az esztergáláshoz vagy gyaluláshoz hasonlóan, az elméleti forgácskeresztmetszet, a munkadarabhoz viszonyítva v_t sebességgel mozog, tehát időegység alatt egy $(A \cdot v_t)$ térfogatu idomot hagy maga után. Ennek megfelelően az anyagleválasztási sebesség:

$$q = A \cdot v_t \quad \text{cm}^3/\text{min.}$$

Fontos megjegyezni, hogy köszörülésnél az anyagleválasztási sebesség - legalább is matematikailag - független a főmozgás nagyságától, mint ahogy az már marásnál is tapasztalható volt. Az anyagleválasztási sebességet meghatározó tényező szerepét köszörülésnél a tárgysebesség játssza.

Könnyen megjegyezhető adat, hogy acélok köszörülésében általánosan alkalmazott közepes keménységű és szemcséjű köszörűkorongok 1 mm

szélességével percenként 500 mm^3 fémtérfogat is leválasztható a munkadarabról, feltéve, hogy elég merev a köszörűgép szerszámtartó tengelye, és elegendő nagy a gép teljesítménye.

A ma szokásos köszörülési sebességekkel ($v_s = 30 \text{ m/sec}$) 1 cm korongszélesség esetén $2-3 \text{ kW}$ teljesítményt igényel a fenti fémmennyiség leválasztása. Tehát ha figyelembe vesszük, hogy sikköszörűgépeken jelenleg alig találunk $3-4 \text{ kW}$ -os motoroknál nagyobbakat, akkor könnyen érthető, hogy a rajtuk alkalmazott $20-30 \text{ mm}$ szélességű köszörűszerszámok egyáltalán nincsenek kihasználva.

A köszörűkorong és a munkadarab kerületi sebességének a viszonyától ($\nu = \frac{v_s}{v_t} \frac{\text{m/s}}{\text{m/min}} = 1 \dots 2,5$) döntő mértékben függ a megmunkálás

minősége, termelékenysége és gazdaságossága. Éppen ezért az un. gyorsköszörülés esetén a szerszám kerületi sebességét $v_s \approx 50 \text{ m/s}$ nagyságúra választják és a sebességhányados értékét $\nu = 60$ körüli értéken tartják.

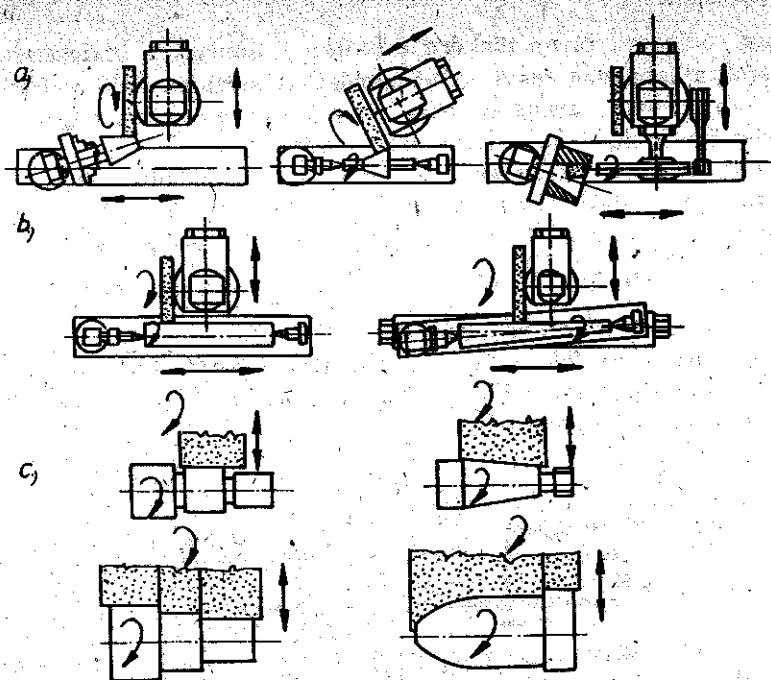
Gyorsköszörüléshez minden korszerűbb felépítésű, kis rezgésszintű hagyományos beszuró, furatköszörűgép, vagy egytetemes köszörűgép alkalmas, amelynek megfelelő köszörű- és tárgyorsó fordulatszám tartománya, folyamatos előtolórendszere és biztonsági berendezése van. Gyorsköszörüléshez rendszerint ritkább szerkezetű, nagy kötészilárdságú keramikus köszörűszerszámokat használunk.

8.121 Külső hengeres felületek köszörülése csucsk között

Külső hengeres, kupos, alakos és homlokfelületeket körköszörű gépeken köszörülünk meg. Megmunkáláskor a munkadarabokat vagy csucsk közé, vagy tokmányba fogjuk. A szegnyereg oldaláról a munkadarab beszorítását rugó végzi.

A 8.5 ábrán mutatunk be a körköszörűgépeken szokásos köszörülési módokat. A körköszörűgépeket fel szoktuk osztani egytetemesekre, nem egytetemesekre, beszuró-, és különleges gépekre. Az egytetemes körköszörűk abban különböznek a nem egytetemesektől, hogy a munkadarab vagy a köszörűkorong orsószekrénye úgy állítható el, hogy a munkadarabon nagy kúpszögű kupos felületet lehessen köszörülni (8.5/a ábra). Némelyik típus még furatköszörű orsóval is el van látva.

A nem egytetemes szerszámgepeken csak enyhe lejtésű kupokat lehet köszörülni (8.5/b ábra) az asztal elforgatásával, de ezeknek a kupoknak a szöge legfeljebb 7° .



8.5 ábra

Kup és alakos felületek köszörülésének változatai

A beszuró eljárással működő gépek termelékenysége sokkalta nagyobb (8.5/c ábra), mint a hosszirányban köszörülő gépeké.

A különleges gépek csoportjába azok a köszörűgépek tartoznak, amelyekkel belsőégésű motorok bütyköstengelyeit, forgattyus tengelyeit, görgőscsapágyak belsőgyűrűjének pályáját stb. köszörüljük.

A csucssokkal működő köszörűgépeken a munkadarabokat álló csucsk közé fogjuk. A központfuratot köszörülés alatt mindig kenni kell. Nehéz munkadarabok megmunkálásakor G 30. jelű ipari kenőolajban feloldott ólomfehéret alkalmazunk, de hatásos még a következő összetételű kenőanyag is: 65% solidol (ásványi olajba kevert kalciumszappan), 25% kréta, 5% kén és 5% grafit.

Amikor nagyszúlyu munkadarabokat hosszantartóan kell köszörülni, nehogy a csucsk kenése a megmunkálás alatt fennakadást szenvedjen, ajánlatos olyan különleges csucskat alkalmazni, amelyeken kenőhorony van kialakítva. Hosszantartó köszörüléshez keményfém betétes csucskat célszerű alkalmazni.

Különböző szerkezeti kialakításu menesztőket szoktunk alkalmazni a munkadarab forgatásának biztosítására. Gyakran használatos a menesztősziv, vagy a menesztőgyűrű.

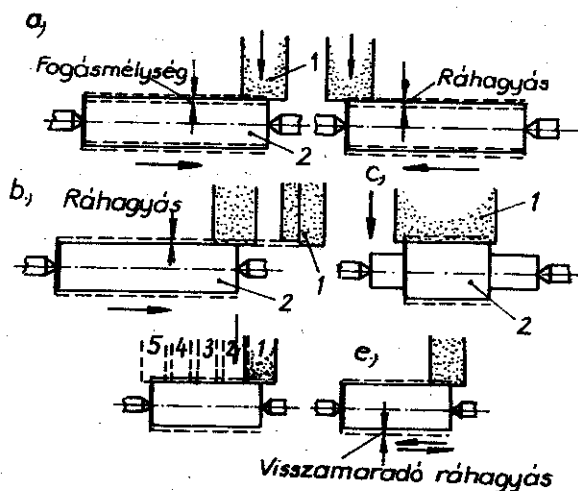
Azokat a munkadarabokat, amelyeken meglehetősen nagy átmérőjű

furat van, célszerű olyan tüskére erősíteni, amelyiken kialakított központfuratok alkalmassá teszik a köszörűgép csucsaira való felfogásra.

Olyan hosszú munkadarabokat, amelyekkel szemben nagyok a pontossági követelmények, bábbal kítámasztva köszörülük.

Külső hengeres felületek csúcok közötti köszörülésének technológiai változatait foglalja össze a 8.6 ábra. Az elérhető méretpontosság félsimító köszörülésnél IT 8-IT 9, a felületi érdesség $R_a = 0,8 \dots 3,2 \mu\text{m}$. Simító köszörülésnél IT 6-IT 8 a méretpontosság és $R_a = 0,4 \dots 1,6 \mu\text{m}$ felületi érdesség biztosítható.

Külső hengeres felületek hosszeltolással történő köszörülésekor a tengelyirányú előtolással biztosítjuk a munkadarab teljes hosszán a forgácsleválasztás folyamatosságát.



8.6 ábra

Külső hengeres felületek köszörülésének egykorongos technológiai változatai

A hosszeltolós köszörülés (8.6/a ábra), tengely köszörülésére igen elterjedt és alkalmas. A szerszámgép szerkezeti kialakításától, a megmunkálendő darabtól vagy a korongtól függően megválasztott hosszirányú előtolással végigköszörüljük a felületet. Minden végigköszörülés után új fogást veszünk a köszörűkoronggal. A hosszirányú előtolás a munkadarab egyetlen körülfordulására, nagyoló köszörülés esetén általában a korongvastagság $0,5 \dots 0,8$ része, simító köszörüléskor ugyanezen $0,2 \dots 0,5$. A fogásmélység nagyolásnál $0,02 \dots 0,06 \text{ mm}$, simításnál pedig $0,005 \dots 0,02 \text{ mm}$. A köszörülési művelet végén az utolsó fogásoknál nem veszünk fogásmélységet, kiszikráztatjuk a darabot. Ezt addig szoktuk csinálni, amíg a szikraképződés meg nem szűnik.

A kiszikráztatásra a munkadarab rugalmas deformáció okozta méretváltozásának kiküszöbölésére van szükség.

Átmérőre köszörüléskor a korongot az elérendő átmérőre állítjuk, és ezzel a szerszámbeállítással végigköszörüljük egyszer a munkadarabot.

Átmérőre köszörüléssel (8.6/b ábra) merev munkadarabon viszonylat rövid szakaszokat köszörülünk meg. Ilyenkor a teljes ráhagyást vagy ennek majdnem teljes értékét egyetlen fogásvétellel távolítjuk el, kis hosszirányú előtolási érték alkalmazásával ($s = 2 \dots 10$ mm/munkadarab ford.). A fogás befejeztével a korongot visszaállítjuk kiindulási helyzetébe. A korongot szabályozzuk.

Lépcsős hengeres felületek köszörülése nagy gondosságot igényel. A munkadarab hosszmereteit már a köszörülést megelőző műveletben nagyon pontosan kell elkészíteni, és a köszörülési hosszakat igen gondosan kell beállítani. Sorozatgyártáskor is a munkadarabok vállainak helyzete pontatlan lehet, ekkor minden egyes munkadarabhoz külön kell az ütközőket beállítani, mert ellenkező esetben a köszörülőkorong egyes homlokfelületeket nem ér el és nem munkál meg, más helyeken pedig belefut a homlokba és a köszörülőkorong szétrobbanhat. Így kell egyedi munkadarabnál is eljárni.

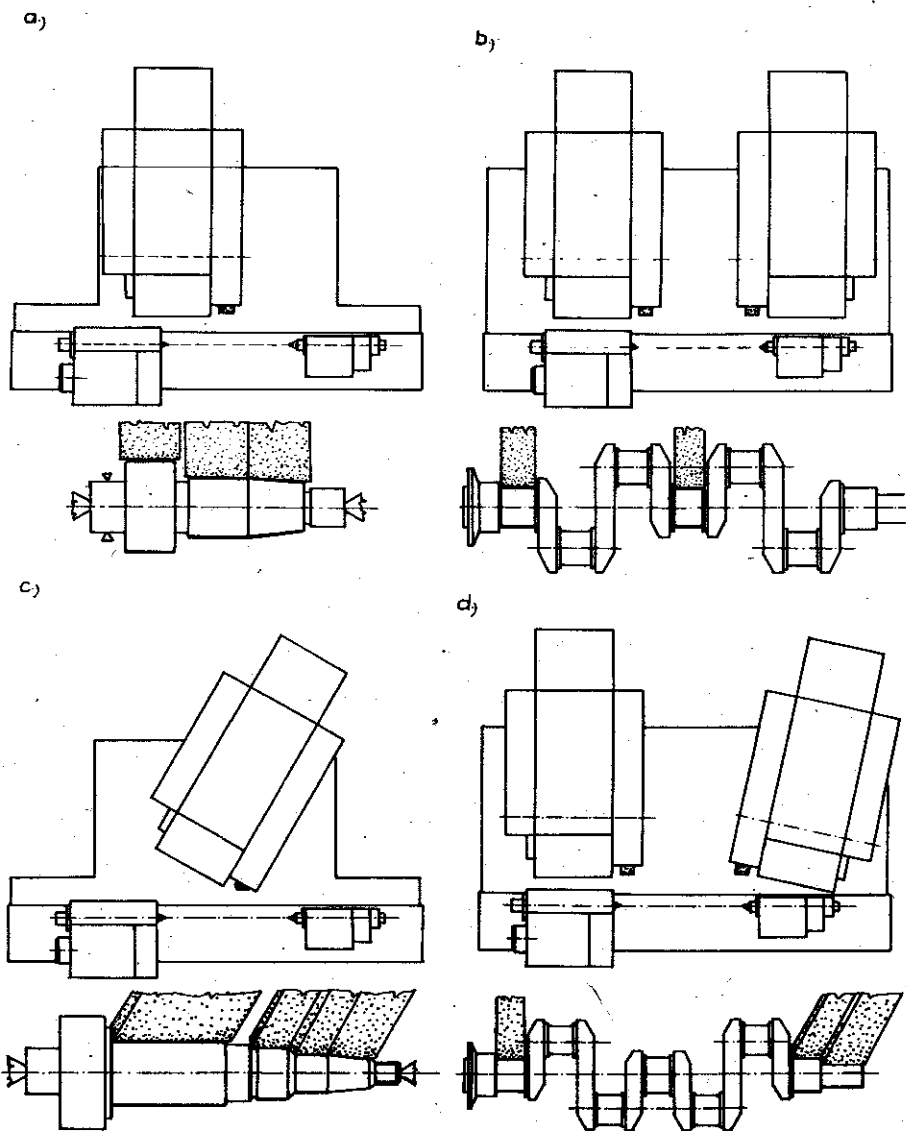
Amikor a lépcsők tövében lekerekítés van, a korongot annak megfelelően kell szabályozni, és a lekerekítést már az előző műveletben el kell készíteni. Amikor mind a lekerekítést, mind pedig a homlokfelületet köszörülni kell, a hosszirányú mozgást a lekerekítés előtt ütköztetjük és innen kézzel vezetve a korongot munkáljuk meg a lekerekítést és a homlokot.

Rövid munkadarabok termelékenyen munkálhatók meg beszűrő köszörüléssel.

Beszűrő köszörülést (8.6/c ábra) széles köszörülőkoronggal a megmunkálendő felület egészén egyszerre végezzük. Kizárólag keresztirányú előtolás van, ami lehet folyamatos vagy szakaszos (a munkadarab egyetlen fordulatára). Az előtolás történhet kézzel vagy automatikusan és a munkadarab egyetlen fordulatára $0,02 \dots 0,010$ mm értéket képvisel. Egyes esetekben a korong kismértékű, legfeljebb 3 mm amplitúdójú, hosszirányú oszcilláló mozgást is kaphat.

A beszűrő köszörülési eljárást széles körben alkalmazzuk tömeg- és nagyszorozatgyártás feltételei között forgattyus tengelysap, büttyökös és vállas tengelyek, valamint egyéb hengeres, kupos vagy alakos forgásfelületek megmunkálására, amelyek hossza nem haladja meg a $200 \dots 300$ mm-t. Ez az egyik legtermelékenyebb köszörülési eljárás.

Lépcsős, vállas vagy alakos forgásfelületű munkadarabokat beszűrő eljárással köszörülhetünk a 8.7 ábra szerinti elrendezéssel is. A korong és a munkadarab tengelye szöget zár be. Ezzel az eljárással a homlokfelületek is köszörülhetők, a megfelelő szögű korongelállítással a korong kerületi sebességváltozását a minimumra lehet csökkenteni.



8.7 ábra

Különböző felületek köszörülése szabályzott korongokkal

Lehetséges több felület egyidejű köszörülése megfelelően felszabályzott koronggal vagy több koronggal, amelyeket sorban egyetlen orsóra fogtunk. A 8.7/a és c/ ábra példát közöl egyetlen koronggal több felület egyszerre megköszörülésére. Mindkét esetben igen széles korongot használunk. Két egymás mellett elhelyezett koronggal végzett köszörü-

lés látható még a 8.7/b ábrán, egyoldalon elhelyezett három korong-profil működése látható a 8.7/c és d. ábrán.

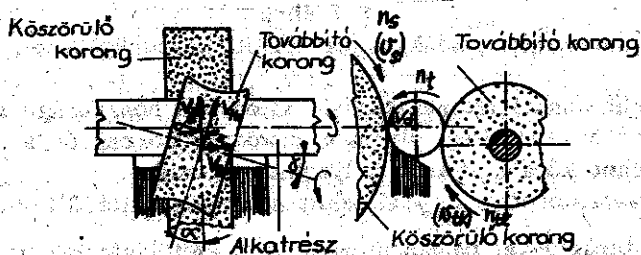
Szakaszos beszűrő köszörülést (8.6/d ábra) alkalmazunk igen merev munkadarabokon, sorozatgyártásban. Ennél az eljárásnál a munkadarab felületét több (1, 2, 3, és 5) szakaszban köszörüljük meg, beszűrő eljárással, kizárólag keresztelőtollással. A szakaszok úgy követik egymást, hogy közöttük 5...15 mm átfedést hagyunk.

Kombinált köszörülés (8.6/e ábra). Amikor szakaszos beszűrővel köszörülünk, az egyes szakaszok között bizonyos lépcsők maradnak vissza, ezért ezt az eljárást csak mint előköszörülést alkalmazzuk és nem állítjuk be a végső méretre a műveletet. A megmaradt ráhagyást 0,02...0,03 mm-t, hosszirányu előtolással két-három átköszörüléssel távolítjuk el.

8.122 Csucs nélküli köszörülés

Csucs nélküli köszörűgépeken olyan munkadarabokat köszörülünk, amelyeken nincs központfurat.

Csucs nélküli köszörűgépeken végzett megmunkálás esetén az alkalmazott köszörülési adatoktól és a korong jellegétől függően az IT 6...IT 8 pontosság érhető el.



8.8 ábra

A csucs nélküli köszörülés korongelrendezése

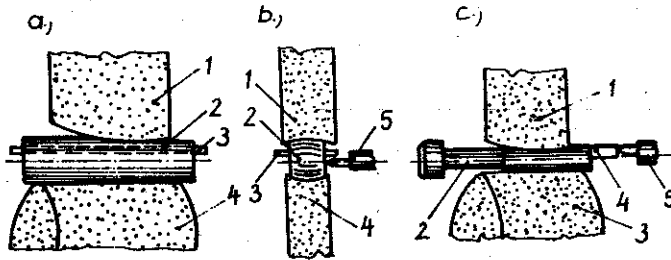
Csucs nélküli köszörüléskor a munkadarab a (8.8 ábra) a támasztóléccel érintkezve a továbbítókorong és a köszörűkorong között helyezkedik el. Mindkét korong azonos irányban, de különböző fordulatszámmal forog. A továbbítókorong kerületi sebessége mindig 25...30 m/min, a köszörűkorongé pedig 30...35 m/s, azaz 60...100-szor annyi, mint a továbbítókorongé.

A munkadarab, amely a támasztóléccen fekszik, és a korong között van, a korongok és a munkadarab között levő surlódóerő következtében,

nagyjából a továbbítókorong kerületi sebességével forog. A korongok kerületi sebességei között levő nagy különbség következtében a surlódás jóval nagyobb a munkadarab és a továbbítókorong, mint a munkadarab és a köszörűkorong között. Miután a csucs nélküli köszörűgépeken alkalmazott továbbítókorongok vulkanit kötőanyaggal készülnek, így közöttük és a munkadarabok közötti surlódási együttható nagyobb, mint a munkadarabok és a köszörűkorongok között, acél megmunkálásakor eléri a 0,6...0,8 értéket.

Miután a köszörűkorong és a munkadarab kerületi sebességében ilyen különbség van, létrejön a köszörülés.

Csucs nélküli köszörűgépeken a megmunkálás történhet hosszolótolással (8.9/a ábra), beszuró eljárással (8.9/b ábra) és ütköztetéssel (8.9/c ábra).



8.9 ábra

Megmunkálási példák csucs nélküli köszörűgépeken

Hosszolótolással (áteresztéssel) különböző hosszúságú sima munkadarabokat köszörülünk meg. Ilyenkor a köszörűkorong és a továbbítókorong egymáshoz képest állandó helyzetben vannak.

A támasztókorong v_{tk} -val jelölt sebességvektorát felbonthatjuk a munkadarab tengelyével párhuzamosan s_a előtolásirányu (tengelyirányu) komponensre és az erre merőleges irányu v_d komponensre, amely a munkadarab forgó mozgását hozza létre.

$$s_a = \lambda \cdot v_o \cdot \sin \alpha,$$

$$v_d = v_o \cos \alpha$$

A λ a munkadarab és a továbbítókorong között fellépő csuszást veszi számításba.

Állandó átmérőjű csapok, rudak köszörülésénél egyik oldalról adagolva (a köszörűkorong ekkor csak forog, mert az előírt fogásmélységre már beállítottuk), a v_f sebességkomponens a munkadarabot a köszörűkorong előtt átvezeti. Ez az áteresztő eljárás.

Ha a munkadarabot azonos csucs nélküli köszörűgépen többször eresztjük át, a köszörűkorongot ne változtassuk. Az alkalmazott forgácsolási adatokban megengedhető variáció a továbbítókorong fordulatszámának megváltoztatásában nyilvánulhat meg.

Az első áteresztésekkor, amikor a köszörülés nagy (s) és (a) értékkel folyik, a fémleválasztás intenzitása a legnagyobb. Ekkor kerül eltávolításra a teljes ráhagyás 70...80%-a.

Tekintettel arra, hogy a továbbítókorongot 6° -nál jobban nem állítjuk el, és ennek cosinusa 0,9945, gyakorlatilag a munkadarab forgásának kerületi sebessége azonosnak vehető a továbbítókorongéval, azaz

$$v_d \approx v_{tk} \quad \text{m/min.}$$

Beszuró köszörüléskor a munkadarab a támasztólécen fekszik és csak forog. Az előtolást a továbbítókorong és a köszörűkorong hozza létre a munkadarab tengelyére merőleges irányu mozgással. A mozgás nagysága a ráhagyás értékével azonos. A köszörülés befejeztekor a továbbítókorong a támasztóléccel és a munkadarabbal eltávolodik a köszörűkorongtól és így mód nyílik munkadarabcsereére.

Beszuró köszörülést a legkülönbözőbb keresztirányú előtolási értékek mellett végzünk. A művelet elején fokozott fogásvétellel eltávolítjuk a ráhagyás jó részét, végül az előtolás nagysága csökken. A legutolsó korongfordulatok előtolás nélkül valósulnak meg, ami jobb minőségű megmunkált felületet biztosít.

Beszuró köszörüléskor a továbbítókorong vagy a vezetőléc párhuzamos a köszörűkorong tengelyével, vagy egészen kis szöggel hajlik el tőle ($0^\circ 30' - 1^\circ$), hogy a munkadarab homlokfelülete kissé nekiszoruljon az ütközőnek.

Az ütköztetéssel végzett köszörülés közbenső megoldás az áteresztő és a beszuró köszörülés között. Ezzel a módszerrel akkor dolgozunk, amikor a munkadarabon olyan szakasz van, amely kizárja, hogy a korongok között az átereszthető legyen. Ilyenek a fejescsavarok, tányéros szelepszárak, vállas tengelyek stb.

Amikor a munkadarab elérte az ütközőt (l. 8.9/a ábra), a továbbítókorong szánja eltávolodik a köszörűkorongtól és a munkadarabot a ki-lökő eltávolítja a munkatérből.

Ezzel az eljárással lépcsős forgásfelületű munkadarabok is köszörülhetők.

Mivel csucs nélküli köszörülésnél könnyen előfordulhat, hogy a megmunkált darab alakhibás és ezen belül az, hogy az alakhibája pszeudokör, ezért

szabály, hogy az így köszörült munkadarabot nem szabad villás idomszerrel ellenőrizni, hanem az ellenőrzést gyűrűs idomszerrel vagy több ponton való méréssel kell elvégezni.

A csucs nélküli köszörülés nemcsak azért előnyös, mert nagyon termelékeny eljárás, hanem azért is, mert

- nem lévén központosítás, nincs központosítási hiba,
- a köszörülési ráhagyás így kisebb lehet;
- hosszú munkadaraboknál nincs szükség bábokkal való kitámasztásra;
- a korong a munkadarab átmérőjén és nem sugarán forgácsol, ezért a korong kopása által okozott hiba csak feleakkora, mint csucsközötti köszörülésnél,
- a csucs nélküli köszörülést betanított munkás is kifogástalanul végezheti, szemben a csucsközötti köszörüléssel, amelyhez nagy szakértelem szükséges.

8.123 Furatköszörülés

A furatköszörülés a furatmegmunkálási eljárások egyik alapvető fajtája.

Edzett és nem edzett acélokból, öntöttvasból, színesfémekből és nemfémes anyagokból készült munkadarabok hengeres, kupos, átmenő és zsákfuratainak megmunkálására alkalmazzuk a furatköszörülést.

Leggyakrabban edzett acélokból készült alkatrészek pontos furataihoz vagy igen kemény és nehezen megmunkálható anyagokból készült munkadarabokhoz, valamint megszakított felületű pontos furatokhoz (beszurt, vagy ékpályás felületű, 100 mm-nél nagyobb átmérőjű furatokhoz) amiket dörzsölni nem lehet, ezenkívül olyan furatok előállításához, alkalmazzuk, amelyeknek pontossága IT 6...IT 7, vagy annál szigorubb előírásokat követel.

A furatköszörülés sajátossága és egyben nagy előnye, hogy lehetőség nyílik az előzetes műveleteknél kissé elcsuszott furattengely korrigálására és annak biztosítására, hogy a furattengely és a homlokfelület tökéletesen merőleges legyen egymásra, mivel ezt a két műveletet a gép azonos felfogásban végzi.

A furatköszörülésnek bizonyos korlátai vannak, mivel a korongnak mindig kisebbnek kell lennie a furat átmérőjénél (a korongátmérő 0,5...0,9-szerese a furatátmérőnek). A kis átmérőjű korong elkészítési költsége viszonylag nagy, kopása a normál méretűekénél gyorsabb. A gazdaságos forgácsoló sebességhez a kis korongátmérőknél nagy fordulatszám szükséges (10 000...120 000 1/min). A magas fordulatszám gyakorlati kivitelezésének nehézsége miatt a 30 m/s optimális forgácsolósebességről 10 m/s-ra is lemennek.

A munkadarab és a korong közötti viszonylag hosszú érintkezési ív miatt lágyabb és durvább szemcsézetű korongot kell használni, mint külső felület köszörülésénél.

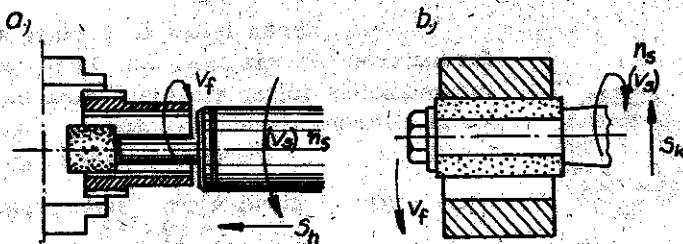
Horonnyal megszakított furatban szélesebb korongot használjunk elhasználódásának csökkentése miatt.

Az alkalmazandó köszörűkorong átmérője a megmunkálandó furat átmérőjétől függ.

A korszerű furatköszörű gépeken a megmunkálható furatok átmérőit 5 mm-nél kezdődnek, de egyes kivételes esetekben 1 mm-es furatok is köszörülhetők. A furatköszörű gépeket tokmányos, bolygórendszerű és csucs nélküli gépekre osztjuk.

A tokmányos gépek a legelterjedtebb, közepes nagyságu olyan munkadarabok furatainak megmunkálására használatosak, amelyek tokmányban könnyen befoghatók. Ezek a gépek meg lehet köszörülni a munkadarab homlokfelületét, sőt, ha a munkadarab orsószekrénye elforgatható, kúpos furatok is köszörülhetők.

A tokmányos gépeken a belső felületek, éppen úgy, mint a külső felületek, köszörülhetők hosszirányu és keresztirányu előtolással. Hosszirányu köszörüelőtolás vázlatát a 8.10/a ábrán mutatjuk be, keresztirányu pedig a 8.10/b ábrán. A főmozgást (a forgácsolósebességet) ezeken a gépeken a köszörűkorong forgása biztosítja.



8.10 ábra

Furatok köszörülése hosszirányu, illetve keresztirányu előtolással

Hosszirányu előtolásnál a gép lökethosszát úgy állítsuk be, hogy a korong a véghelyzetekben ne hagyja el a furatot, mert a megnövekedett fajlagos nyomás miatt a furat vége felbővülne.

Beszuró eljárással a korong szélességénél rövidebb furatokat munkálunk meg. A furatköszörülést végezhetjük forgó és álló munkadarabon.

A munkadarab forgásából adódó kerületi sebességet a megmunkálandó anyag és a művelet rendeltetésének függvényében állapítjuk meg. Általában $v_f = 25 \dots 115$ m/min.

A furattengely irányába eső hosszirányú előtolást legtöbbször a köszörűkorong, néha a munkadarab biztosítja. A megmunkálandó anyagtól és a köszörülés jellegétől függően az s_h hosszirányú előtolás értéke

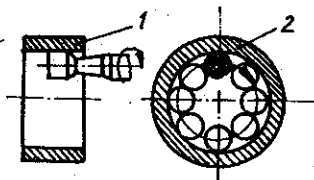
$(0,25 \dots 0,75) \cdot B$ szokott lenni, ahol B a korong szélessége. Az s_h értékét mindig a munkadarab egyetlen fordulatára értelmezzük. Ezek szerint $s_h = (0,25 \dots 0,75)B$ mm/munkadarabfordulat.

A keresztirányú (sugárirányú) fogásvételt általában a korong végzi, csak kevés géptípusnál a munkadarab, Nagyoló köszörülésnél $a = 0,05 \dots 0,075$ mm/kettős löket, simító köszörülésnél $a = 0,003 \dots 0,01$ mm/kettős löket.

A forgó munkadarabon való furatköszörülést (8.10 ábra) főleg kis méretű alkatrészek furatának megmunkálására használjuk, pl. fogaskerék, golyócsapágycsák, furóperselyek stb.

A munkadarab befogható tokmányba, szorítóvasakkal leszorítva síktárcsára vagy készülékbe.

Nagyméretű, nehezen forgatható munkadarabok megmunkálásánál bolygórendszerű köszörülést használunk. Az álló munkadarabot a szerszámgép asztalára fogjuk fel. A korong ebben az esetben a furat tengelye körül még egy bolygómozgást is végez. Ezt a köszörülési módot főleg motorok, kompresszorok nagy átmérőjű (1000 mm-ig) furatainak megmunkálására használjuk.



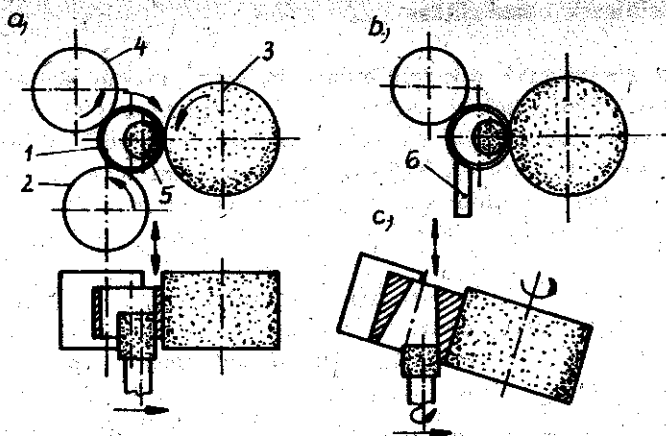
8.11 ábra
Bolygóköszörülés

A 8.11 ábrán láthatjuk a bolygórendszerű furatköszörülés vázlatát. Az (1) munkadarab a megmunkálás folyamata alatt mozdulatlan. A (2) köszörűkorong egyidejűleg forog saját tengelye körül, ez a v_s forgácsolósebesség, és kering a furat tengelye körül a v_f sebességgel. Mindkét mozgást egyidőben a bolygórendszer biztosítja. Az s_h hosszirányú előtolást és a fogásvételt

ugyancsak a köszörűkorong végzi. A fogás értéke ebben az esetben igen kicsi, század, vagy csak ezredmilliméterekben fejezhető ki. Az ilyen gép használata korlátozott.

A csucs nélküli furatköszörűgépekkel a külső palástjukon már megköszörült hengeres és kúpos furatokat köszörüljük. Ezáltal igen nagy pontosságú egytengelyűség biztosítható a két felület között.

A 8.12/a ábrán a csucs nélküli furatköszörülés vázlatát mutatjuk be. Az (1) munkadarabot a (2) támgörgő, a (3) továbbítókorong és a (4) nyomógörgő közé helyezzük. Az (5) köszörű- és átmérője kisebb mint 30 mm, a támaszgörgőt a (6) támasztóléccel (8.12/b ábra) helyettesítjük. A köszörűkorong biztosítja a v_s forgácsolósebességet és az a fogásvételt. A továbbítókorong végzi a munkadarab forgatását és a hosszelőtolást.



8.12 ábra
Furatok csucs nélküli köszörülése

Kupos furat köszörülésekor a továbbítókorongot, a görgőt és a munkadarabot szög alatt állítjuk be. A beállított szög megfelel a kuppalást alkotója és a tengely közötti szögnek (8.12/c ábra).

Furatköszörű gépeket egytetemes, félautomata, automata és célköszörű kivitelben, hagyományos és fokozott pontossággal készítik. Például a szovjet Z225B és a Z225A típusú gépek adagolóberendezése a munkadarabot a köszörülés körzetébe juttatja, majd önműködően befogja és megmunkálás után eltávolítja. A gép ugyancsak önműködően méri a munkadarabot megmunkálás közben és végzi a korong szabályozását (lehuzását).

A furatköszörüléshez a köszörűkorong átmérőjét a megmunkálandó furat átmérőjétől függően választják meg. Az összefüggést megmunkálandó furat felületének és a köszörűkorong kerületének érintkező ívhosszúsága jelenti. 200 mm-nél nagyobb átmérőjű furatok esetében a korong átmérője nem függ lényegében a furatátmérőtől, inkább a köszörűorsó átmérője alapján állapítjuk meg.

A furatköszörülést, tekintve, hogy a művelet alatt jelentős hő fejlődik, célszerű viszonylag durvaszemcsés köszörűkoronggal végezni, amelyek lágyabbak és tömörség szempontjából nyitottabbak, mint azok, amelyeket palástfelületek köszörülésére használunk. Ilyen módon elkerülhetjük a beégést és könnyebb forgácseltávolítást biztosítunk.

8.124 Sík felületek köszörülése

Edzett alkatrészek sík felületének befejező megmunkálására többnyire a síkköszörülést alkalmazhatjuk, de választható a síkköszörülés más megmunkálási eljárások (marás, gyalulás, stb.) helyettesítésére is, noha a munkadarab mérete és felületi minősége nem igényli a köszörülést.

A síkköszörülést előnyösen alkalmazhatjuk megszakított felületek megmunkálására, valamint kemény, revés rétegek gazdaságos leválasztására.

A munkadarabot általában mágnesasztalra fogjuk fel, de felfoghatjuk közvetlenül a gépasztalra csavarokkal vagy gépsatuba is.

A síkköszörüléssel gazdaságosan elérhető méretpontosság IT 7-IT 9, felületi érdesség $R_a = 0,4 - 1,6 \mu\text{m}$.

A síkköszörülés történhet a korong palást- vagy homloklapfelületével.

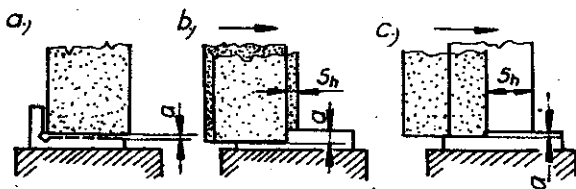
A korong palástjával történő köszörülés kis termelékenyséű, mert a korong vonal mentén érintkezik a munkadarabbal. Nagyon pontos eljárás, a munkadarab kevésbé melegszik fel és a fellépő forgácsolóerő is kicsi. Elhuzódásra, repedésre vagy kilágylásra érzékeny anyagokat célszerű így köszörülni.

A korong homloklapjával történő köszörülés - az előzővel szemben - nagyobb termelékenyséű eljárás. Keménykergű, kis ráhagyású, megszakított felületek megmunkálására használják, főleg sorozatgyártásban.

Mindkét síkköszörülési eljárásnál a munkadarab felfogóasztala alternáló vagy forgó mozgást végezhet.

A korong palástfelületével köszörülni háromféle módon lehet: beszurással, egyetlen fogással és egymásután többszöri átköszörüléssel.

Beszurással munkálunk meg olyan kisméretű munkadarabokat (8.13/a ábra), amelynek mérete kisebb, mint a köszörűkorong palástfelületének szélessége. Beszurásos köszörülésnél igen gyorsan kopik a korong, és a megmunkálási pontosság nem elégíti ki magas igényeket.



8.13 ábra

Síkköszörülés a korong palástfelületével

Az egyetlen fogással végzett köszörülés esetén a ráhagyást a korong palástfelületének szélességében (8.13/b ábra) egyetlen végigköszörüléssel leválasztja. A megmunkálás közben a legnagyobb igénybevételnek azok a szemcsék vannak kitéve, amelyek a homlokfelület széléhez vannak közel. Ezen a felületszakaszon a korong kuposra kopik. Ha ezzel a köszörülési eljárással dolgozunk, kuposra vagy lépcsősre kialakított korongot célszerű használni.

A többször egymásután végzett átköszörüléssel találkozunk leggyakrabban az iparban (8.13/c ábra). Ilyenkor minden hosszirányú asztalöket után az asztal vagy a korong orsószekrénye a korong tengelyirányában, keresztirányban, kap előtolást, hogy a munkadarabot a teljes szélességben megköszörülhessük. Ezután veszünk a koronggal új fogást, hogy a következő fémréteg leválasztásra kerüljön. Ez a ciklus ismétlődik, amíg az egész ráhagyást el nem távolítottuk.

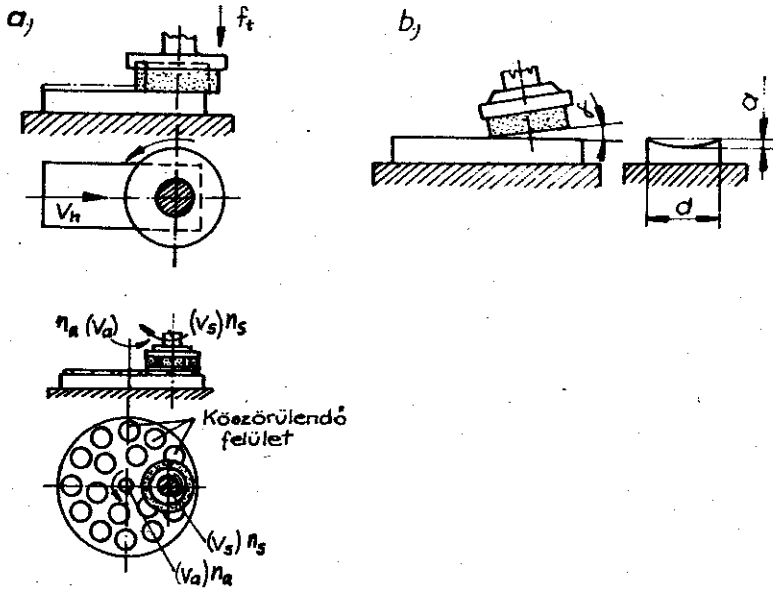
Ha a korong palástfelületén köszörülünk, az elérhető felületi pontosság 0,005 mm, 500 mm hosszon, a felületi érdesség pedig az $R_a = 0,4 \dots 1,6$.

A korong homlokfelületével végzett köszörülés sokkal termelékenyebb eljárás, mert egyszerre lényegesen szélesebb felületen köszörül, így mód nyílik egy munkadarab-csoport egyszerre köszörülésére. Műtán a korong homlokfelülete általában befedi a köszörülendő síkfelület szélességét, a köszörülési művelet alatt megvalósítandó mozgások a következők: a korong forgása a szükséges v_g forgácsolósebesség előállítására, a munkadarab alternáló vagy körmozgása, a korong tengelyirányú fogásvétele minden asztalöket vagy körbefordulás után. A korong homlokfelületével végzett köszörülési módokat mutatjuk be a 8.14 ábrán. A 8.14/a és b/ ábrán alternáló mozgású asztal tartja a munkadarabokat, a 8.14/c ábrán pedig körasztalra vannak felfogva.

A forgácseltávolítás feltételeinek javítása és a köszörülés környezetében a hőfejlődés csökkentésére a következőket kell megvalósítani:

- mesterségesen csökkenteni kell a korong és a munkadarab érintkezési felületét a köszörűorsó megdöntésével, vagy a korong homlokfelületét szög alatt kell felszabályozni. Ha a köszörűorsó szekrényét kis szögben megdöntjük, a mértanilag helyes felülettől eltérő hajlott felületet kapunk, amelynek eltérése a tökéletes síkfelülettől annál nagyobb lesz, mennél nagyobb az orsó dőlésszöge. Ez a szög általában nem lépi túl a $3^\circ \dots 5^\circ$ -ot;
- bőséges hűtést kell alkalmazni;
- lehetőleg kerüljük a kemény korongok alkalmazását és minél nagyobb szemcséjű köszörűszerszámot használjunk.
- meg kell szakítani a forgácsolófelület összefüggését, szegmensköveket alkalmazva.

A korong homloklapjával végzett köszörülés pontossága 1000 mm-en mérve körasztal esetében 0,015 mm, más gépen 0,02 mm az eltérés. A felület érdessége megfelelhet az $R_a = 0,8-1,6$ -nek.



8.14 ábra
Sikköszörülés a korong homloklapjával

A korong homloklapjával dolgozó egyenes vonalú asztalmazgású síkköszörüléssel közepes- és nagyméretű öntvények, továbbá kovácsdarabok nagyoló és simító köszörülését végzik. Sorozatgyártásban különösen elterjedt az első bázisfelület ilyen módon történő köszörülése.

Egyenlőtlen, megszakított felületet fazékkoronggal nagyoljuk. Össze-függő síkfelületeket szegmensbetétes nagy köszörűfejjel célszerű köszörülni.

A betétköves köszörűfej előnyei:

- hűtése jobb, mint a zárt fazékkorongé,
- nagy kerületi sebességgel forgatható, mert a szegmenseket acélkeretek megbízhatóan fogják össze,
- a betétek elhasználódásakor a csiszolóanyag veszteség kisebb,
- a sérült szegmensek könnyen cserélhetők,
- megfelelő minőségű szegmens hiányában váltakozva kétféle minőségű fogható a tárcsába és így a köszörült felület érdessége csökkenthető.

Amikor a köszörűkorong homloklapjával nagyolunk, célszerű a köszörűtengelyt 3-4 fokkal megdőnteni, hogy a korong és a munkadarab kisebb felületen érintkezzen. Ennek előnye, hogy a forgácsolás és a hűtés jobb; az erőszükséglet kisebb, így az előtolás és a fogásmélység növelhető; a korong-tulfutási útja csökken. Hátránya, hogy az így előállított felület kissé homorú. Simitásnál viszont a köszörűtengely legyen merőleges a felületre.

8.125 A köszörülési technológia rendszerezése

A köszörülési műveleteket általánosan átfogó rendszerezés alapvető szempontjaként tehát a következőket vehetjük sorra:

- a munkadarab befogásának módja külön palást- és külön sikköszörülésnél,
- a köszörüléssel megmunkálható felületalakzatok jellegzetes kombinációt: palástmegmunkáláskor, lyukköszörüléskor, és sikköszörüléskor,
- a kívánt méretpontosság és felületi érdesség jellemzői.

Az itt felsorolt szempontok figyelembevételével valamennyi köszörülési feladat jól leírható, és egymástól technológiai szempontból elhatárolható. Köszörülésre is megfogalmazható ezzel egy hatjegyű kód, amely lehetőséget ad korszerű gyártástervezési és gyártásszervezési eljárások bevezetésére.

A gyártási kód felépítésekor köszörülésnél az első szempont a munkadarab befogása. Az első számjegy a palástköszörülés esetére a második számjegy sikköszörülés esetére jelöli meg a befogás módját. Ha valamelyik helyen zérus jelenik meg, az természetesen azt jelöli, hogy nem a jelzett, hanem a másik köszörülési móddal van dolgunk.

Palástköszörülés végezhető befogószerkezet nélkül, ilyenkor csucs nélküli köszörülést végzünk. A legelterjedtebb körköszörülési eset, ha csucsközé fogjuk a munkadarabot. Tárcsaszzerű alkatrészek furatalt leggyakrabban tokmányba fogva munkáljuk meg. Kis átmérőjű, csapos munkadarabokat perselyben szorítóhüvelyben befogva lehet sorozatgyártásban megköszörülni. Tengelyeket gyakran köszörülünk tokmányba fogva csuccsal megtámasztva is. Hosszabb, rudszzerű alkatrészeket csucsközé, általában megtámasztva köszörülünk. Furatos, hüvelyszerű alkatrészeket expanziós tuskóra szokás köszörüléskor felfogni.

Sík felületek köszörülésekor a legelterjedtebb munkadarab lefogási mód a mágnesasztalon történő rögzítés. Kiterjedtebb alakzatú, lemezszzerű alkatrészek élének sikköszörülésekor a mágnesasztalt készülékelemekkel, támaszokkal kombinálva szokás a leszorításra felhasználni. Mágnessel lefogott acél alkatrészeket a megmunkálás után feltétlenül demagnetizálni kell. Főleg szerszámköszörükön, vagy tagoltabb munkadarabok

sikköszőrülésre szokás a befogásra gépsatut választani. A köszörügepek gépsatujai többnyire dönthető szögben beállítható kivitelűek. Hengeres darabok palástfelületén kialakítandó lelapolások, vagy a homlokfelületek megmunkálásához tokmányt is választhatunk befogóeszköznek. Tengelyszimmetrikus mintázatok beköszörülésekor osztófejbe fogva, esetleg csuccsal meg is támasztva szokás az alkatrészt befogni. Nagyobb kiterjedésű sík felülettel rendelkező alkatrészeket vákuumlapos pneumatikus befogószerkezetre is rögzíthetjük köszörüléskor. Végül sík felületek körasztalos köszörügépen történő megmunkálásakor, vagy kisebb méretű alkatrészek tükrösítésekor szállítótárcsába vagy kalodába fogva munkáljuk meg a munkadarabot.

A gyártási kód harmadik, negyedik és ötödik számjegye a jellegzetes megmunkálható felületelemet jelöli meg. A harmadik számjegy a paláston elhelyezkedő felületelemet, a negyedik számjegy a furatban megmunkálható felületalakzatot, az ötödik számjegy pedig a külső sík felületalakzat köszörülési műveletére utal. Ha valamelyik számjegy nulla, az azt jelenti, hogy nem abban a csoportban keresendő a kialakítani kívánt felületalakzat. Milyen nevezetes felületalakzatok állíthatók elő köszörüléssel?

Palástköszörülés során megmunkálhatunk: átmenő hengeres felületet; lépcsős palástfelületet a hozzá kapcsolódó váll síkfelületének egyidejű megköszörülésével; továbbá kis félkupszögű kupot, illetve meredek kupot; hengeres felületen beszúrást; lépcsős palástfelületet kuppal kombinálva; profilos alakköszörülést vagy gömbfelület köszörülést.

Furatban dolgozó köszörűszerszámmal előállítható: egyszerű átmenő furat; megköszörülhető zsáklyuk vagy furatfenék; átmenő furat a rá mérőleges homlokfelülettel egy befogásban; zárt zsáklyuk és vele egyszerre a homloklap síkja; kis nyílásszögű kupos furat; meredek kupos furat; lépcsős furatfelületekből összetett furatalakzatok; alakos furatok.

Sík felületek köszörülésekor a legáltalánosabb műveletelem egyetlen síklap megköszörülése; ugyancsak gyakori a lépcsős sarok beköszörülése; szokásos hornyok, illetve összetett mintázatu alakos hornyok tárcsás profilozott koronggal való megmunkálása; illetve elkészíthetőek féligzárt hornyok profilos csapos korongokkal is; ugyancsak tipikus művelet két két párhuzamos sík mindkét oldalának az egyidejű megköszörülése ún. párhuzamköszörűn.

A köszörülési gyártási kód utolsó, hatodik számjegye az előírt felületi érdesség, illetve a mérettűréssel jellemzett megmunkálási pontosságra utal. E szerint köszörüléssel előállíthatók simított, finomsimított és tükrösített felületek. A köszörüléssel megmunkálható felületelemek mérettűrése a következő mérettűrés-lépcsőkkel jellemezhető:

- 10...20 μm -nél nagyobb mérettűrés,
- 5...10 μm -nél tágabb mérettűrés,
- 2... 5 μm -nél pontatlanabb mérettűrés,
- és 2 μm -nél pontosabb megmunkálás.