

- A kihajlás csökkentése érdekében kis előtolást alkalmazunk.
- A forgácsok eltávolításának megkönnyítése céljából a furót gyakran kiemeljük.
- Az előírt hűtő-kenő folyadékot a szokásosnál bővebben használjuk.
- Gondosan ellenőrizzük a csigafuró élszögét és köszörülését (keresztél, élszalag stb.).

A csigafuró kiemelésének mértékére táblázatok és nomogramok szolgálnak. Egy ilyen nomogramot mutattunk be a 3.66 ábrán. Legyen pl. a készítenő furat 16 mm átmérőjű és 200 mm hosszú. A nomogramokból leolvashatjuk, hogy a furót a megmunkálás során legalább 9-szer kell kiemelni.

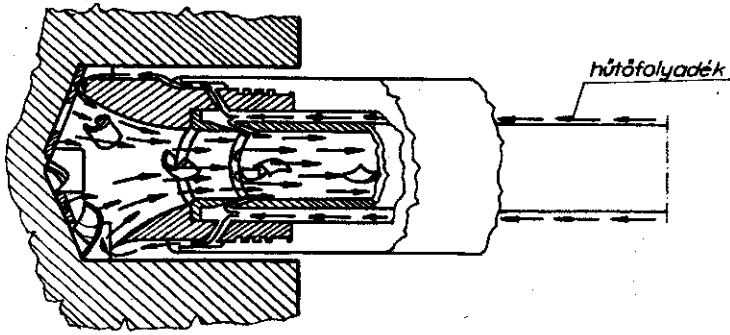
A nagyobb termelékenység és a jobb felületi érdesség elérése céljából mélyfuratot nem csigafuróval, hanem speciális mélyfuró szerszámokkal készíthetünk. Ezek kialakításuk révén merevebbek a csigafuróknál. Leggyakrabban használt mélyfuró szerszámok: az egyélű csőfuró, a kétélű csőfuró és a koronafuró.

Az ágyufuróval ma már mélyfuratokat nem furunk, hanem csak olyan rövid furatokat, amelyeknél fontos, hogy a furat félre ne menjen. A speciális mélyfuró szerszámoknál a forgácselvezetés jól megoldható, igen gyakran a furón keresztül vezetett hűtőfolyadék segítségével. A sokfajta különleges mélyfurók biztosítják a már elkészült furatrészek falai mentén a furószerszám forgácsoló részének tengelyirányú elmozdulását. A surlódás csökkentése céljából a mélyfuró szerszámok vezetőfelületeit kb. 2-3d hossz után leköszörültek. Annak érdekében, hogy a mélyfuró szerszám megfelelő irányban kezdjen forgácsolni, a furatot az átmérővel kb. megegyező mélységben ki kell esztergálni. Kb. 75 mm-nél nagyobb átmérőjű mélyfuratok készítésére az üreges koronafurót használják.

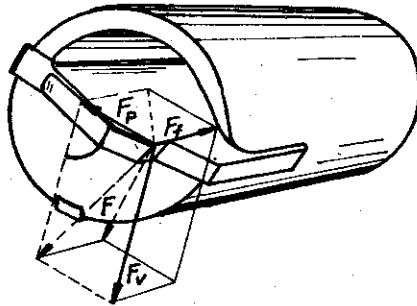
Ujabbban a klasszikusnak nevezhető és a fenti felsorolt mélyfuró szerszámokon kívül sok célszerű mélyfurómegoldás kezd elterjedni. Gyakran az újfajta mélyfuró szerszámok működtetéséhez speciális gép is szükséges. Egy újabb mélyfurómegoldást a 3.76 ábrán mutatunk be.

Az éltartam fokozása szempontjából mélyfuratok megmunkálására különösen jól alkalmazhatók a keményfém lapkás furók. A mélyfuratok furásánál elengedhetetlen követelmény, hogy a furórudak (hosszabbítók) méretezésénél figyelembe vegyünk a csavaró igénybevételt is. A fokozott csavaró igénybevétel ugyanis megmunkálás közben járulékos rezgéseket okozhat. Ennek elkerülése céljából nagyobb forgácsolási sebességet és kisebb forgácskeresztmetszetet (vagyis kisebb előtolást) kell választani. Mélyfuratok megmunkálásakor különös figyelmet kell fordítani a bőséges hűtő-kenő folyadék hozzavezetésére és a forgács eltávolítására.

A mélyfurat-furáshoz használt ún. egyélű csőfuró jellegzetes kialakítását mutatja a 3.77 ábra, amelyen feltüntettük a szerszám egyenesbe vezetésében olyan fontos szerepet játszó forgácsolóerő-komponenseket.



3.76 ábra  
Mélyfurat furás



3.77 ábra  
A mélyfuratfuró szerszám dolgozó  
részének kialakítása

### 3.35 Furatok készítése késes furórudakkal

Szabványtól eltérő méret lépcsőzetű, így csigafuróval nem furható, vagy a nagy átmérőjű furatokat, zsákfuratokat, rövid és nagy pontosságú furatokat alak- és méret tekintetében késsel munkálunk ki esztergaszerű gépeken, valamint aggregát és egyéb szerszámgépeken (pl.: finomfűrőművek, furó-maró művek, koordináta-furógépek).

A furatesztergálás történhet forgó szerszámmal, valamint álló szerszámmal, de forgó munkadarabbal. Néhány esetben lehetséges a furatokat kombináltan megmunkálni, tehát egyszerre forgó szerszámmal és forgó munkadarabbal.

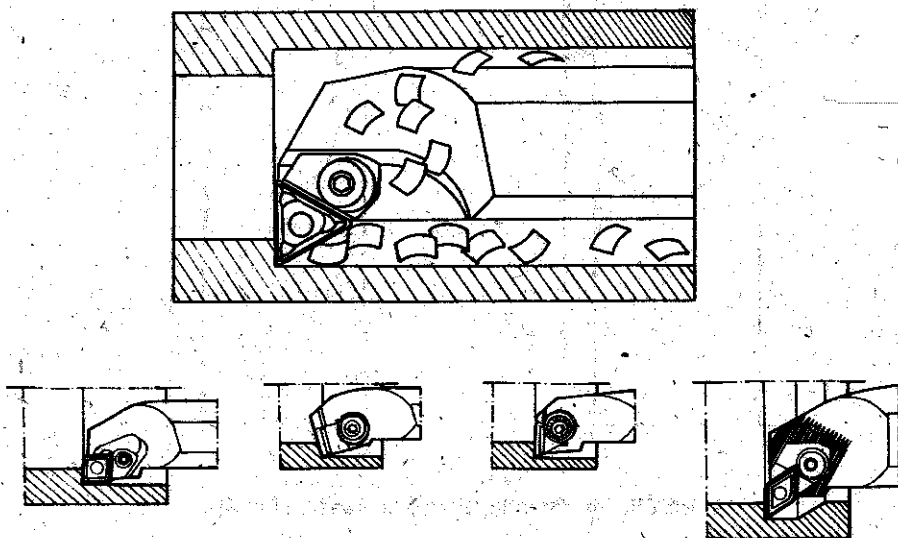
Ha késsel esztergáljuk ki a furatot, mód van a furat helyzetének pontos beállítására, a furattengely helyesbítésére, rövid zsákfuratok és nagy átmérőjű furatok megmunkálására.

Furatok esztergálása egyetemes esztergákon kis termelékenységű megoldás, aminek magyarázata a kis merevségben és csekély hővezető képességében rejlik. Ennek ellenére azonban igen elterjedt a furatok esztergálása. Ennek az a magyarázata, hogy az esztergákon végzett megmunkálás lényegesen pontosabb, és a felületi érdesség magasabb igényeket elégít ki, mint ami a furásnál, illetőleg a süllyesztésnél elérhető.

A furatesztergálási művelet egyik lényeges nehézsége a kés méretre állítása. Azonban a korszerű esztergákon igen pontos osztású beállítható tárcsák állnak rendelkezésre, amelyek megkönnyítik ezt.

A furatok megmunkálására gyorsacél és keményfém furatkéseket alkalmazunk.

A 3.78 ábrán különböző furatoknak szabványos furatkésekkel végzett megmunkálását láthatjuk.



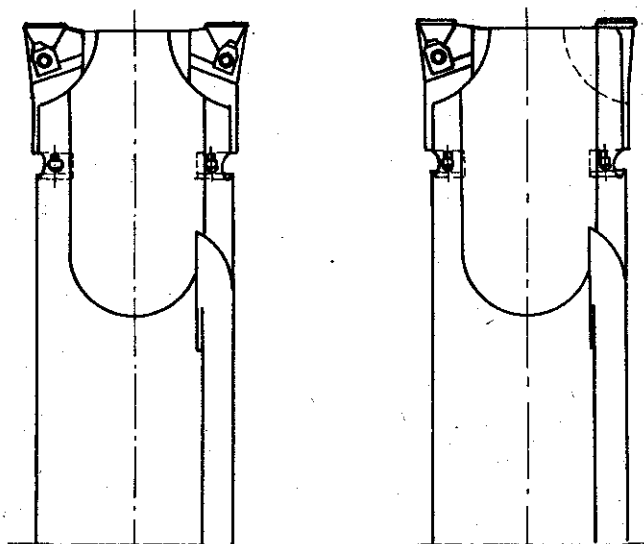
3.78 ábra  
Esztergálás furatkésekkel

100...150 mm-nél mélyebb átmenő- vagy zsákfuratokat furórúddal esztergálunk ki. Átmenőfurat esztergálásakor a megmunkálókést a furórúdra merőlegesen helyezzük el, ha azonban zsákfuratról van szó, a kés és a furórúd között 45 vagy 60°-os szöget szokás kialakítani.

Furatesztergáláskor a legegyszerűbb és legelterjedtebb módszer, ha a megmunkálókést a késtartóban konzolosan fogjuk be, ugyanis ilyenkor a legelőnyösebb a helyzet kifogástalan furattengely kialakítására, amely biztosan egybeesik a gép főorsótengelyével. Ha esztergaszerű gé-

peken munkálunk meg valamilyen gépelemet, a beöntött, besajtolt vagy előfúrt furat kiesztergálásával még javíthatunk is a furattengely helyzetén.

Ha a kés szilárdsága nem kielégítő és féllő, hogy megmunkálás közben elnyomódik, nagy elhelyezési szöget - egészen  $90^\circ$ -ig - alkalmazunk. A megmunkálás pontosságát és termelékenységét úgy fokozhatjuk, ha többkéses furatesztergálást alkalmazunk. Ha a furórudba a betétkéseket egymás után helyezük el (3.79 ábra), a forgácsolás folyamán az össztérhelést a fogásmélység felosztásával osztottuk meg a kések között. A technológiai rendszer torzulásának elkerülésére célszerű a késeket kétoldalas elhelyezni.



3.79 ábra

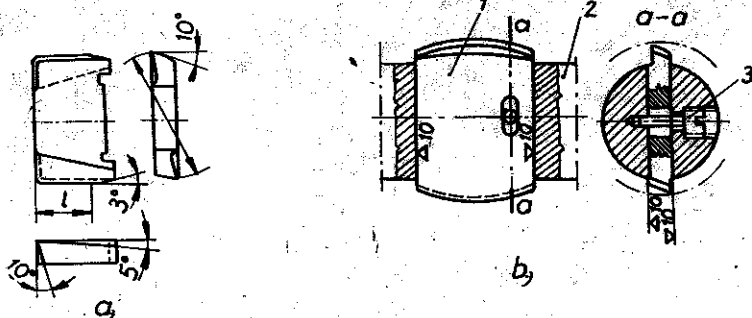
A kétélű furórudak forgácsolási munkája

Sorozatgyártásban keményfémlapkás kétoldalas késeket, valamint beálló furatesztergáló fejeket és tömböket használunk furatmegmunkálásra. Kétoldalas késekkel 40 mm-nél nagyobb átmérőjű furatokat munkálunk meg. Ennél a megoldásnál tulajdonképpen a forgácsolóélek között az előtolást osztottuk meg.

Átmenő furatokat olyan kétoldalas késekkel alakítjuk ki, amelyek elhelyezési szöge  $45^\circ$ , zsákfuratok esetében azonban  $90^\circ$ . A kés mellékszöge  $2...3^\circ$ . A kés hengeres részének hosszát  $l_s = (0,1...0,2)D$ -nek vesszük fel, ahol  $D$  a szár átmérő mérete.

25...600 mm átmérőhatárok között a furatok készremunkálására a 3.80 ábrán látható beálló kétoldalas késekkel működő fejeket használnak, amelyek működési elve igen hasonló a beálló dörzsárak működéséhez.

A kétoldalas kések szabadon helyezkednek el, a (2) tartó hornyában a (3) csavar rögzíti.



3.80 ábra

Kétoldalas kések kialakítási változatai furórudakhoz

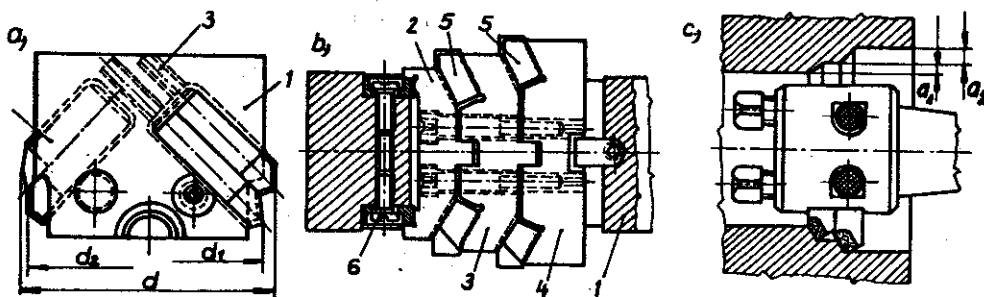
A kétoldalas kések készülhetnek egy darabból vagy osztottan. Az osztott kivitel esetén az egyes késeket 0,01 mm pontossáig állítani lehet. Az ipar leginkább 50...150 mm átmérőhatárok között állít elő kétoldalas késeket, amelyeket furatesztergáló gépeken használnak furatmegmunkálásra.

E megoldásnál a simító művelet ráhagyása körülbelül olyan, mint amit dörzsölésre szoktunk hagyni. A kétoldalas kések és a furófejek által elérhető legnagyobb pontosság az IT 7 - IT 6 pontossági osztály előírásainak felel meg, ugyanakkor a felület minősége  $R_a = 3,2 \dots 1,6$  érdességi osztály követelményei szerinti. Az egykéses simító furóruddal elérhető méretpontosság és felületminőség a gép pontosságától és merevségétől függően IT 5-IT 6;  $R_a = 0,1 \dots 1,6 \mu\text{m}$ .

Nagysorozat- és tömeggyártás feltételei között a furatokat speciális esztergagépeken esztergálótömbök segítségével munkáljuk meg.

Az esztergálótömb az (1) testből és több, a (3) csavarokkal felerősített (2) késekből áll, mint ahogy az a 3.81/a ábrán látható. A (3) csavarok segítségével az egyes késeket - miután ezt a tömb konstrukciója lehetővé teszi - az átmérő irányában különböző méretekre lehet beállítani. Az alsó pár mindegyik kését ( $d_1$  és  $d_2$ ) a megfelelő méretre állítva, végezzük el a nagyolást. A felső képsárat már a végleges méretre kell beállítanunk ( $d$  méret), ugyanis ezek simítanak. A simító műveletet végző kések beállítására olyan mikrométercsavarok állnak rendelkezésre, amelyek által az elérhető beállítási pontosság 0,02 mm.

A 3.81/b ábrán az ENMSZ készítette kombinált tömb látható. Az alkalmazott kések számától függően két vagy három részből áll. A tömbbe fogható betétkések recézettek, ami lehetőséget nyújt elhelyezésükre és az előírt átmérő szerinti méretre állításukra.



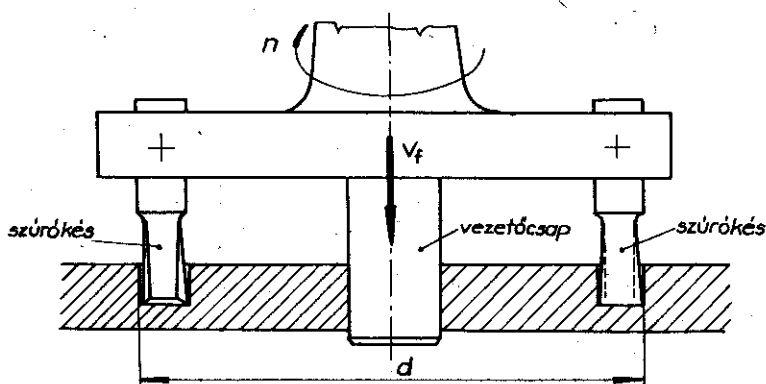
3.81 ábra  
Többkéses furatesztergáló tömbök

A tömb az (1) alaptartóból, a (2) alsó, a (3) középső, a (4) felső szerszámtartóból, az (5) késekből és a (6) csavarból áll.

Manapság a furótömböket mechanikusan rögzíthető többélő keményfémlepkák fogadására alkalmas kivitelben szerkesztik.

A megfelelő méretre beállított furótömbök és fejek alkalmazása biztosítja a munka termelékenységének legmagasabb szintjét.

Nagyméretű furatok készítése lemezanyagba, vagy nagyméretű tárcsák kivágása lemezből megvalósítható a 3.82 ábrán látható speciális furatmegmunkáló szerszámmal is. A szerszámtestbe fogott két darab beszűrőkés viszonylag nem nagy szélességben  $4 \dots 8$  mm, előtolási sebességgel axiális irányban haladva elválasztja a lemezt és a tárcsát. Szükség esetén a merevség és a pontosság növelése céljából a szerszámtestet vezetőcsappal is ellátják. Ez az eljárás megfelelő megmunkálási termelékenység mellett anyagmegtakarítást is eredményezhet.

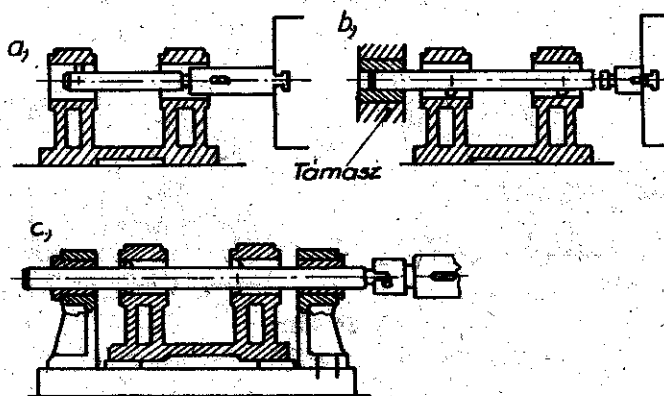


3.82 ábra  
Tárcsakiszuró szerszám lemezekhez

Ha szekrényes munkadarabokban több furat tengelye egymáshoz képest pontosan koordinálva van, akkor ezeket a munkadarabokat furóműveken kell megmunkálni. Ezeket a gépeket szokványos pontossági munkára és igen pontos megmunkálásra készítik. Ez utóbbi kategóriába tartozókat koordináta furóműveknek nevezzük.

Szekrényes munkadarabok legfontosabb furatait vízszintes furó-maróműveken munkáljuk meg. Ezekon furjuk, esztergáljuk a furatokat, metetet vágunk, sőt a sík felületeket le is marjuk. Ezek a szerszámgépek az egyedi és a kissorozatgyártásban használatosak.

Vízszint es furó-maróműveken a furatokat három megoldás szerint szoktuk elkészíteni: 1. megmunkálás konzolosan elhelyezett furórúddal (3.83/a ábra); 2. megmunkálás hosszú furórúddal, amelyet a támaszban megvezetünk (b/ ábra); 3. megmunkálás vezetőperselyekben felfektetett furórúddal, amikor a furórúd és a gép főorsója között csuklós kapcsolatot létesítünk (c/ ábra).



3.83 ábra  
Furatesztergálás vízszintes furó-maróművön

Ha konzolosan elhelyezett furórúddal dolgozunk, egyszerű a szerszám, furórúd és a furat beállítása. A furat pontossága a furórúd kinyúlásától és az előtolási módtól függ. A furórúd kinyúlása a síktárcsától ne legyen több, mint  $(5-6)d$ , ahol  $d$  a furórúd átmérője. A furórúd legyen rövid és merev.

Ha az előtolást a furóorsóval végzik, a késkinyulás nő és a megmunkálás pontossága romlik, ha az előtolást az asztal mozgása adja, a megmunkálás pontossága fokozódik.

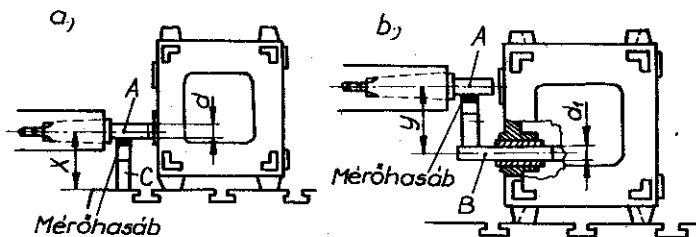
Nehéz és nagyméretű szekrényes munkadarabok furásakor alkalmazzuk a támasztban vezetett furórúddal végzett megmunkálást, ha a szemközti falban is megfelelő furat van.

Ennél az eljárásnál az alak és méretpontosság a furórúd és az elhelyezett vezetőpersely pontosságától függ.

A furatok tengelyei közötti távolság pontossága, valamint a furatok helyzetének pontossága a bázishoz képest, furatesztergáláskor különféleképpen biztosítható. Tekintsünk át néhány megoldást ezek közül:

Előrajzolással. az előrajzolásos módszerrel nem lehet a korszerű gépgyártásban a furatok tengelyei közötti szükséges távolságokat biztosítani, ha ezek türéseit századmilliméterekben írják elő. Ezért az előrajzolásos módszert mint előműveletet alkalmazzák egyedi és kisserozatgyártásban. Az a pontosság, amit előrajzolás után kifurt furatok tengelyei között biztosíthatunk, körülbelül  $\pm (0,2 \dots 0,5)$  mm, de ha rendkívül gondosan végezzük a műveletet, ez a pontosság elérheti a  $\pm 0,1$  mm-t.

Klesztergálás adott felülettől, beállítással. Ezt az eljárást sorozatgyártásban használjuk. Olyan munkadarabokhoz alkalmas, amelyeknél az egyes furatok közötti távolság nem nagy.



3.84 ábra  
Furatesztergálás tűskék segítségével

A 3.84 ábrán láthatjuk, hogyan állítható be a furómarómű főorsója mérőtüske segítségével. Az első furat kimunkálásakor a főorsót a munkadarab alsó szélétől ( $x$ ) távolságra (amelyen éppen felfekszik) úgy állítjuk be, hogy a főorsóba ( $d$ ) átmérőjű mérőtüskét fogunk, a ( $c$ ) méretet pedig mérőhasábkészlettel állítjuk be (a 3.84/a ábrán látható). Ha a furat tengelyéig az ( $x$ ) méret adott, a ( $C$ ) méretet a következőképpen állapítjuk meg:

$$C = x - \frac{d}{2}$$

ahol  $d$  az  $A$  mérőtüske átmérője.

A ( $C$ ) távolságot talpas tolómércével is beállíthatjuk.

A főorsó átállítása függőleges irányban a következő furatra, amelyik ( $y$ ) távolságban van a korábban megmunkálttól, a 3.84/b ábrán látható. A gép főorsójába és a már megmunkált furatba ( $A$ ) és ( $B$ ) tűskéket helyezünk. Ezek közötti ( $C_1$ ) távolság:



$$C_1 = y - \frac{d}{2} - \frac{d_1}{2}$$

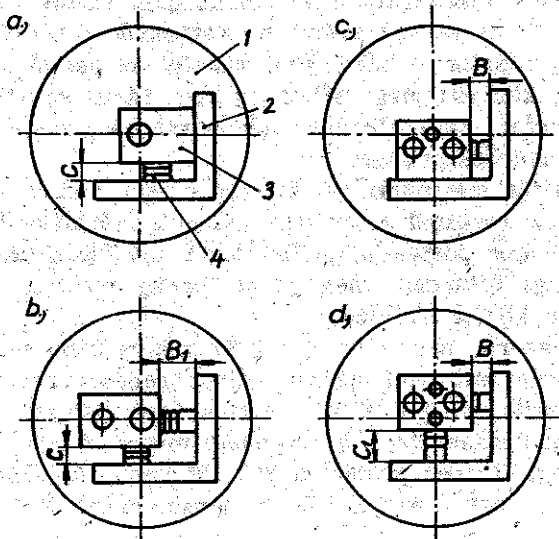
ahol  $d_1$  a (B) túske átmérője.

A tengelyek távolságát nagy pontossággal ( $\pm 0,02$  mm nagyságrendben) csak akkor tudjuk beállítani, ha a furatban a B tuskét hézagmentesen igen jól központosítottuk és a furatmegmunkálás is pontos.

A kiesztergálás koordináták szerint a furatok megmunkálásának legkorszerűbb és ma a legelterjedtebb módszere mind egyedi, mind pedig sorozatgyártásban. Ezt a módszert akkor célszerű alkalmazni, ha a munkadarabban több egymással párhuzamos tengelyű furat van. A furatok egymáshoz viszonyított helyzetét két mérettel határozhatjuk meg, amelyek a furattengely helyét a munkadarabnak két egymásra merőleges síkjához képest rögzítik.

Az eljárás lényege az, hogy a megmunkálandó furat tengelyét és a gép orsójának tengelyét úgy egyeztetjük, hogy a munkadarabot vagy a szerszámot egymásra merőleges irányokban a már megállapított mérethez képest elállítjuk. Ezt végezhetjük mérőléces megoldással, indikátoros módszerrel, ütközőkkel. Ezzel az eljárással és berendezéssel 0,01 mm pontosságot is elérhetünk a beállításnál.

Koordináták szerinti furatesztergálásra alkalmasak a vízszintes furóművek és a koordináta furóművek.



3.85 ábra

Furathelyzetek egymástól való távolságának beállítása a koordinátás módszer alapján

Esztergán a koordináták szerinti furatesztergálást a 3.85 ábrán látjuk. Előzetes jelölés szerint a (3) munkadarabot az (1) siktárcsára rögzítjük. Az elhelyezés olyan legyen, hogy a munkadarab egyik bázisfelülete a (2) derékszög egyik síkjához feküdjön. A másik síkra állítjuk a (4) mérőhasábot, amelynek hossza C méretű. Ezután furjuk és esztergáljuk az első furatot (3.85/a ábra).

A (3) munkadarabot a következő művelet elvégzéséhez újra beállítjuk (3.85/b ábra). A korábban már megállapított és beállított c méret változatlan marad, azonban a másik bázisfelületre a  $B_1$  méretnek megfelelő mérőhasáb kerül. Ez a  $B_1$  méret a furatok előírt távolsága. Ezzel a beállítással készítjük el a következő furatot.

A többi furatokat azután munkáljuk meg, hogy a munkadarabot átállítottuk a siktárcsán. Mint a 3.85/c ábrán látható, a c méretet meghatározó mérőhasáb elkerült a helyéről és a munkadarabot a derékszög sík felületére fektettük fel, ugyanakkor a másik bázisfelületre B méretű mérőhasábot állítottunk a műhelyrajz előírása szerint. Ez az első és a harmadik furat közötti távolság vízszintes vetülete.

A negyedik furat megmunkálása előtt a munkadarab alá helyezzük a  $C_1$  méretű mérőhasábot, a másik, korábban beállított B méretű hasábot változatlanul megtartjuk (3.85/d ábra).

Az orsószekrény függőleges és az asztal vízszintes irányú mozgatási lehetősége biztosítja, hogy a gép főorsójának tengelye egybeessen a megmunkálendő furat tengelyével. Így e két mozgással a furattengelyhez a szükséges és előre kiszámított koordináták beállíthatók.

Az asztal és az orsószekrény mozgatásakor a koordináták szerinti méretre állítást részint az állványon, részint az asztal szánjánál megtalálható beosztás könnyíti meg. Miután a beosztások szerinti beállítás nem különösebben pontos, használhatunk mérőhasábokat, mérőórát, furatindikátorokat és egyéb mérőeszközöket.

A koordinátás megmunkálási eljárás esetén a furatok egymás közötti távolságának pontosságát a furatokba állított mérőtűskék pontossága vagy a furatindikátor pontossága, illetőleg a mérőhasábok gyártási és beállítási pontossága határozza meg. A pontosság ezzel az eljárással 0,02...0,03 mm között tartható.

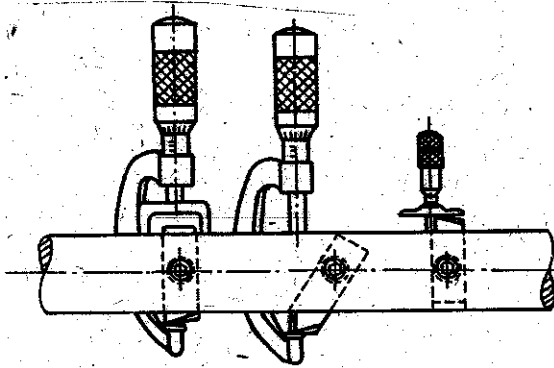
Egyes korszerű, pl.: a szovjet gyártmányú 2620 és 2622 típusjelű vízszintes furó-maróműveket optikai leolvasórendszerrel látták el, amely a beosztásos vonalzóval  $\pm 0,02$  mm pontosságot biztosít.

Lényegesen hatásosabb a koordinátás megmunkálás az automatizált szerszámgépeken. Ilyenek például a 262 PR típusjelű szovjet vízszintes furó-maróművek, vagy a svájci DIXI programvezérlésű koordináta furógépek.

A programvezérelt gépeken automatikusan állítódik az asztal koordinátája keresztirányban, a főorsó koordinátája pedig függőleges irányban. A gép beállítási pontossága  $\pm 0,05$  mm.

Ha a furatok elhelyezésére igen nagyok a pontossági követelmények, a furatokat koordináta furógépeken kell megmunkálni. E géptípus legmodernebb kivitelében indukciós vagy optikai mérőrendszereket alkalmaznak. Az optikai megoldásuaknál a kivetített leolvasás nagypontosságú beállítást tesz lehetővé. A koordináták pontossága a kisméretű gépeken 0,002 mm, a közepes nagyságúakon 0,003...0,004 mm, és a nagyméretűeken 0,006...0,008 mm. A különleges pontosságú koordináta furóműveken a koordináták beállítási pontossága 0,001 mm.

Igen fontos furórudas megmunkálások esetén a szerszámok által előállított furatok méretének a helyes beállítása. Amíg eszterga típusú gépeken (csuceszterga, karusszel, revolver) ez a szán keresztirányú eltolásával, vagy a dob elforgatásával történik a kés fogásra állításával, a forgó szerszámozású gépeken (furógép, vízszintes furó-marómű, koordináta furógép) a beállítást a furórudba befogott kés sugárirányú elmozdításával tudjuk elvégezni.

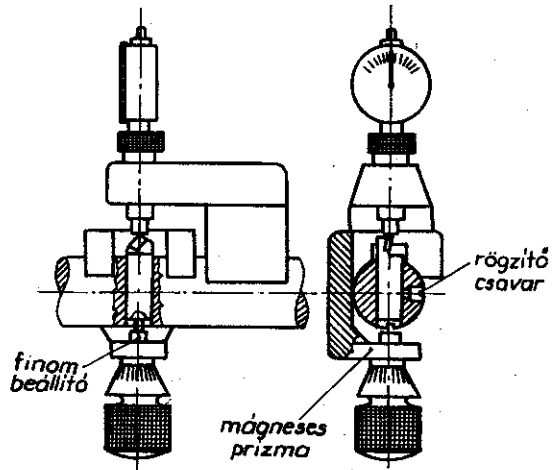


3.86 ábra

Furórúd méretének beállítása mikrométerrel.

Ebben az esetben a méret az alábbiak szerint állapítható meg:

- Köszörült és központosan furó furórúd esetében a beállítási méretet mikrométerrel mérhetjük le (3.86 ábra).
- Indikátorórával. Ebben az esetben próbafogást veszünk, ebből állapítjuk meg a kés méretét és a szükséges különbözetet a kisebb leolvasási tartományú indikátorórán be tudjuk állítani (3.87 ábra).
- A nagyoló kések beállítása elvégezhető beállító idomszerek (alaksablonok) és mintadarabok segítségével is.



3.87 ábra  
Furórúd méretének beállítása mérőórával

## 4. A gyalulás és vésés

### 4.1 Sík felületek gyalulása és vésése, e műveletek szerszámozása

#### 4.11 Sík felületek megmunkálási műveletei

A munkadarabok sík felületeit rendszerint a következő technológiákkal munkálják meg:

- gyalulással, véséssel,
- marással,
- köszörüléssel,
- külső üregeléssel,
- kézi hántolással;

rítókámban:

- esztergálással,
- furó-maróművön,
- finom marással,
- finom gyalulással,
- tükrösítéssel.

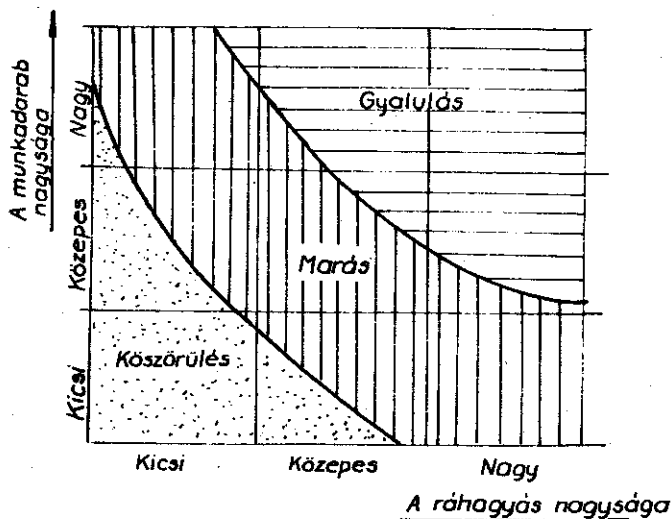
A technológiát a munkadarab sajátosságai szerint kell megválasztani, ahogyan ezt a 4.1 ábra kapcsán áttekinthetően foglaljuk össze:

- gyalulással főképpen nagyobb munkadarabok nagy és közepes ráhagyású sík felületeit,
- marással főképpen kisebb méretű munkadarabok nagy ráhagyású felületeit, közepes nagyságú munkadarabok viszonylag kis ráhagyású sík felületeit,
- köszörüléssel pedig kis- és közepes méretű munkadarabok kis ráhagyású síkfelületeit célszerű megmunkálni (4.1 ábra).

E mellett a durva besorolás mellett más sajátos szempontokra is figyelemmel kell lenni.

A gyalulás sajátos mozgásviszonyainál fogva elsősorban hosszú és keskeny síkfelületek megmunkálására alkalmas technológia. Ilyen felületek gyalulására gazdaságos lehet az egyedi- és a kisorsozatu gyártásban és jól alkalmazható a könnyen deformálódó munkadaraboknál is mind nagyolásra, mind simításra. Emellett a nagyméretű és nagy ráhagyású öntvények és kovácsolt munkadarabok nagyoló gyalulása, valamint a nagyon

széles felületek simító gyalulása szokásos az egyedi és kissorozatu gyártásban.



4.1 ábra  
Sikmegmunkálási módok jellegzetes alkalmazási területei

A munkadarabok belső síkfelületeit, üregeit véséssel munkálják meg az egyedi, valamint a kis- és közepes sorozatu gyártásban.

Marással főképpen a kisebb és a közepes méretű munkadarabok sík felületeit, továbbá több síkból összetett rendszert alkotó részeit (pl. vezetékek) nagyolják és simítják, végül a nagyméretű (termelékeny marófejjel) a sorozatgyártásban és a tömeggyártásban.

Kőszőrüléssel, még az ún. nagyolóköszőrüléssel is, viszonylag kis ráhagyásokat munkálnak le. A nagyolóköszőrülés jellegzetes alkalmazási területe a revés, hibás, kemény felületi réteg eltávolítása, sík bázisfelületek megmunkálása, különösen akkor, ha a munkadarabon csak egy síkfelületet kell létesíteni és nem szükséges pontos helyzetmeghatározás a megmunkálatlan felületekhez viszonyítva. A kemény, edzett anyagu vagy megszakított felületű munkadarabok síkfelületeit nagyoló- és simító-kőszőrüléssel pontosan és kis átlagos érdességgel lehet megmunkálni. A köszőrülés kis ráhagyás mellett és megfelelő technológia esetében termelékenyen végezhető és gazdaságos lehet nagyobb sorozatok gyártásánál és a tömeggyártásban is.

Az üregelés a nagysorozatu- és a tömeggyártás jellegzetes megmunkálási módja, amellyel az összes megmunkálandó felületeket egy lépésben kész méretre alakítja.

Különösen több síkból összetett, viszonylag rövid és nem túl széles felületrendszerek kialakításánál alkalmazzák, ha a munkadarab eléggé merev.

A kézi hántolás befejező művelet a síkfelületek megmunkálásánál. Különösen szerszámgépek vezetőkeinek és hasonló rendeltetésű síkfelületek megmunkálásánál alkalmazzák, mert az elérhető nagy pontosság mellett ilyen esetben jelentős előnye, hogy a hántolt felületeken a "foltok"-ban - amelyek sekély mélyedések - kenőanyag tárolódhat.

Ujabbán egyes alkalmazási területeken a hántolást gépi finommegmunkálással helyettesítik. Ezek közül elsősorban a finommarást, finomgyalulást és edzett kemény anyagu munkadaraboknál finomkösörülést alkalmazzák sík felületek megmunkálásánál. Ha a felületi érdességgel kapcsolatos követelményt ezekkel a finommegmunkálási módokkal nem lehet kielégíteni, akkor befejező műveletként a tűkrösítést alkalmazzák.

#### 4.12 Sík felületek gyalulása és vésése

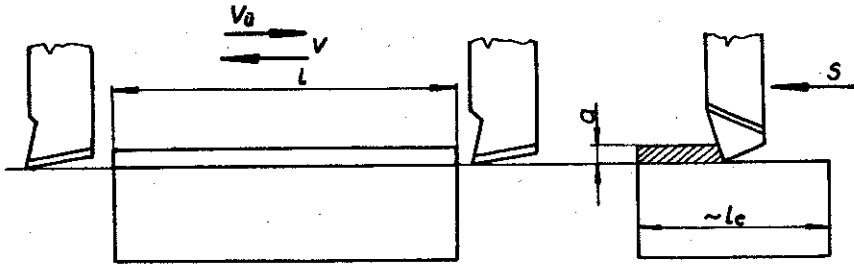
Egyedi és kissorozatgyártásban sík felületek megmunkálására széles körben alkalmazzák a gyalulást és vésést. Ennek az a magyarázata, hogy a gyalu- és vésőgépeken végzendő munkákhoz nincs szükség bonyolult készülékekre és szerszámokra. Ezekben a gépeken egyszerű késekkel munkálhatunk meg aránylag bonyolult felületalakokat és egyetlen fogással nagy ráhagyást választhatunk le. Ezeknek a gépeknek azonban a termelékenysége csekély, tekintettel az alkalmazható kis forgácsolósebességre és a kikerülhetetlen üresjáratra.

Nagyméretű és nehéz munkadarabok vízszintes, függőleges és ferde síkfelületeit hossz-gyalugépeken munkáljuk meg. Ezekben a gépeken egyforma, kisebb méretű munkadarabokból egyszerre többet is megmunkálhatunk.

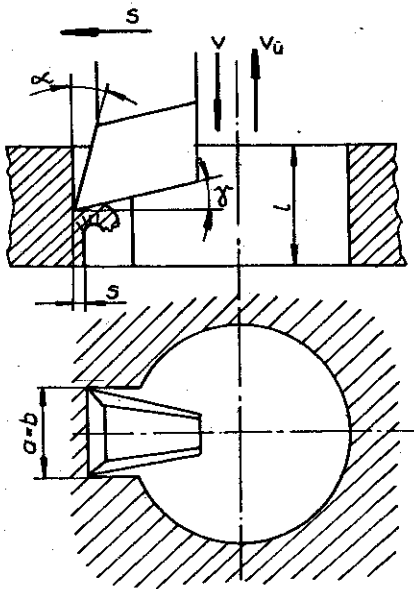
Manapság a szerszámgépipar olyan egyedi hossz-gyalugépeket is előállít, amelynek asztalszélessége 5000 mm, asztalhosszúsága pedig 15 000 mm. Az ilyen gépeken megmunkálható darabok elérhetik a 20 MN súlyt is.

A gyalulást és a vésést síkok, hornyok és általában egyenes alkotóju felületek megmunkálására alkalmazzák. A két forgácsoló eljárás között elvi különbség nincs, és megnevezésükben mutatkozó megkülönböztetés kialakulásukkal kapcsolatos, és esetleg azzal, hogy a gyalulás általában külső, míg a vésés belső alakzatok előállítására szolgál, valamint, hogy a gyalulás vízszintes, a vésés pedig függőleges munkamozgás mellett valósul meg, (lásd a 4.2 és 4.3 ábrákat!).

A gyalulás és vésés egy forgácsolási módként kezelhető, melyre az a jellemző, hogy a folyamat során állandó keresztmetszetű forgács szakaszos leválasztása valósul meg egyéltű szerszámmal, egyenesvonalu alternáló főmozgás mellett, melyet általában a szerszám végez (kivételet



4.2 ábra  
A gyalulás mozgásviszonyai



4.3 ábra  
A vésés mozgásviszonyai

fokozása és az ütésszerű fogásvétel megszüntetése érdekében a gépek a következő mozgásokat végzik automatikusan: lassu fogásvétel; az asztal felgyorsulása az előírt forgácsolósebességre és megmunkálás ezen a sebességen; az asztal sebességének csökkenése, mielőtt a kés a munkadarab anyagából kilép; az asztal gyors visszajáratása; a késszánok előtolása.

A felsorolt gépek két különböző jellegű - teljesítmény és a sebességorientált - megmunkálásra alkalmasak. A teljesítmény elsődlegessége nagyoló megmunkáláskor fontos, amikor a nagyolás az optimális forgá-

képez a hosszgyalugépen végzett megmunkálás), amíg a mellékmozgás szakaszos és általában a munkadarab végzi (kivételem mint fent). A mellékmozgás ideje alatt szünetel, ezért a gyalulás-vésés egyszerű munkamozgást igénylő forgácsolási mód.

A szerszám igénybevétele szempontjából a gyalulás-vésés a maráshoz áll közel: a munkalöket kezdetén a szerszám ütésszerű igénybevételt szenved, ugyanakkor üresjáratú időben lehetősége van a hűlésre.

A gyalulást alacsony termelékenység és a forgácsolás szakaszossága jellemzi. Valahányszor a kés anyaga fogást vesz, mindig ütésszerű hatást vált ki, ami igen előnytelen a kés szempontjából, mert éltartóságát jelentősen csökkenti.

A korszerű gyalugépek (mint például a WALDRICH-COORBURG és a szovjet gyártmányú 7212 és 7112 típusjelű hosszgyalugépek) alkalmazásával lehetővé válik e hátrány elkerülése. A termelékenység



csolási adatok beállítása mellett történhet. Simitáskor a sebesség az elsődleges követelmény kis értékű fogásvétel és előtolás mellett.

A harántgyalugépek szerszáma alternáló mozgást végez. A megmunkálási hossz legfeljebb 2000 mm. E gépekkel vízszintes, függőleges és ferde síkok is megmunkálhatók.

Ezeket a gépeket javításra vagy kimondottan egyedi jellegű célokra használják.

Vésőgépekkel kis méretű munkadarabokon munkálnak ki ékhoronyokat, vajatokat, külső felületeket stb. Ugyancsak az egyedi és kissorozatgyártás feltételei között használatosak. A munkadarabokat a gép asztalára fogjuk fel. Az asztal kereszt- és hosszirányban képes mozogni, valamint elfordul a tengelye körül. A szerszámgép vésőfejének lökethossza általában nem nagy (500...700 mm-ig).

A vésőgépek hátrányaként említendő, hogy termelékenységük rendkívül kicsi és jól képzett szakmunkást igényelnek.

Gyalulással nagyolásnál IT 12 pontosságú és  $R_a = 25...100 \mu\text{m}$  átlagos érdességű felület állítható elő. Simitással a pontosság IT 9-IT 11 minőségű lehet, az átlagos érdességpedig  $R_a = 1,6...25 \mu\text{m}$ .

Finomgyalulással IT 7-IT 8 pontosságú és  $R_a = 1,6...3,2 \mu\text{m}$  átlagos érdességű síkfelület készíthető.

A gyalulással megmunkált felületek eltérése a párhuzamosságtól, ill. a megvalósítandó siktól, ha a megmunkálás állványos hosszgyalun történt,  $0,01 \text{ mm}/1000 \text{ mm}$ , ha a megmunkálást harántgyalugépen végzik, akkor a siktól, ill. a párhuzamostól való eltérés  $0,02 \text{ mm}/300 \text{ mm}$  lehet.

A gyalulás lehet nagyoló és simító megmunkálás. Amikor hosszgyalugépekre nagyméretű munkadarabokat fogunk fel nagyolás céljából, az alkalmazott fogásmélység elérheti, sőt meg is haladhatja a 40 mm-t. Az alkalmazandó forgácsolósebesség értékét általában korlátozzák a gép lehetőségei és azok a tehetetlenségi erők, amelyek a munkadarabbal terhelt asztal reverzálásakor ébrednek. Korszerű gépeken az alkalmazható forgácsolósebesség elérheti a 75...80 m/min. értéket.

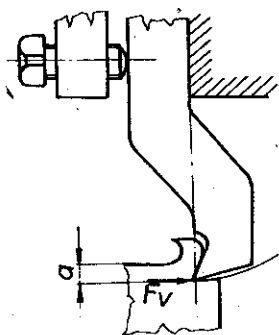
A nagyoló gyalulás kis forgácsolósebesség és nagy előtolás esetén gazdaságos. Például öntöttvas nagyolásakor, ha keményfémlapkás késekkel nagy előtolási értéket állítottunk be, az alkalmazott forgácsolósebesség 12...20 m/min, gyorsacél kések esetében 6...12 m/min. Hűtő-kenő folyadékot nagyoló gyalúáskor nem használunk.

Ha a megmunkálendő felületen igen pontos alakú igényeket akarunk kielégíteni, a nagyoló és simító gyalulást külön műveletben kell elvégezni.

A korszerű hossz-gyalugépeken (mint a 7212 és 7112 típusjelűek), ahol az asztalmozgás igen finoman szabályozható, jó eredménnyel simíthatók a felületek. A simító gyalulás lényege, hogy különleges kemény-

fémplakás késekkel kenőanyag felhasználásával a munkadarabról vékony (0,1 mm-nél vékonyabb) forgácsréteget választunk le. Simitó gyalulás után a felület érdessége megfelel az  $R_a = 0,8 \dots 1,6$  osztály által előírt követelményeknek, a síktól való eltérés 1 m-en legfeljebb 0,01 mm.

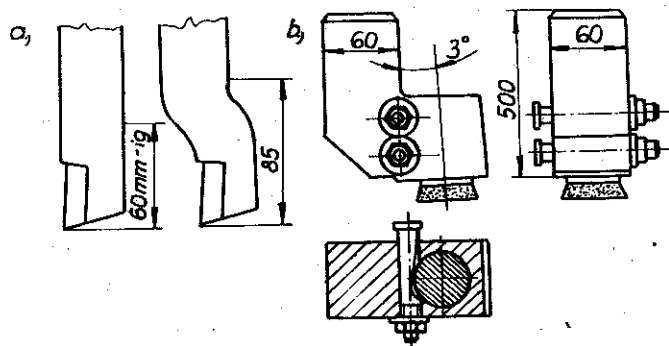
A gyalulásnál és vésésnél használt szerszám egyélű. A szerszám anyaga rendszerint gyorsacél, amely tömör, tompán hegesztett, vagy lapkás kivitelben készül. Készülnek azonban a szerszámok ötvöztelen és ötvözött szerszámacélból is. Gyalulásnál ritkán alkalmaznak keményfémplakás (DA 20, DA 40, DA 50, DU 30, stb.) szerszámokat is.



4.4 ábra  
Könyökös gyalukés

A gyalukések alakja az esztergakések alakjával megegyezik, használnak azonban könyökös gyalukéseket (4.4 ábra) is. A könyökös kések előnye, hogy a forgácsolóerő hatására a terhelés elől "kitérnek" és ezáltal a fogásmélység csökken. Simitó gyalulásnál előnyös a széles élű gyalukés használata.

Simitó gyalulást végezhetünk hagyományos száras gyalukésekkel vagy betétdarabos késekkel. A hagyományos gyalukések lehetnek egyenes- vagy hajlított száruak (4.5 ábra). Öntöttvas gyalulásakor a kés homlokszöge  $\gamma' = 8 \dots 10^\circ$ , hátszöge  $\alpha = 5^\circ$ , a fővágóél hajlásszöge (terelőszöge)  $\lambda = 15^\circ$ . Azáltal, hogy a fővágóél hajlásszögét  $\lambda = 15^\circ$ -ra készítik, a kés lágyabban



4.5 ábra  
Kések simító gyaluláshoz

lép be a munkadarab anyagába és hagyja el azt, megvédve így a kés csucsat a káros ütészzerű igénybevételtől. A hagyományos száru késeket széles vágórésszel is készítik, ahol az él hossza 10...25 mm, sőt készülnek igen szélesek is, amelyek szélesebbek a megmunkálandó felületnél.

A betétdarabos kések (4.5/b ábra) éltartóssága igen hosszú, miután a betétdarabot el lehet a forgácsolóél kopása után fordítani és új éllel folytatni a munkát.

A simító gyalulást legalább két fogásban végezzük. Az első fogással leválasztjuk a simításra hagyott réteg nagy hányadát, pl. 0,5...0,8 mm-t. A második fogásnál a fogásmélység azonban nem haladhatja meg az  $a = 0,05 \dots 0,08$  mm értékét. Az előtolást a kés aktív forgácsolóélének nagyságától függően állapítjuk meg.

A forgácsolósebesség a megmunkálandó anyag tulajdonságaitól, a gép-szerszám-munkadarab rendszer szilárdságától, valamint a szerszám szerkezeti kialakításától és geometriai paramétereitől függ. Amikor keményfémlapkás késsel öntöttvasat munkálunk meg, az első fogásnál  $v = 15 \dots 20$  m/min, a második fogásnál  $v = 4 \dots 12$  m/min. Ha rezgés keletkezne, a forgácsolósebességet csökkenteni kell.

A simító gyalulás előtt az öntöttvas munkadarab megmunkált felületét petróleummal (kerozinnal) vagy bikrómsavas kálium 0,03%-os vizes oldatával be kell kenni.

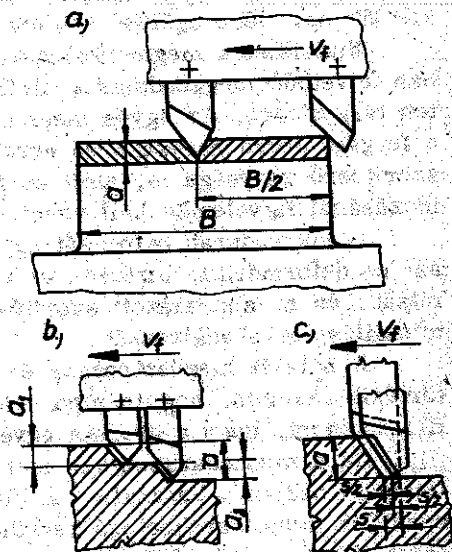
A gyalulás termelékenységét többkéses megmunkálással, egyidejűleg több munkadarab felfogásával és megmunkálásával, széles kés használatával és különleges készülékek alkalmazásával lehet fokozni.

Több szánnal felszerelt gépeken a többkéses megmunkálást úgy lehet megvalósítani, hogy a szánnokkal egyszerre forgácsolunk, valamint többkéses késtartót szerelünk fel. Ilyenkor egyszerre munkálhatunk meg több felületet vagy ugyanazt, de több késsel.

Ha ugyanazt a felületet többkéses rendszerben munkáljuk meg, több megoldást alkalmazhatunk. Vagy a felületet szélességében osztjuk meg a kések között (4.6/a ábra), vagy a fogásmélységet osztjuk meg (4.6/b ábra), vagy pedig az előtolás terhét osztjuk meg két kés között (4.6/c ábra).

Ha egyidejűleg több munkadarab azonos vagy más-más felületét munkáljuk meg a gyalugépen, ezeket felfoghatjuk egysorban, vagy egymás mellett több sorban is a gép asztalára, de ezáltal mindenképpen fokozzuk a gép termelékenységét.

A gyaluláskor és a véséskor a szerszám visszajaratása mint üresjárat jelentősen rontja a gép termelékenységét. Ezzel kapcsolatban igen sok javaslat hangzott el, amelyek mind az üresjárat hasznosítását céloz-



4.6 ábra  
Többkéses gyalulás

ták. Azonban az első olyan hosszgyalu-megoldásokat, amelyeken mindkét irányban lehet gyalulni, nem követte több, és a korszerű megoldásoknál ezt az elvet már nem találjuk meg. A termelékenység növelését inkább úgy oldják meg, hogy a visszajáratás gyorsított menetben történik.

#### 4.2 A munkadarab felfogásának módjai gyalu és vésőgépeken

Amikor sík felületeket munkálunk meg gyalu-, illetőleg vésőgépeken, a munkadarabok leszorítására speciális készülékeket ritkán használunk. Szinte törvényszerű, hogy a megmunkálandó darabot szorítóvasakkal vagy más egyetemes lefogóelemekkel közvetlenül a gépasztalra erősítjük. A munkadarab beállítása és tájolása a gépasztalon tekintélyes mellékidőt emészt fel és viszonylag jól képzett szakmunkást igényel.

A munkadarabot rendszerint előrajzolás alapján, vagy a már megmunkált felület szerint állítják be. Harántgyalun kisebb, egyszerűbb munkadarabokat gépsatu segítségével is befoghatunk.

A szerszámot próbafogással, előrajzolás után vagy harántgyalunál a kézzszámmozgató orsó beállító tárcsájának skálabeosztása segítségével állítják be. Néha beállító sablont is alkalmazhatunk.

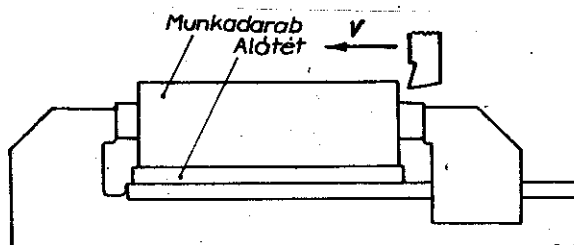
Síkfelületek megmunkálásakor a munkadarab befogásával kapcsolatban felvetődő megfontolások elvileg azonosak, és ezért e kérdés kiemelten tárgyalható. Az egyes megmunkálási módoknál e tekintetben sajátos a forgácsolóerő nagysága és ennek következtében a befogásnál szükséges szorítóerő nagysága is, amit az itt említendő elvi megfontolások alkalmazásánál figyelembe kell venni.

A munkadarab befogását úgy kell megoldani, hogy a reá ható erők azt ne deformálják, biztosan az ülékek és a helyező felületek felé szorítsák, és az alkalmazott szorító- és helyezőelemek a forgácsoló megmunkálást ne akadályozzák.

A helyzet meghatározása és a leszorítás különböző eszközökkel történik aszerint, hogy a munkadarabon van-e megmunkált bázisfelület, ill. aszerint, hogy a gyártás egyedi jellegű vagy tömegszerű.

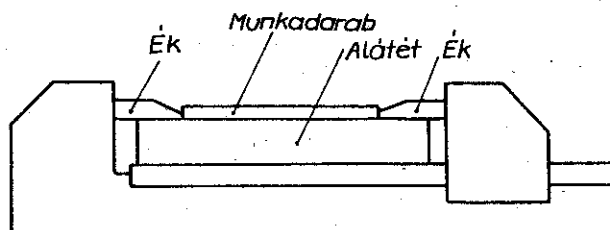
Ha a munkadarabon van megmunkált felület, akkor azt célszerű felfogási bázisnak használni. A kis- vagy középsorozat gyártásban, ha a speciális munkadarabbefogó készülék alkalmazása gazdaságos, akkor a bázisfelületet a készülék ülékeihez kell szorítani. Ha munkadarabbefogó készüléket más okból nem alkalmaznak, pl. a gyártás egyedi jellege miatt, akkor a munkadarabot előrajzolt vonalak szerint állítják be a szerszám éléhez viszonyítva, és a megfelelő helyzetet alátétekkel, aláékeléssel, rendszerint többszöri próbálgatással valósítják meg.

Kisebb munkadarabok befogásához különösen az egyedi és a kissorozatu gyártásban gyakran alkalmaznak egytetemes munkadarabbefogó készüléket (főképpen gépsatut), amelyben a munkadarab helyzetét a magasság irányában alátéttel, az előtolás irányában pedig a gépsatu álló pofájával határozzuk meg. (4.7 ábra). A megfelelő helyezés elősegítése érdekében szokásos a gépsatuba cserélhető betéteket (pl. prizmákat) szerelni.



4.7 ábra  
Helyzetmeghatározás gépsatuban alátéttel

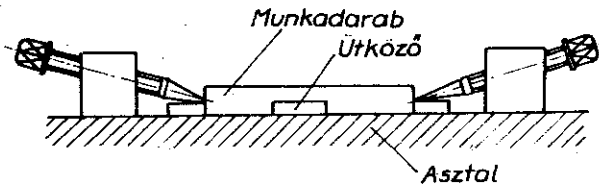
Ha vékony lapon kell sikot megmunkálni, akkor (nagyobb lapoknál) a 4.8 ábra szerinti leszorítást alkalmazzuk. Az üreges, vékony falu munkadarabokat, amelyek deformálódásra hajlamosak, ne gépsatuba fogjuk be, amely falait összeszorítaná, hanem - ha van - peremüknél fogva szorítóvasakkal rögzítsük a gépsztalhoz, vagy készülékhez.



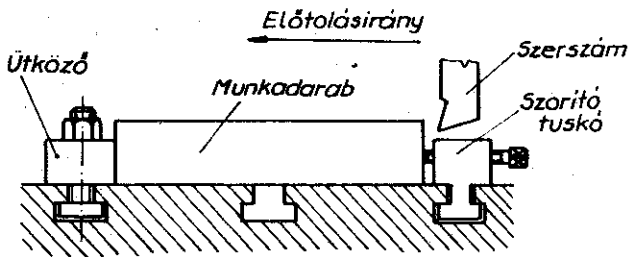
4.8 ábra  
Vékony lap befogása

Kedvező, ha a munkadarabon a megmunkálandó felület alatt olyan perem van, amely alkalmas a szorítóerő felvételére (4.9 ábra).

Ha a munkadarabon nincs olyan perem, vagy mélyedés, amelyet a szorításnál felhasználhatunk, szorítóvasokat (4.10 ábra), vagy lejtős szorítópofás befogókat célszerű alkalmazni. Az utóbbiak nemcsak egymás felé vagy szemben levő ütközőelem felé, hanem az asztal felé is szorítják a munkadarabot.



4.9 ábra  
Szorítás peremen



4.10 ábra  
Szorító tuskó és ütköző alkalmazása

Minél kevesebb és ha szükséges, inkább nagyméretű szorítóvasat használjunk.

A szorítóvasat megfelelő magasságu alátéttel kell a végén alátámasztani úgy, hogy a szorítóerő pontosan az alátámasztási felület felé irányuljon és ne legyen olyan összetevője, amely a munkadarabot helyzetéből elmozdítani igyekszik.

A szorítóvasat úgy kell beállítani, hogy a csavar a munkadarabhoz és ne az alátámasztáshoz legyen közelebb. A csavaranya alá alátétet kell helyezni, és ha felfekvése a szorítóvason nem teljes, akkor szabványos lencsés-kagylós önbeálló alátétet kell alkalmazni.

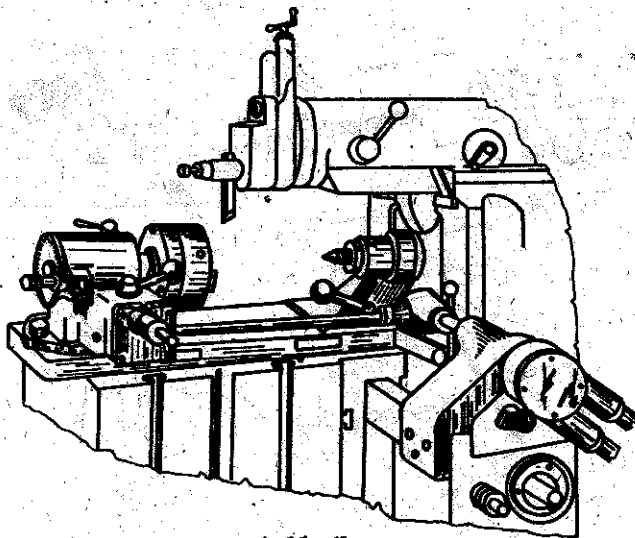
A munkadarabot és a helyzetmeghatározó elemeket úgy kell a szerszámgépeken elhelyezni, hogy megmunkálás közben a forgácsolóerő a munkadarabot a helyzetmeghatározó elem és a szerszámgép asztala felé szorítsa. Emellett a szorítóerő támadási pontját és irányát is úgy kell meghatározni, hogy mind az erő, mind annak nyomatóka az ülékek felé szorítsa a munkadarabot.

Pontos síkfelületek előállítása csak akkor lehetséges, ha nem rugalmasan deformálódott munkadarabot forgácsolunk. Ha ugyanis a munkadarab megmunkálás alatt rugalmasan deformált állapotban van, akkor a lezszorítás megszüntetése után a deformálódás megszűnik, és a deformált állapotban sík felület görbévé válik.

Nagyolásnál rendszerint vastag réteget munkálunk le, és ez a réteg sok esetben más szövetű, mint az anyag többi része. E külső réteg jelenlétekor a munkadarabokban jelentős nagyságu belső feszültségek lehetnek. A külső réteg eltávolításakor azonban megbomlik az egyensúly, és a munkadarab sok esetben deformálódik. Hasonlóképpen, ha nagyolás után ugyanabban a befogásban munkálnánk készre a munkadarabot, akkor tulajdonképpen a szorítóerővel deformált munkadarabot munkálnánk meg. Ezért nagyolás után a munkadarab leszorítását oldani kell. Más esetben, ha indokolt természetes öregbitéssel vagy feszültségmentesítő hőkezeléssel kell megszüntetni a munkadarab anyagában a belső feszültséget. Ezután újbóli és megfelelő felfogás után készre munkálható a munkadarab.

A harántgyaluk velejáró tartozékai a gép üzemeltetését és az alapműveletek bővítését teszik lehetővé. Az MSZ 5077 szabvány rögzíti a velejáró tartozékokat.

Külön tartozékokkal és felszerelésekkel az alapgép munkaterülete kiterjeszhető vagy munkája biztonságosabbá, gazdaságosabbá tehető. A különböző felszerelésekkel egytetemes termelő-, vagy egytetemes szerzőmühelyi gépet nyerünk. Külön tartozékok lehetnek: forgatható, billenthető asztalok, körgyalu és osztókészülékek, többkéses szerszámbe fogók, másolóberendezés stb.

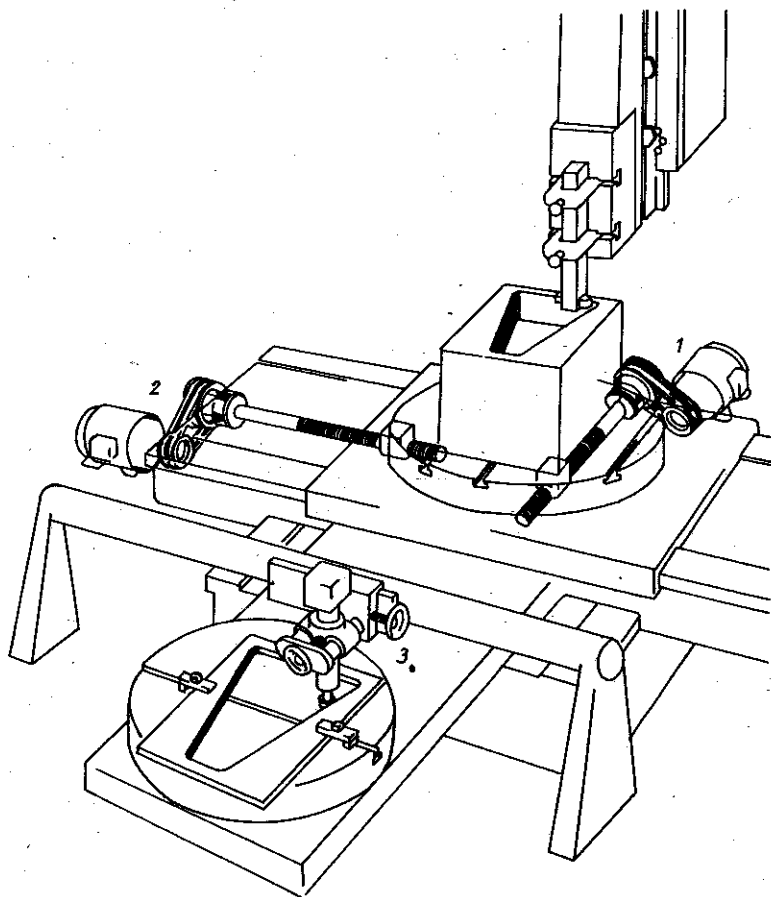


4.11 ábra  
Osztószerkezettel felszerelt harántgyalugép

A 4.11 ábra egy osztókészülékkel felszerelt harántgyalugépet szemléltet. A munkadarabot csucskok között, vagy tokmányban és csuccsal támasztva munkáljuk meg.

Az osztószerkezet (munkadarab) hajtása hasonló módon történik, mint az asztalmozgatás (ugyanarról a kinematikai láncról). Az ilyen megoldáshoz az ábrán látható különleges szerkezetre van szükség.

Korszerű vésőgépeken külön tartozékok segítségével, másolással is lehet alakos felületeket megmunkálni. Erre mutat példát a 4.12 ábra. Az (1) jelű hajtás kettős löketenként, folyamatosan meghatározott előtolást biztosít, míg a (2) jelű egység a (3) másolóberendezés által vezérelt előtolással mozog. A két mozgás eredője az ábrán látható profil megmunkálását eredményezi.



4.12 ábra  
Példa másolással végzett vésére



## 5. Üregelés

### 5.1 Üregelési műveletek és szerszámaik

#### 5.11 Az üregelési folyamat általános jellemzése

Jelentős műszaki és gazdasági előnyei miatt az üregelést a gép-  
ipar minden területén, különösen a tömeg- és nagyszorozat gyártásban  
alkalmazzák. Az üregelő szerszámok gyártási költsége viszonylag nagy,  
általában célszerszámok, rendszerint egy meghatározott munkadarab meg-  
munkálására készülnek.

Alkalmazásuk gazdaságossági eredményessége így csak a tömeg-  
és sorozatgyártásban mutatkozik meg nyilvánvalóan. Azonban jelentős  
megtakarítás érhető el üregeléssel az egyedi- és a kissorozatgyártás-  
ban is, ha a megmunkálandó felületalakzatok kellő mértékben tipizálva,  
szabványosítva vannak. Még jelentősebb lenne az üregelőszerszámok gaz-  
dasági előnye, ha a szerszámokat legalább egy iparágon belül szabványo-  
sítanák. Erre vonatkozó külföldi törekvések az egyes nemzeti szabványok-  
ban (GOSZT, DIN, TGL stb.) már nyomon követhetők.

Az üregelés tipikus alkalmazási területe a járműgyártás. A jármű-  
alkatrészekén végrehajtott tipizálás eredményeképpen ugyanis céltudato-  
san sikerült a gyártmány célszerű alakját, formáját, nagyságrendjét  
megállapítva a legkedvezőbb technológiai eljárások megtervezésével, a  
nyersanyag jobb kihasználásával a termelés gazdaságosságát elérni és  
ezzel az üregelésnek a technológiával szemben támasztott követelménye-  
it is kielégíteni.

A járműalkatrészek felületalakzatainak széles választékát egyaránt  
megmunkáljuk a külső- ill. a belső üregelési eljárásokkal. Az üregelést  
külső felületek esetén rendszerint a marás vagy a gyalulás helyettesíté-  
sére választják termelékenyebb megmunkálási eljárásként. Furatos alkat-  
részek esetén az üreg alakjától függően a körkeresztmetszetű-, bordá-  
zott-, fogazott-, ékhornos-, poligon-, sokszögprofilu-, vagy egyéb ala-  
kos furatok korszerű megmunkálásában a belső üregelés az egyeduralgó.

Az üregelés előnyeit az alábbiakban foglalhatjuk össze:

- Nagy termelékenység. A művelet gépi-, mellék- és előkészületi  
ideje rövid. Megmunkálás közben mérésre nincs szükség. A  
munkadarabot rendszerint nem kell befogni, csak a gép vagy a  
készülék helyzetmeghatározó ülkein felfektetni.
- Az üregelés alkalmazásával egyszerűsödik a műveletterv.

- Nincs szükség szakképzett munkaerőre.
- A munkadarab pontos lesz, mert az üreg pontossága kizárólag a szerszámtól függ.
- Az üregelőszerszámok élettartama hosszú. A szerszám élének utja az anyagban - a többi forgácsolószerszámhoz viszonyítva - a legrövidebb, a furat hosszával azonos. Így egy jól karbantartott üregelőtüske 10...15-ször utánélezhető, ezáltal 5000...30 000 munkadarabot is el lehet vele készíteni, ami a szerszám magas előállítás költsége mellett is gazdaságos felhasználást jelent.
- Az üregelőszerszám magas ára ellenére az egyes üregelési műveleteket alacsony fajlagos szerszámozási költségek terhelik. Ez egyenesen következik a szerszám viszonylag nagy élettartamából és abból, hogy a sorozatra vonatkoztatva az üregelési technológiának nagy a termelékenységé. Tárcsa alakú, közepes méretű munkadarabban hengeres furatokból óránként 80...120 darab, bordás furatokból 50...100 darab készíthető. Külső felületek üregelésekor pedig 100...150 munkadarab az óránkénti teljesítmény. Automatikus munkaciklusú (folyamatos üregelés) külső felületeket megmunkáló üregelő gépeken az óránként megmunkált munkadarabok száma 600...1000 db is lehet.
- Az üregelésnek nagy a megmunkálási pontossága és jó minőségű a megmunkált felület. Az üregelés átlagos megmunkálási pontossága IT 7-8. Különleges esetekben az IT 6 is elérhető, sőt különleges üregelőszerszámok esetén az IT 5 is. Az üregelő felületek érdessége  $R_a = 6,3...1,6$  közötti, de egyes esetekben  $R_a = 0,8$  is lehet.
- Nehezen dörzsölhető színes fémek és egyéb olyan lágy anyagok, amelyek nem is köszörülhetők, üregeléssel könnyen megmunkálhatók.

Az előnyök mellett említsük meg az eljárás néhány hátrányát is:

- Az üregelő szerszám tervezése és legyártása nagy szakértelmet, különleges berendezéseket igényel. A szerszám anyag és munkagigényes, hőkezelése nehéz és körülményes.
- A munkadarab alakja nem lehet bármilyen geometriájú. A nagy forgácsolóerők (10 000...100 000 N) miatt jól kell illeszkednie a befogó készülékbe. Nagyméretű munkadarabok általában nem üregelhetők.
- Zsákfuratokat üregelni nem lehet, legfeljebb a gomba-dörzsárhoz hasonló rövid nyomótüskével.
- Egyenlőtlen falvastagságú munkadarab furata az üregelés után nem lesz alakhü, mert a sugárirányú forgácsolóerők megmunkálás közben deformálják a falat. Vékonyfalú munkadarabok pedig csak kimondottan körülményesen üregelhetők.

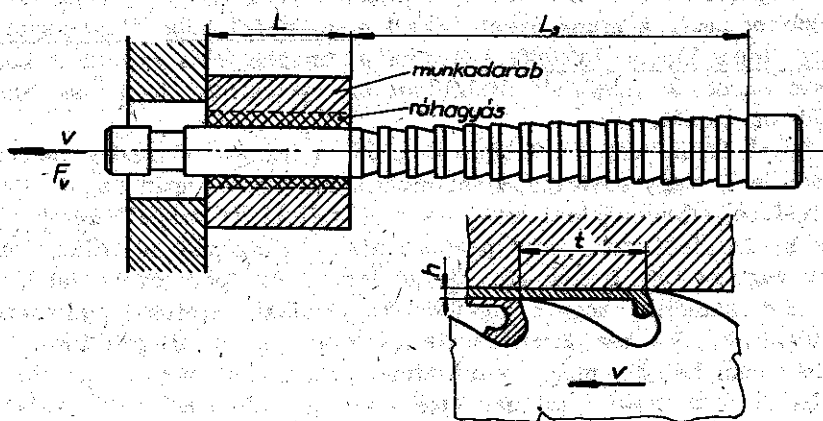
- Monolit kialakítású üregelőszerszámok átmérőjének gazdaságos felső határa 80 mm. Ennél nagyobb profilméretű munkadarabokhoz már szerelt kivitelű szerszámokat kell használni, amelyek kezelése és felépítése már bonyolultabb.
- Üregeléssel a helyzetpontosságon javítani nem lehet, mert az előmunkált furat vezeti a szerszámot.

Az előnyök és a hátrányok mérlegelésekor megállapíthatjuk, hogy az üregelési technológiában a szerszám a meghatározó elem.

A forgácsoló főmozgás egyszerű mozgás, így kinematikailag az üregelő gép is egyszerű felépítésű. Mivel a szerszám a mellékmozgások programját a fogankénti eltolások beépítésével önmagában hordozza, így az üregelőtüske programszerszámnak tekinthető.

Az üregelés kinematikai sajátossága, hogy egyszerű munkamozgást igényel, azonkívül mellékmozgás nincs, annak funkcióját a szerszámkonstrukció látja el. Üregelésnél a főmozgás általában egyenesvonalú egyenletes haladó mozgás, melyet a szerszám végez. Üregelésnél állandó keresztmetszetű forgács szakaszos leválasztása valósul meg, azzal a sajátossággal, hogy egy munkadarabon belül minden fog csak egyszer kerül forgácsolásba.

A főmozgás és a forgácsleválasztás vonatkozásában az üregelés nagy hasonlóságot mutat a gyalulás-vésés forgácsolási móddal, de üregelésnél az egyidejűleg forgácsoló fogak száma mindig nagyobb kettőnél és ez a fogszám - a marási módhoz hasonlóan - változó értékű.



5.1 ábra

-Az üregelés forgácsleválasztási munkájának elvi elrendezése

Az üregelési folyamat megvalósulásának elvi elrendezését az 5.1 ábra mutatja: a munkadarabon, amely megfelelően előalakított furattal rendelkezik,  $v$  forgácsolási sebességgel áthúzzák az üregelőszerszámot, amelynek alakja és méretei úgy lettek kialakítva, hogy a munkadarabon meglévő ráhagyást el tudja távolítani. Az üregelőszerszám fogainak alakja megegyezik a munkadarabban kialakítandó szelvényvel, az egyes fogak méretei az áthúzással ellentétes irányban növekednek. Két szomszédos fognak a forgácsolási felületre merőleges irányban mért méretkülönbsége (egy oldalra számítva) adja az egy fog által leválasztott forgács  $h$  vastagságát, azaz ahogy már fentebb említést nyert, a szerszámkonstrukció látja el a mellékmozgás (előtolás) funkcióját. Az üregelés több forgácsolási fokozatot integrál magában - nagyolás, simítás stb. - ami a szerszám konstrukcióban úgy mutatkozik, hogy a szomszédos fogak méretkülönbsége a szerszám vége felé fokozatosan csökken, azaz a  $L_s$  forgácsoló rész első szakasza végzi a nagyolást, a vége pedig a simítást és a kalibrálást.

Két fognak az áthúzással párhuzamos irányban mért távolsága az  $(t)$  osztás. A munkadarab  $L$  hosszának és az osztásnak a hányadosa adja az egyidejűleg forgácsoló fogak számát, vagy más szóval a kapcsolási számot:

$$\varphi_c = \frac{L}{t}$$

Üregelésnél a munkadarabot a gépen a forgácsolóerő rögzíti, a szerszámot pedig a munkadarab vezeti meg, ezért kapcsolási szám elvileg nem lehet kisebb kettőnél. Gyakorlati megfigyelés szerint a kapcsolási szám akkor ad megfelelő stabilitást a folyamatnak, ha annak értéke nagyobb háromnál.

Belső furatalakzatok üregelése előtt a furatot többnyire furóval, süllyesztővel, vagy esztergálással munkáljuk elő. Csupán az ún. "progresszív-forgácsleválasztási terv" szerint kialakított üregelőtüskék alkalmasak nyeres felületek, mint például minden előmunkálás nélküli öntött furatok vagy sajtolt üregek stb. üregelésére. Az ipari gyakorlat tapasztalatai azt mutatják, hogy a legkülönbözőbb alaku furatokat gyárthatunk üregeléssel 3...30 mm átmérőhatárok között, ha az üregelt furat hossza általában nem haladja meg a keresztmetszeti méret háromszorosát.

Belső felületeket általában vízszintes üregelőgépeken munkálunk meg 100, 200, ill. 400 kN húzóerővel percenként 1,5...1,3 m/mín forgácsolósebesség mellett. Az üregelőgépek kialakítása lehetővé teszi, hogy a legkedvezőbb forgácsolósebességet állítsuk be megmunkálás közben. Néhány anyaghoz a forgácsolósebességek ajánlott értékeit az 5.1 táblázat foglalja össze különböző üregelési esetekre.

A forgácsolási sebesség ajánlott értékei üregelésnélm/min

A Forg. anyag mégmunkálás változatai	Acél: $R_m$ N/mm <sup>2</sup>		Öntött vas: HB			Temper önt- vény	Bronz
	350-500	500-650	65-80	160-180	190-215		
Ékhorony	6-8	6-7	2-4	2-5	1,5-4	6-8	6
Többhornyos	5-8	5-6	2-5	4-6	4-10	6	6
Kör kereszt- metszetű	4-7	4-6	1,5-5	4-5	2,5-8	6-7	6-7
Külső üre- gelés	5-10	3-10	2-8	6-10	3-8	6-8	6

Mégmunkálás közben a fogak viszonylag rövid ideig forgácsolnak kis forgácsoló sebességgel, ezért a szerszám felmelegedése igen kis mértékű. Üregelésnél a szerszám éltartamát a hátkopás szabja meg, amely a forgácsoló fogak sarkain nagyobb, mint a fogak közepén. A kopás nagyságát ezért a fogak sarkain adják meg, amelynek megengedett értéke 0,2...0,4 mm. Ezen hátkopásértékhez az éltartamidő 90...720 min.

A forgácsolósebesség, a szerszám kiképzése, a munkadarab anyaga és a hűtő-kenő folyadék nagy mértékben befolyásolják a munkadarab felületi érdességét. A felületi érdesség javítása érdekében a szerszámot finom éllel és forgácstörővel készítik. A hűtő-kenő folyadékok feladata elsősorban a felületi érdesség javítása és csak másodsorban a hőelvezetés. A hűtő-kenő folyadékot a munkadarab anyagától függően kell megválasztani.

Erő, teljesítmény meghatározása üregelésnél

Üregelésnél, mivel azt többféle szerszámmal végzik, értelmezhetünk a maráshoz hasonlóan egy fogra és szerszámmra ható erőt. Az erő nagyságát a már ismert összefüggések segítségével lehet meghatározni:

$$F_{vi} = k \cdot hb \cdot N,$$

ahol  $b$  – a fogra vonatkoztatott működő összélhossz.

Bordásagy esetében például, egy fogon több élszakasz is forgácsol, tehát az összforgácsszélesség számításánál azt figyelembe kell venni:

$$b = n \cdot b_1$$

A gyakorlati számításoknál a szerszámra ható erő maximális értékére van csak szükség, mivel üregelesnél a teljesítményt nem az átlagos, hanem a maximális erő alapján határozzák meg.

$$F_{vmax} = k \cdot h \cdot b \cdot \Psi_{cmax} \cdot N$$

A forgácsolási teljesítmény:

$$P_c = \frac{F_{vmax} \cdot v}{60 \cdot 000} \text{ KW}$$

A fajlagos forgácsolóerőt üregelesnél is a már ismert

$$k = \frac{k_{1.1}}{h \cdot x_F}$$

kifejezéssel lehet meghatározni. Acélra és öntöttvasra a  $k_{1.1}$  és  $x_F$  állandók értéke:

acélra: $R_M = 630 \text{ N/mm}^2$ ;	öntöttvasra (HB = 200) $\text{N/mm}^2$ ;
$k_{1.1} = 2000 \text{ N/mm}^2$	$k_{1.1} = 1250 \text{ N/mm}^2$
$x_F = 0,85$ ;	$x_F = 0,75$ .

A  $k_{1.1}$  erőállandó értékét üregelesnél is a feltételek változása esetén korrigálni kell (homlok- és hátszög; hűtés, anyagkeménység, kopás stb.). Ezért a gyakorlatban az előző összefüggéssel meghatározott forgácsolóerőt 20...30%-kal megnövelik, és az üregeológépek vonóerejét csak 70...80%-ban szokták leterheléssel kihasználni.

A fajlagos forgácsolóerő és az  $x_F$  hatványkitevők szokásos értékeit az 5.2 táblázatban foglaltuk össze:

k és  $x_F$  értékel különböző anyagok üregelésekor

Mégmunkálendő anyag	Keménység HB	k fajlagos forgácsolóerő (N/mm <sup>2</sup> )			Hatványkitevő x
		éihornyalók-nál	hornyos hüvelynél	hengeres furatnál	
Acél: C45 C60 Cr1 BNC3 Cr2	150-180	1770	2120	7000	0,85
	180-207 160-190	2020	2300	2300	
	180-230	2500	2840	8420	
	260-390	2820	3150	1000	
Öntöttvas:	160-180 190-215	1150 1370	1520 2150	3000 3540	0,73

Éltartam

Az üregelőszerszám éltartama a következő összefüggéssel fejezhető ki:

$$T = \frac{C_T}{z_T^v x_T^h}$$

Sajátossága a fenti kifejezésnek, hogy nem teremt számszerű kapcsolatot az éltartam és a forgácsolószélesség között. Ennek ellenére a forgácsolószélesség hat az éltartamra, bár ez a hatás gyenge és közvetve úgy mutatkozik az összefüggésben, hogy a  $C_T$  - éltartamállandó értékét módosítja. Másik ilyen sajátosság, hogy üregelésnél a forgácsolási sebesség és a forgácsvastagság közel azonos mértékben befolyásolja az éltartamot, amit az állandók értékei mutatnak.

acél ( $R_m = 630 \text{ N/mm}^2$ ):      öntöttvas (HB = 200 N/mm<sup>2</sup>):

$$C_T = (0,5 \dots 1,0) \cdot 10^2$$

$$C_T = (1,3 \dots 2,0) \cdot 10^2$$

$$z_T = 1,60$$

$$z_T = 2,0$$

$$x_T = 1,00$$

$$x_T = 1,25$$

A forgácsolási sebességnek a csökkent hatása azzal magyarázható, hogy az üregelés az élrátétképződés elkerülés miatt igen alacsony sebességtartományban megy végbe, és mérések szerint ebben a tartományban a sebességnek az éltartamra kifejtett hatása kicsi, közel azonos az előtoláséhoz.

Az üregelőszerszám igen magas ára miatt a technológiai tényezők megválasztásánál törekvés van un. "szerszámkimélő" feltételek létrehozására, amelynek megfelelően az üregelőszerszám bonyolultságától függően minimum:

$$T = 100 \dots 500 \text{ (min)}$$

éltartammal kell, hogy rendelkezzen. Egy egyébként a  $T_K$  minimális forgácsolási költséget biztosító éltartam meghatározására szolgáló kifejezésből is következik, ahol az igen magas szerszámár és az üregelőgépre jellemző alacsony KM gépköltség következtében a  $KT/KM$  arány az ezres érték alá csak ritkán csökken le. A fenti követelménynek megfelelően az ajánlott forgácsolási tényezők a következők:

forgácsvastagság:

$$h = 0,02 \dots 0,20 \text{ mm ;}$$

forgácsolási sebesség:

$$v = 2,0 \dots 10 \text{ m/min}$$

A forgácsolási időt üregelésnél az alábbi körülmény figyelembevételével kell meghatározni: a szerszámot a munkadarabra fűzik és a gép bekapcsolásának pillanatában az 5.1 ábrának megfelelő elrendezés alakul ki. A folyamat befejezettnek tekinthető, ha a forgácsolórész utolsó foga is áthaladt a munkadarabon.

Ennek megfelelően a forgácsolási idő:

$$t_g = \frac{L + L_s}{1000 v}$$

Üregelésnél a forgácsvastagság megválasztása, szoros kapcsolatban van a szerszám konstrukciójával és azt már a szerszám tervezésének stádiumában el kell végezni. Előtolás korlátként jelentkezik a szerszám szilárdsága: az  $F_{vmax}$  erő szakításra veszi igénybe a szerszámot, így megengedhető  $R_m$  és minimális keresztmetszet ismeretében az előtolás (forgácsvastagság) maximális értéke meghatározható. Igen lényeges korlátozó tényező a forgácshorony mélysége és területe: üregeléskor a forgács különböző alakban a forgácstérben gyűlik össze. A forgács mennyiségét a munkadarab  $L$  hossza és a forgácsvastagság határozza meg. Ugyanakkor a forgácstér befogadó képessége, függ az osztástól és a ho-



ronymélységtől, de az utóbbi meg a kritikus szerszámkeresztmetszettel val kapcsolatban.

Tekintettel arra, hogy a szokásos szerszám szerkesztés gyakorlatban az üregelőszerszám foghornyának mélységét jelöljük ( $h$ )-val, ezért az előző összefüggésekben szereplő fogankénti eltolást jelentő közepes forgácsvastagságot a továbblakban  $a_1$  rétegvastagsággal helyettesítjük be a kép-  
letbe. Ennek megfelelően például az erőszámító összefüggés formailag a következőképpen módosul:

$$F_{vmax} = k_{1.1} \cdot a_1^{x_F} \cdot b \cdot \psi_{cmax}$$

a gazdaságos üregelési sebességet kifejező összefüggés pedig:

$$v = \frac{c_T}{T \cdot a_1^{x_T} \cdot z_T}$$

## 5.12 Az üregelőszerszámok felosztása és működése

A szerszámra ható erőtől függően megkülönböztetünk huzó és nyomó üregelőszerszámokat. A huzótüske működésekor a huzóerő a szerszám szárrészére hat  $s$ -magát a szerszámot huzásra terheli. A nyomó üregelőszerszámnál az erő a szerszám végére hat, és ezért nyomásnak van kitéve. Kihajlási veszély miatt a nyomó üregelőszerszám hossza legfeljebb az átmérő 12...15-szöröse lehet. A huzó üregelőszerszám hosszúságát merevsége ( $L = 40 D$ ) és az üregelőgép munkalöketének hossza korlátozza.

Tekintettel a megmunkált felülettel kapcsolatos korlátozásokra, az üregelőszerszámokat két csoportba osztjuk. Zárt körvonalu, belső felületek megmunkálására belső üregelőszerszámokat, nyitott körvonalu alakzatokhoz legtöbbször külső felületek megmunkálására külső üregelőszerszámokat használunk. A külső felületek szintén megmunkálhatók huzó- és nyomó üregelőszerszámmal.

Szerkezeti szempontból az üregelőszerszámok tömör és szerelt kivitelűek lehetnek.

A szerszám acél anyagminősége szempontjából megkülönböztetünk ötvözött acélból, gyorsacélból, vagy keményfémből készített üregelőszer-  
számokat.

Az üregelőszerszámok készítéséhez használt ötvözött acélokat a hőkezelés során igen kis alakváltozás kell, hogy jellemezze. A legalkalmasabbak az R2, R6, illetve a K1 és K11 anyagminőségűek (MSZ 4351,

MSZ 4352). A gyorsacélból készült nagyméretű üregelőszerszámok szár-része szerkezeti acélból, a forgácsolórésze pedig gyorsacélból is készülhet. A betéteket tompahegesztéssel vagy keményforrasztással erősítjük a szárrészre. Az utóbbi időben sikeresen alkalmaznak ragasztott megoldásokat is. A szárrészt és a forgácsoló részt gyakran menetes csatlakozással erősítik össze. Ezeket a szerszámokat toldatos kivitelűeknek nevezzük. A keményfém forgácsolórészt betétes, lapkás, kivételben szerelt vagy ragasztott technikával építik az üregelő szerszámokra.

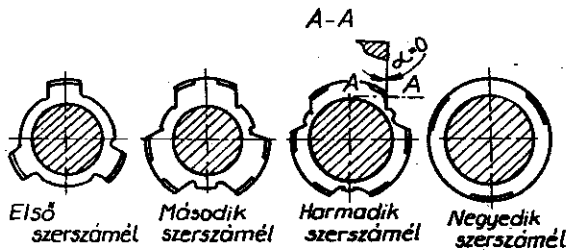
Az egyes üregelőszerszámélek által leforgácsolt réteg vastagsága szempontjából megkülönböztetünk hagyományosnak nevezett üregelőszerszámokat, amelyek a megmunkálási ráhagyás anyagát vékony rétegekben távolítják el, és a csoportosnak nevezett üregelőszerszámokat, amelyek az anyagot vastagabb rétegekben választják le.

Egészen a közelmúltig kizárólag a vékony rétegű anyagleválasztással működő üregelőszerszámokat alkalmazták, amelyek élei egymást követő lépcsőzetességgel mindig azonos vastagságú rétegeket forgácsolnak le. A csoportos üregelőszerszámokat, amelyek legfőbb előnye a kisebb üregelési erő és a viszonylag rövidebb teljes szerszámhossz, kezdetben öntvények és kovácsdarabok külső felületének megmunkálására használták, míg az utóbbi években alkalmazást nyertek hengeres és alakos furatok megmunkálására is. A csoportos üregelőszerszámokban az élek csoportokban - (szekciókban) - működnek. Minden csoportban a szerszámélek együttes munkája bizonyos zárt ciklust képez, és ez az anyageltávolítási ciklus ismétlődik minden élcsoportra.

Amíg a hagyományos forgácsleválasztási terv szerint dolgozó üregelőtüskék egymást követő fogai a profilnak megfelelően a teljes fogásban levő élvonalhossz mentén választanak le forgácsot, addig az úgynevezett "progresszív" forgácsleválasztási terv alapján dolgozó csoportos fogazású üregelőtüskék az előírt rétegvastagságot a fogásban levő élvonalhossz megbontásával, annak a szekcióhoz tartozó fogak közötti átfedéssel történő megosztásával forgácsolják le. Ennek értelmében minden szekcióban a fogak azonos magasságúak, de a fogcsoporthoz tartoznak olyan forgácsoló fogak, amelyek a fogásban levő élvonalnak csak egyes részein dolgoznak, míg a szekció utolsó foga a teljes profilnak megfelelően, mintegy befejezi a csoport számára előírt rétegvastagság leválasztását. Az 5.2 sz. ábra egy négy tagból álló fogcsoportra mutatja be a progresszív forgácsleválasztású tüske rétegleválasztási munkáját.

A forgácsleválasztási terv szempontjából is kétféle elv alapján képezhetjük ki az üregelő szerszámok forgácsoló fogait.

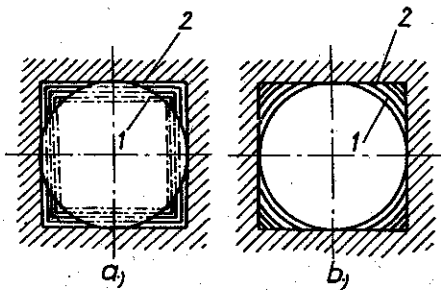
Az első esetben az un. profilozó eljáráskor a forgácsolóélnak és a megmunkált kész felületnek az alakja egyezik. Ilyenkor az anyagot a megmunkált felülettel párhuzamos rétegekben távolítják el. A kész méretpontos felületet az üregelőszerszám legutolsó élei alakítják ki, az előző élek esetleges mérethibáinak nincsen hatása a megmunkálási pontosságra és



5.2 ábra

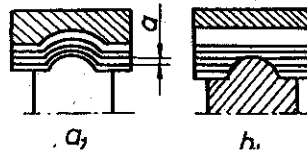
Vastagrétegű anyagleválasztás progresszív üregeléssel csoportokban működő négy szerszámélel

az elkészült felületet érdességre. A megoldásnak hátránya az üregelőszerszám nehézkes élezésekor jelentkeznek. A másik esetben az un. generáló eljáráskor az üregelőszerszám forgácsolóéleinek profilja más, mint a megmunkálás utáni elkészült felületé. Az anyageltávolítást nem a felülettel párhuzamosan elhelyezkedő rétegekben végzi a szerszám. Ilyenkor a szerszámélek zöme részt vesz a kész felület végleges alakításában, amelynek negatív hatása van mind a megmunkálási pontosságra, mind pedig a megmunkált felület érdességére. Az 5.3 ábrán az (1) vonal az első forgácsolóélet a (2) vonal az utolsó szerszámél profilját mutatja. Hasonló a külső üregelőszerszámok felosztása is (5.4 ábra).



5.3 ábra

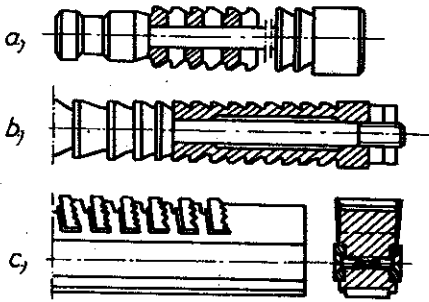
A megmunkálási ráhagyás forgácsolóleválasztási módozatai üregelésnél: a) állandó profilu élekkel, b) változó profilu élekkel



5.4 ábra

Külső felületek üregelése: a) profilozó eljárással, b) generáló eljárással

Az üregelőtüske szerkezeti kivitele független attól, hogy a leválasztandó anyagréteget milyen geometriai rétegleválasztási terv alapján forgácsolja le a szerszám. A gyakorlatban általában 80 mm átmérőig un. "monolit" tömör üregelőtüskeket állítanak elő. A szerszámhossz csökkentésére esetleg toldatos kivitt alkalmaznak, amelynél a



5.5 ábra

Példák szerelt kivételű üregelőszerszámokra

gyűrűs fogelrendezésű szerszámok felépítéséből következik, hogy a dolgozó fogak teljes élvonalhosszukon egyszerre lépnek ki a munkadarabból. Az ezt követő változó forgácsolóerő berezgésre hajlamossá teszi a szerszámot. Miután a szerszám gyártásakor minden egyes gyűrűt külön-külön kell megmunkálni, ez nagy figyelmet és szakértelmet igényel a szerszámkészítőtől. A gyártási pontatlanság következtében az egyes fogak terhelése egyenlőtlen lehet, amely káros feszültségeket ébreszt a szerszámokban. Ugyanez vonatkozik a szerszám újraélezésére is.

Ha az éleket terelőszöggel látnánk el, akkor a fenti problémák nagy része megoldódna, hiszen a fogak fogásba lépése az élvonalhossz mentén folyamatossá válna, minek következtében a dinamikus forgácsolóerő is lényegesen lecsökkenne, nem lépnének fel, vagy legalább is kis mértékben jelentkeznének a rezgések. A terelőszöggel ellátott belső üregelő szerszámok foghornyait csavarvonal mentén lehet kialakítani. Az ilyen ún. csavarhornyú üregelőszerszámokon kupos felületre vágott több-bekezdésű menet formájában alakítják ki a szerszám foghornyait, amely előnyös egyrészt azért, mert nem kell minden fogra külön-külön méretre állni, másrészt pedig a kupos menetekészítés következtében a fogankénti előtolás egyenletes. A csavarhornyú üregelőszerszámok gyártásakor a gép és a szerszám beállítását kevesebbszer kell elvégezni, mint a hagyományos gyűrűs kialakítású üregelőtűskék előállításakor. Ez különösen az újraélezéseknél jelent lényeges időmegtakarítást.

Az egy- és több-bekezdésű azonos élferdeségű csavarhornyú szerszámokon a ferde él következtében minden esetben fellép egy csavaró nyomaték. Ha a ferde éleket két irányból, tehát jobbos és balos emelkedéssel készítjük, továbbá, ha az emelkedési szögek azonosak, valamint az egy keresztmetszetben található forgácsolóélek hossza is azonos, akkor a csavarónyomatékok eredője zérus lesz, tehát ilyenkor a szerszám csavaró deformációjával sem kell számolnunk. Ebből a megfontolásból

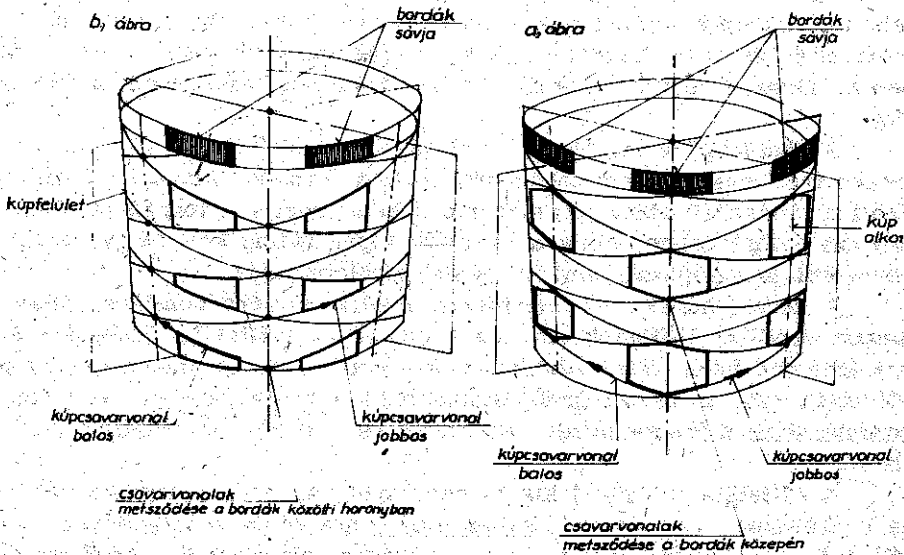
szerszámszárat és a fogazott részt csavarozással erősítik össze. A korszerűen szerkesztett üregelőtűskék, főleg nagyobb keresztmetszetű szerkezeti méretek esetében szerelt kivételben készülnek. Erre mutat be példát az 5.5 ábra.

A belső alakos felületek megmunkálására a mai ipari gyakorlatban az ún. "gyűrűs" fogkialakítású üregelő szerszámokat használják. Ezeknél a szerszámoknál a forgácshornyokat a szerszám tengelyére merőlegesen gyűrűs beszúrásokkal munkálják ki. A

a csavarhornyu üregelőszerzőszámokat un. kereszthornyu kivitelben szokás előállítani.

Kereszthornyu üregelötűskét hengeres furatok és hornyos agyak megmunkálásához választhatunk alakító szerzőszámként. Ahhoz, hogy a hornyos agyak hornyait - (evolvens bordázat, vagy bordás tengelykötések párhuzamos oldalu hornyai) - kialakító forgácsoló fogak szabályosan következzenek egymás után az üregelötűskén, nyilvánvaló, hogy geometriai megköttöttségekkel kell számolnunk. Abban a tekintetben, hogy a fogak osztása és a csavarvonal emelkedési szögei nem választhatók szabadon. Ilyen értelemben az alábbi két feltétel szerint vizsgálhatjuk a fogak kialakítási lehetőségeit:

- a forgácsolóéleket kialakító kupcsavarvonalak a horny- illetve bordaközépen metsződjenek (5.6/a ábra).
- a forgácsolóéleket kialakító kupcsavarvonalak a hornyok, illetve a bordák közötti részen metsződjenek (5.6/b ábra).



5.6 ábra

Keresztirányu üregelötűskék fogkialakítási lehetőségei: a) a kupcsavarvonalak a bordaközépen metsződjnek (hatszög-fog), b) a kupcsavarvonalak a bordák közötti horonyban metsződjnek (trapéz fog)

A forgácsolófogak alakja abban az esetben, ha a kupcsavarvonalak a bordaközépen metsződnek "hatszög alaku" lesz. Csak úgy alakíthatunk ki minden bordán megmunkáló fogakat, ha a jobb és a bal irányú csavarvonalak emelkedése a fogosztás egész számú többszöröse, és a jobb, és a bal irányú menetek bekezdésszáma is egyenlő, és értéke a bordaszám felével kell azonos legyen. Ebből egyenesen következik az a korlátozás is, hogy "keresztthornyu-hatszögfogu" üregelőtüskét csak páros fogszámú bordázatokhoz lehet készíteni.

A forgácsolófogak "trapéz alakuk" lesznek, ha a kupcsavarvonalak a bordák közötti részen metsződnek. A "trapéz fogalakkal" rendelkező szerszámok - betartva azokat a feltételeket, hogy a fogak szimmetrikusan legyenek elosztva a kerület mentén, a fogalakok azonos nagyságúak legyenek, és az újraélezés szempontjából is kedvező alakuk legyenek - csak olyan hornyos agyakhoz alakíthatók ki, amelyeknél a horonyszám osztható négyvel, tehát csak  $n = 4; 8; 16; 20$  horonyszám esetében.

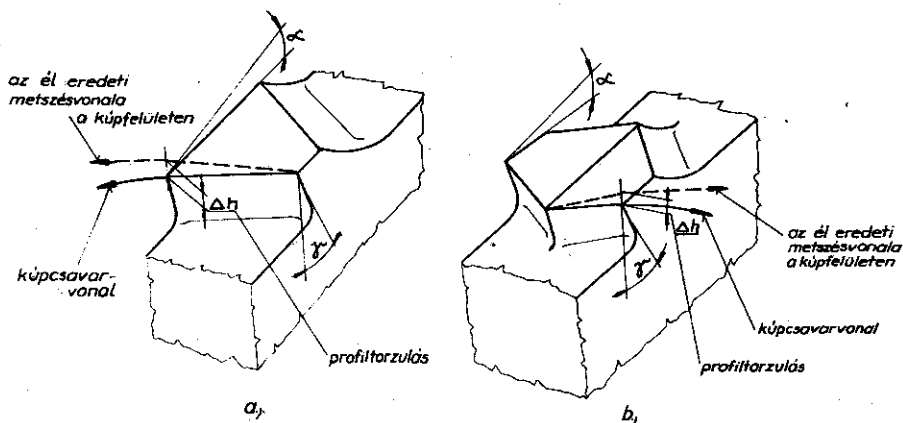
Összehasonlítva a két fogmintázatot a keresztirányú üregelőszer-számokon, úgy tűnik, mintha a "hatszög" fogalakkal rendelkező tüske sűrű fogazású lenne, míg a "trapéz" fogalaku tüske ritkább fogazásúnak tetszik. A trapéz alaku fogak szilárdságilag kedvezőbb szerkezetűek, mert csak az egyik irányban csökken a fog keresztmetszete, ezzel szemben a "hatszög" alaku fogaknál mindkét irányban keskenyedik a fogvastagság.

A "hatszög" alaku fogak kialakításához több bekezdésre van szükség, tovább tart tehát a megmunkálásuk, mint a "trapéz" alaku fogaknak. Viszont a "hatszög" alaku fog már eleve ketté osztja a forgácsot és elfeketi azt a fogárookban, amíg a "trapéz" fagon utólag kell forgácsosztó hornyokat is kiképezni, ami ott jelent többletmunkát.

A keresztthornyu üregelő tüskék a külső átmérő vonatkozásában csak torzult profillal állíthatók elő. Ez a torzulás a hátfelület kiképzése következtében jön létre. Ezt azért is hangsúlyozzuk, mert alakos szerszám-ról lévén szó, a torzult profil átmásolódik a munkadarabra, s ha nem gondoskodunk a korrekcióról, ott méret és alakhibát okozhatnak (5.7 ábra).

A hátfelületet, mivel kis hátszögekről van szó, a legtöbb esetben az üregelőtüske tengelyével párhuzamos tengelyű és a hátszögnek megfelelően kuposra szabályozott köszörűkoronggal alakítjuk ki. Attól függően, hogy a korong tengelyét hogyan állítjuk be, kétféle módon járhatunk el:

- ha a köszörűkorong tengelye a szerszám tengelysíkban ( $P_p$ ) fekszik, akkor a hátfelület éles torzcsavarfelület lesz, amelynek tengelymetszete egyenes.
- ha a köszörűkorong tengelyét a tengelysíkhoz képest elfordítjuk a menetemelkedési szög értékével, így a hátfelület egy nyílt éles torzcsavarfelület lesz.



5.7 ábra

Kereszthornyu üregelőtűskék hátszögeinek kialakítása, a hátfelület egy vagy mindkét irányu kupcsavarvonal menti megmunkálásával

A hátfelület kialakítható csak az egyik irányban emelkedő kupcsavarvonal szerint (pl.: "trapéz" fogalak esetén 5.7/a ábra), valamint mindkét irányban emelkedő kupcsavarvonal mentén (pl.: "hatszög" fogalak 5.7/b ábra).

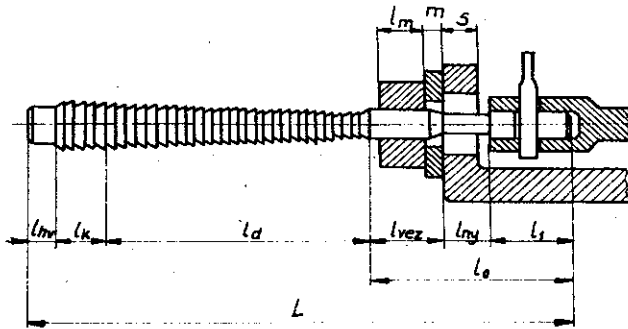
A profiltorzulás szempontjából az a kedvezőbb megoldás, ha a hátfelület zárt éles torzcsavarfelület, tehát a tengelymetszete egyenes, mert így a szerszám foghátak kimetsződései is egyenes élet alkotnak.

### 5.13 Üregelő szerszámok kialakítása és méretezése

Az előtoló mozgás nélkül alakító több élű szerszámokat üregelőszerszámnak nevezzük. Az üregelés folyamatában  $q$  anyagot a magassági vagy szélességi méret irányában fokozatosan növekvő, soros elrendezésű szerszámélek választják le.

Az üregelőszerszámok különleges jellemzője, hogy a forgács a forgácsolóélek között gyűlik össze. Az üregelőszerszámok a különleges szerszámok csoportjába tartoznak, mivel a szomszédos fogak közötti távolság (az osztásköz) függ az üregelt felület hosszától.

A huzótűske szerkezeti felépítése és elemei az 5.8 ábrán láthatók. A befogórész ( $l_1$ ) kialakítása a gépen alkalmazható befogási lehetőségektől és a munkadarab méreteitől függ. Jellemző kialakítások közül ki kell emelni az un. lapos felfogórészt, amelyet ékhorony-üregelőszerszámoknál használunk, továbbá a hengeres felfogórészt, amelyek kialakít-



5.8 ábra  
Az üregelőtüske szerkezeti felépítése

hatók keresztékes kézi, ill. automatikus befogást is lehetővé téve, ugy-  
nevezett gyorsbefogású huzószárként.

A vezetőrész ( $l_{vez}$ ) a huzótüskének a munkadarab furatába való  
pontos bevezetését és központosítását végzi. Mérete az üreg alsó méret-  
határához  $f8$  tűréssel illeszkedik, s ugyancsak ezen az átmérőn helyezke-  
dik el az első munkafog. A vezetőrész hossza:

$$l_{vez} = l_m + 10 \dots 20 \text{ mm}$$

ahol  $l_m$  - a munkadarab üregelt hossza.

A dolgozórész ( $l_d$ ) fogai a forgácsleválasztást végzik. Az ürege-  
lőszerszám működő részének tagoltságát az 5.9 ábra mutatja be. A tús-  
ke fogazott része alapvetően két részre bomlik: az első a forgácsolórész,  
a második a kalibrálórész. A forgácsolórész fogai végzik az adott furat-  
alakzathól a ráhagyási réteg leválasztását, amelyet a fogprofil kialaki-  
tása szerint nagyoló, vagy simító funkcióju fogak vagy fogcsoportok lát-  
nak el.

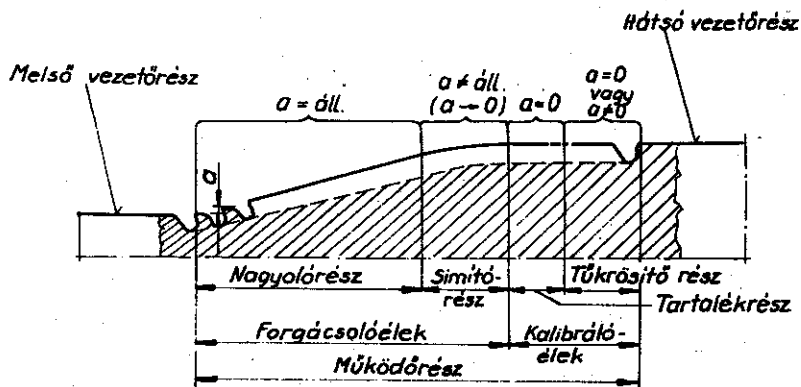
A simító vagy kalibrálórész ( $l_k$ ) fogainak az a feladata, hogy a  
méretpontosságot és felületi minőséget biztosítsák s egyben ezek az után-  
élezések tartalékai.

A hátsó vezetőrész ( $l_{hv}$ ) a munkadarabból kifutó fogakat védi a  
tulterheléstől és ütközéstől. A hossza megközelítőleg

$$l_{hv} = (0,5 - 1) D_{max}$$

( $D_{max}$  = az üregelt furat maximális mérete).

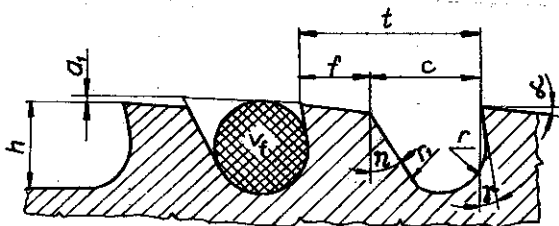




5.9 ábra  
 Üreglőszerszám működő részének vázlata hosszmet-  
 szetben

A fogak kialakítása olyan legyen, hogy a fogárokból a forgács el-  
 férjen és könnyen kipereghessen. Az üreglő tűskéket forgácsstér-  
 kitöltésre méretezzük.

A forgács a  $V_f$  keresztmetszetben helyezkedik el, azonban e te-  
 rületnek csak egy részét tölti ki (5.10 ábra). A munkadarab szilárdsá-  
 gától és a forgács vastagságától függ a kitöltés mértéke, amit kísérleti  
 úton határoztak meg. A  $V_f$  terület és a leválasztott forgács hosszmet-  
 szeti területének ( $q = \frac{1}{m} \cdot a_1$ ) viszonyát kitöltési tényezőnek nevezzük és  
 $k_1$ -gyel jelöljük. Értéke az anyag minőségétől függ és értéke 2...4,5  
 között változik.



5.10 ábra  
 Az üreglőszerszám által leválasztott for-  
 gácsréteg elhelyezkedése a foghoronyban

A fogárok számításához  $V_f$  felületet körnek véve felírhatjuk:

$$l_m \cdot a_1 \cdot k_1 = h^2 \frac{\pi}{4},$$

amiből  $h$  - a fogmélység

$$h = \sqrt{\frac{4}{\pi} l_m \cdot a_1 \cdot k_1} = 1,13 \sqrt{l_m \cdot a_1 \cdot k_1}$$

adódik.

Ha a fogakon forgácsosztó hornyokat is készítünk, akkor a forgács-elemen még egy  $a_1$  vastagságu borda marad, amit a számításban is figyelembe kell vennünk, s ilyenkor

$$h = 1,13 \cdot \sqrt{l_m \cdot 2a_1 \cdot k_1} = 1,6 \cdot \sqrt{l_m \cdot a_1 \cdot k_1}$$

Rideg anyagok üregelésekor a törtforgácsok kitölthetik az ábrán szabadon hagyott  $V_{\ddot{u}}$  területet. Ekkor a rendelkezésre álló keresztmetszetben a  $V_{\ddot{u}} : V_f = 1 : 3$  arányt biztosítva, a horony térfogata:

$$V_h = V_{\ddot{u}} + V_f = \frac{4}{3} V_f,$$

ezzel

$$\frac{4}{3} h^2 \frac{\pi}{4} = l_m \cdot a_1 \cdot k_1; \text{ de } \frac{4}{3} \cdot \frac{\pi}{4} \approx 1; \text{ így}$$

közelítéssel

$$h = \sqrt{a_1 \cdot l_m \cdot k_1}$$

adódik. Ez az összefüggés azonban csak törtforgácsot adó anyagoknál használható.

A fogmélység a munkadarab hosszától, az egy fogra eső forgácsvastagságtól, valamint a munkadarab szilárdsága és a forgácsvastagság függvényében meghatározható kitöltési tényezőtől függ. Ezért a fogalak méreteit a könnyen számítható fogmélység ( $h$ ) függvényében célszerű megadni. A fog főméreteinek arányát B. F. Jeremin az alábbiak szerint ajánlja:

$$\begin{aligned} t &= 2,75 \cdot h & r &= 0,5 \cdot h \\ f &= 1,25 \cdot h & r_1 &= 0,75 \cdot h \\ c &= 1,5 \cdot h \end{aligned}$$

3...6 mm-nél szélesebb forgács esetén az éleken forgácsosztó horonyt célszerű készíteni, a forgácsurfordás csökkentése és a forgácsbeszorulás elkerülése érdekében.

Hengeres felületek üregelésénél a forgácsosztó horony alkalmazását a külső és belső átmérők területének különbsége is megköveteli. Tapasztalati adatok szerint 10...25 mm átmérőhatárok között 6...12 forgácsosztó horony szükséges.

A homlokszög értékét a jó forgácsleválasztás érdekében célszerű minél nagyobbra venni. Általában  $\gamma = 10^\circ \dots 15^\circ$ .

A fogemelkedés  $a_1$  értékét a forgácsolási viszonyok, a munkadarab felületi érdessége és a szerszám mérete (hossza) befolyásolják (lásd az 5.3 táblázatot!).

Amennyiben a fogemelkedés a szerszám hosszában egyenletes, a dolgozó fogak száma:

$$z_d = \frac{q_o}{a_1}$$

$q_o = D_{\max} - d_{\min}$  a maximális ráhagyás értéke, ahol

$D_{\max}$  - az üregelt furat felső határmérete

$d_{\min}$  - az előfúrt furat fűtésmezejének alsó határmérete.

A fogosztás és fogméretek meghatározása után kiszámíthatjuk a huzótüske dolgozó hosszát:

$$l_d = \sum t_1 = z_d \cdot t$$

A kalibráló fogak száma a mérettől függően 3-6 db. Fogosztásuk azonos a munkafogak osztásával, ugyanis az újraélezésekből származó fogmagasság csökkenése miatt az első kalibráló fog munkafoggá alakul át.

A huzótüske teljes hossza az eddigiek alapján számítható:

$$L = l_o + l_d + l_k + l_{hv}$$

amely egyenlő vagy kisebb lehet, mint a huzógép munkalökete. Ha a huzótüske számított hossza nagyobbra adódik, az üregelést 2 vagy szükség esetén több huzótüskével kell elvégezni. Ha több szerszámmra van szükség az üregelőszerszámok készletet alkotnak. Általában a készlet első fokozata a nagyoló fokozat, a készlet utolsó eleme pedig a simító fokozat.

A hőkezelési elhuzódások, saját súly stb. is korlátozzák a tüske maximális hosszát.

A huzótüskét szilárdságra ellenőrizzük.

Fogankénti előtolás értékei üregeléskor ( $a_1$  mm)

Mégmunkálandó anyag	Üregelőtüske típusa		
	ékhornyoló	hornyos hüvelyhez	kör keresztmetszetű
Acél			
$B_m = 500 \text{ N/mm}^2$	0,04-0,06	0,04	0,02
$R_m = 500-700 \text{ N/mm}^2$	0,05-0,10	0,04-0,05	0,02-0,03
$K_m = 700-900 \text{ N/mm}^2$	0,05-0,10	0,06-0,07	0,03-0,06
$R_m = 900 \text{ N/mm}^2$	0,02-0,04	0,02-0,04	0,01-0,03
Acélöntés	0,03-0,05	0,03-0,05	0,02-0,05
Szürkeöntvény	0,05-0,10	0,04-0,10	0,04-0,08
Temperöntvény	0,06-0,10	0,06-0,10	0,06-0,10
Alumínium	0,03-0,08	0,02-0,10	0,01-0,05
Bronz	0,08-0,20	0,06-0,15	0,04-0,15

A legnagyobb húzóerővel ( $F_{\max}$ ) kell számolni. A veszélyes keresztmetszet ( $A_1$ ) többnyire a nyaknál vagy az első foghorony metszetében jelentkezik.

$$\sigma_{\text{meg}} = \frac{F_{\max}}{A_1}$$

Legalább háromszoros biztonsággal kell megállapítani a  $\sigma_{\text{meg}}$  értékét. Gyorsacél, s általában húzótüskék gyártására alkalmas számszámacéloknál  $\sigma_{\text{meg}} = 200 \dots 400 \text{ N/mm}^2$ -rel számolhatunk.

A befogás módjától függően az ellenőrzést szükség szerint elvégezzük a nyírt keresztmetszetekre (pl. a befogópofák alatt) továbbá felületi terhelésre is ellenőrizzük.

A nyomótüskék a forgácsleválasztást ugyanúgy végzik, mint a húzótüskék. A dolgozó és kalibráló szakaszok felépítése azonos, de befogórésze nincs, a nyomótüske első vezetőrésszel kezdődik. A hátsó vezetőrészt olyan hosszúra készítik, hogy átnyomáskor az utolsó kalibráló fog

is áthaladjon a munkadarabon és a nyomófej még mindig kb. 5...15 mm-re legyen a munkadarab felületétől.

A nyomótüskéket kihajlásra kell méretezni. A nyomótüskék ezért jóval rövidebbek, mint a hasonló húzótüskék, kevesebb a dolgozó fogak száma és ugyanazon üreg elkészítéséhez esetleg több nyomótüskét kell használni.

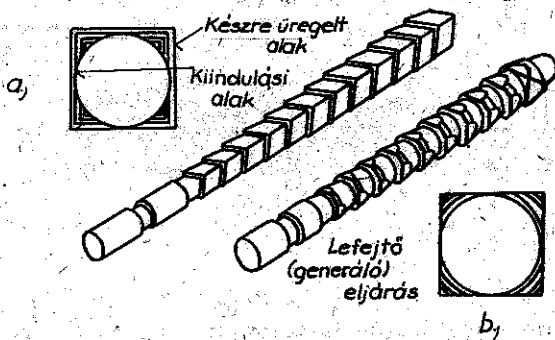
#### 5.14 Furatok üregelése

Az üregelés tetszőleges alakú furatok készremunkálására szolgál a csereszabotosság biztosítása mellett.

Az üregelés előtt általában simító esztergálást vagy süllyesztést IT 9 pontossággal kell végezni. Ez mind az üregelő tüske pontos vezetéséhez, mind pedig a helyzetpontosság biztosításához szükséges. Azért, hogy az üregelésnél a munkadarabnak megfelelő támasztást adjunk, a furat homloklapját a furattengelyre merőlegesen kell megmunkálni. Ennek érdekében az oldalazást a furatmegmunkálással egy befogásban kell elvégezni.

Az üregeléssel elérhető pontosság IT 7-IT 8 minőségnek felel meg. Jól előkészített furat, helyesen köszörült és vezetett szerszám, valamint jó karban tartott üregelőgép esetén IT 6 minőség is elérhető.

Az üregeléssel elérhető felületi érdesség:  $R_a = 1,6 \dots 0,8 \text{ um}$ . Az alakos furatok üregelését  $D = 80 \text{ mm}$  határig végzik.



5.11 ábra

Belső furatalakzatot megmunkáló szerszámok kialakítása: a) profilozó tüske,  
b) generáló tüske

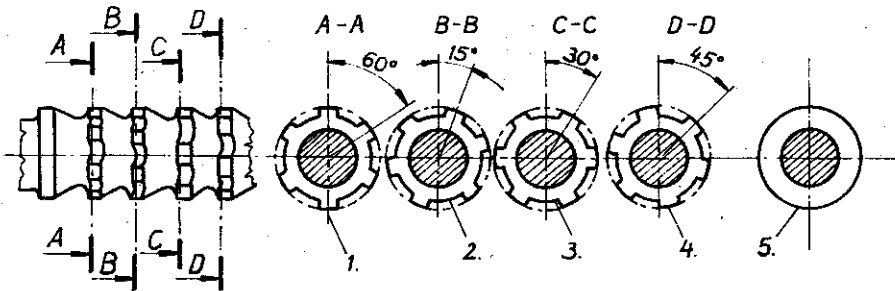
A ráhagyást üregeléskor az üregelő túske fogai folyamatosan választják le. A ráhagyás leválasztására két módszer ismeretes:

Alaktartó (profilozó) eljárás esetén az üregelő túske minden foga a kívánt végső alak szerint készül, s csak a fogak méretei különböznek (5.11/a ábra).

Lefejtő (generáló) eljárás szerint kialakított üregelő túske fogai az előmunkált furat alakját követve, csak fokozatosan közelítik meg az elérendő végső alakot (5.11/b ábra).

Egyenletes fogemelkedést feltételezve, az alaktartó huzótúske esetében a forgácskeresztmetszet állandóan nő, azaz a huzóerő is ennek arányában növekszik. Az íves fog kialakításánál (lefejtő eljárás) a forgácskeresztmetszet fokozatosan csökken, azaz a huzóerő is csökkenő lesz. A fogemelkedés fokozatos növelésével a huzóerő változás kiegyenlíthető.

A termelékenység úgy növelhető, hogy a forgácsleválasztást nem a fogak átmérő irányú növelésével, hanem a fogak egymáshoz viszonyított szögelfordítása révén végzik. Ez a módszer megjavítja a forgácsolási viszonyokat, mert a forgácsméretet úgy lehet megválasztani, hogy ne túlságosan vékony és széles forgács keletkezzék, mint a normál üregelő szerszám alkalmazása esetén. Ez a progresszív üregelés, amelynek elvén kialakított, ún. csoportfogazású üregelő tuskékat gyakran alkalmaznak hengeres körkeresztmetszetű furatok készre munkálására (5.12 ábra).



5.12 ábra

Progresszív elv alapján kialakított furatüregelő szerszám forgácsleválasztási terve egy adott fogcsoportra vonatkozóan

## 5.15 Sík és alakos felületek üregelése

A tömeggyártásban gyakran alkalmaznak külső üregelést a sík felületek megmunkálására. A műveletet vízszintes vagy függőleges üregelőgépen végezzük megfelelő szerszámmal. A gépek lehetnek egy- vagy többpozíciósak és gyakran épülnek be automata megmunkáló sorokba.

Az üregeléssel megmunkált sík felületek méretpontossága átlagosan az IT 9 minőségnek felel meg, de gondos munkával elérhető, hogy a méreteltérés 0,005 mm-nél kisebb legyen. A megmunkált felület átlagos érdessége  $R_a = 0,8 \dots 1,6 \mu\text{m}$ .

A sík üregelés is a nagy-sorozatú gyártásban és a tömeggyártásban gazdaságos megmunkálási mód. Egyetlen lökettel készremunkálja a felület vagy akár több felületről álló bonyolult felületrendszert is. Alkalmass nyers vagy nagyolt munkadarabok készremunkálására.

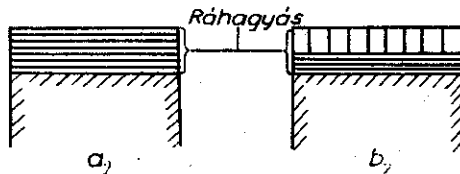
A külső üregelő szerszámok a forgács leválasztását véghezvethetik réteges (5.13/a ábra) és progresszív (5.13/b ábra) eljárással.

A felület teljes szélességében egyenlő, vékony fémrétegeket leválasztó üregelési módszerrel előzőleg már megmunkált felületeket célszerű simítani. A nyers felületeket az ún. progresszív üregeléssel munkáljuk meg. E módszernél a szerszám fogai a kemény réteg alatt dolgoznak, a teljes ráhagyást egyszerre választják le.

Progresszív eljárással nyers felületű kovácsolt darabokat, öntvények, sajtolt darabok kerülnek megmunkálásra, amelyekeken kikeményedett foltok, reve, záródmányok stb. fordulnak elő.

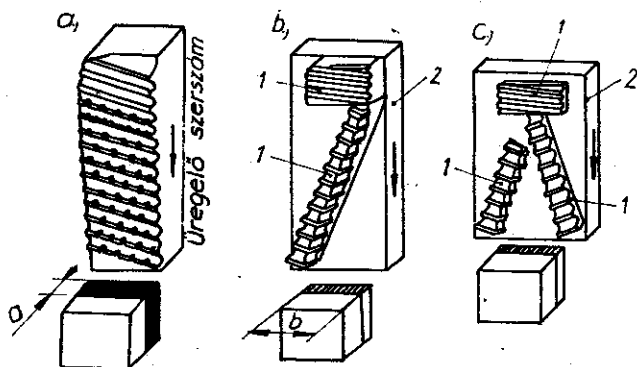
A progresszív üregelés sajátossága, hogy az üregelőszerszám fogai (5.14/b és c/ ábrák) nem a ráhagyás irányában forgácsolnak le fokozatosan rétegeket, mint a réteges üregelés esetén, hanem aránylag vastag forgácsot távolítanak el a megmunkálandó felület b szélessége irányában. Ilyenkor az üregelőszerszám egy fogára eső előtolás keresztirányú és a fogásmélység megegyezik a ráhagyással. Nyers felület üregelésekor a szerszám fogai a felső rétegre merőlegesen forgácsolnak, ami megakadályozza a fogak tönkremenetelét.

Amikor a megmunkált felület minőségével szemben igen nagyok a követelmények, kombinált üregelési eljárást alkalmazunk. Ez azt jelenti, hogy a megmunkálást progresszív eljárással kezdjük, majd a végén áttérünk a réteges üregelésre.

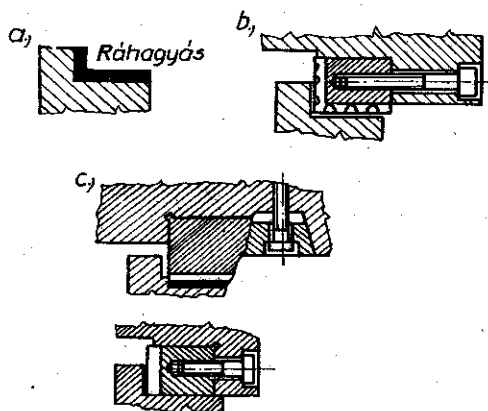


5.13 ábra

Külső réteg leválasztásának változatos síkfelületek üregelésekor: a) hagyományos-rétegelő forgácsolás, b) progresszív elven



5.14 ábra  
Sík felületek üregelésének szerszámelrendezési változatai



5.15 ábra  
Lépcsős felületek külső üregelése

rolt sík felületet (5.15/a ábra) vagy olyan külső üregelő szerszámmal munkálunk meg, amelynek két oldalán fogak vannak (5.15/b ábra), vagy két szerszámmal, amelyeket egymás után alkalmazunk (5.15/c ábra). Az 5.15/b ábrán látható két oldalon fogazott külső üregelő szerszám előállítás, és üzemeltetése magasabb költségekkel jár, mint két szerszám egymás utáni alkalmazása.

Ahhoz, hogy a megmunkálás után a külső és belső felületek helyzete a bázisfelülethez képest az előírásoknak megfelelően, koordináták szerint kell üregelnünk. Ilyenkor igen pontos koordinátákra van szükség,

Progresszív üregelési eljárásnál az egy fogra eső előtolás értéke  $0,15 \dots 0,80$  mm acél megmunkálása esetében. Öntöttvasra ugyanez  $0,2 \dots 1,2$  mm. Mindkét esetben az egy húzásra leválasztott réteg  $2$ -től  $6$  mm-ig terjedhet.

A külső üregelő tuskékat betétfogakkal célszerű készíteni, a szerszám általában több részből készült: a (2) lapra felfogott, különféle (1) működő szakaszokból áll (5.14 ábra).

Külső üregelés esetén vagy egyetlen nyílt felületet, vagy több, különböző kombinációban összefüggő felületet munkálunk meg egyszerre.

Egyik oldalon felülettel hatá-