Dr. Vörös Imre

Kossuth-díjas egyetemi tanár, a műszaki tudományok doktora

Géprajz

742 ábrával, 26 táblázattal és 55 melléklettel

Nyolcadik, átdolgozott kiadás

Tankönyvkiadó, Budapest, 1974

Tartalomjegyzék

1. Előszó az 1. és 8. kiadáshoz 9
2. Bevezetés 12

I. rész

Alaki és mértani ábrázolási szabályok

3. A műszaki rajz szerepe 17
4. A hazai és külföldi szabványok 18
5. A műszaki rajz készítéséhez használatos anyagok és felszerelések 20
6. A rajzolás eszközei és azok kezelése 26
7. A rajzlap méretei (MSZ 18.) Rajzok hajtogatása 40
8. A géprajzban alkalmazott betűk, számok és írásjelek (MSZ 5) 46
9. Méretarányok (MSZ 18) 54
10. Vonalak (MSZ 6) 55
11. Méretek megadása: a kottázás (MSZ 11 és 12) 59
12. Alkalmazott síkgeometria 73
13. Axonometrikus ábrázolási módok a géprajzban (MSZ 488) 87
14. Vetületekben való ábrázolás (MSZ 7) 98
15. Ferde képsíkú vetületek 105
16. Az építőidomok 107
17. Axonometrikus ábrákból a vetületek megrajzolása 109
18. Vetületkiegészítő feladatok 110
19. Metszetek (MSZ 7) 114
20. Metszetek alkalmazásának szabályai 122
21. Vetületi rajzból látszati kép felépítése 136
22. Áthatások gépelemeken 141

II. rész

A szerkezeti anyagtól és gyártási technológiától függő géprajzi szabályok

23. A gépszerkezeti anyagok áttekintése 157
24. Öntés 161
25. Az öntvények jelölése 163
26. Öntött darabok tervezése 165
27. Az acélok hőkezelése 172

28. A szénacélok szabványos jelölései 174
29. Ötvözött szerkezeti acélok 176
30. Különleges acélok 177
31. Színesfémek. Réz és ötvözetei 178
32. Könnyűfémek 180
33. Hengerelt szelvények 181
34. Kovácsolt darabok 184
35. Megmunkálások 185
36. Megmunkált alkatrészek tervezése 193

III. rész

Kötő gépelemek és jelképes ábrázolások

37. Csavarmenetek 205
38. A kötőcsavarok alapszelvényei 208
39. Csavarok jelképes ábrázolása (MSZ 8) 212
40. Csavaralátétek (MSZ 2131) 221
41. Acélcsavarok anyagminőségei (MSZ 229) 222
42. A kötőcsavarok gyártása 225
43. Csavarbiztosítások 230
44. Különféle csavarok és anyák 243
45. Csavarkulcsok 258
46. Kisebb rögzítőelemek 261
47. Ékek és reteszek 265
48. Bordás tengelykötés jelképes ábrázolása (MSZ 7843) 274
49. Szegecskötések ábrázolása 278
50. Jelképes ábrázolások fogaskerék fogazatoknál 286
51. Rugók, láncok, gördülőcsapágyak jelképes ábrázolása 295
52. Hegesztési módok és a hegesztés jelölése (MSZ 694, 4291, 4292, 4302, 4304) 301

IV. rész

Felületi érdesség és tűrések

53. Felületi érdesség (MSZ 4721) 313
54. A felületi érdesség és a felületjelek megadása (MSZ 4722, 4723, 4724, MSZ 15) 320
55. Különleges megmunkálások megadása 327
56. Alkatrészek csatlakozása 330
57. Az előnyös számok és méretek (MSZ 1700) 336
58. Tűrések és illesztések (MSZ 180) 337
59. Az illesztési rendszerek elvi felépítései 343
60. Az ISO illesztési rendszer (MSZ 1850—1867) 345
61. Tűrések, illesztések megadása a rajzon (MSZ 14) 350
62. A szovjet (OCT) illesztési rendszer (MSZ 10 000 R) 354
63. A csavarmenetek tűrésezése (MSZ 304) 356
64. Szabványos szögek (MSZ 14 003) és szögtűrések (MSZ 14 005) 358
65. Alakhűség és helyzetpontosság megadása (MSZ 14, MSZ 14 001 és MSZ 14 002) 361
66. Tűrésszámítások (MSZ 487) 366
67. Felületi érdesség tűrésekhez és illesztésekhez (MSZ 9655) 378

V. rész

Összefoglaló rajzolási szabályok

68. A méréthálózat felépítése gyártás szempontjából (MSZ 13) 383
69. Egyszerűsített jelölések a méretmegadásnál (MSZ 315, MSZ 327) 391
70. Gépalkatrészek felvételezése szabadkézi vázlattal 397
71. A szerkesztés menete 403
72. A géprajzok fajai (MSZ 10) 405
73. Darabjegyzék (MSZ 70) 409
74. Rajzellenőrzés 411
75. Az összeállítási rajzok kirészletezése 413
76. Rajzok kezelése 413
77. Csövek és csőszerelvények jelképes ábrázolása 415
78. Villamos vezetékek és szerelvények tervjelölései 418
79. Építészeti rajzok olvasása 419
Irodalom 426

VI. rész

Függelék

Mellékletek 427
A könyvben idézett szabványok 495
Tárgymutató 501

1. Előszó az 1. kiadáshoz

Ez a géprajztankönyv a Budapesti Műszaki Egyetemen tartott előadásaim anyagát tartalmazó jegyzetre támaszkodva készült, annál azonban bővebb anyagot tartalmaz, főleg abból a célból, hogy a rajztermi gyakorlatok végzéséhez útmutatást adjon. Ilyen pl. a rajzeszközök ismertetése, a szemléltető ábrázolási módok különböző fajai, az idomtan, sík alakzatok ábrázolása stb. Ezenkívül bővebb rajzpéldaanyagot tartalmaz.

A géprajz közvetítő nyelv a tervező mérnök és a műszaki terveket megvalósító dolgozók között. A rajz a műszaki gondolatközlés legcélszerűbb formája. A néhány vonallal előállított rajz sokszor alaposabban leír valamilyen tárgyat, mint a beszéd vagy a leírás. Szocialista iparosításunk mindig több és több szakember munkába állítását követeli, ezért e könyv tárgyalásmódja tekintetbe veszi a szélesebb körű olvasóközönség érdekét is, lehetőleg egyszerű, könnyen érthető módon, példákkal kísérve adja meg a géprajzi ismereteket.

Az anyag csoportosításánál szem előtt lebegett az a körülmény, hogy az egyetemi előadásokkal párhuzamosan haladó gyakorlati munkához, a rajztermi gyakorlatokhoz, mindig időben álljon rendelkezésre a szükséges elméleti anyag. Ezért az általános géprajzi szabályok ismertetése után áttekintést ad néhány gépelemről is a rajztermi munka tudatossá tétele érdekében. Rövid technológiai ismertetést is tartalmaz azért, hogy a gépalkatrészek rajzolása ne csak szűk körű alaki ábrázolásból álljon, hanem tudatos szerkesztői munka legyen.

A könyv a közölt ábrákkal tehát nemcsak arra törekszik, hogy azok a géprajzi követelményeknek megfelelő helyes ábrázolásra például szolgáljanak, hanem az illető gépalkatrész szerepének, rendeltetésének ismertetésére is kitér. Ezáltal a könyv nemcsak a géprajz tanulásának eszköze, hanem a szakmai ismeretek nagyobb arányú kibővítését is szolgálja az ábrákban szereplő gépelem megismertetése révén. Éppen ezért a legtöbb esetben az egyes ábrák nem elvont geometriai alakzatokat, hanem megvalósítható gépelemeket hoznak például.

A géprajz tanításában nagymértékben kell támaszkodni azokra a szabványokra, amelyek a szorosabb értelemben vett géprajzolásra és a géprajzban szereplő egyszerűbb gépelemekre vonatkozólag megjelentek. Így a könyv ábrái egyúttal a Magyar

Szabványok (MSZ) ismertetései is. Sok szabványos gépelem táblázatait is tartalmazza, részint hogy a rajzfeladatok változatosabbá tételére legyen mód, részint hogy a gyakorlati életben dolgozók számára kéznél legyenek a megfelelő, gyakrabban előforduló szabványok.

A géprajz mint külön tudomány önállóan nemigen fejlődött a műszaki tudományok fejlődése során, hanem a gépszerkesztők az egyes gépek fejlesztése terén elért munkásságukban segédtudományként fejlesztették a gépalkatrészek minél helyesebb, szabatosabb előállítását és gyártását megkönnyítő ábrázolási módokat is.

Az orosz tudósok közül Ivan Petrovics *Kulibin* (1735—1818) számos alkotásában — hidak, szemaforos telegráfkészülékek, hajószerkezetek — fejlesztette ki azok helyes műszaki ábrázolását. A XIX. század elejétől kezdve az ábrázoló geometria törvényeinek az alkalmazása adott jelentős fejlődést a magasabb színvonalú műszaki rajzolásnak. L. *Galaktyionov, Szokov* akadémikus, A. X. *Reder,* H. I. *Makarov* foglalkoztak az elméleti és alkalmazott ábrázolás kérdéseivel. 1875-ben H. P. *Durov* professzornak jelent meg „Rajztanfolyam" című könyve. A XX. század kezdetén V. I. *Kurdumov* professzor és tanítványa, H. A. *Rinyin* közöltek dolgozatokat a vetületekben való ábrázolás módszereire vonatkozólag.

Hazánkban A. *Riedler* berlin-charlottenburgi professzor Géprajz című könyve vált ismeretessé, amit magyar nyelvre *Láng* Károly, a selmecbányai bányászati és erdészeti főiskola tanára, később a budapesti Műegyetem professzora fordított le. Olyan magyar munka, amelyik a géprajz tárgykörét teljes terjedelmében, az egyetemi oktatás céljának és színvonalának megfelelő részletességgel, az előbbiekben felsorolt szempontok figyelembevételével tárgyalná, ez ideig még nem jelent meg. Ez a könyv ezt a hiányt igyekszik pótolni.

A könyv létrehozásában, az anyag összeszedésében, részletek megírásában és az ábrák megrajzolásában nagy segítségemre voltak a Budapesti Műszaki Egyetem Gépelemek Tanszékének dolgozói. Különösen kiemelem *Kiss* Gyula adjunktusom segítségét, a kliséábrák rajzolásában pedig *Csonka* Dániel és *Lukonits* Ottó tanársegédeim voltak nagy segítségemre. Szíves közreműködésükért, fáradozásukért ezúton is hálás köszönetemet fejezem ki.

Budapest, 1953. szeptember hó

dr. Vörös Imre

Előszó a 8. kiadáshoz

A Géprajz tankönyv az első megjelenése után több esetben változatlan utánnyomással, 1962-ben pedig nagyobb átdolgozás után került új kiadásra. Az azóta eltelt időben részint a magyar szabványosítás során, részint a nemzetközi (ISO) ajánlások vonalán igen sok olyan új megállapodás látott napvilágot, ami a könyv újabb átdolgozását tette szükségessé. Fentieken kívül a legutóbbi években a Szovjetunió és a szocialista országok közötti KGST ajánlások kidolgozása során jöttek létre olyan megállapodások, amelyek szocialista iparosításunkat nagyon elősegítik. Mindezek szükségessé tették a könyv újabb átdolgozását, hogy az új rajzolási előírásokat ebből a könyvből is megismerhessék az egyetemi hallgatók és az ipari szakemberek.

Az átdolgozás kiterjedt a szorosan vett géprajzi ábrázolási módokra, ami a könyv ábráinak igen nagy részét érintette. Lényegesen meg kellett változtatni a felületi érdességgel, az érdességi jelekkel, a megmunkálási előírásokkal foglalkozó részt. Új menetprofilokat kellett ismertetni, a bordás tengelyek jelképes ábrázolására is új módszert kellett bevezetni. Kitértem a méretmegadásnál használható egyszerűsített jelölési módokra. Megváltozott a szögtűrések, továbbá az alak- és helyzettűrések megadásának módja is. A szerkezeti anyagok jelölései lényegesen megváltoztak, azonkívül kitértem a gépesítésnél manapság már nélkülözhetetlen műanyagok ismertetésére is, és a mellékletek között táblázatosan a fontosabb műanyagokat is felsoroltam, alkalmazásuk körülményeivel együtt. A könyv végén levő függelék igen nagy részét az új szabványoknak megfelelően teljesen újra kellett összeállítani. Mindezek az alapvető változások jóformán új könyv megírását tették volna szükségessé. A könyvtári kezelhetőség megkönnyítése érdekében azonban célszerűbbnek mutatkozott úgy megjelentetni, mint új átdogozott kiadás.

Ezzel az átdolgozással igyekeztem a könyvet korszerűbbé tenni és gyakorlati használhatóságát még jobban elősegíteni. Az átdolgozás elvégzésében, a hozzá való anyag összeszedésében nagy segítségemre volt *Gyulai Zoltán* docens, az anyagtáblázatok összeállításában pedig *Elinger István* adjunktus működött közre. Az ábrák javítását és az új ábrák megrajzolását feleségem, *Körmendy Mária* végezte. Szíves közreműködésükért, fáradozásukért ezúton is hálás köszönetemet fejezem ki.

Budapest, 1971. november hó.

dr. Vörös Imre

2. Bevezetés

Valamilyen tárgynak, új gépalkatrésznek, egy egész gépnek a kidolgozását vagy meglevő gépnek a tökéletesítését *tervezésnek* nevezzük. A kigondolás, a tervezés eredményét le kell rögzíteni, ami legtöbbször rajz alakjában történik. Ezt a munkát *szerkesztésnek*, (konstruálásnak) nevezzük. Ezzel a munkával a szerkesztő mérnök foglalkozik, akinek az a feladata, hogy önmagából kiindulva, önállóan tudjon alkotni, megszerkeszteni géprészeket és gépeket. Ennek az áttekintő gondolkodást és tudatos elmélyedést kívánó munkának, a szerkesztői, konstruálási képességnek, művészetnek a kifejlesztését is célul kell kitűzni a géprajz tanulmányozása folyamán. Elsőrendű követelmény ezzel kapcsolatban az, hogy a munkánkat mindig *gondolkodás* és *tudatosság* kísérje.

A szerkesztő munkája azonban nemcsak abból áll, hogy a géprésznek *helyes alakot,* helyes formát adjon, hanem már a rajztáblánál előre meg kell gondolni azt is, hogy a műhelyben hogyan történik az ábrázolt gépalkatrész *elkészítése,* nem adódnak-e elő a gyártás folyamán esetleg olyan meglepetések, amelyek a kivitelezést meghiúsítják, vagyis a szerkesztőnek ismernie kell a műhelyfelszerelés készségét, képességét is.

Nem utolsósorban feladata a szerkesztőnek az is, hogy minél olcsóbb legyen az alkotása, vagyis a *gazdaságosság* követelményét is ki kell elégítenie. Ez nagyrészt az anyagtakarékos, másrészt a munkatakarékos szerkesztés révén érhető el. Ezért csak olyan gyártási módot lehet előírni, csak olyan pontosságú megmunkálást kívánhatunk meg, amely valóban keresztülvihető, s amely még nem drágítja meg túlságosan a munkadarab elkészítését. Alkalmazni kell a fejlődést jelentő újításokat, korszerűbb technológiai eljárásokat, vagyis korszerűbb megmunkálási módszereket, hogy csökkentsük a tervezett gép árát, előállításának idejét, ezzel növeljük a gépet előállító üzem termelékenységét. A rajzok helyes kivitele is az utóbbi kívánalmat elégíti ki, mert sok munkaidő takarítható meg a világos, minden szükséges adatot tartalmazó rajzok révén.

Egy szerkezet megalkotásakor a megoldási lehetőségek mérlegelése, az előnyök és hátrányok megismerése és ezek között a helyes út megtalálása sokoldalú, tudatos munkát kíván a szerkesztőtől.

A szerkesztő működési körét összefoglalva, azt a következőképpen körvonalazhatjuk:

1. Az igénybevételnek, a szilárdsági tulajdonságoknak és az üzemviszonyoknak megfelelő *számítások* elvégzése.

2. Az *anyag megválasztása* tulajdonságának, árának, súlyának, megmunkálhatóságának, esetleg a megkívánt élettartamnak megfelelően. Sokszor a megrendelő különleges kívánságait vagy a külföldi behozatal és kivitel körülményeit, esetleg egyéb különleges előírásokat is tekintetbe kell venni.

3. A géprészeknek és az egész gépnek a *megrajzolása* a számított értékeknek megfelelően, tekintetbe véve az előállítás, az összeépítés, a helyes működés követelményeit.

4. A megrajzolt gépalkatrész elkészítéséhez szükséges *segéd*eszközök, ún. *készülékek,* sablonok, süllyesztők és ellenőrző eszközök tervezése.

Kisebb, önálló elszámolással bíró üzemekben bizonyos esetben a fenti munkákat egy személynek kell elvégeznie. Nagyobb egységekben azonban az egyes részletmunkákat külön személyek, esetleg külön osztályok végzik el. A szocializmus építése során a tervgazdálkodást folytató államokban az egyes iparágakra külön *tervezőintézetek* létesülnek, amelyek a tervezés sokoldalú tevékenységét munkamegosztással, az egész országra vonatkozólag gazdaságosabban tudják elvégezni.

Mielőtt a géprajz tárgyalását elkezdenénk, röviden ismerjük meg a tantárgy vázát, felépítését. Először foglalkozunk a géprajz szerepével, a szabványokkal, a rajzlapméretekkel, a rajzeszközökkel és azok kezelésével, a betűk írásával és a géprajzban használatos vonalak minőségével, majd a gépalkatrészek térláttató és vetületben való ábrázolási módjával, síkgeometriai szerkesztésekkel, a metszetek alkalmazásával, a méretek megadásával. Mindezeket főleg gépalkatrész-példákon ismerjük meg, így a példák segítségével megismerkedünk néhány gépelemmel is. Ezzel a szoros értelemben vett géprajz szabályait és kiállítási módjait megismerjük. Ezután röviden a gépalkatrészek anyagaival és gyártásával kell foglalkoznunk, hogy lássuk, a géprajz helyes készítésére, helyes szerkesztésére milyen befolyással vannak az előállítás körülményei, pl. az öntés vagy megmunkálások, hegesztések stb., s ebből leszűrjük, hogy mit kell tekintetbe venni a gépalkatrészek helyes megrajzolásánál. Közben a géprajz tudatos gyakorlása céljából részletesebben is megismerkedünk a gépszerkezeteken általánosan használt egyszerűbb gépelemekkel: csavarokkal, alátétekkel, csavarbiztosításokkal, különleges csavarokkal és anyákkal, forgó ékkötésekkel és reteszekkel. Foglalkozunk a gépalkatrészek felületének érdességével, azután különösen a tömeggyártásban annyira fontos illesztésekkel és az alkatrészek csatlakozásával. Befejezésül áttekintjük a szerkesztés menetét, a géprajzok fajtáit, a szövegmező és darabjegyzék készítésével kapcsolatos szempontokat, csővezetékek, szegecskötések, villamos vezetékek, építészeti rajzok készítésénél alkalmazott ábrázolási módokat.

A géprajz általában pontos rajzok *rajzeszközökkel való készítését* igényli, de a *szabad kézzel* való rajzolást, vázlatkészítést is alaposan be kell gyakorolni. Tervezéskor ugyanis az elképzelt gépalkatrészt szabadkézzel gyorsan papírra lehet vetni,

és az egyes részletek arányait azon hamar meg lehet figyelni. A szabadkézi rajz a *térérzékelő képesség* kifejlesztésének is egyik igen fontos eszköze. Nagyon sokszor szükség van arra, hogy a géprajz nehezen megérthető ábrájához szabadkézzel készítsünk magyarázó rajzokat. A szabadkézi vázlatok készítésének a meglévő gépalkatrészek felvételezésénél is jelentősége van. A szerkesztői képességhez szorosan hozzátartozik tehát a jó szabadkézi rajztudás is.

A géprajz jó gyakorlásához és alapos tudásához elengedhetetlen az *ábrázoló mértan* tanulása, sőt inkább az ábrázoló mértannak előzetes megismerése. A térszemlélet kifejlesztésének ugyanis hatásos eszköze az ábrázoló mértan tanulása, és a géprajz sok gyakorlati szerkesztéséhez az ábrázoló mértan adja meg az elméleti alapokat.

A géprajz tanulásánál fontos a *jó jegyzet* készítése. A szerkesztési gyakorlat során ugyanis nincsen idő arra, hogy minden egyes gépelemet lerajzoljunk, de a jegyzetkészítéssel a tárgyalás alá kerülő egyes gépalkatrészek helyes ábrázolásának gyakorlására megvan a lehetőség, a rajzkészség fejlesztése mellett a tanulási idő is célszerűbben használható fel. A géprajz jegyzetelésével azonkívül a jó jegyzet készítésének készségét is meg lehet szerezni, amire a műszaki gyakorlat minden területén nagy szükség van.

Szükségesnek tartom még megemlíteni, hogy könyvemben a hagyományos mértékrendszert használtam. Mivel azonban nálunk is fokozatosan terjed a nemzetközi (SI) mértékrendszer, vagyis az MKSA rendszer, az alábbiakban megadok néhány, főleg a mechanikában és a hőtanban használt átszámítási értéket is. Ezek a következők:

Megnevezés	SI jele	Átszámítása
Erő, súly:	N (newton)	1 kp = 9,81 N
Forgató nyomaték:	Nm	1 mkp = 9,81 Nm
Nyomás (760 torr):	N/m^2	1 atm = 101,325 N/m^2
Feszültség:	N/m^2	1 kp/cm^2 = 98 100 N/m^2
Munka, energia:	J (joule)	1 mkp = 9,81 J
Teljesítmény (LE)	W (watt)	1 LE = 736 W
Hőmérséklet:	K (kelvin)	1 °C = 1 K
Hőmennyiség:	J (joule)	1 cal = 4,1868 J
		1 kcal = 4186,8 J

I. RÉSZ

Alaki és mértani ábrázolási szabályok

3. A műszaki rajz szerepe

A szerkesztőmérnök gondolatának a kifejezője, a *szerkesztőmérnök nyelve,* sőt mondhatjuk, hogy az *ipar nyelve a műszaki rajz.* A szocialista termelésben a tervezők, illetve a tervezőintézetek által készített *műszaki rajzok* mint *tervdokumentumok,* mint állami okmányok szerepelnek. Gépészeti vonatkozásban a géprajz tölti be ezt a szerepet. A géprajz útján kerül a leendő mérnök közvetlen kapcsolatba a gyakorlattal. Megismer gépalkatrészeket, fejlődik a *térszemlélete.* A géprajznak ugyanis, mint általában minden rajznak, alapfeltétele, hogy a lerajzolandó tárgyat a rajzoló a térben el tudja képzelni. A szerkesztői elképzelésnek papírra vetésére képesít a géprajz. Csak a tisztán és világosan elképzelt tárgyat lehet hiba nélkül, jól papírra vetni. A géprajznak mindig valamilyen műszaki szándékot kell világosan, egyértelműen kifejeznie úgy, hogy a megvalósításnál a szerkesztő szándéka felől kétség ne merülhessen fel. A géprajz *módszereinek egyszerűeknek, világosaknak, könnyen érthetőknek* kell lenniük, és az ábrázolt tárgyat *félreértés nélkül,* egyértelműen, szabatosan kell meghatározniuk. A gépgyártásnál az a törekvés, hogy minél takarékosabban, minél olcsóbban termeljünk. Ugyanennek a takarékosságnak kell érvényesülnie a géprajz módszereiben is; gazdaságosan, a legkevesebb idő felhasználásával, minél jobb és érthetőbb külalakkal kell a rajzot elkészíteni.

Az ábrázolásnak igazodnia kell az ábrázolt gépalkatrész elkészítésének körülményeihez is. Jelenleg a gépgyártásnál mindinkább arra törekszünk, hogy a termelés szakosítva történjék, vagyis bizonyos gépalkatrész vagy gép gyártására csak egy üzem rendezkedjék be. Nagyobb mértékben a tervgazdálkodást folytató országok egymás között is kiépítenek ilyen szakosítást. A termelés ilyen felosztásával egy-egy alkatrészből vagy gépből egyszerre nagyobb mennyiséget, nagyobb tömeget lehet gyártani. A gazdaságos előállításnak a *tömeggyártás* igen hathatós eszköze, tömeggyártáshoz pedig megfelelő szervezettség szükséges, mert csak így lehet elérni azt, hogy a gyártás olcsó, az üzem termelékenysége nagy legyen. Ehhez a szervezett munkához szükséges, hogy a rajz, ami a gyártásnak első láncszeme, megfelelő legyen. A géprajzolásban ma sok változást találunk a múlthoz képest. Ezek közül a legfontosabb az, hogy a rajz több utasítást tartalmaz az elkészítésre vonatkozólag. Amikor a mérnök vagy a technikus rajzol, akkor mindig arra kell gondolnia, hogy nem egyszerűen rajzot kell készítenie, hanem egy műhelyben elkészítendő munka-

Városi Könyvtár
55405
Mátészalka

darabot, hogy az ő vonalai műhelyről műhelyre vándorolva testet fognak ölteni, akkor pedig minden hiba kíméletlenül feltárul. A géprajz tehát olyan legyen, hogy az ábrázolt darab életre hívása, kidolgozása alkalmával dicséretére szolgáljon alkotójának. Ezt a dicséretet csak *gondos, felelősségérzettel* végzett munka tudja eredményezni, és ennek a *lelkiismeretes,* felelősségérzettel végzett munkának gyakorlására már kezdetben törekedni kell. A géprajzban tanultakra az egyetemi tanulmányok során a szerkesztési tárgyak tanulásánál később is mindig szükség van, azonkívül a kész gépészmérnöknek is legelsősorban a géprajzi ismeretekre van szüksége. Így nem csak a későbbi egyetemi tanulmányokat, hanem a mérnök egész gyakorlati működését is nagyban befolyásolják a géprajzban szerzett ismeretek.

A géprajzot, a mérnök nemzetközi nyelvét, csak akkor tudja a kezdő a rendeltetésének megfelelően gyakorolni, ha a rajztanulással együtt fejlődik a *szakértelme* is az ábrázolt *géprészek szerepének,* továbbá az *előállítás* körülményeinek az ismeretében. Ezért szükséges röviden foglalkozni a gépalkatrészek gyártásának, előállításának a módjaival is, ami egyébként bővebben a szerkezeti anyagok megmunkálása tárgykörébe tartozik. A géprajzban csak annyit kell vele foglalkoznunk, amennyit az egyes gépelemek helyes megrajzolása, helyes konstruálása megkíván. Csak ilyen módon válik a géprajzolás tudatossá, gépszerkesztéssé.

4. A hazai és külföldi szabványok

Az ipari termelésben gyakran előfordul, hogy bizonyos alkatrészt egy alakban, ugyanolyan kivitelben tud használni több gyár, mégpedig rendszerint nagy tömegben; ilyen a csavar, ék, gördülőcsapágy stb. Az ilyen, gyakran használt alkatrészekre vonatkozólag célszerűnek látták az érdekelt termelő és felhasználó vállalatok is megállapodásokat létesíteni, hogy csak bizonyos egységes, meghatározott alakban és méretekben fogják őket készíteni. Ez az egységesítési munka a szabványosítás; így születnek meg a *szabványok* (normáliák). A szabványosításnak nagy előnye mutatkozik a gyártásban, mert nem kell mindenféle méretű alkatrész gyártására berendezkedni, hanem csak a szabványban megállapított méretűekre, a szabványosított gépalkatrészekből azután egyszerre *többet lehet munkába* venni. A tömeggyártás pedig olcsóbb termelést tesz lehetővé. Ez előnyös a felhasználóra nézve is, mert a szabványos alkatrészek egységes kivitele biztosítja a *cserélhetőséget* is. Ezért minden állam igyekezett a szabványosítás munkájára bizottságokat összehívni, illetve szabványosító intézetet, hivatalt felállítani. Nemcsak a gyáripari termelésben, hanem a gazdasági élet egyéb vonatkozásaiban is használunk szabványokat (pl. a papírok, borítékok, füzetek nagysága, élelmiszerek stb.). Magyarországon a *Magyar Szabványügyi Hivatal* foglalkozik ezzel a munkával. Szakbizottságai az ipar és a tudományos intézetek szakértőinek bevonásával és közreműködésével készítik el a szabványokat. A véglegesen elfogadott szabványok régebben mint Magyar Országos Szabványok, röviden MOSZ kerültek használatba. 1949-től a szabványok Magyar

Népköztársasági Országos Szabványok, röviden MNOSZ (kiejtése: emenosz) elnevezéssel bírtak. 1957-től a szabvány jele MNOSZ-ról MSZ-re változott. A szabványlapok számozásai a szabvány jóváhagyásának évszámát is feltüntetik, pl. MSZ 1700—51, vagyis 1951 a kötelező alkalmazásba vétel időpontja.

A szabványosítás nagy jelentősége főleg a szocialista tervgazdálkodásban mutatkozik meg. A kapitalista termelési rendszerben ugyanis a szabványok nem kötelező erejűek, a gyárosok csupán az üzleti érdek szerint alkalmazzák őket. A szocializmus államaiban a gazdaság a kisüzemi jellegből a nagyüzemi jelleg, a tömeggyártás felé halad, a termelés egységes, tervszerű irányítást, tipizálást nyert. A szabványokban rejlő előnyök kiaknázása céljából a szabványok közül azok, amelyek a vagyon és életbiztonságot vagy a tűzbiztonságot szolgálják, kötelező erejűek, a többi szabvány *diszpozitív* jellegű. Ez azt jelenti, hogy a szállítónak szabadságában áll a szabványtól eltérő minőségben és méretben is szállítani, és csupán akkor kötelező a szabvány betartása, hogyha a szállítási szerződésben kikötik azt, hogy a szállítást képező áru a vonatkozó szabvány előírásainak feleljen meg.

A szabványosítástól a népgazdaság komoly mennyiségi és minőségi munkát kíván meg. A technológia fejlődésével a szabványokat is változtatni kell. Régibb keletű szabványnál meg kell nézni, hogy időközben nem jelent-e meg módosító vagy hatálytalanító más szabvány.

A Szovjetunió szabványait régebben ОСТ (OSZT), jelenleg ГОСТ (GOSZT) rövidítéssel jelölik, ami a Государственный Общесоюзный стандарт (Állami Össz-szövetségi Szabvány) szavak kezdőbetűiből tevődik össze. A nyugatnémet szabványok a DIN szabványok, ami a Deutsche Industrie Normen (Német Ipari Szabványok) szavak kezdőbetűiből áll. A keletnémet szabványok jelölése: TGL.

A nemzetközi kapcsolatok szükségessé tették, hogy az ipari államok közösen is állítsanak fel szabványokat, ezért megalakult 1926-ban New Yorkban a *nemzetközi szabványosító intézet* Basel (Svájc) székhellyel. Az intézet angol neve: International Federation of the National Standardizing Associations (a nemzetek szabványosító intézeteinek nemzetközi szövetsége), vagy rövidítve: International Standards Association volt. A nemzetközi szabványosító intézet *ajánlásokat* dolgoz ki. Folyamatban van az ajánlások helyett nemzetközi szabványok kidolgozása. Az ajánlások az ISA Bulletinekben kerültek nyilvánosságra, amiket azután a legtöbb állam elfogad és szabványokba foglal. 1947-ben átszervezték a nemzetközi szabványosító intézetet; az új elnevezése: International Standardizing Organisation (nemzetközi szabványosító szervezet), és azóta az ajánlások ISO rövidítésű elnevezéssel vannak ellátva.

A szocialista országok a KGST szervezetén belül készítenek szabványajánlásokat, melyek RSZ (PC: Рекомендация по Стандартизации) előbetűkkel vannak ellátva. A Szabványügyi Állandó Bizottság (SZÁB) foglalkozik az RSZ-ek készítésével. A tervezetet első olvasásra valamelyik szocialista ország terjeszti elő, amit megküldenek az egyes szocialista országoknak, azok szakértő bizottsága ülésen vagy ülésen kívül írásban hozzászól a tervezethez. Ezt az első tervezetet a hozzászólások alapján átdolgozzák és újra kiküldik. Így születik meg a második, majd a harmadik tervezet,

ami már RSZ ajánlás is lehet. Ezt bevezetési határidővel együtt az egyes országok nemzeti szabványként honosítják. Az RSZ-ek általában igazodnak az ISO ajánlásokhoz, hogyha a szóban forgó tárgykörben van ISO ajánlás. A KGST ajánlások helyett is folyamatban van KGST szabványok kidolgozása.

5. A műszaki rajz készítéséhez használatos anyagok és felszerelések

A géprajzok szépsége és jósága a rajzoló adottságain felül a felhasznált eszközök és anyagok megfelelő voltától nagymértékben függ.

Rajzpapír. Az eredeti tervezési és szerkesztési rajzok rendszerint fehér vagy sárgás színű, vastagabb rajzpapírra készülnek. A fényt át nem eresztő rajzpapír anyaga géprajzhoz mérsékelten vastag, kemény, középsima felületű, jól enyvezett, nem rostosodó, azaz jól radírozható legyen. A rajzpapírnak egyéb tulajdonságai nem lényegesek, mert az eredeti géprajzokat rendszerint csak a szerkesztéskor használjuk, azokat nem is szokás teljesen kidolgozni, s rendszerint megőrzésre sem kerülnek. A géprajzolásra alkalmas rajzpapírok 100—450 g/m² súlyúak. A vastag, tehát súlyosabb papír a jobb minőségű.

Az előterveket, szerkesztési rajzokat, átlátszó, vékony *pauzpapírra* is készítjük. A vastagabb, áttetsző pauzpapír egyaránt alkalmas ceruzarajzhoz és tussal való másoláshoz is. A szerkesztési rajzokról erősebb, áttetsző pauzpapíron készülnek azok a rajzok, amelyeket a műhelyben és egyéb helyeken való felhasználás céljából sokszorosítani, fénymásolni kell. A tusrajzra használt pauzpapíron a tus még a kapart felületeken se folyjék szét, hanem szép, tiszta, éles vonalakat adjon. A jó pauzpapír megfelelő vastagságú. Szükséges, hogy kellő mechanikai szilárdsággal rendelkezzék, és elbírja a sokszor igen nagyszámú fénymásolat készítésekor adódó igénybevételeket. Végül megkívánjuk, hogy a pauzpapír időálló legyen, vagyis a tárolás során méretét, színét és törékenységét ne változtassa meg a levegő oxidáló hatása és páratartalma miatt. A pauzpapír helyett másolóvásznat is használnak, különösen értékes rajzokhoz. Igen nagy előnye a hosszú élettartama, különösen olyan rajzoknál, amelyeket gyakran kell másoltatni. Egyedüli hátránya költséges volta. A rajzvászon ceruzarajzhoz nem alkalmas. A géprajzban használható átlátszó papírok súlya 60—259 g/m².

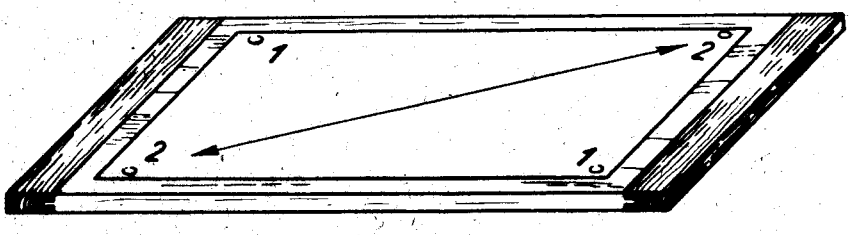
Vázlatkészítéshez bármilyen papír megfelel, amely a radírozást elbírja. A leggyakrabban közönséges csomagolópapirost használunk, amelyiknek a nem fényes oldalára dolgozunk. Kedvező, ha a vázlatpapír durva farostszennyezésektől mentes és világos színű.

Gépészmérnöki gyakorlatban sokszor kell diagramokat is rajzolni. Ezeket milliméter- és egyéb (pl. logaritmus-) beosztású hálózatos papírokra, ún. *diagrampapírokra* szokás készíteni. A papíron levő hálózat leggyakrabban kék, zöld vagy barna színű. Az első két szín gyakrabban használt.

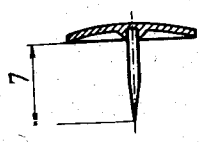
Rajztábla (MSZ 4971). A papírt rajzkészítéskor rajztáblára feszítjük fel. A rajztábla széle vezetést ad a fejes vonalzónak. Sűrű erezésű puhafából kell készülnie. A célnak legjobban száraz hársfa, nyárfa, lucfenyő, esetleg égerfa felel meg. Ezeknek az erezése sűrű, nem kell attól tartanunk, hogy a rajzpapírra átnyomódik: anyaguk szívós, ezért jól tartják a rajzszöget még akkor is, ha egy helyre több ízben helyezzük el a rajzszöget. A rajztábla szélén levő fejelőléc csomó- és repedésmentes kőrisfa vagy bükkfa, gőzölt juhar, gyertyán, szil, ez részben a fejes vonalzó egyenesbe vezetésére szolgál, részben pedig a tábla esetleges megvetemedését gátolja. A vetemedés veszedelme miatt a régi rajztáblák — ha egyébként jók — az újakkal szemben előnyben részesítendők. Általában a rajztábláknak csak egyik oldalát szokás használni, ezek alul két hevederléccel vannak ellátva, de készülnek mindkét oldalukon használható táblák is, ezeket mindkét szélükön fejelőléccel látják el. A tábla éleinek az egymásra való merőlegessége nem lényeges követelmény, mert a *rajzsín vezetésére csak az egyik, a bal oldali rövidebb élt szabad használni.* Ezt a keményfa élt időnként ellenőrizni kell, hogy valóban egyenes-e. Az ellenőrzést a legegyszerűbben egy nekiszorított acélvonalzóval végezhetjük olyan módon, hogy az összeszorított éleket fény felé tartva, átnézünk az esetleges résen. A pontatlanságokat csiszolóvászonnal vagy horzsakővel lehet eltávolítani. A rajztábla méretét valamivel nagyobbra vesszük, mint a legnagyobb, rajta kezelhető rajzpapír nagysága. A táblát asztalra fektetve vagy felállítva, illetőleg dönthető állványra szerelve használhatjuk.

Rajzszög. A táblára a rajzpapírt vagy felszögezzük vagy felragasztjuk. A rajzszögeket úgy kell elhelyezni, hogy ne gátolják a fejes vonalzót szabad mozgásában. Ezért a rajzpapír függőleges széleibe nem teszünk rajzszöget. A rajz felfeszítésekor a szögeket átlósan kell a papírra nyomni *(1. ábra.)*, miközben tenyérrel a rajzpapírt feszesen tartjuk. Lehetőleg ne használjuk az egy darabból készített, olcsó minőségű bádogszöget, amelynek a hegyét a fejből sajtolták és lehajlították, mert ennek a hegye könnyen letörik, és megsértheti kezünket, azonkívül nagy lyukat fúr a táblába, és feje a papír felületéből nagyon kiemelkedve, zavarja a munkát. Külön esztergályozott vagy sajtolt fejű, sárgaréz rajzszögek, beleerősített acélheggyel, az ún. mérnöki rajzszögek a legmegfelelőbbek *(2. ábra)*. A rajzpapír táblára ragasztása enyvezett, gumírozott papír- vagy celofáncsíkkal is történhet.

Fejes vonalzó (MSZ 4972). A rajzon a vízszintes vonalak meghúzására és a háromszögvonalzók vezetésére szolgál. A finom kivitelű körte- vagy cseresznyefa fűrész-

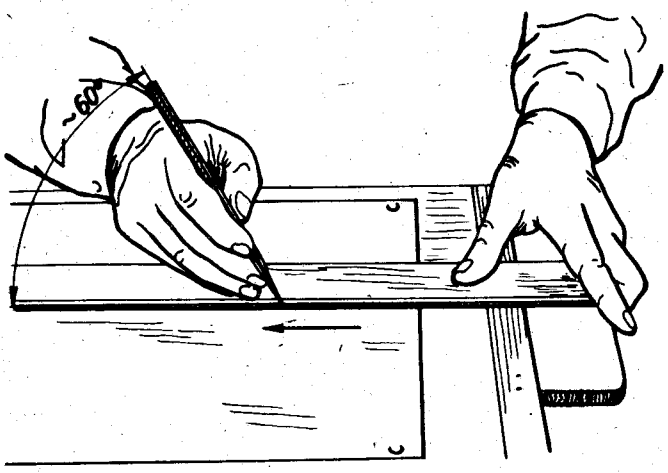


1. ábra. A rajzszögek elhelyezési sorrendje



2. ábra. Mérnöki rajzszög

áruból, a durva kivitelű gőzölt bükkfából és kőrisfából készül. Fontos, hogy a fej a vonalzón merev és hogy a vonalzó felső éle egyenes legyen. Ezt időnként ellenőrizni vagy korrigálni kell úgy, mint a rajztábla szélét. A fejes vonalzót mindig a rajztábla bal oldali szélén levő keményfa sín mellett kell vezetni *(3. ábra)*. A fejes vonalzók némelyikén milliméterbeosztás is van, erre azonban a gépészeti gyakorlatban nincs szükség, mert külön mérőlécet használunk. A rajzoló mindig tartsa szem előtt, hogy rajzainak jósága alapvetően a fejes vonalzó pontosságától függ. A rajzokat a fejes vonalzó mellett körülvágni sohasem szabad, mert tönkreteszszük a vonalzó élét.



3. ábra. Fejes vonalzó rajztáblán való vezetése

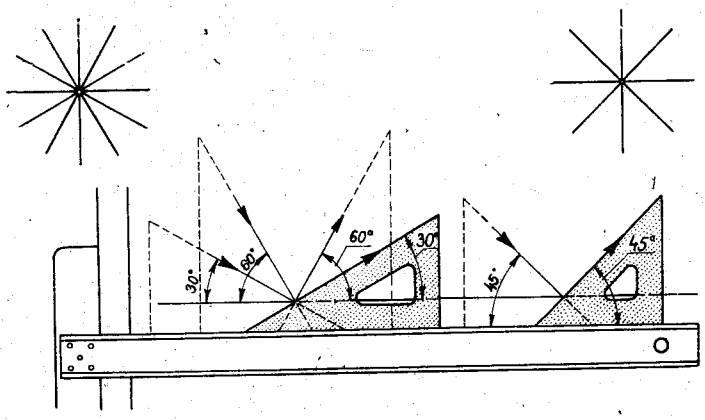
Nagyobb méretű rajztáblán a fejes vonalzó helyett inkább *párhuzamos vezetésű vonalzókat* alkalmazunk. A párhuzamos vezetést a tábla jobb és bal szélénél terelőcsigákon átvetett vékony drótkötéllel vagy lánccal valósítjuk meg, és ahhoz erősítjük a vonalzó két végét.

Háromszögvonalzók (MSZ 4973). A függőleges és különböző ferde egyenesek meghúzásához, valamint egyenesek önmagukkal párhuzamosan való elcsúsztatásához háromszögvonalzókat használunk. A gépészmérnök kétféle háromszöget használ rajzai során, egyenlő szárú derékszögű háromszöget (45°-os) és 30°-os (60°-os) derékszögű háromszöget. Célszerű, ha az egyenlő szárú háromszögből kettőt, egy nagyot és egy kicsit alkalmazunk. Szerkesztésnél a 200—250 mm átfogójú vonalzók használatosak leginkább. A 420×594 mm méretű és ennél nagyobb rajzok készítése

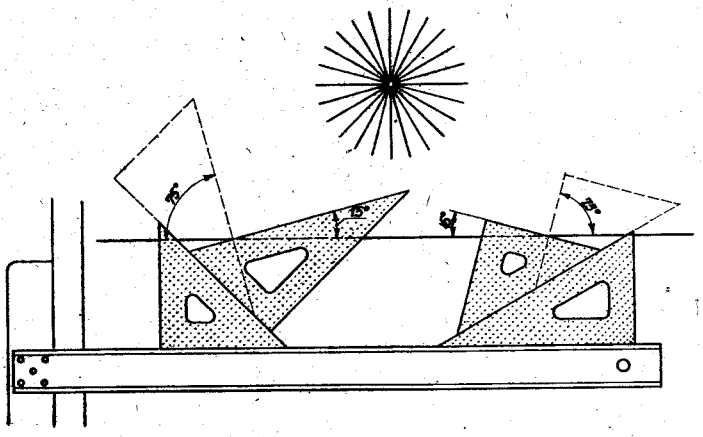
esetében rendszerint megfelel, ha a nagyobb háromszögek átfogója 320 mm. A háromszögek anyaga sűrű erezésű keményfa lehet, körte-, jávor-, cseresznye- vagy diófa fűrészáru, gőzölt bükk, gyertyánfa, kőris fűrészáru. Használatosak műanyagból, polisztirolból készült háromszögek is.. Ezek közül az átlátszók előnyösebbek. A fa háromszögeknél fennáll a vetemedés veszélye, ezért az ilyeneket csak radírral szabad tisztítani. A műanyag vonalzók hátránya, hogy a rajzot nagyon piszkítják, ezért azokat gyakran kell szappannal lemosni. A rajzok tisztasága érdekében helyes, ha a vonalzókat mindig ugyanazon az oldalukon használjuk.

A háromszögek pontosságát beszerzéskor, a favonalzókat használat közben is többször ellenőrizni kell. A derékszögek ellenőrzését a legegyszerűbben úgy végezhetjük, hogy a háromszöget a fejes vonalzóra helyezve, másik éle mellett függőleges vonalat húzunk, majd 180°-kal átfordítva közvetlenül az előbbi mellé újabb függőlegest rajzolunk. Ha a két vonal párhuzamos, illetve fedi egymást, akkor valóban 90°-os az ellenőrzött derékszög. A megengedhető eltérés maximális értéke +2′ lehet. A hegyesszögek ellenőrzése úgy történhet, hogy a vizsgálandó szöget közös csúcspontból ismételten egymás mellé rajzoljuk annyiszor, hogy a szögek összege 180° legyen (a 30°-ot 6-szor, a 45°-ot 4-szer, a 60°-ot háromszor). Ha az első és az utolsó szög szélső szárai valóban egy egyenesbe esnek, akkor pontos a vizsgált szög. A megengedhető maximális eltérés a háromszög külső élein mérve +5′ lehet. Célszerű a derékszögek szárainak az egyenes voltát külön is ellenőrizni úgy, mint azt a rajztáblánál elmondottuk. Az élek eltérése az egyenestől 300 mm-en 0,1 mm lehet.

A háromszögvonalzók és a fejes vonalzó segítségével lehetőségünk van a teljes kört 8, 12 és 24 egyenlő cikkre felosztani, azaz 45, 30 és 15°-os beosztást készíteni a *4.* és *5. ábrák* szerinti elrendezések mellett. Ugyancsak lehetőségünk van a háromszögek egymáson való elcsúsztatásával pontos párhuzamos és merőleges egyenesek rajzolására is.



4. ábra. Különféle hajlású egyenesek rajzolása egy háromszöggel



5. ábra. Különféle hajlású egyenesek rajzolása két háromszöggel

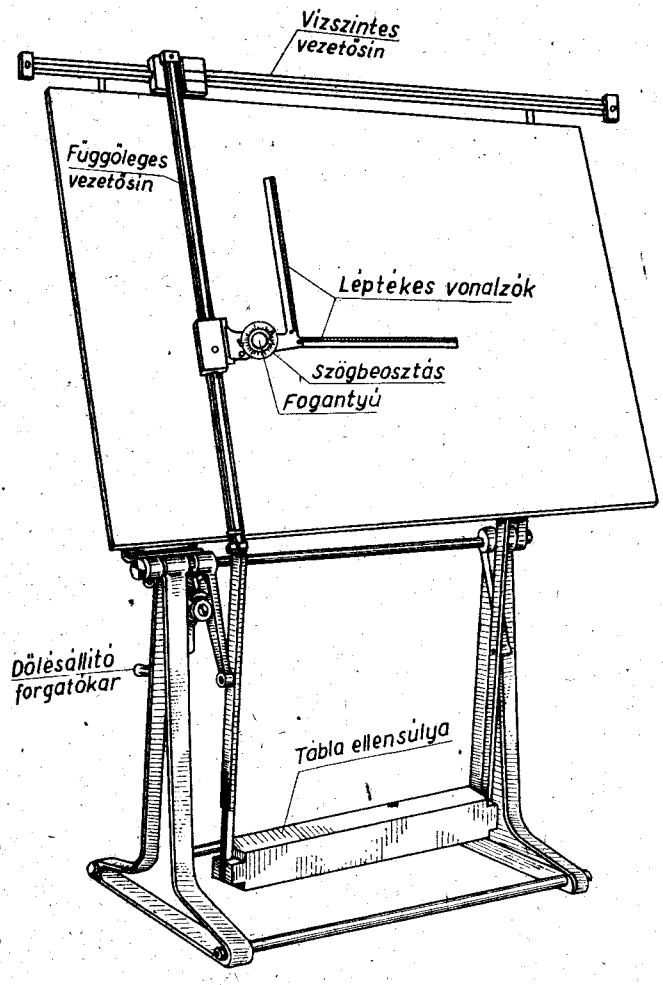
Mérőléc vagy léptékvonalzó (MSZ 4974 és 4975) használatos a távolságok géprajzra való felméréséhez. A gépészmérnök sohasem mér távolságot körzővel, mert pontatlan. A vonal mellé helyezett mérőlécről visszük rá a rajzra a távolságokat. A géprajznál alkalmazott mérőléc hossza 300 mm vagy ritkábban 500 mm. Beosztása lehet milliméterértékű vagy valamilyen méretarány vagy lépték szerinti. Rendszerint körtefából, juharfából, cseresznye vagy diófából készül, a jó minőségű mérőlécet műanyagból készítik. A könnyebb kezelés céljából vagy külön rácsavarozott gombot vagy fogólécet helyeznek el a mérőléc tetejére. Prizmatikus, hatléptékes mérőlécet használni nem célszerű, mert munka közben gyakorta kell keresgélni rajta a szükséges beosztást, ami időveszteséget jelent. Különböző színjelölések könnyíthetik meg a megfelelő beosztás megtalálását.

A mérőléc mentén sohasem szabad vonalat húzni, mert ettől kitöredezik az éle. A jó léc egész mm beosztású és nem félmilliméteres. Sokkal pontosabban lehet a tört millimétereket becslés alapján felmérni, mint a sűrű beosztású léc mentén. Az új mérőlécet természetesen ellenőrizni kell pontos beosztás és egyenes él szempontjából. (A gépészmérnök a mérőlécet gyakran a logarléc milliméterbeosztású élével pótolja.)

Szögmérőt (MSZ 4977) a géprajzok készítéséhez ritkán használunk, mert általában olyan szöget alkalmazunk, amely a háromszögvonalzóinkon levő 30°, 45°, 60° szögek segítségével könnyen megrajzolható. A szögmérők anyaga papír vagy festett acéllemez, továbbá műanyag. Egyébként a szögeket a szög tangensével szoktuk felrajzolni.

Rajzgép. A rajzmunkát lényegesen megkönnyíti és nagyon meggyorsítja a rajzgép használata *(6. ábra)*. A rajzgép állványán a rajztábla forgatókarral, fogazott szegmens segítségével tetszőleges ferdeségűre állítható be; ez biztosítja a rajzoló számára a kényelmes, nem fárasztó testtartást. A rajztáblát hátul két helyen paralelogramma elren-

dezésű rúdszerkezet tartja, ami alul ellensúllyal is el van látva. Így a tábla önmagával párhuzamosan a szükséges magasságba könnyedén beállítható. Fejes vonalzó helyett régebbi rajzgépeknél a rajztábla felső részéhez erősített két, egymás után kapcsolt paralelogramcsuklós vezetés alul egy fogantyúfejjel volt ellátva. Ebbe lehetett beleerősíteni a vízszintes és függőleges vonalak húzására szolgáló léptékvonalzókat. Az újabb rajzgépeken *(6. ábra)* a tábla felső részéhez egy vízszintes vezetősín van hozzáerősítve, ezen egy kocsiszerkezet mozdítható el a tábla hosszirányában. A kocsiról egy függőleges vezetőléc nyúlik le, ami a tábla alsó részén is görgővel van megtámasztva. Ezen ellensúllyal kiegyensúlyozott másik kocsiszerkezet tud függőleges irányban fel, le mozogni. Erre a kocsiszerkezetre van kihajlíthatóan felszerelve a



6. ábra. Rajzgép

fogantyúval ellátott forgatható fej, amibe a vízszintes és függőleges vonalak húzására szolgáló léptékes vonalzókat lehet beleszerelni. A két kocsiszerkezettel a vonalzókat a rajztábla mentén tetszőleges helyre lehet eltolni. A felső, ill. az alsó kocsiszerkezet is rögzíthető, ezáltal a vonalzókat egy irányban önmagukkal párhuzamosan lehet eltolni. A vonalzók kicserélhetők, és a rajz méretarányának megfelelő vonalzót lehet a fejbe szerelni.

A vonalzókat tartó fogantyúfej forgatható, és szögmérő skálával van ellátva, amelyen a vonalzó szögbeállása leolvasható. A gyakrabban használt szögállásoknál, éspedig a 15, 30, 45, 60, 75, 90 fokoknál beugró csappantyúval rögzítődik a forgatható fej, közben levő helyeknél szintén lehet rögzíteni. Ezekkel a felszerelésekkel a rajzgép pótolja a fejes vonalzón kívül a háromszögvonalzókat, a mérőlécet és a szögmérőt is. A *6. ábrán* a rajztáblára erősített szerkezet bármilyen típusú rajztáblára is felszerelhető, ezért szűkebb értelemben rajzgépnek ezt a vonalzóvezető szerkezetet szoktuk nevezni.

Világítás. A rajztábla felszereléséhez sorolható a világítólámpa is. A rajztáblák megvilágítására legjobb a napfény összetételével megegyező mesterséges, ún. kevert fény, mely részben izzólámpától, részben fénycsőtől ered. A rajztermeket célszerű árnyékmentes elrendezésű fénycsővilágítással ellátni, amely a rajztáblákon kb. 200—250 lux világítást ad, és ezenfelül minden egyes rajztáblán célszerű ernyővel ellátott irányítható izzólámpát felszerelni, amely további 100—250 lux megvilágítást jelent. Az így előálló kevert fényű, mintegy 300—500 luxnyi rajzpapír-megvilágítás fiziológiailag a legtökéletesebb, mert a legkevésbé ez fárasztja a rajzoló szemidegeit.

6. A rajzolás eszközei és azok kezelése

Ceruza. Akármilyen jellegű rajzot készítünk is, jó minőségű grafitceruzát célszerű használni. A ceruzák keménységét számozással és betűjelzéssel adják meg magán a ceruzán. A ceruza minősége függ a burkoló fa anyagától és a grafitbél finomságától. Legszebben hegyezni a cédrusfából készült ceruzát lehet. A grafitszemcsék egyenletes nagysága és eloszlása a legdöntőbb a ceruza minősége szempontjából. A jó ceruzabél tűhegyesre való faragás után sem törékeny. A minőségi ceruza egyenletes, erőteljes fekete vonalat ad, és használat közben csak kevéssé kopik.

A géprajznál különféle keménységű ceruzákat szoktak használni. Hogy a különböző vonalak megrajzolásához milyen kemény ceruza a legmegfelelőbb, azt nem lehet merev szabályokkal rögzíteni, mert minden esetben a rajzoló kezének adottságaitól függ. Könnyű kézhez természetesen puhább ceruzák megfelelőbbek, nehéz kezű rajzoló keményebbet kénytelen használni, hogy megfelelő vonaltónusokat tudjon elérni. Minthogy a vonalak papírba vésését mindenképpen kerülni kell, célszerű, ha a rajzoló a könnyebb ceruzakezelésre neveli magát. A ceruzák 6B és 3B között különlegesen puhák, a 2B, B jelűek nagyon puhák; HB és F a puha, H, 2H és 3H a kemény, 4H és 5H a nagyon kemény ceruzákat jelzi, 6H és 9H között pedig

különösen kemények. A különösen puha és különösen kemény ceruzák a géprajzolói gyakorlatban nemigen használatosak. Hozzávetőlegesen az 1. táblázatban levő összeállítás szerint szokás a különféle keménységű ceruzákat használni. A táblázatban a számozás csak körülbelül felel meg a betűjelzésnek.

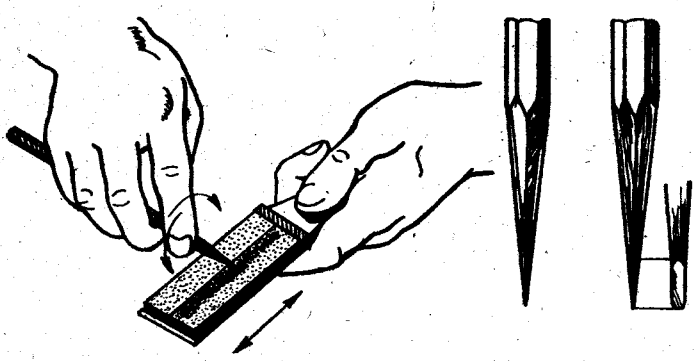
1. táblázat

Ceruzaminőségek alkalmazási körei

Munkaterület	A ceruza számozása, illetve betűjelzése															
					1	—			3		4					
	6B	5B	4B	3B	2B	B	HB	F	H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H
Művészi rajz érdes papíron	×	○	○	○	+												
Művészi rajz síma felületen			×	○	○	+											
Szabadkézi vázlat				×	○	○	+										
Írás és rajzolás						×	○	○	+								
Géprajz normálpapíron								×	○	○	+						
Géprajz normálpapíron vékony vonal									×	○	○	○	+				
Geometriai szerkesztések											×	○	○	○	+		
Különleges pontosságú rajzok														×	○	○	+

× = könnyű kéz, ○ = normális közepes kéz, + = nehéz kéz.

A ceruza hegyezésének mindig nagy gonddal kell történnie. Célszerű a hegyezéshez külön kést vagy hegyezőpengét alkalmazni. A ceruzahegyező késsel csak a ceruza faburkolatát faragjuk le, a grafithegyet magát csiszolással alakítjuk ki végleges formájára. A csiszolást horzsakövön, reszelőn vagy csiszolóvásznon végezhetjük, de sohasem a rajztáblán. Igen hasznos, ha a rajzoló készít magának kis falapocskára felragasztott, durva és finom csiszolóvászon darabból külön csiszolószerszámot *(7. ábra)*. Hegyezéskor először a durva csiszolóvászon felületén, utána a finom felületen alakíthatja ki a megfelelő ceruzahegyet. A csiszoló nyelébe lyukat fúrva, zsinóron a rajztáblához kell kötni, hogy így a grafitszemcsék a földre hulljanak, és ne piszkítsák be a rajzot.



7. ábra. Ceruzahegyek és kialakításukra szolgáló csiszolószerszám

A ceruzahegy alakját a vele rajzolandó vonalak jellege határozza meg. Leggyakoribb a kúpos végződés, emellett még a lapát alakú végződés is használatos, amelynek a két keskeny szélét célszerű kissé legömbölyíteni. A ceruza használatára nehéz előírásokat felállítani, így csupán néhány alapvető szabályra kívánjuk a figyelmet felhívni:

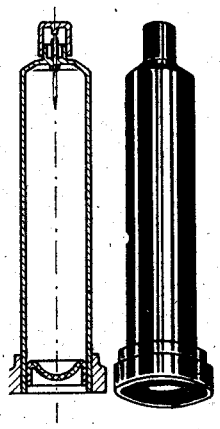
1. A ceruzát lazán kell fogni.
2. A ceruza tartását a hüvelyk-, mutató- és középső ujjunk ráfektetésével adjuk meg.
3. A ceruzát a rajzolandó vonalon átmenő, a rajzlapra merőleges síkban ferdén, mintegy 60°-os dőléssel a vonal haladási irányába kell húzni *(3. ábra)*.
4. Hosszú vonal rajzolása közben célszerű a ceruzát ujjaink közt lassan forgatni, hogy a hegye egyenletesebben kopjék.
5. Rajzkihúzásnál olyan tompa ceruzával dolgozzunk, hogy egyetlen ceruzavonal a szükséges vonalvastagságot adja. Helytelen a kívánt vonalvastagságot többször húzott vonallal, satírozással megvalósítani. A betűk írásánál is ezzel a módszerrel dolgozunk.

Ceruzaradírt használunk a ceruzavonalak papírról való eltávolítására és a piszkossá vált rajzlap megtisztítására. Legjobbak a rendszerint fehér színű, puha, bársonyos fogású rugalmas radírok. Kemény, törékeny, homokszemcsékkel telített gumit csak a helytelenül mélyen bevésett vonalak kigumizására szabad használni. Igen hasznos, ha a rajzoló a rajzain összegyűlő radírhulladékokat nem söpri le a tábláról, hanem összegyűjtve megőrzi. A radírhulladék összeseprésére és a rajz tisztán tartására célszerű beszerezni piciny, puha szőrű kefét. A radírhulladékot kiválóan fel lehet használni a ceruzarajzok áttisztítására. A rajzra kiöntött radírport tiszta, száraz kézzel a rajzon egyenletesen dörzsölve, lehet a rajzot áttisztítani. A rajzolónak három vagy négy különféle radírgumira van szüksége: puha, kemény ceruzaradírra és tusradírra, ezenfelül célszerű még kimondott tisztítógumit (morzsagumit, gyúrógumit) is kéznél tartania. A legtöbb radírgumi idővel (2—3 év alatt)

veszít a rugalmasságából, ezért nem célszerű túlságosan nagy darabokat beszerezni belőle.

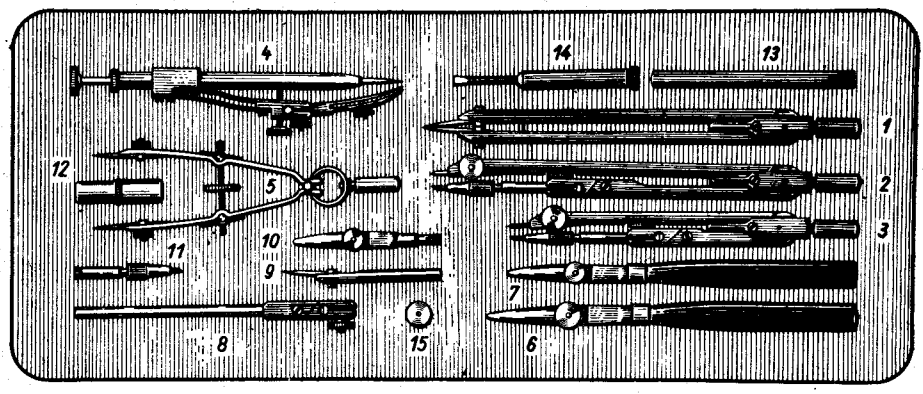
Tus. A ceruzával elkészített rajz rendszerint részben vagy egészben tussal való átrajzolásra kerül. A tuskihúzást két körülmény teszi indokolttá: a tusrajz időálló és jobban fénymásolható. A tussal való rajzolás a tervgazdálkodásban fontos, a központosított tervezőintézetek létesítésével ugyanis a tervező és a kivitelező rendszerint csak a rajz útján érintkezik egymással, ezért fokozott követelmény a szép és jó rajz. Minthogy egy és ugyanazon rajzot sok üzemben használnak, ezért érdemes a rajzokat tussal átrajzolni.

A tus feketé színét a benne levő koromtól kapja. Mennél sűrűbb a tus, annál szebb vonalakat ad, de annál körülményesebb a vele való rajzolás. A kezdő tusrajzoló számára legszokatlanabb a tusnak a tintával ellentétes azon tulajdonsága, hogy az író- vagy kihúzó szerszámba hamar beszárad, a papíron viszont lassan szárad meg. Ez a tulajdonság annál feltűnőbb, mennél sűrűbb a tus. A kezdő rajzoló jól teszi, ha csak kihúzótussal dolgozik. A fénymásolatokon a tusfajták közötti különbség amúgy sem igen látható. A jó tus tulajdonságai ellenkezőek, mint a tintáé. Ismertetőjele, hogy kézről és ruháról még száradás után is hideg vízzel könnyen eltávolítható, de a papírról a víz nem oldja. A tus és a tinta vegyileg is ellentétesek. Tintás szennyezéstől egy egész üveg tus tönkremehet, a tintát pedig már egy csepp tus is idővel elszínteleníti. Ezért a tushoz csak külön tusosszerszámmal szabad hozzányúlni. A tusosüvegbe különben sem helyes közvetlenül belemártogatni rajzszerszámunkat. A tusosüveget meg kell óvni a felborulástól, ezért célszerű számára aljzatot készíteni. A tusosüveg helyett jó szolgálatot tehet a *tusospatron* is *(8. ábra)*. Ez törhetetlen, nem borulhat fel, akár zsebben is hordozható. A patron tetejét lezáró kupak közepébe tű van beerősítve, ez zárja le a nyílását; a kupak leemelése után a patron megfordításával, az alján levő gumifenék megnyomásával lehet a tust kicsepegtetni. A patron megtöltése az alsó gumimembrán eltávolítása után végezhető el.



8. ábra. Tusospatron (tustubus)

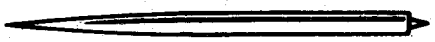
Körzőkészlet. Körök, körívek rajzolására és ritkán mérések elvégzésére körzőt használunk. A jó körző újezüstből készül, a kopásnak különösen kitett részei acélból vannak. A *9. ábrán* látható a géprajznál használható körzőkészlet, amelyben a számozásnak megfelelően a következő darabok vannak: 1. Mérőkörző, méretek felrakására. 2. Ceruzakörző. 3. Kis ceruzakörző. 4. Nullkörző tuskihúzó felszereléssel. 5. Finom állítású osztókörző. 6. Nagyobb tuskihúzó. 7. Kisebb tuskihúzó. 8. Hosszabbító a ceruzakörzőhöz. 9. Mérőhegybetét a ceruzakörzőhöz, amellyel mérőkörzőnek használható. 10. Tuskihúzó betét körök kihúzására a ceruzakörzőhöz. 11. Ceruzabetét a nullkörzőhöz. 12. Ceruzahegytartó. 13. Kihúzószár a tuskihúzó betéthez, hogy a körzőn kívül is lehessen használni vonalzó melleti kihúzásokra. 14. Csa-



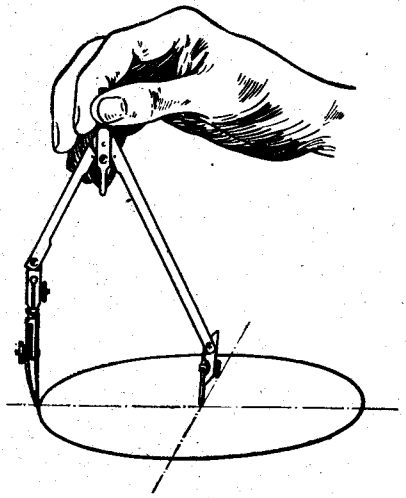
9. ábra. Körzőkészlet

varhúzó a körzők csuklócsavarjai megszorításához. A szára egyúttal körzőhegyek részére szolgáló tok. 15. Középponti rajzszeg, ami sok koncentrikus kör kihúzásánál használandó.

A jó körző szilárd felépítésű, könnyen mozgó és nem rugózó. A betétes végű szár legyen csuklósan behajlítható, hogy tetszőleges nagyságú körök rajzolása esetében is az irón, főleg azonban a tuskihúzó a papír síkjára merőlegesre legyen beállítható. A tűs végű szárban cserélhető acélhegy kívánatos, amely a rajz síkjára szintén merőlegesre legyen beállítható, ellenkező esetben a kör középpontjában körözéskor tölcsérszerű lyuk képződik. Az acélhegy *(10. ábra)* egyik vége kúpos kiképzésű, ez méréseknél használható, a másik vége lépcsősen van kiképezve és a papíron vállal támaszkodik meg. Ezt a végét célszerű használni, hogy a hegy ne tudjon a papírba mélyen behatolni, így csökken a lyuk kráterеződésének veszedelme. Ha közös középpontból sok koncentrikus kört vagy körívet kell kihúzni, akkor a kisebbekkel kell kezdeni, mielőtt még a papíron a középpontban levő lyuk kitágulna. Nagy lyuk képződését a *középponti rajzszeg* alkalmazásával lehet elkerülni. A középponti rajzszeget körözés előtt beszúrjuk a középpontba, és a tetején levő lyukba helyezzük el a körzőnk hegyét. Kívánatos, hogy

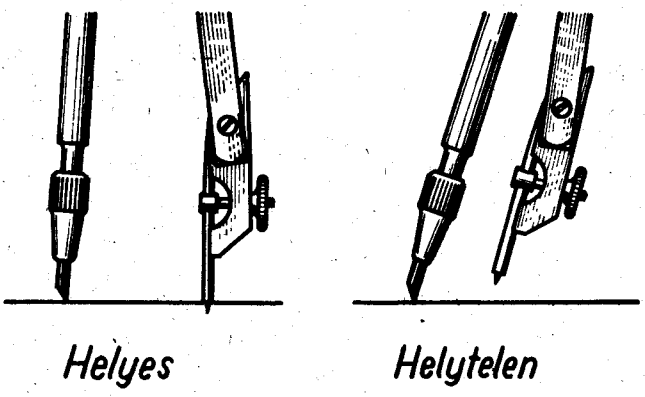


10. ábra. Körző acélhegye kétféle végződéssel

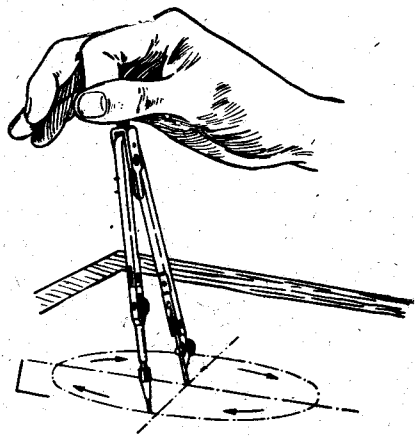


11. ábra. Kör kihúzása tussal, a körző mindkét szára merőleges a papírra

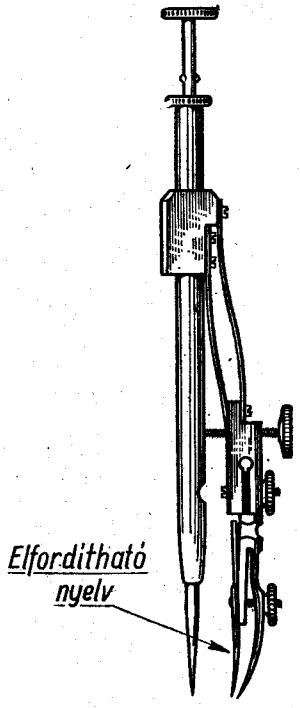
a körző felső, recézett fogantyúja egyenesbevezetett legyen, vagyis a szárak szétnyitásától függetlenül, mindig a szárak szögét felező vonalban helyezkedjék el. A körző helyes használatához szükséges kézügyességet az alább felsorolt szabályok figyelembevételével lehet elsajátítani.



12. ábra. Helyes és helytelen hosszúságú körzőszárak



13. ábra. Kör rajzolása helyes forgásiránnyal és döntéssel



14. ábra. Nullkörző

1. A körív kihúzásakor a körző mindkét vége kb. merőleges legyen a papírra *(11. ábra.)*

2. A körző szárai betétekkel felszerelve legyenek teljesen egyforma hosszúak a *12. ábra* bal oldala szerint.

3. A ceruzabetét ne hegyes, hanem a *12. ábra* szerinti laposra csiszolt legyen.

4. A kihúzásnál a ceruzabetét legyen minden esetben egy fokozottal puhább, mint az a ceruza, amivel a többi, a körívhez csatlakozó vonal készült, mert csak így kaphatók egyformán sötét vonalak.

5. A körözést mindig egy kézzel kell végezni, csak hosszabítóval való körözés esetében szabad két kézzel vezetni a körzőt.

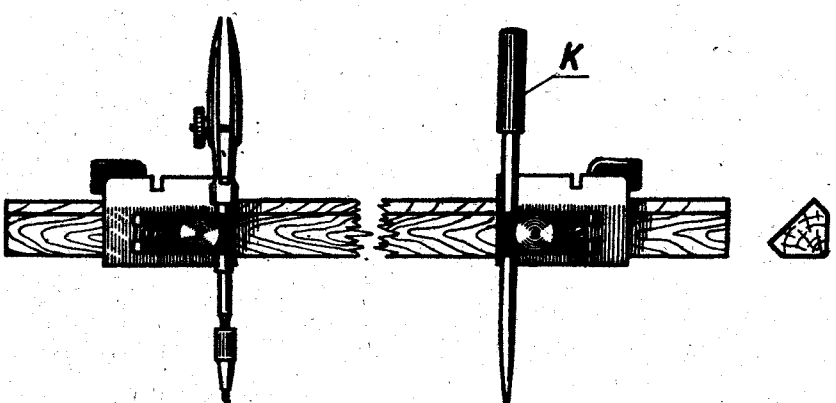
6. A körzőt egyenletes sebességgel kell mozgatni.

7. A kör rajzolásmenete az alábbi legyen: *a)* a középpontba szúrjuk a hegyet, *b)* megfelelő nagyra nyitjuk a körzőt, *c)* tuskihúzáskor a végeket a rajz síkjára merőlegesre állítjuk és utána igazítjuk a sugarat, *d)* meghúzzuk a körívet a papíron, a merőleges helyzettől kevéssé előredöntött körzővel, az óramutató járásával megegyező értelemben forgatva a szerszámot *(13. ábra)*. A helyesen hegyezett ceruzabetéttel való körözésnél a ceruzának a papírhoz merőlegesen való beállítását mellőzni lehet.

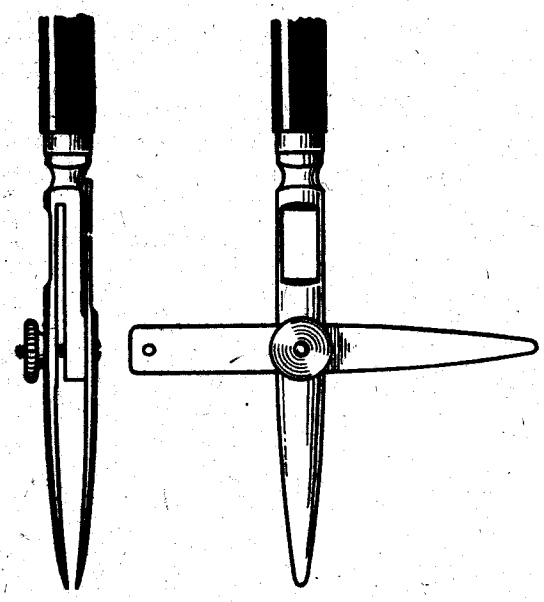
A kis köröket (8 mm sugár alatt) *nullkörzővel (14. ábra)* szokás megrajzolni. A nullkörző használatánál is célszerű szem előtt tartani a körző használatánál előírtakat.

Az *osztókörzőket* pontos távolságmérésre szokás használni (l. a *9. ábrán)*. A beállításuk jobb—balmenetű állítócsavarral történik, és ezért nagyon finom beállítás érhető el.

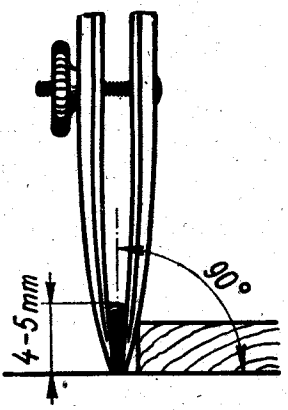
Azokat a köríveket, amelyeknek a sugara nagyobb, mint amit a kézi körző a hosszabítóval való megtoldás után lehetővé tesz, *rúdkörzővel* rajzoljuk meg. A *15. ábrán* látható rúdkörzőn tetszőleges hosszúságú falécen van két elcsusztatható rugós



15. ábra. Rúdkörző



16. ábra. Elfordítható nyelvű tuskihúzó



17. ábra. Helyesen töltött tuskihúzó és vonalzó menti helyes vezetése

szorító, amelyek egyikébe az acélhegyet, a másikba a kihúzószerszámot lehet helyezni. Az acélhegy egyik vége kúpos, a másik lépcsős kiképzésű. A használaton kívüli hegyeket a *K* kupakkal fedjük le, hogy a kezünket meg ne sértse. A kihúzószerszám egyik vége ceruzabetét elhelyezésére alkalmas, a másik pedig tuskihúzó. Készülnek fémből, darabokból összerakható, illetve hosszabbítható rúdkörzők is. A rúdkörzőt szükség esetén lehet helyettesíteni zsinórból vagy rajzpapírszalagból, rajzszögből és ceruzából készített szerszámmal is.

Tuskihúzók a tussal való rajzoláshoz szükségesek. A leggyakrabban az állítónyelves kihúzókat használjuk, amelyeket recés szélű csavarral lehet a vonalvastagságra beállítani. A kihúzókat tartsuk állandóan tisztán, s még rajzolás közben is tisztogassuk meg. Az elfordítható nyelvű kihúzók *(16. ábra)* egyik nyelve kifordítható, s így a belső felületek gyorsan, könnyen tisztíthatók. A nyelv visszafordításakor a rugózó végnél levő kiemelkedésével egy mélyedésbe csappan és így rögzítődik.

A tuskihúzó kezelésénél az alábbi szabályokat kell szem előtt tartani:

1. A kihúzót ne tartsuk mereven.

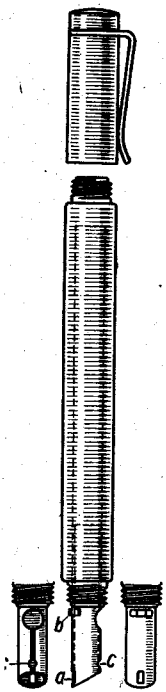
2. A kihúzót a rajzolandó vonal függőleges síkjában mintegy 60—80° alatt előredöntve kell vezetni a *3. ábrán* látható ceruzavezetésnek megfelelően, illetve a kéztől függően esetleg lehet merőlegesebben is tartani.

3. A kihúzót nem szabad túltölteni! A megfelelő vonalvastagságra beállított szerszámot maximálisan 4—5 mm magasságig szabad tussal megtölteni *(17. ábra)*.

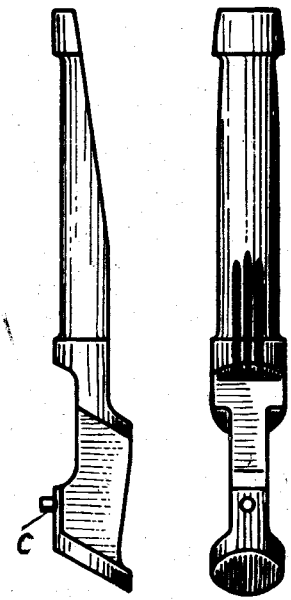
4. A 0,2 mm-nél vékonyabb vonalakat kissé hígított tussal célszerű kihúzni, mert az ilyen vonal, ha a valóságban vastagabb is, vékony benyomását kelti a vonalak világosabb színe miatt.

Graphos. A tussal történő rajzolásnak másik célszerű eszköze a tustöltőtoll — a *graphos.* Ez a szerkezet egyesíti magában a töltőtoll és egy egész sorozat különféle tuskihúzó szerszám jó tulajdonságait. Segítségével 0,1 mm vonalvastagságtól egészen a grafikai munkáknál szükséges több mm szélességig a legkülönfélébb vonalakat lehet húzni, és betűk rajzolására is kiválóan alkalmas.

A graphos műanyagból készített, kupakkal lezárható, zsebben hordozható szárból *(18. ábra)* és a rá felszerelhető különféle tollakból áll. A szár üreges és a tus tárolására szolgál tartályként, alul pedig lemezcsőben végződik, amely a végét lezáró dugó és a megfelelő tollak befogadására alkalmas kiképzéssel van ellátva. A csővégződésbe ugyanis különlegesen kiképzett dugót helyezünk el *(19. ábra).* Ez a dugó a rajta levő bevágásokon és hornyokon keresztül biztosítja a csőre szerelt tollhoz az egyenletes tushozzáfolyást. A dugó rögzítése a cső végében a *c* jelű kis csap segítségével történik, amely a lemezcsővég felhasításánál levő, a *18. ábrán* ugyancsak *c* jellel ellátott lyukban helyezkedik el. A csővég felhasított kivitele azért szükséges, hogy rugózva szorítsa be a dugót.

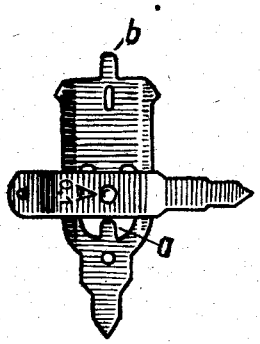


18. ábra. Graphos (tustöltőtoll)

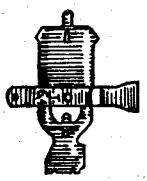


19. ábra. Graphos dugója

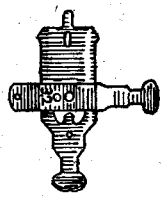
A műszaki és a grafikai rajzok különféle vonalainak megfelelően a graphos-szár felszerelhető különböző tollvégződésekkel. Vékony vonalak kihúzására az *A* jelű, éles végű toll használható *(20. ábra)*, amely 0,1—0,6 mm vastagságú vonalak húzására alkalmas. Ezeknek a tollaknak alsó része az elfordítható nyelvű tuskihúzónak megfelelő kiképzésű, a felső részük pedig ívelt, hogy a graphos-szár csővégződésére jól ráfeküdhessen. A tollak csatlakoztatása az *a* és *b* jelű peckek segítségével történik, amelyeket a szár lemezvégződésénél a *18. ábrán* levő, ugyancsak *a* jelű nyílásba, illetve a *b* jelű kengyel alá dugunk. A tollak tisztítása a felső lapjuk elfordításával történik, a *20. ábra* elfordított felső lappal tünteti fel az *A* végű tollat. Az *A* tollal a kihúzás vonalzó mellett úgy végezhető, mint a tuskihúzóval.



20. ábra. Éles végű graphos-tollhegy: *A* toll



21. ábra Lapátvégű, *T* jelű toll

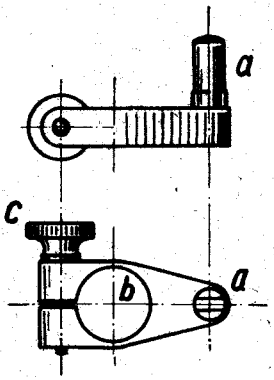


22. ábra Redisztoll

A lapátvégű, *T* jelű toll *(21. ábra)* lapos végződésének megfelelő vastag vonalak húzására alkalmas. Ezzel a kihúzás az előbbi tollhoz képest 90°-kal elfordított helyzetben történik. A szár felszerelhető azonkívül a betűk írására alkalmas *redisztollal (22. ábra)* is, ami alul különböző méretű kör alakú talppal van ellátva.

A graphosszal rajzolt vonalak a tus állandó hozzáfolyása következtében egyenletesen vastagok és egyforma árnyalatúak. A graphos használata azonkívül, hogy szebbé teszi a géprajzot, a munkát is gyorsítja, mert a tussal való töltögetés és tisztítás csak ritkán szükséges. A graphos kezelése egyszerű, csupán a tollak használat utáni megtisztítását kell gonddal végezni. Az első vonalhúzás előtt gondoskodni kell arról, hogy a tus átnedvesítse a tollat. Ezt könnyed pöcköléssel vagy a tollat tartó kéztő asztalhoz való ütögetésével lehet elérni. Ha esetleg ezután sem telik meg a tollhegy tussal, akkor a rajz elkezdéséhez az *A* tollnál a toll felső lemezének kifordításával külön kell egy kevés tust a tollba csepegtetni. Használat után a tollat le kell szerelni a szárról és a szár végét is, továbbá a tollat is nem foszló rongydarabbal igen jól meg kell törölni.

Körívek kihúzása a graphosszal egy külön idomdarab *(23. ábra)* alkalmazásával lehetséges, aminek *a* jelű nyúlványa lehetővé teszi a graphos körzőbe való befogását, a *b* részbe helyezhető a graphos szára, amely a *c* jelű szorítócsavarral rögzíthető.



23. ábra. Körzőszárba erősíthető tartozék körívek húzásához

Készítenek rövid graphos-szárat is, megfelelő csapos végződéssel, amelyet külön készülék nélkül, közvetlenül is be lehet fogni a körzőbe. Ennek a változatnak az a hátránya, hogy a rövid tartályból hamar kifogy a tus.

A *csőtoll* (Rotring rapidograph, Castell tubograph), tuskihúzáshoz szintén gyors és kényelmes eszköz *(24) ábra)*. A kihúzó az alsó, különböző vastagságú cső, ami az *a* jelű dugóból nyúlik le. A dugót a kiálló alsó menetére csavarható *b* műanyag cső szerszámmal lehet a szárból kihúzni. Ez a szerszám a felső végén van menettel ellátva, ez a menet illeszkedik az *a* jelű dugó alsó menetére. A dugó az *e* közdarabban helyezkedik el; a közdarab felső, hengeres nyúlványára van ráhúzva az *f* jelű átlátszó műanyag tustartó. A tustartót a közdarabról lehúzva lehet tussal feltölteni. A tustartó az üreges hosszú tollszárban helyezkedik el, a tollszárat a közdarab *g* jelű felső menetére lehet felcsavarni.

A csőtoll mérete nem változtatható, minden egyes vonalvastagsághoz külön tollra van szükség. A dugóban a *c* jelű kis acél nehezék van, ennek alsó részén a csőbe illeszkedő acélhuzal található, ami részint a tus egyenletes lefolyását biztosítja, részint a cső tisztán tartására szolgál. A dugó felül a *d* kupakkal zárható le, a *c* darab azonban rövidebb, hogy a tollszár rázásakor az acélhuzal a csőben fel-le lötyöghessen, ezáltal tisztán tarthassa a cső belsejét. A dugó külsején nagy emelkedésű menet van, ami labirinttömítésszerűen zárja le a tollszár végét.

Használat előtt minden esetben meg kell győződni arról, hogy a kérdéses tollvégződés az adott papíron valóban a megkívánt vastagságú vonalat adja-e függőleges tartás mellett. Ezekkel a tollakkal lassan, nyugodtan kell írni, hogy a tusnak legyen ideje egyenletesen lefolyni a vonalra. Célszerű különleges, csőtollhoz alkalmas, hígabb folyású, tiszta tust használni. Használat után a dugót és szerelvényét gondosan ki kell mosni és meg kell szárítani, nehogy a beszáradt tus miatt használhatatlanná váljék. A vonal kihúzásakor ügyelni kell arra, hogy a tus ne folyjon a vonalzó széle alá. Körív kihúzásakor a *23. ábrán* feltüntetett tartozékot lehet használni, amelynek *b* furatában belső menet van, ebbe lehet belecsavarni a közdarab *e* jelű menetét.

A géprajzok készítéséhez az elmondott tuseszközökön felül szükség van még egy kisméretű hegyes tollra, a *tustollra* is (ezzel készítik a tollrajzokat is). A tustollat a kész tusrajz vonalainak átjavításához, a radírozások és kaparások korrigálásához és a rajz utolsó, szépítő simításaihoz kell használnunk.

A *tussal való kihúzásnál* az ábra nagyságának, tagoltságának és az alkalmazott méretaránynak megfelelően meg kell választani egy bizonyos vonalvastagság-csoportot, majd a vonalpróbák megejtése után a kihúzást célszerű bizonyos sorrendben végezni a következőképpen:

1. Középvonalak, metszősík-bejelölések, osztókörök pontvonallal.
2. Vastag körívek és körök teljes vonallal. Nagy lekerekítések körzővel.

3. Szaggatott és vékony körívek.

4. Görbevonalzóval húzandó vonalak.

5. Vastag vízszintes vonalak felülről lefelé haladva, fejes vonalzó mellett.

6. Vastag függőleges vonalak balról jobbra haladva, a fejes vonalzó mellé tett háromszöggel.

7. Vastag ferde egyenesek.

8. Szaggatott vízszintes, majd függőleges vonalak az előbbi egymásutánban. Majd szaggatott ferde vonalak.

9. Tustollal, szabadkézzel a kis lekerekítéseknek és köríveknek egymáshoz és egyeneshez való csatlakoztatása. Mindig célszerű ugyanis a körzővel meghúzott ívek és a vonalak között néhány millimétert kihagyni, és görbe vagy egyenes vonalzóval utólag beiktatni az összekötő darabkát vagy tustollal, szabadkézzel csatlakoztatni a vonalakat.

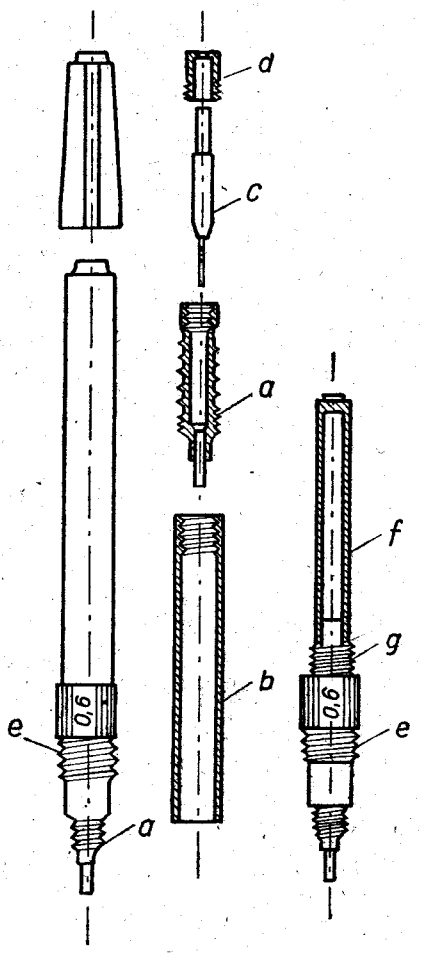
10. Szabadkézzel a törési felületek határvonalai.

11. Vékony vonallal a méretháló zat vonalainak meghúzása, előbb vízszintes, utána függőleges irányban.

12. Nyilak és méretszámok, előbb vízszintes, utóbb függőleges irányban.

13. Felületi érdességek berajzolása.

14. Metszett felületek bevonalkázása, ügyelve arra, hogy a méretszámokat és a felületi érdesség jeleit nem szabad át húzni.



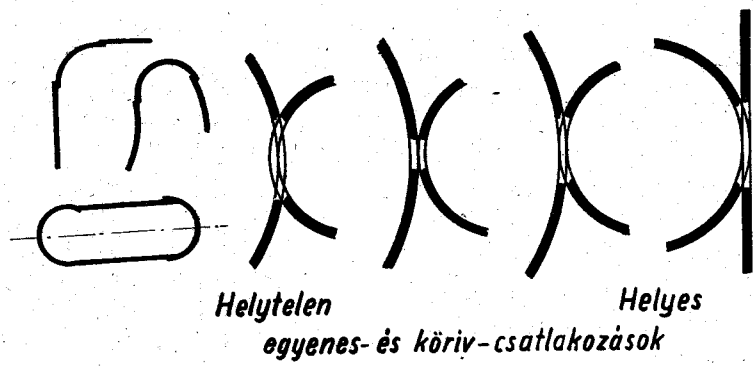
24. ábra. Csőtoll (rapidograph, tubograph)

15. A feliratok elkészítése.

16. Kaparások, utolsó simítások tustollal, kézzel.

Nagyon kell ügyelni arra, hogy a körívhez folytatólagosan csatlakozó egyenes esetében mindenkor először a körív készüljön el, mert a körívhez könnyű az egyenest hozzácsatlakoztatni, fordítva legtöbbször lehetetlen.

A vastagabb tusvonalak kihúzásánál azoknak a képzeletbeli középvonala a kihúzás alatt levő ceruzavonalon legyen, erre a vonalak csatlakoztatásánál ügyelni kell. Ettől az általános kihúzási szabálytól csak akkor térünk el, ha a szerkesztett vonalak távolsága vonalvastagságnyi vagy ennél is kisebb. Köríveknek egymással és egyenessel való érintkeztetése csak a *25. ábra* jobb oldalán levő helyes módon történhet.

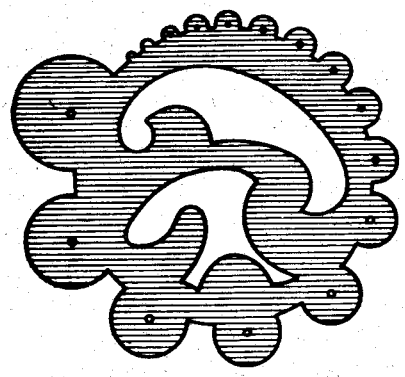


25. ábra. Egyenes és körív-vonaldarabok helytelen és helyes csatlakozása

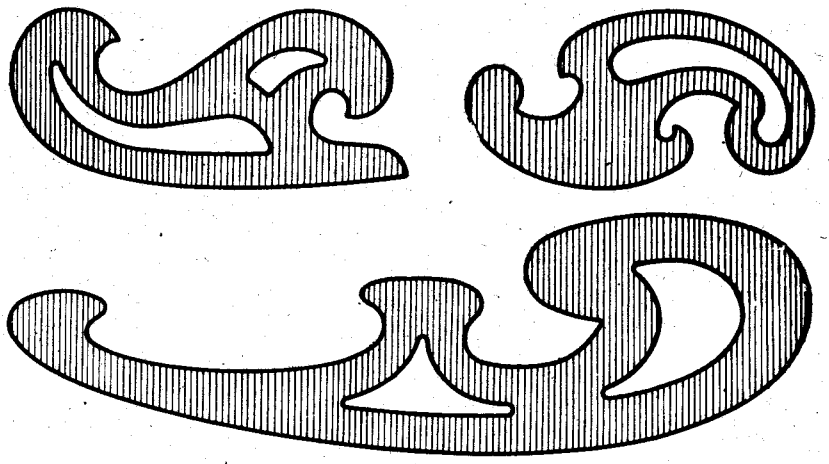
Lekerekítéseknél az 1—2 mm sugarú íveket gyakran szabadkézzel húzzuk ki. Lekerekítések rajzolásához egyébként célszerű külön *lekerekítősablont* használni *(26. ábra)*. A lekerekítősablonok 1 mm-től 20 mm-ig változó sugarú köríveket tartalmaznak. A célnak legjobban az átlátszó műanyagból készített sablonok felelnek meg.

A körívtől különböző görbe vonalak rajzolásához *görbevonalzókat* szokás használni. A gépészmérnöki gyakorlatban ilyen görbe vonalak főleg diagramok rajzolása esetében fordulnak elő. A legegyszerűbb görbevonalzó-összeállítás három darabból áll, és jellegzetes ellipszis-, parabola- és hiperbolaívekből épül fel *(27. ábra)*. A hajó-, valamint a repülőgép-építésben nagyobb mennyiségben szükséges hosszú, kisebb görbültségű görbe vonalnak a kihúzása. Erre a célra vékony, könnyen hajlítható falécet, esetleg hajlékony acélszalagot használunk. Ezeket a görbe vonal mellé hajlítjuk, ebben a helyzetben helyenként ólomsúlyterheléssel fogjuk le, és így végezzük mellette a vonal kihúzását *(28. ábra)*.

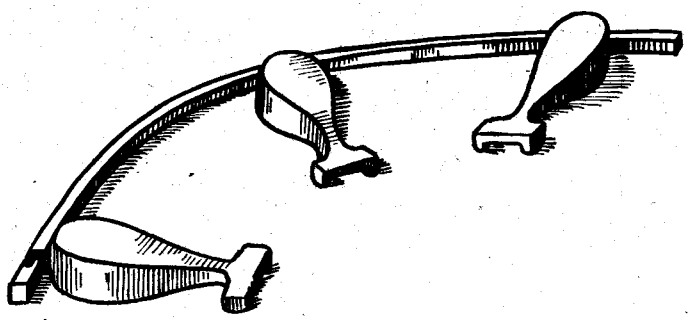
A tévesen papírra került vagy hibás tusvonalakat és foltokat a rajzról el kell távolítani. A tusnyomok eltüntetése csak mechanikai úton, *kaparással* vagy kvarcszemcséket tartalmazó *radírgumival* való csiszolással lehetséges. Mindkét eljárás a tus eltávolításán kívül a papír felületét is megkoptatja. Ezért tust csak olyan papírról lehet eltüntetni, amelyiknek megkoptatott felülete nem különbözik nagyon az eredeti, simított felszíntől. Kaparásra leggyakrabban zsilettpengét használunk. Célszerű a pengét kaparáskor a kéz ujjai között ívben meghajlítva tartani, és lapátszerűen tologatva, a penge középrészével végezni a kaparást. A papír ekkor kevésbé



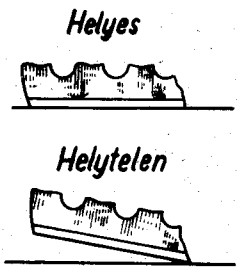
26. ábra. Lekerekítő sablon



27. ábra. Görbevonalzó-készlet (ellipszis, parabola, hiperbola)



28. ábra. Kis görbültségű vonalak kihúzására szolgáló acélszalag



29. ábra. Zsilettpenge helyes és helytelen használata kaparáskor

borzolódik fel. Nehezen hozzáférhető helyen nagyon finom kaparásokat kettétört penge törési sarkánál levő éllel lehet a legjobban végezni. A penge élét a *29. ábra* felső képe szerint jól fel kell fektetni a papírra. A megkapart papírfelületeket újból való rajzolás előtt át kell simítani rajzpapírdarabkával, esetleg tiszta celluloid nyéllel, hogy a felborzolt papírrostocskák lesímuljanak. Ha a kaparástól a papír nagyon szenvedett, akkor célszerű a megkapart helyet puha (4B) grafitceruzával befeketíteni és erre húzni az újabb tusvonalakat, így a sérült papíron a tus kevésbé folyik szét. Az agyonkapart papírfelületeket is újra használhatóvá lehet tenni tömény timsó-

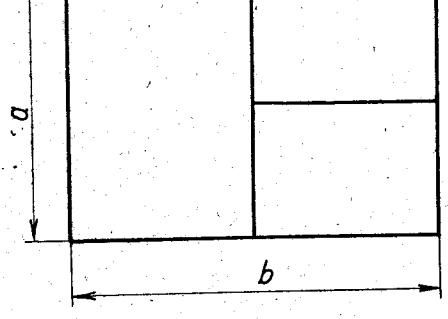
oldattal való többszörös benedvesítés és kiszárítás, valamint grafitalapozás után. A tusvonal megszáradása után természetesen a ceruzaalapozást tisztítógumival óvatosan el kell távolítani.

Rajzkészítéskor különösen a tisztaságra kell ügyelni. Munka előtt mindig mossunk kezet, de ezt célszerű közben is többször megismételni. A *rajztáblát és az eszközeinket tartsuk nagyon tisztán.* A rajzot védeni kell még a szálló portól is. Ezért munkaszünetek alatt a készülő rajzot feltétlenül takarjuk be mindig papírral vagy műanyag fóliával, de még így is a munka újrakezdésekor és munka közben is célszerű többször áttörölni a papírt és a vonalzókat tiszta, száraz porronggyal. A rajznak az alsó részét, amelyre a felső ábrák rajzolásakor rátámaszkodni kényszerülünk, takarjuk le.

Ha a rajzolónál a tisztaság fegyelmezett rendszeretettel párosul, munkájában pontos, jó eszközöket és anyagokat használ, és szem előtt tartja az adott vezérfonalat, akkor képes lesz megfelelő, szép géprajzokat készíteni.

7. A rajzlap méretei (MSZ 18). Rajzok hajtogatása

Nagy mennyiségű rajz tárolása csak akkor végezhető el egységesen és áttekinthető módon, hogyha a rajzok nagyságát pontosan megszabják, és az egyes rajzméretek bizonyos szabály szerint következnek egymás után. Ezért az MSZ 18 szabvány előírja a géprajzban használható rajzlapméreteket. A szabványosításnál a kiindulás az volt, hogy az alapnagyságnál, amit A0-val jelölünk, a rajzlap területe $1\,m^2$ legyen. Ezzel ugyanis a felhasznált rajzpapírnak és a rajzok sokszorosításánál felhasznált fényérzékeny másolópapírnak a mennyiségét könnyebben lehet kiszámítani. A rajzlapok egyébként *téglalap alakúak (30. ábra)*, a téglalap hosszabbik oldalának felezésével kapjuk meg azt a kisebb rajzlapot, amelynek a területe fele az előzőnek. A téglalap oldalait úgy kell megállapítani, hogy a *felezéssel kapott téglalap hasonló legyen az eredetihez.* A kiindulási A0 nagyság felezésével kapjuk az A1 jelű nagyságot, ennek hosszabbik oldalát felezve kapjuk az A2 nagyságot, és így tovább.



30. ábra. Különféle nagyságú rajzlapok keletkezése

Az A0 alapnagyságnak, amelynek területe $1\,m^2$, az oldalméreteit jelöljük a, illetve b betűkkel, amelyekkel a területre felírható a következő egyenlet:

$$a\,b=1. \qquad (7.$$

A felezéssel kapott téglalap az A1 nagyság az oldalhosszúságai a, illetve $b/2$, a fe

tiek szerint a felezéssel nyert téglalap hasonló az eredeti téglalaphoz. Mivel hasonló idomok oldalai arányosak, ezért ebből a feltételből felírhatunk egy második egyenletet:

$$a : b = \frac{b}{2} : a. \tag{7.2}$$

Ebből az egyenletből rendezéssel és gyökvonással kifejezhető az oldalakra a következő arány:

$$\frac{a}{b} = \frac{1}{\sqrt{2}},$$

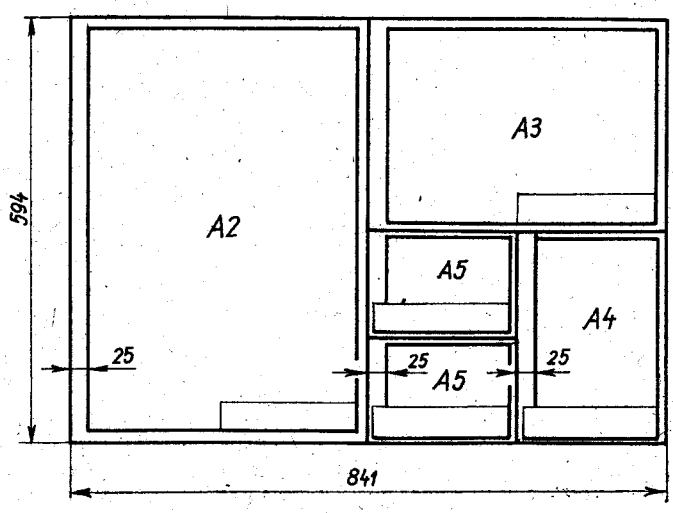
vagyis $b = \sqrt{2} \cdot a$, tehát a hosszabbik oldal kb. 1,41-szer nagyobb, mint a rövidebbik oldal.

A (7.1) egyenletből: $a = \frac{1}{b}$.

Ezt behelyettesítve a (7.2) egyenletbe és a számításokat elvégezve, b értéke kiadódik:

$$b = \sqrt[4]{2} = 1{,}189 \text{ m}, \quad \text{vagyis} \quad b = 1189 \text{ mm}.$$

A $b = 1{,}189$ értéket a (7.1) egyenletbe helyettesítve, kiadódik az a értéke: $a = 0{,}841$ m, vagyis $a = 841$ mm. A kiindulási A0 rajzlapnak az oldalméretei tehát: 841 mm × 1189 mm. Az utána következő kisebb rajzlap méreteit a hosszabbik oldal felezésével kapjuk *(31. ábra)*. Az A1 lap mérete kis kerekítéssel 841 mm × 594 mm.



31. ábra. Szabványos méretű rajzlapnagyságok és jelzésük

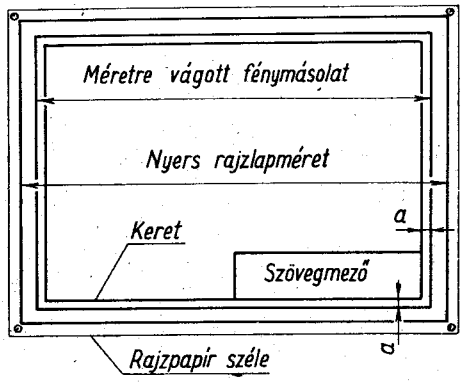
Az egyes rajzlapnagyságok területeit a következő meggondolás szerint számíthatjuk: az A0 területét 1 m²-nek vettük fel. A kisebb méretek a felezéssel adódnak vagyis:

$$A1 = \frac{1}{2}\ m^2, \quad A2 = \frac{1}{2 \cdot 2} = \frac{1}{2^2}\ m^2, \quad A3 = \frac{1}{2^2 \cdot 2} = \frac{1}{2^3}\ \text{stb.},$$

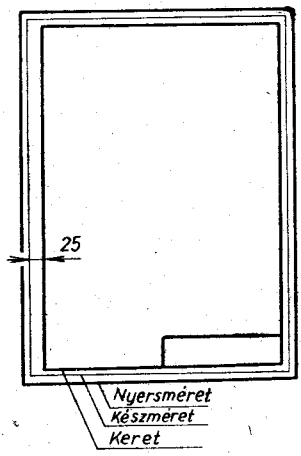
vagyis a rajzlapjelölések indexe a nevezőben levő 2-es kitevője, pl. az A4-nél a terület:

$$\frac{1}{2^4} = \frac{1}{16}\ m^2.$$

Ezek a méretek az átlátszó papíron levő *eredeti rajzról* készített *fénymásolatoknak a készméretei.* Az eredeti rajz számára azonban ennél a méretnél nagyobbat, az ún. *nyers rajzlapméretet* kell alkalmaznunk, és az eredeti átlátszó papíron levő rajzot a nyers rajzlapméretre vágva tároljuk. A kereskedésben levágott rajzlap a szabványosnál nagyobb, úgyhogy a rajzolás megkezdése előtt ki kell jelölni a szabványos nagyságú nyers rajzlapméretet *(32. ábra)*, a rajzszegek elhelyezésére ezen kívül hagyunk helyet. A rajzlapra kerülő felírások számára a jobb alsó sarokban szövegmezőt helyezünk el. A nagyobb méreteknél ennek a távolsága a kész rajzlapszéltől 10 mm, a kisebb méreteknél pedig 5 mm. A végleges rajz szépségét emeli, ha ebben a távolságban körös-körül keretet is alkalmazunk a rajzunkon.



32. ábra. Nyers rajzlap és beosztása



33. ábra. Befűzési szegély a rajzlapon

Sok esetben a tárolás elősegítésére célszerű a rajzokat bal oldalon 25 mm széles befűzési szegéllyel is ellátni, vagyis ezen az oldalon a kész rajzlapmérettől a keretet ilyen távolságban rajzoljuk meg *(33. ábra)*.

A szabványos rajzlapméreteket a 2. táblázatban találjuk meg.

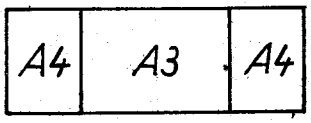
2. táblázat

Rajzlapnagyságok

Jel	Készméret		Keretszegély *a*	Nyersméret
	mm	m^2	mm	mm
A 0	841×1189	1	10	860×1220
A 1	594×841	1/2	10	610×860
A 2	420×594	1/4	10	430×610
A 3	297×420	1/8	10	310×430
A 4	210×297	1/16	5	220×310
A 5	148×210	1/32	5	160×220

A fénymásolás megkönnyítésére a kisebb alakú rajzokat pl. A1 gyűjtőlapon szokás elrendezni *(31. ábra)*. A gyűjtőlapot a készméretnek megfelelően kell felosztani. A gyűjtőlap nyersmérete a feldarabolás nélkül tárolandó eredeti rajz mérete. A gyűjtőlapon elhelyezett rajzlapok készíthetők befűzési szegéllyel *(33. ábra)* vagy baloldalt is *a* szélességű keretszegéllyel.

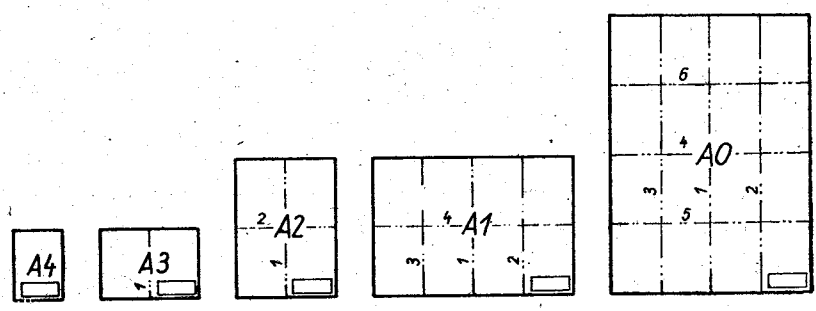
A *2. táblázatban* levő oldalaránytól eltérő, keskeny alakú rajzlapot — kivételes esetben — a rajzlap jobb kihasználása céljából a sorozat azonos vagy szomszédos nagyságainak egymás mellé helyezésével állíthatunk elő *(34. ábra)*. Ilyenkor a keretszegély: $a=10$ mm. Az A0-nál nagyobb nagyságot az A0 kétszerese, négyszerese stb. adja.



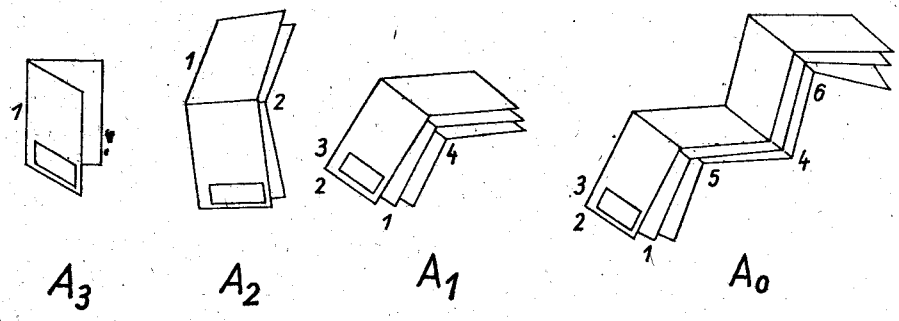
34. ábra. Hosszú, keskeny rajzlap előállítása szabványos alakúakból

A rajzlapokat használhatjuk *álló* és *fekvő* helyzetben is. A gyakorlatban a hajtogatás miatt az a szokás alakult ki, hogy a rajzlapnak azt az oldalát vesszük vízszintesnek, amely a 210 mm-nek a többszöröse, amelyik pedig 297 mm-nek a többszöröse, azt függőlegesnek vesszük. Ebben a helyzetben kerül a szövegmező mindig a jobb alsó sarokba. Ezért nevezik az A0, A2, A4 nagyságokat, vagyis a páros indexűeket álló jellegűeknek, az A1, A3, A5 nagyságokat pedig fekvő jellegűeknek. A *35. ábra* mutatja a szövegmező helyét az egyes rajzlapnagyságokon.

A fénymásolt rajzokat általában nem tudjuk a teljes nagyságukban kiterítve raktározni, hanem *egy alapnagyságra összehatjva* tároljuk. Ez a tárolási alapnagyság az A4. A rajzok tárolásánál célszerű, ha hajtogatás után a rajz szövegmezője a legfelső felület jobb alsó sarkára kerül, mert ebben az esetben a *felírások egymás felett vannak* a raktározásnál, miáltal gyors és kényelmes a szükséges rajz kikeresése. A gyakorlatban bevált módszer az ún. *harmonikaszerű hajtogatási rendszer*. Ennél



35. ábra. Szövegmező elhelyezése és hajtogatási sorrend



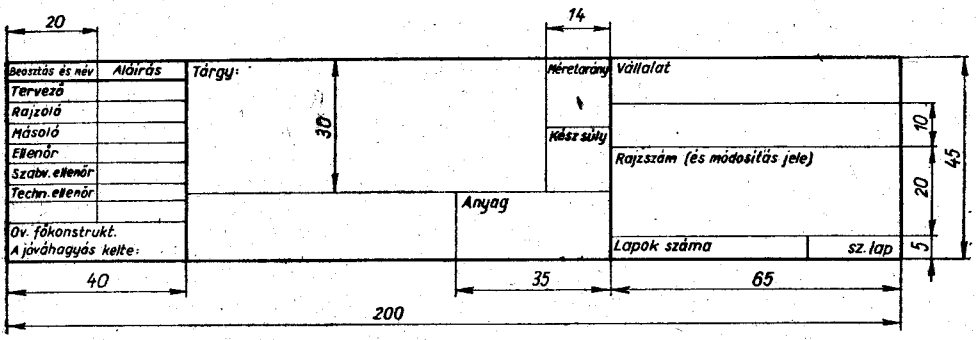
36. ábra. Harmonikaszerű hajtogatási rendszer

hajtogatás közben úgy mozog a papír, mint a harmonika *(36. ábra)*. A hajtogatási helyeket a *35. ábrán* kétpontvonalas vékony vonalakkal jelöltük be, a hajtogatás sorrendje a vonalakra írt számok szerint végezhető, ezek a sorrendszámok a *36. ábrán* is fel vannak tüntetve. A rajzokat más rendszer szerint is hajtogathatjuk, de a számozás szerinti rendszer a szabványos. Az A1-nél a hosszabbik oldalt hajtjuk félbe, és az így összehajtott rajzot hajtjuk tovább a harmonikaszabály szerint.

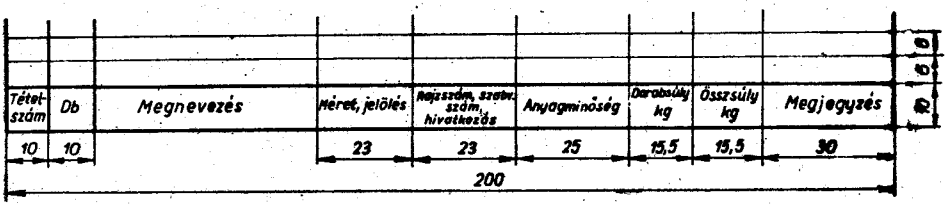
Hajtogatva csak a fénymásolt rajzokat tárolhatjuk, az eredeti rajzokat vagy a pauzpapírra készített rajzokat általában nem hajtogatjuk, mert a hajtogatási helynél keletkezett törések a fénymásolást megnehezítik. Az A0 nagyságú eredeti rajzokat a tárolás megkönnyítése céljából esetleg félbe hajlítjuk, hogy A1 nagyságban lehessen raktározni őket. Vigyázni kell azonban arra, hogy a várható hajlítás helyénél ne legyen méretszám vagy apró rajzrészlet.

A feliratmező (MSZ 70) szélessége 200 mm, befűzési szegéllyel készített rajzokon 180 mm-ig csökkenthető. Két részre oszlik, a tulajdonképpeni *szövegmezőre (37. ábra)* és a *darabjegyzékre (38. ábra)*, a kettő között van a változtatások feltüntetésére szolgáló mező *(39. ábra)*. A szövegmezőt alul helyezzük el, föléje kerül a változtatások bejelölésére szolgáló rovat, efölé kerül a darabjegyzék.

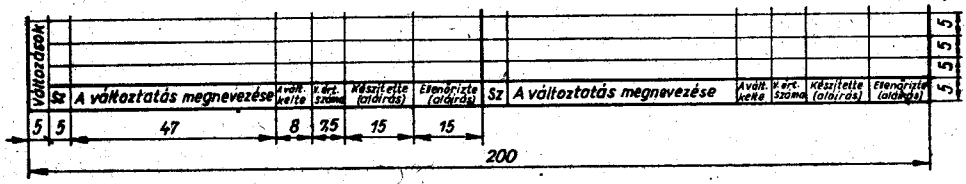
Az összeállítási rajzokon használatos *teljes szövegmező* magassága: 45 mm, tartalmazza a gyártmány tárgyát, megnevezését, a rajzolók és ellenőrök neveit, a dátumot, a rajz számát, a vállalat nevét, a rajzon alkalmazott méretarányt, a számított kész súlyt stb. A tárgyrovatban fel kell tüntetni, hogy „összeállítási rajz". Az alatta levő rovat tetszés szerint használható fel. A szövegmező három fő részre tagozódik, ezeket vastagabb függőleges vonallal célszerű egymástól elválasztani. Az aláírásokat mindig tussal kell készíteni, még a ceruzarajzokon is. A szövegmező beosztóvonalait és állandó feliratait időkímélés céljából szövegpecsétnyomóval szoktuk a rajzra ráütni. Üzemekben sok esetben előre rányomtatják a rajzpapírra.



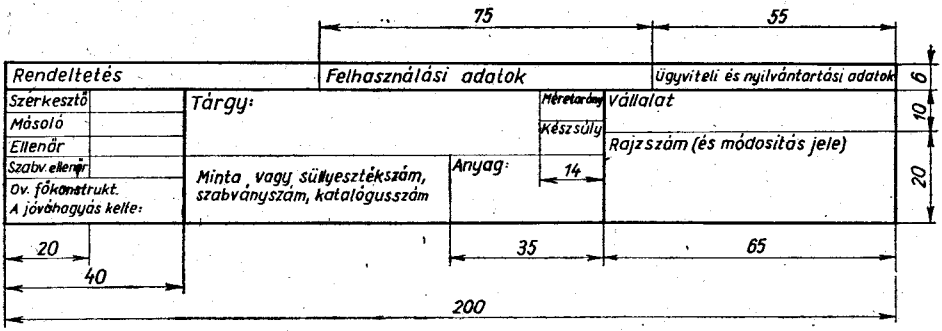
37. ábra. Szövegmező



38. ábra. Darabjegyzék



39. ábra. Változások feltüntetésére szolgáló mező



40. ábra. Egyszerűsített szövegmező

A kisebb alkatrészrajzokon *egyszerűsített* szövegmezőt alkalmazunk *(40. ábra)*, amelynek magassága 30 mm. Rovatai a rajzot készítő vállalat nevét vagy jelét, az alkatrész anyagát, a rajz készítőjét, ellenőrét, a minta vagy süllyesztéke számát, a szabvány számát, katalógusszámot stb. tüntet fel. Esetleg szükséges olyan hivatkozások és utasítások feltüntetése, amelyekre a szövegmező nem tartalmaz megfelelő rovatot, ekkor a szövegmezőhöz, illetve a felette esetleg elhelyezett rajzváltoztatási mezőhöz csatlakoztatjuk a *40. ábra* legfelső sorát.

A *38. ábrán* látható darabjegyzéket a szövegmezőtől függetlenül is el lehet helyezni, de lehetőleg úgy, hogy az ábra helyzetének megfelelően, tehát a rajz elfordítása nélkül legyen olvasható. A Függelék 53. mellékletén a darabjegyzékre kitöltött példát tüntetünk fel.

8. A géprajzban alkalmazott betűk, számok és írásjelek (MSZ 5)

A műszaki rajzoknak lényeges részei a felírások és a számok. A legszebben kihúzott, kidolgozott rajznak az értékét is nagyon lerontja a hanyagul készített felírás. A betűket és a számokat *rajzolni* kell. A kezdőnek sokat kell gyakorolnia a betűk írását, a szép betű és számjegy írásához ugyanis nagy gyakorlat kell. Szem előtt kell tartani, hogy a műszaki rajzokat kisebb technikai műveltségi fokon álló dolgozónak is könnyen el kell tudnia olvasni. A nehezen olvasható betűkből, főleg a helytelenül írt számokból sok félreértés adódhat. A fénymásolási eljárás amúgy is csökkenti a rajzok olvashatóságát.

A betűk, számjegyek és írásjelek dőlt és álló alakban írhatók. Dőlt írás esetében a betűk dőlése az alapvonalhoz 75°-os. Gép- és acélszerkezeti rajzokon dőlt írást kell használni, egyéb rajzokon álló írás is használható.

A betűk és számjegyek nagyságát a nagybetű, illetve a számjegyek mm-ben megadott h magassága határozza meg, ami a vonalvastagságnak 7- vagy 10-szerese. A vonalvastagság ne legyen vékonyabb 0,2 mm-nél. A kisbetűk magassága $\frac{5}{7}h$. A betűk magasságáról a 3. táblázat ad tájékoztatást. A táblázatban levő 20 mm-nél magasabb

3. táblázat

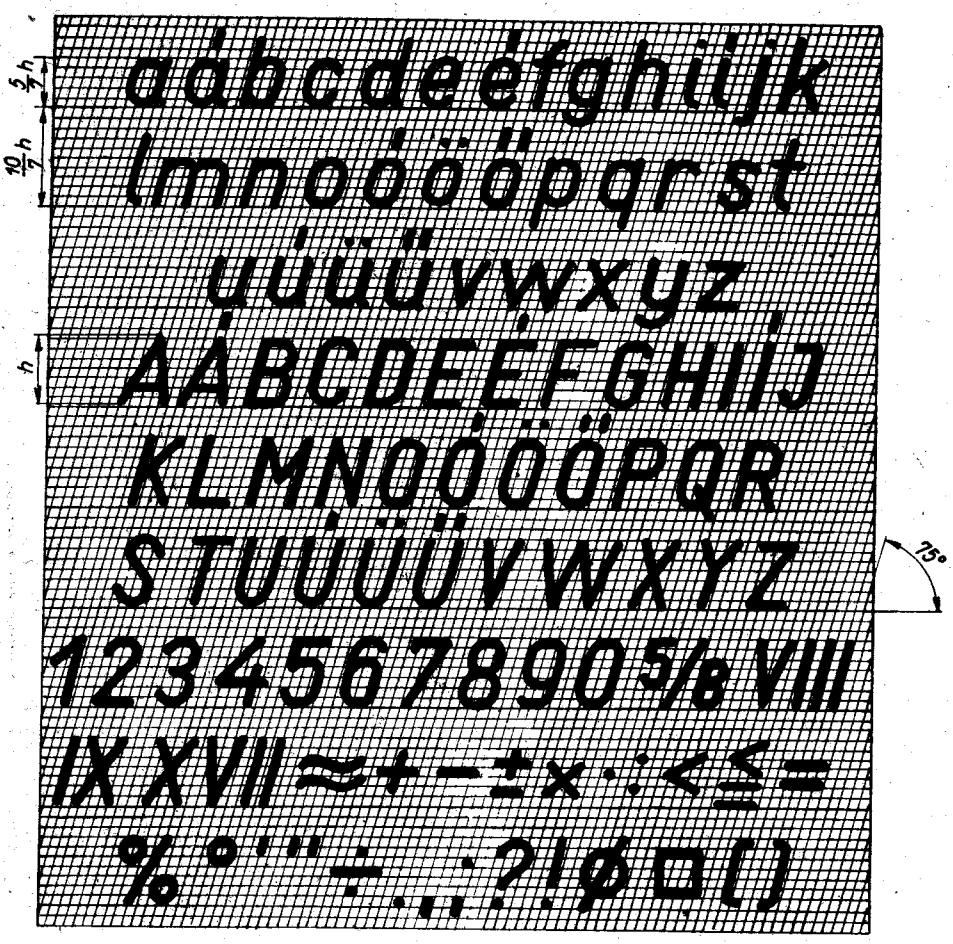
Betűméretek

Betűnagyság, azaz a nagybetű magassága h	2,5	3,5	5	7	10	14	20
Kisbetű magassága $\frac{5}{7}h$	1,75	2,5	3,5	5	7	10	14
Minimális sortávolság $\frac{10}{7}h$	3,5	5	7	10	14	20	28
Vonalvastagság $\frac{1}{7}h$	0,3	0,5	0,7	1	1,5	2	3
Csökkentett vonalvastagság $\frac{1}{10}h$	0,2	0,3	0,5	0,7	1	1,5	2

betűk rajzolása is megengedett, de a betűk alakjának, valamint a vonalvastagság és betűmagasság arányának a megtartása kötelező. A sortávolság célszerűen a kisbetű magasságának a kétszerese, vagyis $\frac{10}{7}h$, de megengedett $\frac{11}{7}h$ vagy még nagyobb sortávolság is, ha azt pl. indexek, kitevők alkalmazása vagy feliratok tagolása megkívánja.

A közepes szélességű betűkön kívül használhatók széles és keskeny betűk, számjegyek és írásjelek is. Keskeny írás esetén a vonalvastagság csökkentése is megengedett $\frac{1}{10}h$ értékre. A jellegzetes betűk (pl. b, c, d, g, h stb. és B, C, D, G, H stb.) szélessége közepes, $\frac{4}{7}h$, a szélesnél $\frac{5}{7}h$, a keskenynél $\frac{3}{7}h$. A számjegyek és írásjelek szélessége a velük azonos szélességű betűk arányában változik. A betűk rajzolását célszerűen lehet gyakorolni olyan hálózatban, amelynél a vonalak távolsága a betűk vonalvastagságával egyezik meg.

A használható betűalakokat, számokat és írásjeleket $\frac{1}{7}h$ vonalvastagsággal, dőlt írással a *41. ábra*, álló betűkkel a *42. ábra* tünteti fel. A *43. ábra* a széles dőlt

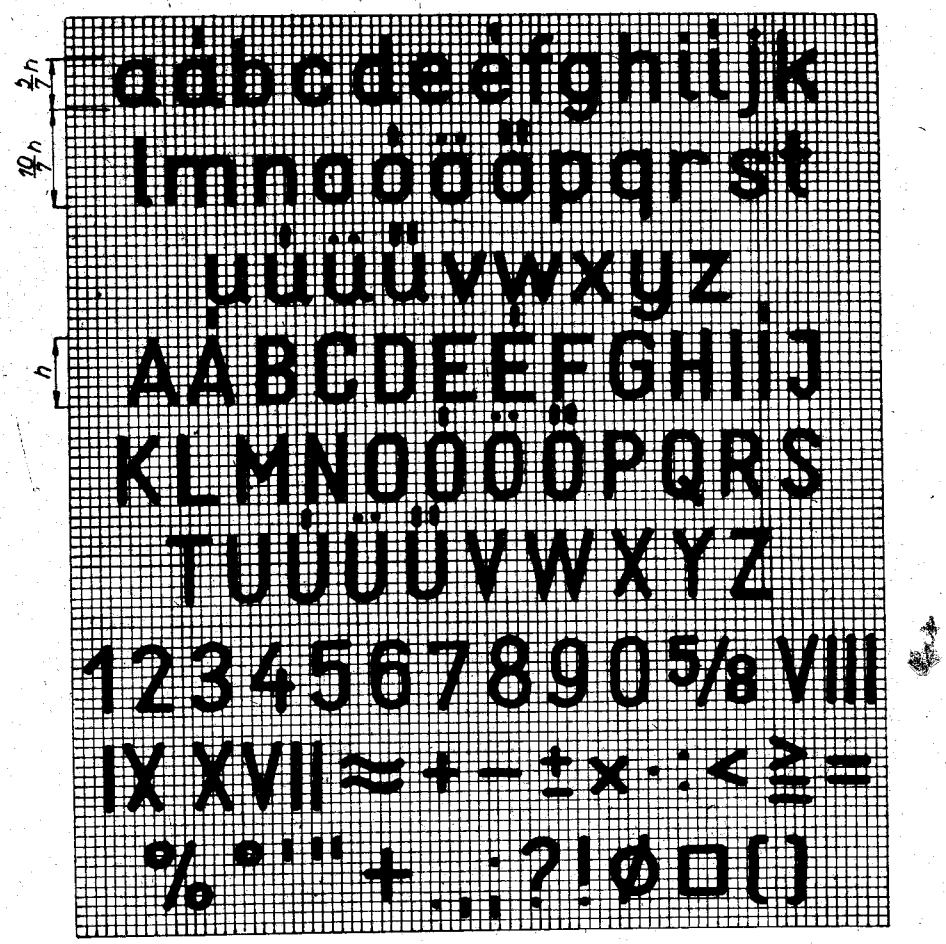


41. ábra. Betűalakok, számok és írásjelek dőlt írással

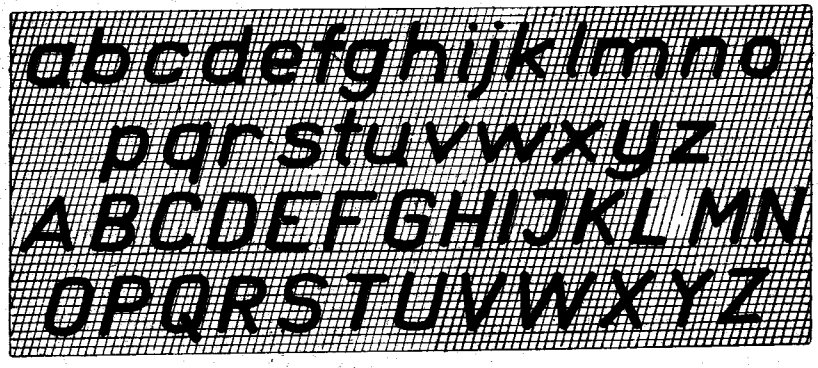
betűket mutatja, ugyancsak $\frac{1}{7}h$ vonalvastagsággal, a *44. ábra* pedig a keskeny dőlt és álló betűket tünteti fel. A *45. ábra* vékonyabb, $\frac{1}{10}h$ vonalvastagsággal tünteti fel a dőlt betűket, a *46. ábra* pedig az álló betűket mutatja.

A kézzel írt kisméretű (2,5, 3,5, 5 mm) betűk, számjegyek és írásjelek alakja és aránya a fenti mintáktól kismértékben eltérő is lehet.

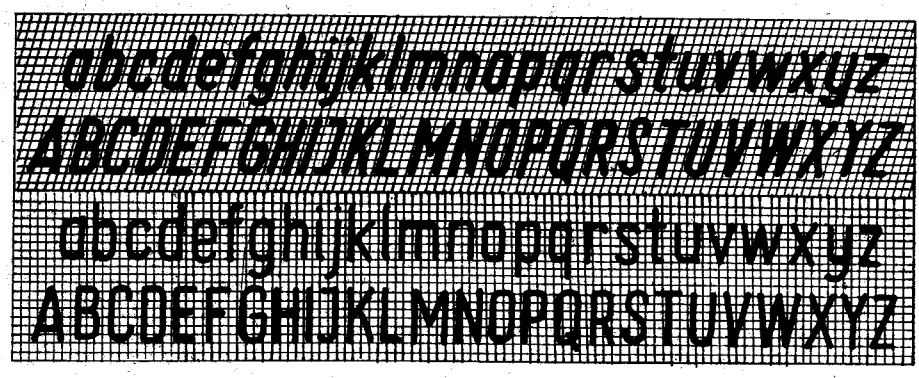
A betűk közötti távolság szavakon belül legalább egy vonalvastagság. Ettől a szabálytól azonban el kell térni az olyan betűk találkozásánál, amelyeknél közben nagy mező maradna, vagyis a betűk egymás mellé írásánál arra kell törekedni, hogy a *foltha-*



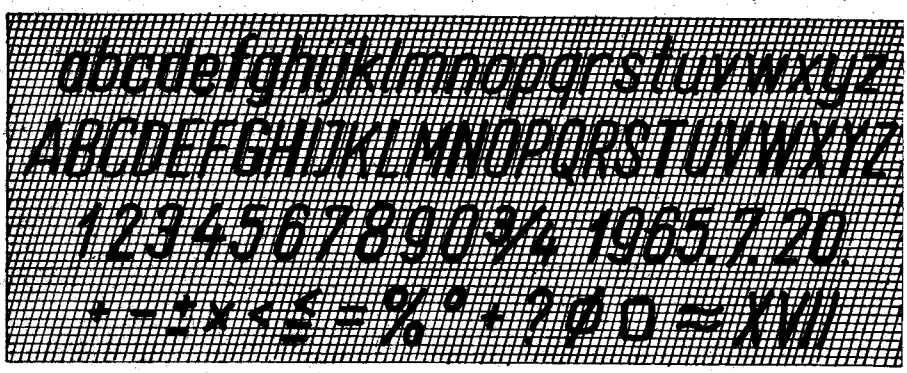
42. ábra. Álló betűk, számok és írásjelek



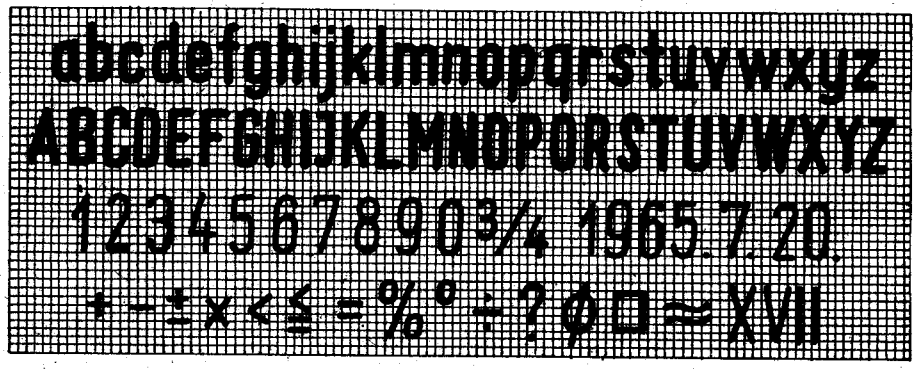
43. ábra. Széles dőlt betűk



44. ábra. Keskeny dőlt és álló betűk



45. ábra. Vékonyabb dőlt betűk



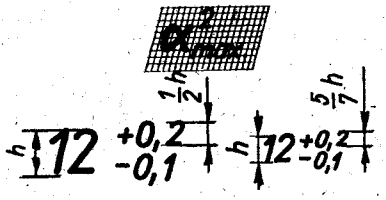
46. ábra. Vékonyabb álló betűk

tás egyenletes legyen, pl. LT, LY, VA, TA, 74 stb. Ezért a betűket sokszor egymás mezejébe nyúlóan kell írni *(47. ábra)*, továbbá indokolt a betűk vízszintes szárának kismértékű megváltoztatása is. A szavakat olyan távol kell írni egymástól, hogy a szóközbe egy jellegzetes, pl „O" betűt, betűközöket is hagyva, be lehessen írni.

Indexek, hatványkitevők méreteit általában az alapjel betűmagasságának a felére kell választani. 2 mm-es vagy kisebb betűmagasság használata nem ajánlatos. Kis magasságú számjegyek mellett $\frac{5}{7}h$ magasságú indexek célszerűek *(48. ábra)*.

FOLYTATÁS
FOLYTATÁS

47. ábra. Egymás mezejébe nyúló betűk



48. ábra. Indexek számjegyek mellett

Az ovális betűk szerkesztésénél ügyelni kell arra, hogy egyenes szakasz is legyen beiktatva, vagyis az alakjuk nem ellipszishez, hanem futópályához hasonló. A nehezebben szerkeszthető betűknél, amilyenek a w, W, k, K, Y, s, S betűk, különösen kell a helyes alakra ügyelni.

A különböző magasságú betűkkel dőlt és álló írással, vastagabb és vékonyabb vonalvastagsággal a *49. ábra* tüntet fel írásmintákat. A betűk méretei a könyvábra kicsinyítése miatt kissé csökkentettek. Műszaki rajzokon 2,5-es betűnagyságot a méreteltérések, tűrések, a 3,5-est a méretmegadáshoz, az 5-öst általában a darabjegyzék kitöltésére és szögek, utasítások felírására, a 7-est „nézet", „metszet" stb. kiemelt felírásokhoz, a 10-est pedig a rajzszám, tételszám és hivatkozási betűjelölések rajzolására használjuk.

4. táblázat

Cirillbetűk

A cirillbetű							
neve	rajza	neve	rajza	neve	rajza	neve	rajza
A	а А	I	и И	Er	р Р	Sá	ш Ш
Be	б Б	Jot	й Й	Esz	с С	Scsá	щ Щ
Ve	в В	Ká	к К	Te	т Т	Kemény jel	ъ Ъ
Ge	г Г	El	л Л	U	у У	Jeri	ы Ы
De	д Д	Em	м М	Ef	ф Ф	Lágy jel	ь Ь
Je	е Е	En	н Н	Chá	х Х	E	э Э
Zse	ж Ж	O	о О	Ce	ц Ц	Ju	ю Ю
Ze	з З	Pe	п П	Cse	ч Ч	Já	я Я

49. ábra. Dőlt és álló írás különböző magasságú betűkkel

A *cirillbetűk* elnevezéseit a 4. táblázat adja meg. A betűk nagysága a 3. táblázat szerinti lehet. A vonalvastagságot a nagy-, ill. a kisbetűk magasságának az $\frac{1}{7} \ldots \frac{1}{8}$ részeként választjuk. A kisbetűk szabványos vonalvastagsága tehát vékonyabb, mint a nagybetűké. Ha azonban a szövegben a nagy- és kisbetű együtt fordul elő, akkor a nagybetűt is a kisbetűnek megfelelő vékonyabb vonalvastagsággal írjuk. A betűk alakját az *50. ábra* tünteti fel.

50. ábra. Cirillbetűk

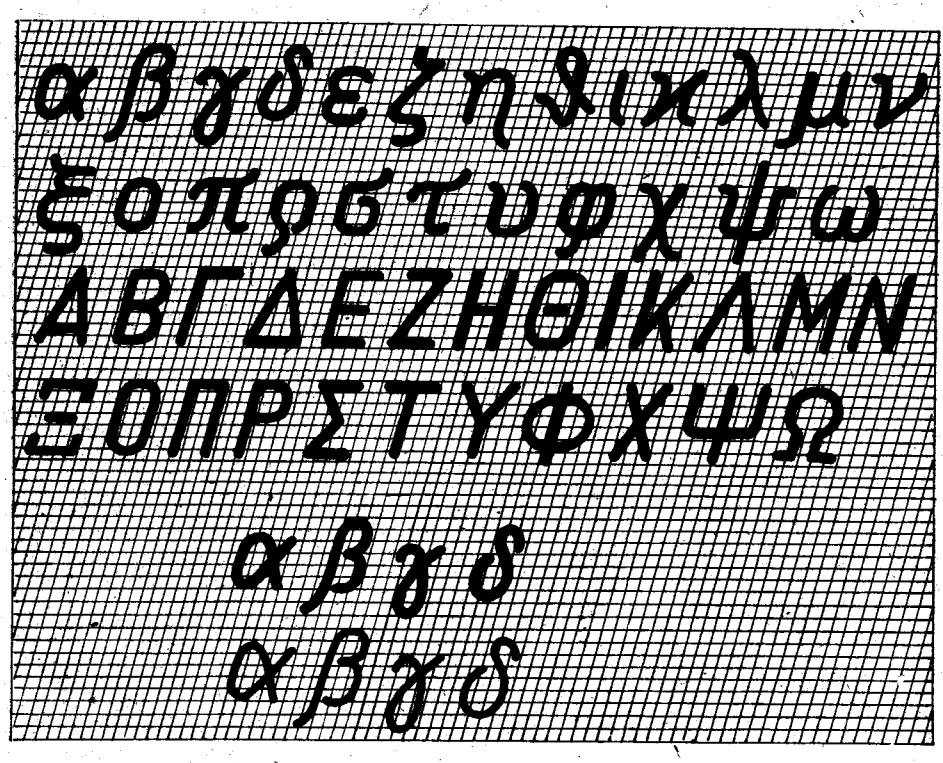
5. táblázat

Görög betűk

A görög betű					
neve	rajza	neve	rajza	neve	rajza
Alfa	α A	Iota	ι I	Rhó	ϱ P
Béta	β B	Kappa	$\varkappa$ K	Szigma	σ Σ
Gamma	γ Γ	Lambda	λ Λ	Tau	τ T
Delta	δ Δ	Mű	μ M	Üpszilon	υ Y
Epszilon	ε E	Nű	ν N	Fi	φ Φ
Dzéta	ζ Z	Kszi	ξ Ξ	Khi	χ X
Éta	η H	Omikron	o O	Pszi	ψ Ψ
Théta	ϑ Θ	Pi	π Π	Ómega	ω Ω

A *görög betűk* elnevezéseit az 5. táblázat adja meg *(51. ábra)*. A betűk nagysága ezeknél is a 3. táblázat szerinti lehet. Műszaki kiadványokban álló görög betűk is rajzolhatók (pl. mértékegységekre). A görög betűk vonalvastagsága $\frac{1}{7}h$, vagy $\frac{1}{10}h$ lehet *(51. ábra* alul*)*.

A *tustöltőtoll*, a *graphos* a betűírásnak is nagyon hasznos eszköze lehet a szárára felszerelhető *redisztoll* végződéssel. A *rapidograph, tubograph* stb. *csőtollak* is különösen



51. ábra. Görög betűk

célszerűen használhatók a betűíráshoz. Ezeknél is fontos a tollak használat utáni gondos megtisztítása. Felírások készítéséhez a csőtoll vezetésére a kereskedésben a betűmagasságnak megfelelő különböző celluloid írássablonok kaphatók. Célszerű azonban a betűírásnak sablon nélküli gyakorlása is, mert szabadkézzel a betűírást gyorsabban lehet elvégezni.

9. Méretarányok (MSZ 18)

Amikor csak lehetséges, *természetes nagyságban* rajzoljuk meg a tárgyakat, vagyis 1:1 méretarányt használunk. Nagyobb méretű tárgyakat azonban nem tudunk természetes nagyságban elhelyezni a rajzlapon, ezért azokat *kisebbítő méretarányban* ábrázoljuk. Kis méretű tárgyakat viszont, amilyenek pl. a műszerek kis alkatrészei, *nagyobbítva* ábrázolunk, hogy könnyebben lehessen szemlélni őket, és a méreteket könnyebben lehessen a rajzlapon mellettük elhelyezni. A természetes nagyság mellett elsősorban használható méretarányok 2-vel, 5-tel és 10-zel való osztással, illetve szorzással kaphatók. A géprajznál használható méretarányokat a 6. táblázat tünteti

6. táblázat

Méretarányok

Természetes nagyság	1:1						
Kicsinyítés	1:10 $1:10^n$	(1:15)	1:2 1:20 $1:(2.10^n)$	(1:2,5) (1:25)	(1:4)	1:5 1:50 $1:(5.10^n)$	(1:75)
	ahol *n* egész szám						
Nagyítás	$(10.^n):1$		2:1			5:1	
	ahol *n* egész szám						

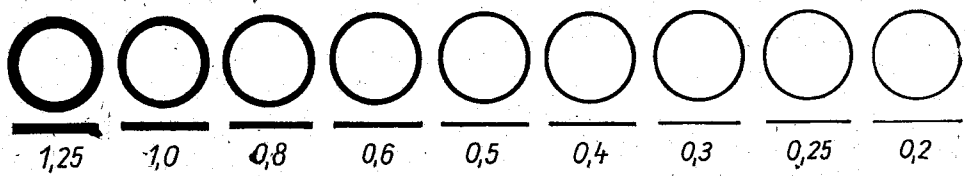
fel, amelyben ezek az elsősorban használható méretarányok zárójel nélkül vannak feltüntetve. Ha valamilyen szempontból vagy a rajzlap jobb kihasználása végett ezektől az arányoktól való eltérés szükséges, akkor a zárójeles méretarányok is felhasználhatók. Régebben elterjedten használták az 1:2,5 vagyis a 2:5 méretarányt. Ma azonban inkább használjuk az 1:2 arányt.

A méretarány megválasztásánál mindig az legyen a fő szempont, hogy mennyire tagozott az ábrázolandó test, valamint az, hogy az ábra mellé a szükséges méretszámokat hogyan tudjuk jól, olvashatóan elhelyezni. Igyekezzünk olyan legkisebb méretarányt alkalmazni, amely mellett még nem kapunk túlzsúfolt ábrát. Ezáltal a papírral is takarékoskodhatunk. A nagyobbított méretarányban való ábrázolásnál célszerű a testet kicsinyben, természetes nagyságban is nézetben feltüntetni, méretek nélkül, hogy a valódi nagyságot is könnyebben érzékeljük. A rajzon használt méretarányt a szövegben meg kell adni. A méretarány megadásához nagy *M* betűt használunk, pl. *M* 1:5. Ha egy rajzon több alkatrészt tüntettünk fel, és a fő méretarány mellett még más, esetleg többféle méretarány is szerepel, akkor az egyes ábráknál az ábraszámok mellett fel kell tüntetni a fő méretaránytól eltérő méretarányt is. Ilyenkor a szövegmező méretarányrovatában csak a fő méretarányt adjuk meg.

10. Vonalak (MSZ 6)

A vonalak vastagsága a rajzok méretarányához igazodik, a kisebbített méretarányban készített rajzokat arányosan vékonyabb vonalvastagsággal ábrázoljuk. A vonalvastagságokat az *52. ábra* mutatja. A vonalcsoportokat a 7. táblázat tünteti fel, amelyben a vonal neve: *vastag, közepes, vékony*. A vonalcsoportot a vastag vonal méretével lehet megnevezni, pl. 0,8-es vonalcsoport. Különleges célra, pl. plakátrajzon, vastagabb vonalak, bizonyos esetben vékonyabb vonalak is használhatók, pl. klisérajzon 0,16 és 0,12 is használható. Műhelyrajzok feliratához 1,5 és

0,7 vonalvastagság is használható. A táblázatban zárójelbe tett méretek az alkalmazható vonalvastagság alsó határát jelentik. A rajzon az azonos méretarányú ábrákat azonos vastagságú vonalakkal kell rajzolni. Az egyes vonalvastagságok alkalmazási példáit a 8. táblázat tünteti fel.



52. ábra. Vonalvastagságok

7. táblázat

Vonalvastagságok

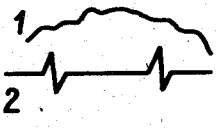
A vonal		Vonalcsoportok				
neve	vastagsága					
Vastag	s	1,25	1,0	0,8	0,6	0,4
Közepes	$\frac{2s}{3}$ $(s/2)$	0,8 (0,6)	0,8 (0,6)	0,6 (0,4)	0,4 (0,3)	0,3 (0,25)
Vékony	$s/2$ $(s/3)$	0,6 (0,4)	0,5 (0,3)	0,4 (0,25)	0,3 (0,2)	0,25 (0,2)

8 táblázat

A vonalak alkalmazásai

A vonal			Alkalmazási példák
fajtája	neve	vastagsága ≈	
	vastag folytonos vonal	s	Látható él és kontúr Látható, gömbölyítetlen áthatási él Metszet kontúrja Illeszkedő alkatrészek metszetének határvonala Menetes orsó külső vonala Menetes furat magvonala Hasznos menet vége Rajz síkjára merőleges felület képe Fogaskerék, csiga, csigakerék, lánckerék burkolófelületének képhatára

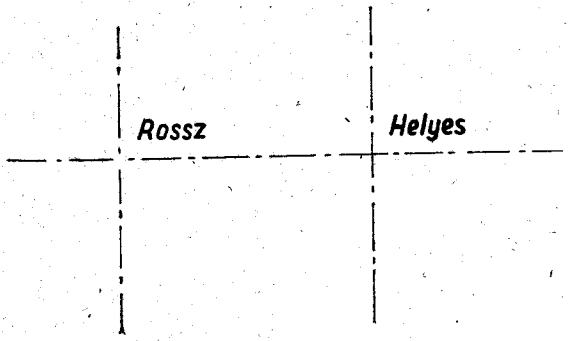
8. táblázat folytatása

A vonal			Alkalmazási példák
fajtája	neve	vastagsága ≈	
	vékony folytonos vonal	$s/2$ $(s/3)$	Szerkesztési és segédvonal Befordított szelvény határvonala Méret- és méretsegédvonal Szelvény vonalkázása Csatlakozó alkatrészek nézetben és metszetben Közbenső gyártási állapot, a kész alkatrészek rajzán Mutatóvonal Különböző érdességű, pontosságú felületrész határa Feliratok, jelölések helyének körülhatárolása Esetleges szerkesztési vonalak Tagolóvonal (gömbölyített áthatási él) Menetes orsó magvonala Menetes furat külső vonala Fogaskerék, lánckerék lábköre
	szabadkézi vonal	$s/2$ $(s/3)$	Törésvonal (képzeletbeli) Nézet és metszet közötti választóvonal Törés és repesztés (valóságos) Faanyagok metszetén és nézetén az erezés és évgyűrűk berajzolására
	szaggatott vonal	$\frac{2s}{3}$ $(s/2)$	Nem látható él
	pontvonal	$s/2$ $(s/3)$	Tengely- és középvonal Vetületek (részletek) és szelvények szimmetriatengelye Metszősík előtti részletek Mozgó alkatrészek szélső helyzete Ismétlődő mintázat területének határolása Fogaskerék, csiga, csigakerék, lánckerék osztófelülete Kiterítési rajzon a lemezhajlítás vonala
	kihagyásos vonal	$s \ldots \frac{3s}{2}$	Metszősík nyomvonalának vége és törései

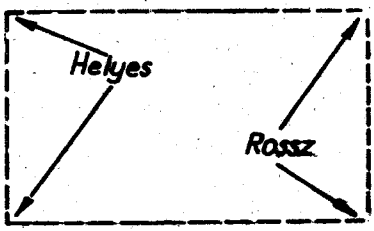
9. táblázat

A legkisebb vonalvastagság

A rajz nagysága	A legkisebb vonalvastagság	A legkisebb vonalköz
A1 és nagyobb	0,3	0,8
A2 és kisebb	0,2	0,6

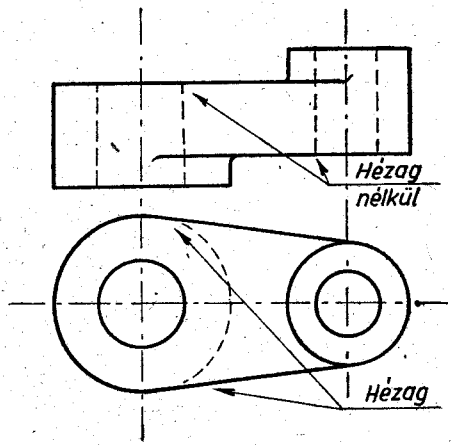


53. ábra. Pontvonalak helytelen és helyes kereszteződése



54. ábra. Szaggatott vonalak csatlakozása a sarkokban

Ahhoz, hogy a rajzról fényképet vagy transzparens másolatot lehessen készíteni, figyelembe kell venni a 9. táblázatot. A természetes nagyságban tussal való rajzoláshoz a vonalak közül a leggyakrabban a 0,8-es vonalcsoportot használjuk. A keretvonal vastagsága, függetlenül a rajz alapnagyságától, 0,8—1 mm legyen. A rajzlap készméretét a gyűjtőlapokon is vékony, folytonos vonallal rajzoljuk. A szaggatott vonal legyen összhangban az ábra tagoltságával, méretarányával, részletességével, általában 4—5 mm hosszú vonalakból és kb 1 mm-es hézagok sorozatából állhat. A pontvonal pontjait kb. 0,5—1 mm hosszú vonalkákkal is helyettesíthetjük. A vonalszakaszok 8—10 mm hosszúak, a hézagok 1 mm szélesek legyenek. Pontvonal helyett folytonos vonallal lehet rajzolni a kört, ha átmérője a rajzban 12 mm-nél kisebb.



55. ábra. Szaggatott vonalak csatlakozása folytonos vonalhoz

Egymást keresztező vastag vonalak rajzolásánál ügyeljünk arra, hogy a tus a már megszáradt tusvonalat is köny-

nyen oldja, és így a kereszteződő vastag vonalak kihúzásánál a tus könnyen a vonalzó alá futhat.

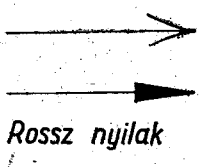
A szaggatott vagy pontvonallal rajzolt részleteknél a sarkokat és a metszéspontokat vonalak metszésével képezzük *(53. és 54. ábrák)*, és ne hagyjunk üres sarkokat. A pontvonalaknál a befejezés ne ponttal, hanem vonallal történjék.

Ha a szaggatott vonal teljes vonal folytatásaként húzandó meg, akkor hézaggal kell kezdeni ott, ahol a teljes vonal abbamarad, pl. az *55. ábra* alsó képén a szaggatott körív végei. Ha a szaggatott vonal önmagában van, mint pl. az *55. ábra* felső képén a belül fekvő furatokat ábrázoló szaggatott vonalak, akkor a kiindulásnál hézag nélkül kell kezdeni őket.

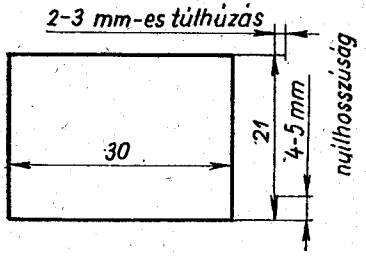
11. Méretek megadása: a kottázás (MSZ 11 és 12)

A géprajznak a geometriailag helyes ábrázolás mellett még fontos feladata, hogy pontosan feltüntesse az előállítandó munkadarab méreteit is. A készítendő alkatrész méreteit az ábra *körvonalai közé vagy mellé húzott* vékony, folytonos vonallal adjuk meg. A *méretvonal végére nyilat* teszünk, amelynek hossza a rajzon használt vastag vonalnak kb. 4—5-szöröse, de legalább 2 mm legyen. A nyíl ágai ne legyenek szétállóak, sem betöltöttek *(56. ábra)*, hanem a méretvonalhoz közel húzunk meg két vonalat a nyíl ágai gyanánt, az ágak kb. 15°-os szöget zárjanak be egymással, és az ágak közét nem kell kitölteni *(57. ábra)*. A méreteket milliméterben adjuk meg, de nem írjuk ki a mm-t. A beírt méretek mindig *készméreteket jelentenek*. Ha a méreteket nem milliméterben, hanem más egységben, pl. hüvelykben adjuk meg, akkor a szám után ki kell tenni a mértékegység jelét, pl. 1 1/2″ (másfél hüvelyk) vagy 10°, 15 m. Ha a méretszámban tizedes tört fordul elő, akkor ennek tizedes számjegyeit nem ponttal, hanem vesszővel kell elválasztani.

A méretszámokat a vonal fölé, a vonaltól kb. 1 mm távolságra, lehetőleg a középre rajzoljuk 3,5 mm, de legalább 3 mm nagyságban. Kicsinyítő méretarányban készített ábránál is 3,5 mm-es számokat és 3—4 mm méretű, rövidebb nyilakat használjunk. A méretszámok nagyságának betartása azért is fontos, hogy a dolgozó azokat a



56. ábra. Helytelen nyilak

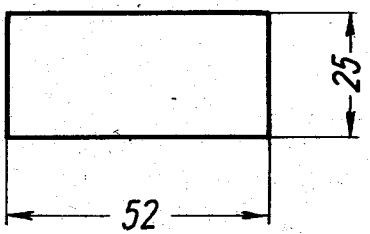


57. ábra. Helyes nyilak, méretszámok és méretvonalak

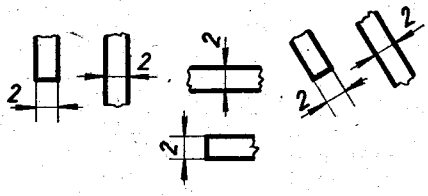
rajzhoz való közelhajlás nélkül el tudja olvasni. A méretszámokat a 8. pontban feltüntetett számokkal, 75°-kal döntötten írjuk. A méretek megadása egyik legfontosabb feladata a rajznak, ezért a számokat nagy gondossággal, áttekinthetően, határozottan, jól olvashatóan írjuk. A vázlatok kivételével minden műszaki rajzon a nyilakat, méretszámokat és a hozzájuk tartozó jeleket és feliratokat ceruzával készített rajzon is fénymásoláshoz tussal kell rajzolni. A hanyagul írt számok helyett a műhelyben könnyen más számot olvashatnak, és a munkadarabot elronthatják. Ilyen összetéveszthető számpárok pl. az 1 és 7, 4 és 7, 5 és 6, 0 és 6, 9 és 0.

Egyes külföldi szabványok szerint a méretvonalat meg kell szakítani, és közbe kell írni a számot *(58. ábra)*. Ezáltal egymás fölé, ugyanarra a mezőre több méretet lehet felsorakoztatni. A magyar szabvány szerint azonban *nem szakítjuk meg* a méretvonalat.

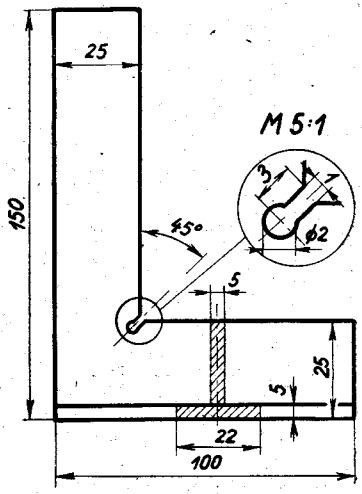
A rajzra mindig *alulról és jobbról olvasható* számokat írjunk, még akkor is, ha több ábra van a rajzon. A méretvonalak kereszteződését kerülni kell, ezért az ábra mellett is megadunk méreteket úgy, hogy méretsegédvonalat húzunk, vagyis kivetítést alkalmazunk. Az összes méret kivetítése azonban helytelen, csupán kis méretű darabnál indokolt. A méretsegédvonalat a nyílon túl húzzuk 2—3 mm-rel. A *méretszámokat és a nyilakat semmilyen vonal,* még vastagon húzott körvonal *sem keresztezheti.* Ha nem kerülhető el a keresztezés, akkor a keresztező körvonalat vagy pontvonalat a nyílnál meg kell szakítani, amit kihúzás utáni kaparással oldhatunk meg *(60.* és *88. ábrák)*. Rövidebb távolságnál a nyilakat kívül helyezzük el. Ilyenkor, ha a nyilak között nincs elég hely, a méretszámokat is kívül írjuk fel *(59. ábra)*. A *60. ábra* talpas vonalzót mutat az előbbiek szerint beméretezve, a szárak keresztmetszeteit befordítással tüntettük fel.



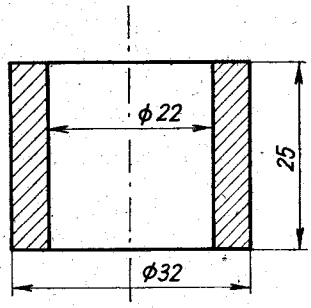
58. ábra. Méretszám elhelyezése szovjet szabvány szerint



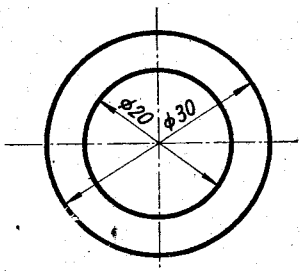
59. ábra. Méretszámok elhelyezése kis méreteknél



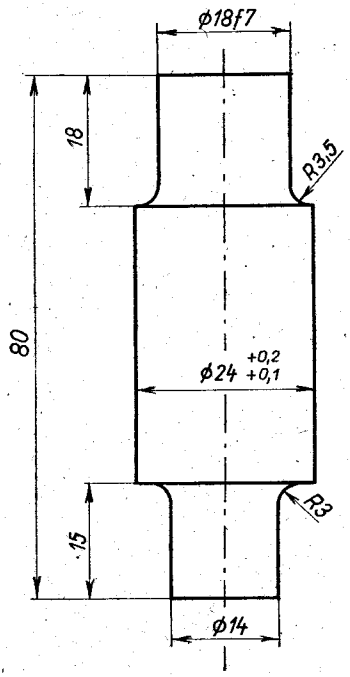
60. ábra. Beméretezett talpas derékszög



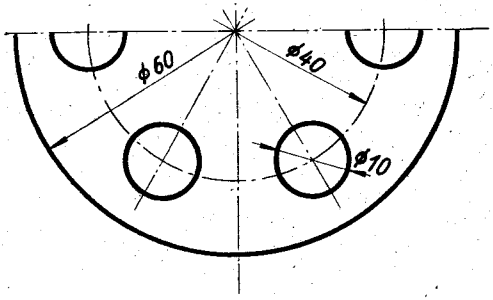
61. ábra. Körhenger átmérőjének jelölése



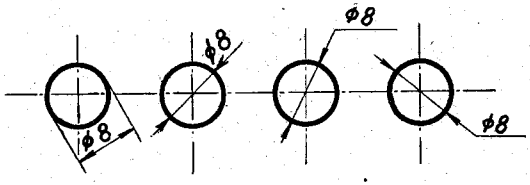
63. ábra. Ilyen ábrán is kitesszük az átmérőjelet



62. ábra. Miért írjuk az átmérőjelet a méretszám elé?



64. ábra. Ha a körnek csak egy részét látjuk, ki kell tenni az átmérőjelet

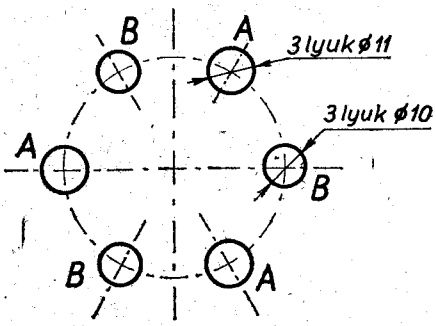


65. ábra. Ha a méretvonal nem méretsegédvonalak között van, kell az átmérőjel

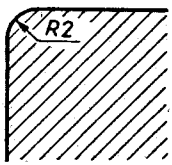
Henger alakú testeknél ∅ jelet írunk a szám elé, pl. a *61. ábrán* a 22 és a 32 méretek négyszög keresztmetszetet is jelenthetnek, de a méretszámok elé írt átmérőjel félreértés nélkül meghatározza a kör keresztmetszetet, illetve azt, hogy csődarabot ábrázoltunk. Mivel az ∅ jel teljesen meghatározza az alkatrészt, ezáltal nézeti képet takaríthatunk meg. Így henger alakú alkatrészt egy képpel is teljesen meghatározhatunk *(62. ábra)*. Az átmérőjelet azért írjuk a szám elé, mert a *méretszám mögött*

számértékkel vagy szabványos betűjellel azokat a *mérethatárokat írjuk be,* amelyek között az illető alkatrészt el kell készíteni. Pl. a *62. ábrán* az ∅ 24-et 24,1 és 24,2 mérethatárok között kell kivitelezni. Ha a méretet ott adjuk meg, ahol a körkeresztmetszet a képből is kitűnik *(63. ábra)*, akkor is ki kell tenni az átmérőjelet. Ha a kör keresztmetszetű testet felében vagy csak egy részében tüntetjük fel, akkor is a könnyebben mérhető átmérőértékeket adjuk meg és nem a sugarakat. Ilyenkor is kitesszük az ∅ jelet a méretszám elé *(64. ábra)*, hogy a sugárral össze ne tévesszük, és a méretvonalat a középponton kissé túlhuzzuk. Az ∅ jelet akkor is ki kell tenni, ha a méretvonal nem méretsegédvonalak között helyezkedik el, és a méretet a körön kívül adjuk meg *(65. ábra)*. Ha több kör középpontja egy körön, pl. a lyukkörön egyenlő távolságra helyezkedik el, akkor az egyes körök középpontjainak egymástól mért távolságait nem adjuk meg *(64. ábra)*. Esetleg az elemek számát és megnevezését adjuk meg, pl. „12 lyuk ∅ 11" ha elhelyezésüket egyéb elemhez viszonyítva megkötni nem szükséges.

A tárgy egyforma elemei, pl. furatok, hornyok, fogak stb. méreteinek ismételt megadása helyett elegendő az elem nevét a méretszám előtt megadni és az egyforma méretűeket betűkkel *(66. ábra)*, vagy egyezményes jelekkel, pl. kis szegmensek befeketítésével jelöljük meg, esetleg a méretszám alatt adunk meg adatokat.



66. ábra. A tárgy egyforma elemeinek méreteit betűkkel jelöljük



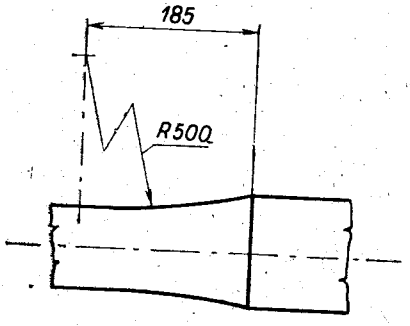
67. ábra. Lekerekítési sugár méreteinek jelölése

Körív sugarának a méretszáma elé R betűt írunk *(67. ábra)*. A nyilat lehetőleg az ív méretszám felöli oldalán helyezzük el. A középpontot +-tel jelöljük meg, ha a helyét beméretezzük. Forgásfelületnél csak az egyik oldalnál adjuk meg a sugarat *(68. ábra)*. Nagy görbületi sugár esetén az ábra szerint a középpontot zegzugos töréssel rajzolt méretvonallal hozhatjuk közelebb, ha a középpont helyzetét is meg kell adni. Ha nem kell megadni, akkor csak akkora méretvonalat húzunk meg, amennyi a méretszám feltüntetésére szükséges.

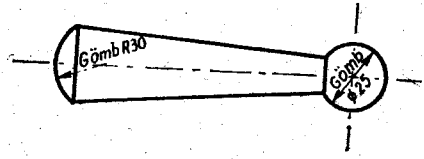
A *gömböt* úgy lehet beméretezni, hogy vagy az átmérő méretszáma elé, vagy a sugár méretszáma elé odaírjuk a *Gömb* szót és az átmérő, illetve sugár jelét *(69. ábra)*.

Esztergályozott felületeknél az átmeneti sarkok *nem éles szöglettel,* hanem kis köríves lekerekítéssel készülnek, mivel a készítésükre szolgáló esztergakés hegyének mindig van kis lekerekítése. Kevésbé fontos helyen a lekerekítést berajzoljuk méretmegadás nélkül, főleg az 5 mm-nél kisebb lekerekítési sugarak esetében. Tengelyeknél, rudaknál azonban a fontosabb lekerekítéseket be kell méretezni, pl. a *62. ábrán* az *R3* értéket. Ilyenkor a középpontot nem szükséges feltüntetni. A lekerekítéseknél is az *R* jelet ki kell tenni *(67. ábra).*

A gépgyártásban és a finommechanikában általában alkalmazható lekerekítési sugarakat a 10. táblázat adja meg (MSZ 14006). A táblázat első (I jelű) négy oszlopában levő sugarakat előnyben kell ré-



68. ábra. Nagy görbületi sugár megadása



69. ábra. Gömb beméretezése

10. táblázat

Lekerekítési sugarak (MSZ 14006)

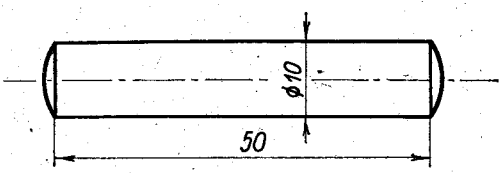
I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.
0,1	—	1	—	10	—	100	—
—	—	—	1,2	—	12	—	125
—	—	1,6	—	16	—	160	—
—	0,2	—	2	—	20	—	200
—	—	2,5	—	25	—	250	—
—	0,3	—	3	—	32		
0,4	—	4	—	40	—		
—	0,5	—	5	—	50		
0,6	—	6	—	60	—		
—	0,8	—	8	—	80		

szesíteni. A finommechanikában indokolt esetben megengedett a 0,16 vagy 0,25 mm-es sugár alkalmazása is. Hengerelt idomacélok, gördülőcsapágyak, menetek, hajlított alkatrészek esetében megengedett a táblázatban foglalt sugarakon kívül más sugár alkalmazása is.

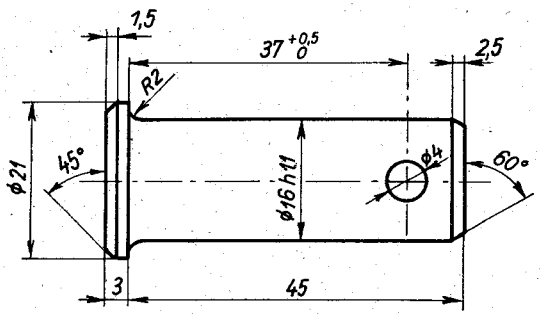
A csavarok, rudak tengelyvégeit legtöbbször nem készítjük egyenes leválással, mert éles sarkot kapnánk, ami részben a munkások kezére volna ártalmas, részben pedig a rúdnak a csatlakozó furatba való beszerelését nehezítené meg. A leginkább használatos *rúdvégződés a gömbsüveg* felület, pl. a *70. ábrán* feltüntetett *hengeres szeg* végei. Ennél a rúdvégződésnél a körív sugara rendszerint a henger átmérőjével egyenlő, ezt a sugarat külön nem kell beméretezni. Használatos rúdvégződés még a sarkoknak 45°-os vagy 60°-os letörése, amint azt a *71. ábrán* feltüntetett *fejes csapszeg* (MSZ 2228) mutatja. A 45°-os sarokletörést a *72. ábra* szerinti jelölésekkel is beméretezhetjük, vagyis a letörés mélysége szorozva a letörési szöggel jelölést alkalmazzuk.

A 45°-tól eltérő szögű tompítást két hosszmérettel vagy egy hossz- és egy szögméret együttesével kell meghatározni *(73. ábra)*.

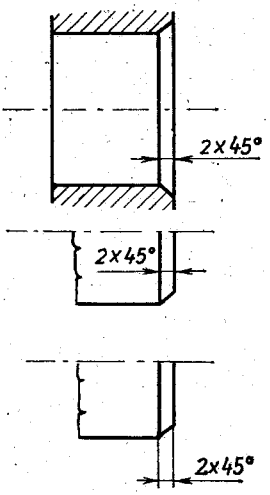
A géprajzon a *méretvonalak ne legyenek sűrűn egymás mellett,* és ne legyenek túl közel az ábrázolt testhez, de a túlságos eltávolodást is kerülni kell. A kisebb méretek legyenek közelebb, mert ekkor elkerülhetjük a vonalkereszteződést. Párhuzamos méretvonalakat egyenlő távolságban sorakoztassunk a test mellett, legalább 5 mm. ha van elegendő hely, inkább 7—10 mm legyen közöttük a távolság. A *méretszámokat* sokszor egymás alá írjuk, de eltolva is beírhatjuk az egymás alatti vonalakra.



70. ábra. Hengeres szeg gömbsüvegvégződése



71. ábra. Fejes csapszeg végeinek letörései



72. ábra. Rövidített jelölés a letörés méretének megadásához

Vonalkázott felületbe lehetőleg *ne tegyünk méretszámot,* ha pedig szükséges, akkor a méretszám körül kihagyjuk a vonalkázást *(75. ábrán* ∅ 24 méretnél*)*.

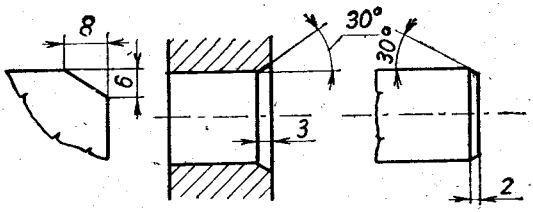
Ha az alkatrész szimmetrikus elemeinek a nézetét, ill. metszeteit csak részben rajzoljuk meg, pl. félnézetet, félmetszetet rajzolunk, vagy kitörést alkalmazunk, akkor a méretvonalat túlhúzzuk a középvonalon, illetve a törésvonalon néhány mm-rel, és a túlhúzott véget nem látjuk el nyíllal *(74. ábra)*. A méretszám a teljes méretre vonatkozik.

Szükség esetén szabad az átmérő méretvonalát csak részben megrajzolni akkor is, ha a teljes kör látszik.

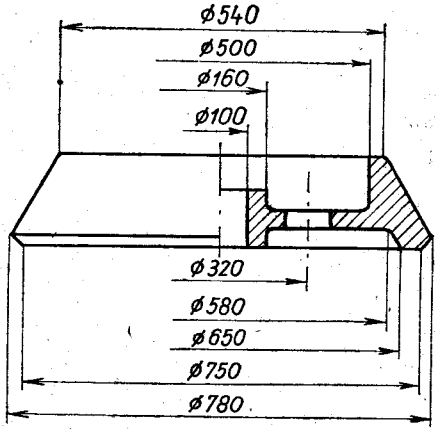
A *75. ábra* 45 mm méretű, négyzet keresztmetszetű rúdból készített alkatrészt tüntet fel. Négyzetnél a szám elé az ábra szerinti négyzetjelet írjuk ki. A négyzetjel határozott legyen, hogy ne lehessen összetéveszteni az átmérőjellel. Az ábrán a 29 és 23 méretek mutatják, hogy az esztergályozáskor milyen hosszon kell bemenni a hengeres, illetve a kúpos rész készítésénél.

Hatszögletes keresztmetszetet szintén a szám elé tett szabályos (álló) hatszöggel (⬡) adunk meg. Hatszögnél a méretszám a laptávra vonatkozik. A laptávot, ha világosan nem látszik, a szám elé tett *Lt* rövidítéssel is megadhatjuk *(76. ábra)*.

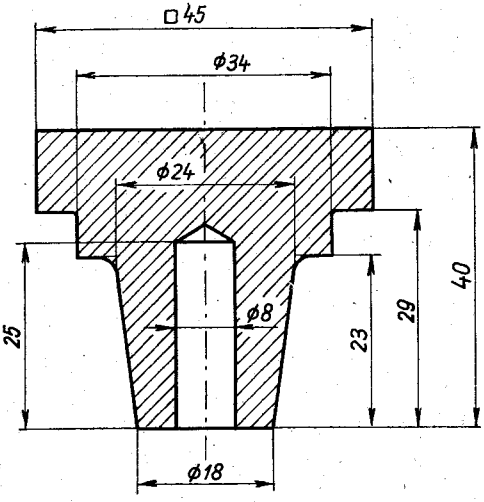
A falvastagságot vékony fal esetén kívül, a meghosszabított méretvonalra írt méretszámmal adjuk meg *(77. ábra)* mutatóvonal nélkül.



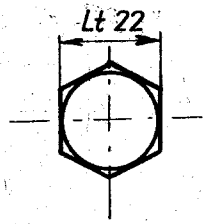
73. ábra. 45°-tól eltérő szögű tompítás meghatározása



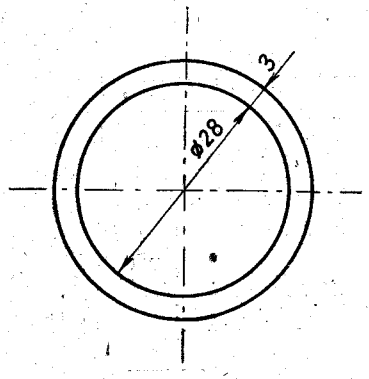
74. ábra. Túlhúzott méretvonal



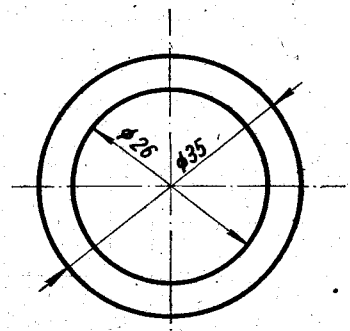
75. ábra. Négyszög keresztmetszet jelölése



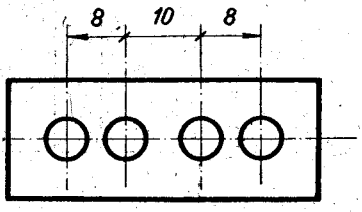
76. ábra. Hatszög laptávának megadása



77. ábra. Falvastagság méretének megadása



78. ábra. Külső átmérő méretének nyilai kívül legyenek

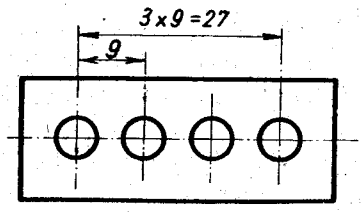


79. ábra. Kevés hely esetén vonalka helyettesíti a nyilat

Külső átmérő megadásakor a nyilat kívül helyezhetjük el *(78. ábra)*.

Ha sorozatos kis méretek megadása esetén nincsen elég hely a nyilak számára, akkor a nyilak helyett 45° alatt dőlő, 2—3 mm hosszú, a méretvonalhoz képest balról jobbra emelkedő közepes vonalkát alkalmazhatunk *(79. ábra)*, de meg van engedve helyette pont (pötty) rajzolása is. Ha az osztások egyenlőek, akkor a *80. ábra* szerint járhatunk el, vagyis megadjuk, hogy hány egyenlő méretű rész van a kottázott hosszon, de nyilat csak a kotta végén helyezünk el. Egy beosztás hosszát egyszer be kell írni. A beosztott rész teljes hosszának méretét még külön is megadhatjuk.

A *középvonal ne válassza szét a méretszámokat,* mert a középvonal egy pontját könnyen tizedespontnak nézhetjük, ezért a középvonaltól jobbra vagy balra írjuk a méretszámokat, vagy megszakítjuk a középvonalat. De nemcsak a középvonal, hanem semmiféle más vonal sem keresztezheti a méretszámokat. Középvonal, nézetkontúrvonal stb. ne legyen méretvonal, nem lehet méretvonal ezek folytatása sem. A *függőlegestől* 30°-ig terjedő mezőbe sugárirányú méretvonalat *ne húzzunk,* ha más dőléssel is elhelyezhetjük őket *(81. ábra)*. Ha elkerülhetetlen a tilos iránymezőbe eső ferde méretvonal, akkor tőle jobbra vagy balra az ábra szerinti módon vízszintesen kell írni a méretszámot, és ponttal kapcsolt vízszintes mutatóvonallal kötjük a méretvonalhoz. Ilyenkor szabad törött mutatóvonalat is alkalmazni. Szaggatott vona-



80. ábra. Sorozatos, egyenlő osztások méretének jelölése

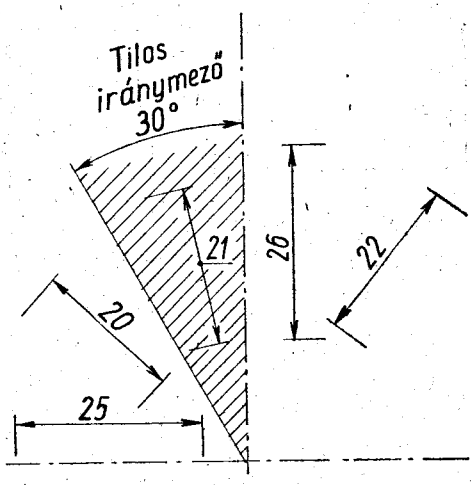
lak közé lehetőleg ne írjunk be méretet. A *82., 83.* és *84. ábrák,* amelyek csődarabot ábrázolnak, mutatnak olyan hibákat, amelyeket kerülni kell.

Hibák a *82. ábrán:*

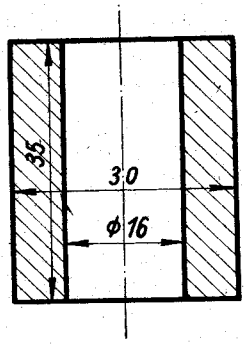
1. A 30-on átmegy a középvonal.
2. A 30 előtt nincs ∅ jel.
3. 35 vonalkázásban van vonalkázáskihagyás nélkül.
4. A méretvonalak keresztezik egymást.

Hibák a *83. ábrán:*

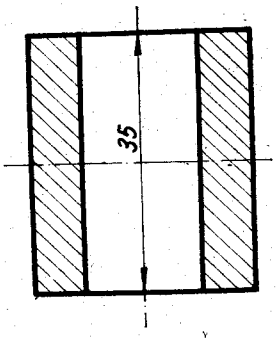
1. Középvonal nem lehet méretvonal.
2. Vízszintes pontvonal nem kell.



81. ábra. Méretvonalak számára tilos mező



82. ábra. Milyen hibák vannak itt?

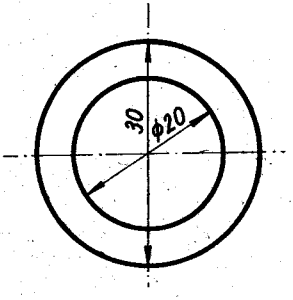


83. ábra. Miért nem jó ez a méretmegadás?

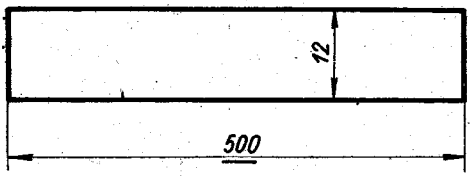
Hibák a *84. ábrán:*

1. A középvonal nem lehet méretvonal.
2. A függőlegestől 30°-on belül van az ∅ 20 méretvonala.

Nem léptékhelyesen rajzolt méretre a méretszám aláhúzásával hívjuk fel a figyelmet. Ez főleg *hosszú darab rajzánál* fordul elő *(85. ábra)* vagy *rajzjavításoknál,* amikor az ábrát magát



84. ábra. Ezen is vannak hibák. Melyek azok?



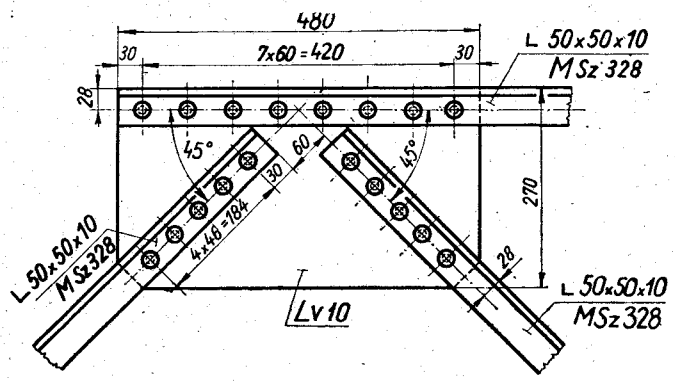
85. ábra. Hosszú darab nem léptékhelyes ábrázolásánál aláhúzással adjuk meg a méretet

megtartjuk, és csupán a méretszámot változtatjuk meg.

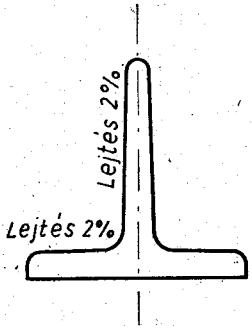
Hengerelt és szabványos tartók szelvényének részletes méretmegadása helyett a tartó méretét és a szabvány számát adjuk meg. A *lemezvastagságot* is *felírhatjuk Lv jelzéssel.* Egy vasszerkezeti csomópontot ennek megfelelően a *86. ábra* tüntet fel.

Egy lap lejtését százalékban célszerű feltüntetni a ferde vonalon vagy meghosszabbításán, de elhelyezhető a felirat mutatóvonalon is vízszintesen vagy a lejtés alapsíkjával párhuzamosan *(87. ábra).* Ezt a jelölést ék felületén a *88. ábra* szemlélteti. Orros ék vastagságát az orrtól távolabb adjuk meg, ahol a méret már jobban lemérhető. Az átmenetnél ugyanis a lekerekítés zavarja a mérést. Ha a méretsegédvonal csak kis szöggel tér el a nézetvonaltól, akkor 30°-os vagy 60°-os ferde segédvonallal vetítjük ki a méretet, pl. így tüntetjük fel a *88. ábrán* a 7 mm ékvastagságot. Ezzel a méret helye világosabban mutatható meg.

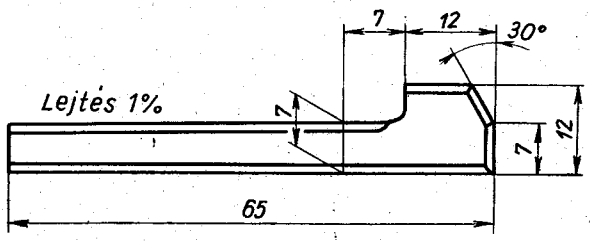
Csonkakúp alakú alkatrésznél a kúposságot adjuk meg. A kúposság az átmérők különbségének viszonya a hosszúsághoz. A *kúposságot a középvonalra* írjuk fel, amint azt a *89. ábrán* látható csapforgó mutatja. A kúpos részen hosszúkás nyílás van, amelyiken a folyadék átáramlik. A kúposság számértéke mellett *beírjuk* még a *kúpalkotó szögét* is a kúpos alkatrészeknél, mert az esztergályos a beírt szög szerint állítja be az eszterga késtartóját. A kúposságot tehát túlhatározottan adjuk meg. Túlhatározottságon azt kell érteni, hogy bizonyos méret kétszeresen vagy többszörösen van megadva a rajzon, esetleg más-más módszerrel. Ennek elkerülése végett a szöget ≈ jellel adhatjuk meg a kúposságnál. Az átmérők közül elég megadni csak



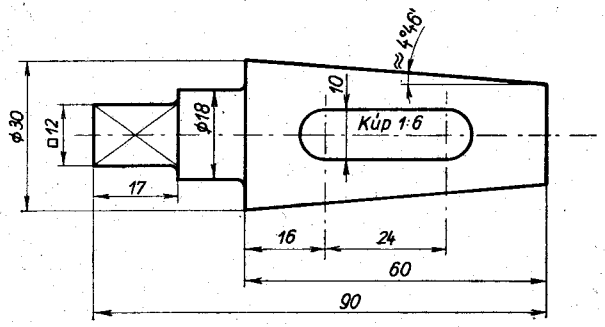
86. ábra. Vasszerkezeti csomópont méreteinek feltüntetése



87. *ábra.* Egy lap lejtésének megadása



88. *ábra.* Lejtés megadása és méretkivetítés



89. *ábra.* Kúposság megadása és négyszögletes lap jelölése

az egyik átmérőt. Bizonyos kúposság megvalósításához a kúpos rész hosszúságát lehetőleg úgy válasszuk meg, hogy az átmérők kerek milliméterben adódjanak ki.

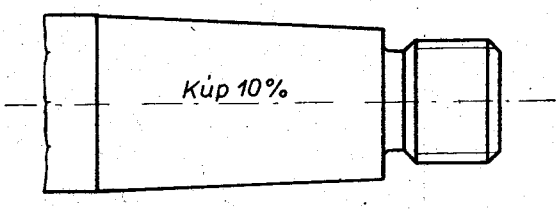
A gépgyártásban általában alkalmazandó kúposságokat a 11. táblázat tünteti fel.

11. táblázat

Gépipari kúposságok MSZ 14004
(Számértékek)

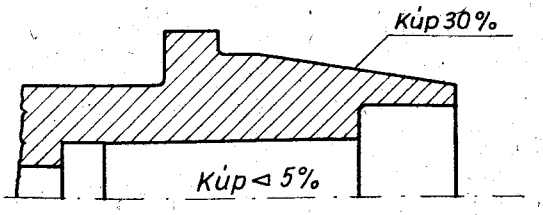
I.	II.	I.	II.
	1:200	1:5	
	1:100		1:3
1:50		1:1,866 (30°)	
1:30		1:1,207 (45°)	
1:20		1:0,866 (60°)	
	1:15		1:0,652 (75°)
	1:12	1:0,5 (90°)	
1:10		1:0,289 (120°)	
	1:8		
	1:7		
	1:6		

(MSZ 14004). A táblázatban adott kúposságokon kívül más kúposság is megengedett, ha alkalmazását valamely termékre országos szabvány írja elő, vagy ha azt különleges működési vagy technológiai követelmény határozza meg. A táblázat I. oszlopában levő értékeket előnyben kell részesíteni a II. oszlopban levőkkel szemben.



90. ábra. Kúposság százalékos megadása

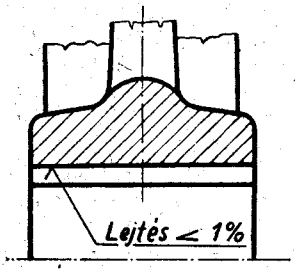
A kúposságot, illetve lejtést százalékos értékkel is meghatározhatjuk (*90., 91.* és *92. ábrák*). A kúposság, illetve a lejtés százalék helyett tört aránnyal is kifejezhető.



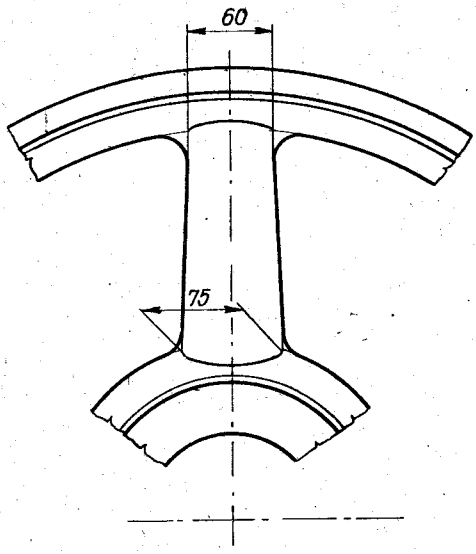
91. ábra. Lejtés százalékos megadása

Ha a kúposság, illetve a lejtés iránya azok kicsisége miatt az ábrán világosan nem tűnik ki, akkor az irányt külön jellel adhatjuk meg, éspedig kúposságnál zárt◁ jellel *(91. ábra)*, lejtésnél nyitott < jellel. Ha szükséges, mutatóvonalat is használunk *(92. ábra)*.

A 30°-nál ferdébb sík helyzetét, a 45°-nál nagyobb kúpszögű kúpot csakis a szög értékével vagy hosszmértékkel szabad megadni, túlhatározás nélkül. Ilyen megadás



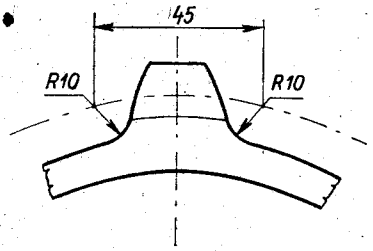
92. ábra. Kis értékű lejtés jelölése



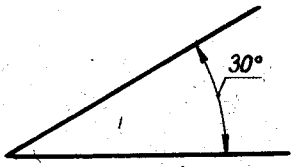
93. ábra. Küllő méretmegadása a lekerekített átmeneteknél

szükség esetén kisebb szögértékeknél is alkalmazható. Jellegzetes méretként célszerű a kúp legnagyobb átmérőjét, illetve a lejtős rész legnagyobb vastagságát választani. A kiadódó méreteket a rajzon csak ≈ jellel tüntethetjük fel.

A *89. ábrán* látható áteresztőcsap kúpos forgójánál a forgó bal oldali végén a csapfordító kulcs számára négyszögletes részt készítünk. Az ilyen négyszögletes végződés síklapjára vékony folytonos vonallal átlósan síkra figyelmeztető átlókat rajzolhatunk. Eltakart és szaggatva rajzolt négyszögletes résznél azonban kerülni kell az átlók szaggatott megrajzolását.



94. ábra. Ív középpontjának méretmegadása



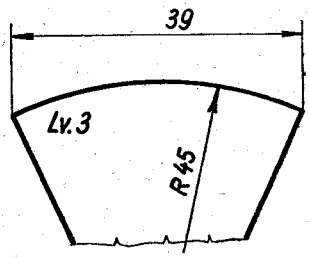
95. ábra. Szög méretének jelölése

Ha a méretet határozatlan pontú átmenetnél, pl. lekerekített saroknál kell megadni, akkor a saroknál az élek vagy körvonalak vonalait vékonyan továbbhúzzuk, és ezeknek a vonalaknak a találkozásánál adjuk meg a méretet. Pl. szíjtárcsák küllőinél a küllő vastagságát a *93. ábra* szerint ezzel az eljárással adhatjuk meg a merevítőgyűrűk köreinél. Előfordul, hogy az ív középpontját határozzuk meg méretmegadással *(94. ábra)*.

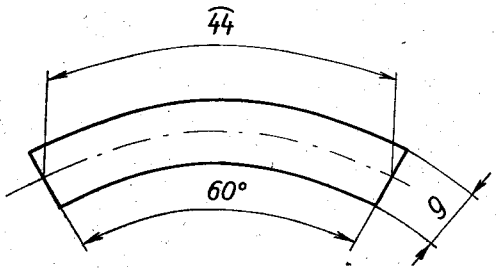
Ha a felületek ilyen csatlakozása a lekerekítés miatt nem éles, pl. öntvényeken, hengerelt vagy sajtolt idomokon, vagy összetett kontúrú forgásfelületen, akkor *tagolóvonallal* jelöljük azokat az elképzelt éleket, amelyek a lekerekítőfelületek, henger, gyűrű stb. elhagyása esetén az alkatrészt határoló felületek áthatásaként adódnak, pl. a *93. ábrán* a küllőknek a koszorúhoz és az agyhoz csatlakozó lekerekítéseinél. A tagolóvonalat közepes folytonos vonallal rajzoljuk meg. Ez a forgásfelületeknél és lekerekített átmeneteknél a kontúrvonalhoz nem kapcsolódik közvetlenül.

Szög megadása (95. ábra) körívvel, nyilakkal és a fokok, percek és másodpercek beírásával, esetleg a szög tangensével történhet. A helytöltő nullát szabad kiírni (pl. 0° 03′ 05″).

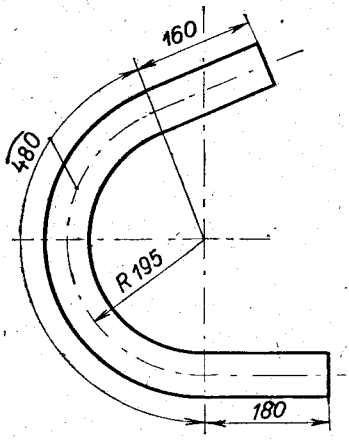
Ívelt méretnél a könnyebben mérhető *húrhosszat* adjuk meg *(96. ábra)*, de ha az alkatrész egyenes darabból készül hajlítás útján, akkor célszerűbb az *ívhosszat* beméretezni *(97. ábra)*. Ilyenkor a szám fölé az ábra szerinti ívjelet is fel kell rajzolni. Körív méretsegédvonal általában a körívkontúr folytatása és a méretvonal rá merőleges, vagyis sugárirányú (az ábrán 9 mm). Ha az ív tompaszöget határol,



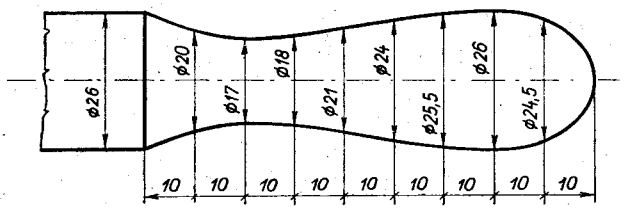
96. ábra. Íves méretnél könnyen mérhető részen adjuk meg a méretet



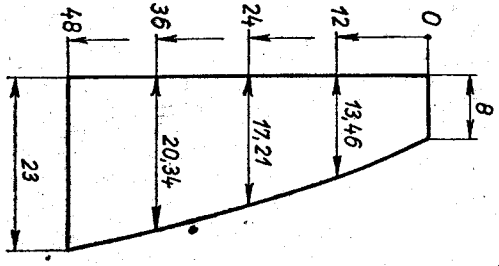
97. ábra. Egyenes darabból készült ív méretének megadása



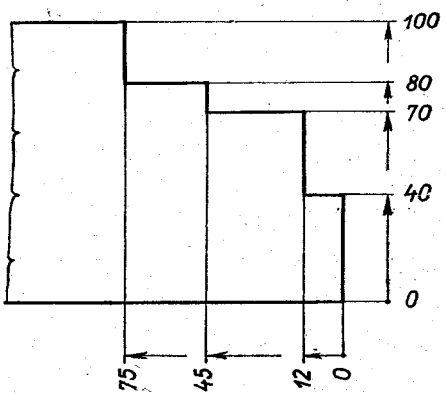
98. ábra. Ferde mutatóvonal jelöli a beméretezett ívet



99. ábra. Szabálytalan görbék méretmegadása



100. ábra. Szabálytalan görbe sorozatos méretmegadása

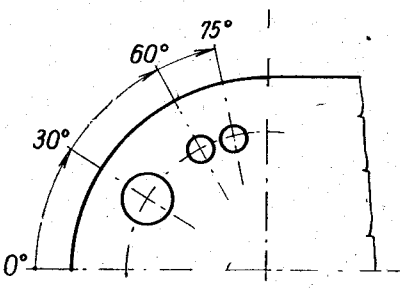


101. ábra. Méretek megadása egyberajzolt méretvonalon

akkor a méretsegédvonalakat radiálisan kell rajzolni, és ferde mutatóvonallal meg kell jelölni, hogy a méret az alkatrész melyik ívének a hossza *(98. ábra)*.

Szabálytalan görbéket a *99. ábra* szerint adhatunk meg egy alapvonaltól számított távolságoknak és a hozzájuk tartozó magasságoknak a megadásával, vagy pedig a *100. ábra* szerint helyezzük el az egyenlő távolságokat.

Több, közös alapvonalra támaszkodó méretet párhuzamos méretvonalak hálózata helyett a *100.* és *101. ábrák* szerinti egyszerűsített módon, egyberajzolt méretvonalon adhatunk meg. Hasonló jelölés alkalmazható a szögek megadására is *(102. ábra)*. A méretszámokat ilyenkor a méretsegédvonalak irányában helyezzük el. A közös méretvonal folytonos, de rajzolható megszakítva is *(100.* és *101. ábrák)*, az egy vonalon fekvő méretvonalak közös kezdőpontját ponttal és a 0 méretszámmal elöljük.



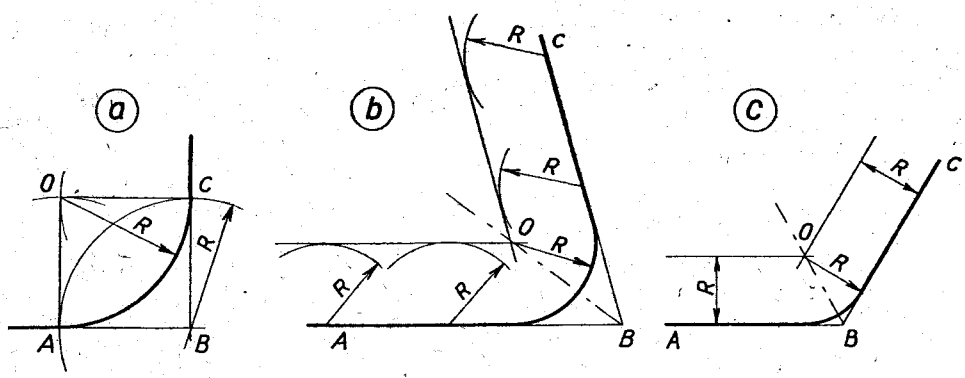
102. ábra. Szögek megadása egyberajzolt íven

12. Alkalmazott síkgeometria

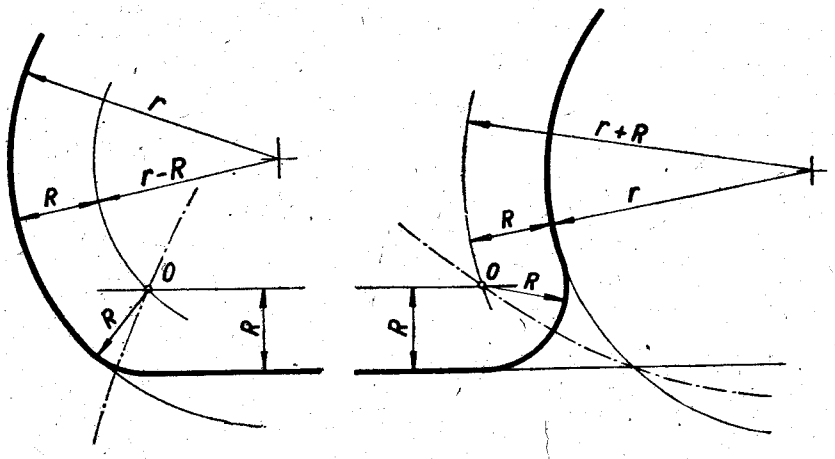
A géprajz készítése közben gyakran kell alkalmazni egyszerűbb szerkesztéseket, amelyek alapelvei ismeretesek. A következőkben ezek közül elevenítünk fel néhányat, hogy láthassuk a géprajzban való alkalmazásukat.

Szerkesztéskor a vízszintes vonalakat mindig fejes vonalzó, a függőlegeseket pedig háromszögvonalzó mellett rajzoljuk. A fejes vonalzóval ilyen módon gyorsan lehet dolgozni, míg két háromszög egymás mellett való eltolásával végzett szerkesztés időpazarlás, kivéve kisebb, főleg ferdén elhelyezkedő részleteket. A párhuzamos és merőleges egyeneseket sem körzővel és vonalzóval szerkesztjük meg, hanem csak vonalzó mellett rajzoljuk fel. A szögeket is általában úgy választjuk meg, hogy háromszögvonalzókkal lehessen megrajzolni őket. A rajzgéppel való vízszintes és függőleges vonalhúzás gyors és kényelmes.

A síkgeometriai szerkesztéseket főleg a *vonalak helyes csatlakoztatásánál* használjuk fel. A csatlakozások fő esete, hogy egyenes találkozik körrel, vagy körív találkozik más sugarú körívvel. A géprajzokon gyakran fordulnak elő körívek mint kontúrvonalak és mint *lekerekítések*. Ne keresgéljük vaktában az ilyen körök középpontjait, hanem szerkesszük meg. Bizonyos gyakorlat után, a mértani összefüggések ismeretében, a legegyszerűbb esetekben azután szerkesztés nélkül is megtaláljuk a középpont helyét.



103. ábra. Derékszögű, hegyesszögű és tompaszögű saroklekerekítések középpontjai



104. ábra. Körívből és egyenesből álló saroklekerekítések középpontjai

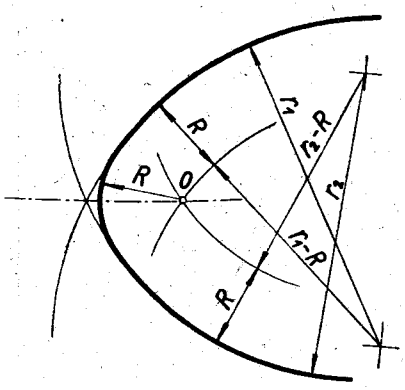
A *derékszögű sarkot lekerekítő*, adott R sugarú kör középpontja a sarokba szerkesztett négyzet átellenes csúcsa *(103. a, b,c, ábrák)*. Az O középpontot úgy kapjuk meg, hogy a B sarokpontból kiindulva az R sugarat az egyenesekre mérjük, az így kapott A és C pontokból húzott körívek metszéspontja adja az O középpontot. Ferdeszögű sarkokban az adott egyenesektől R távolságban haladó párhuzamos vonalak metszéspontja adja a lekerekítési kör O középpontját *(103. ábra)*. Célszerű megjegyezni, hogy az adott egyeneseket érintő körök középpontjai bármilyen sugár mellett is a két egyenes által bezárt *szög felezővonalában* vannak.

Ha a lekerekítendő sarok egyik vonala körív, akkor szintén az adott R lekerekítési sugár távolságában kell meghúzni egy egyenest és egy segédkörívet, ennek a két vonalnak a metszése szolgáltatja a lekerekítési középpontot *(104. ábra)*. Láthatjuk, hogy belső érintkezés esetén $(r—R)$ távolságban, külső érintkezésnél pedig $(r+R)$

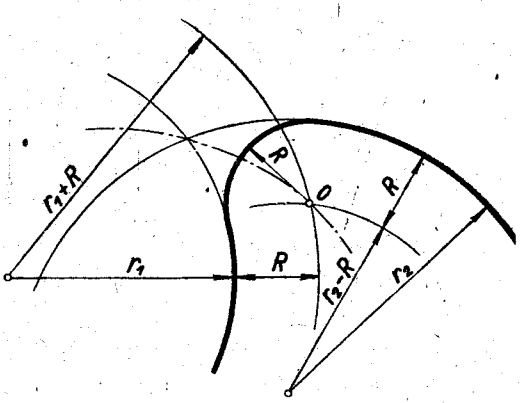
távolságban húzzuk meg a párhuzamos segédkörívet. Ezeken az ábrákon, amikor egyenes és kör lekerekítéséről van szó, az előbbi két ábrán szereplő szögfelezőből parabola lesz, ezen a parabolán helyezkednek el a különböző R sugarú lekerekítési körök középpontjai.

Két körív lekerekítésekor *(105. ábra)* ugyancsak az R lekerekítési sugárral csökkentett sugarú párhuzamos segédkörívek metszéspontjában van az O középpont. Ha pedig az egyik kört belülről, a másikat pedig kívülről érinti a lekerekítési körív, akkor a *106. ábra* szerint (r_1+R) és (r_2-R) sugarakkal húzzuk meg az O lekerekítési középpontot meghatározó, az eredeti ívekkel párhuzamosan menő segédköríveket. Körívek ilyen lekerekítésekor hiperbola az a görbe, amelyiken azoknak a köröknek a középpontjai elhelyezkednek, amelyek a két adott körívet érintik (*Apollonius* tétele).

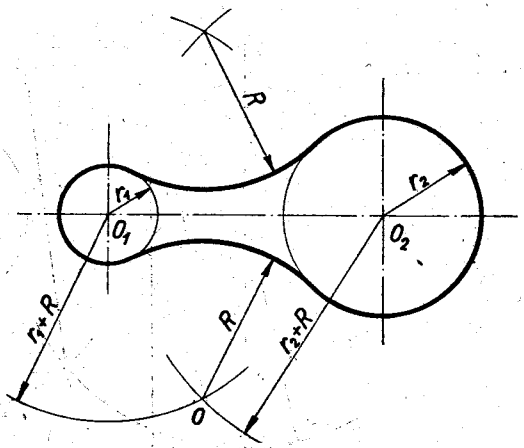
Általában, ha egy nagyobb adott R sugarú körívet kell úgy elhelyezni, hogy két adott vonalat, pl. egyenest és körívet vagy két körívet érintsen, a megoldásokat ekkor is a lekerekítésekhez hasonlóan, mindig az *R távolságú egyenközű vonalak metszéspontjai* szolgáltatják. A *107. ábrán* kívülről kell érintkeztetni az adott r_1 és r_2 sugarú köröket. Az O_1 és O_2 középpontokból meghúzzuk az (r_1+R) és az (r_2+R) egyenközű köríveket, és ezek O metszéspontja adja a keresett R sugarú körív középpontját. A *107. ábrából* láthatjuk, hogy a feladatnak két megoldása van, Ha a *108. ábra* szerint a körök



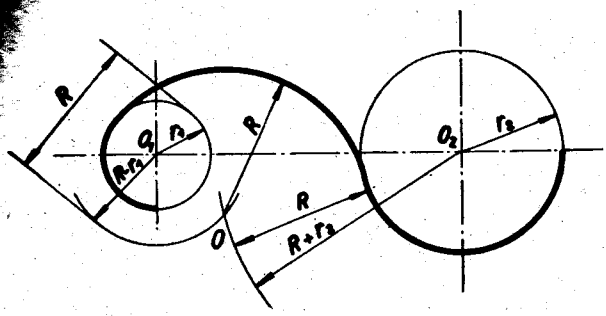
105. ábra. Két körív belső lekerekítésének középpontja



106. ábra. Két körívnél belső, ill. külső lekerekítésének középpontja

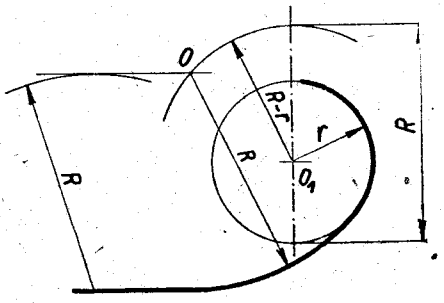


107. ábra. Két kör külső érintő körívének középpontja



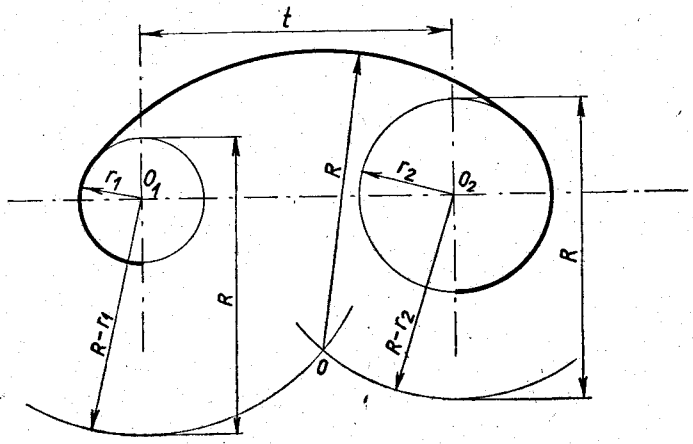
108. ábra. Két kört ellenkező oldalról érintő körív középpontja

érintése az ív által az ellenkező oldalakon történik, akkor a köríven belül fekvő kör O_1 középpontjából az $(R-r_1)$ sugárral húzzuk az egyik segédkörívet, a másikat pedig az O_2 középpontból az $(R+r_2)$ sugárral, a kettő metszésénél adódó O pontból húzhatjuk meg az R sugarú érintő körívet.

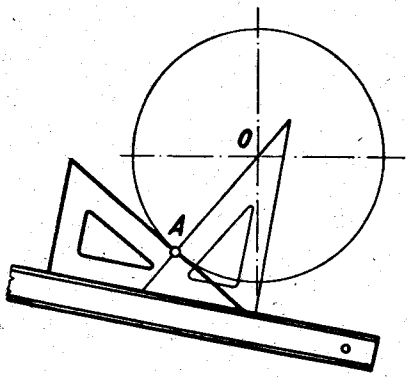


109. ábra. Kört és egyenest érintő kör középpontja

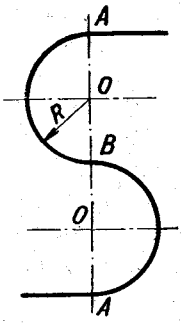
Ezekkel a szerkesztésekkel lehet meghatározni *adott egyeneshez és adott körívhez csatlakozó körív* középpontját is *(109. ábra)*. Az egyenestől R távolságban húzunk párhuzamost, és ha belül helyezkedik el az érintendő r sugarú kör, akkor $(R-r)$ sugarú körrel metsszük az egyenestől R távolságban levő párhuzamost, és a metszéspont adja az O középpontot. Külső érintkezésnél a körtől a *104. ábra* szerint $(r+R)$ távolságban húzzuk a segédkörívet.



110. ábra. Két kört érintő körív középpontja



111. ábra. Kör adott pontjához húzott érintő szerkesztése



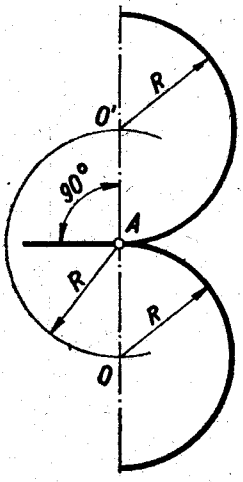
112. ábra. Két érintkező körív érintési pontjának meghatározása

Előfordulhat, hogy olyan adott R sugarú körív középpontját kell meghatároznunk, amely két adott kört foglal magába *(110. ábra)*. Ekkor az $(R-r_1)$ és $(R-r_2)$ sugarakkal rajzolt körívek metszéspontjánál adódik a keresett O középpont. Az ilyen feladatnak azonban csak az adott R sugárnak a másik körökhöz viszonyítva bizonyos nagyobb értékei mellett van megoldása. Ha a két adott kör középpontjának a távolsága t, akkor az R sugarú kört csak abban az esetben lehet úgy elhelyezni, hogy mindkettőt kívülről érintse, ha $2R>t+r_1+r_2$.

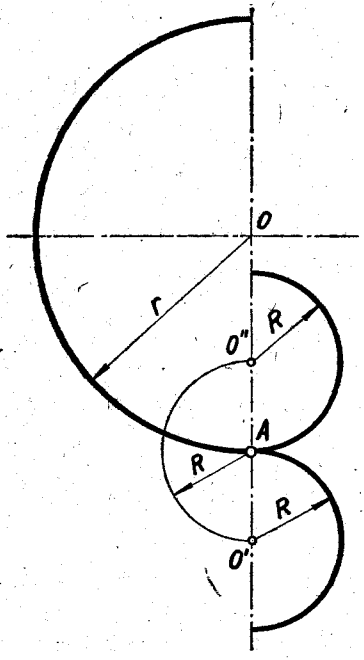
Kört adott A pontjában érintő egyenest általában háromszöggel és fejes vonalzóval rajzolunk meg oly módon *(111. ábra)*, hogy a háromszöget és a fejes vonalzót úgy állítjuk, hogy az ábrán a vékony vonallal jelölt helyzet szerinti háromszög átfogója a kör középpontján és az adott A ponton menjen keresztül. Utána a fejes vonalzót helyén tartva, a háromszöget elfordítjuk és elcsúsztatjuk úgy, hogy az átfogója az A ponton menjen keresztül. A kör érintője ekkor az átfogó mentén meghúzható.

Nemcsak a szerkesztés áttekintése, hanem a helyes tuskihúzás végett is meg kell keresni a vonalak csatlakozási pontját, vagyis az érintkezési pontot. *Tuskihúzáskor* ugyanis ezen a helyen *megszakítást* alkalmazunk, és utólag tustollal rajzoljuk meg a csatlakozást. A csatlakozási pont kört érintő egyenesnél azon a sugárón van, amely a *111. ábrán* levő szerkesztés szerint az érintőegyenesre merőleges. Két érintkező körnél pedig a körök középpontjainak az összekötő egyenese metszi ki az érintkezési pontot, pl. a *112. ábrán* a B pontot.

Az érintkezési ponthoz tartozó sugár segítségével határozzuk meg azon adott R sugarú kör középpontját, amelyik egy adott egyeneshez az egyenesen megadott A pontban csatlakozik *(113. ábra)*. Az adott érintési pontban meghúzott merőlegesre felmérjük az R távolságot felfelé, lefelé, és így kapjuk az O és O' középponto-



113. ábra. Egyenes adott pontjához adott sugarú érintőkör középpontjának meghatározása



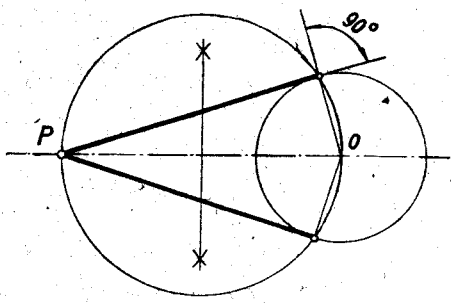
114. ábra. Kör adott pontjához adott sugarú érintőkör középpontjának meghatározása

kat. Ha az adott A pont a *114. ábra* szerint egy r sugarú körön van, akkor az A pontot a kör középpontjával összekötő egyenesre mérjük fel az adott R sugarat, így kapjuk az O' és O'' érintőkör-középpontokat.

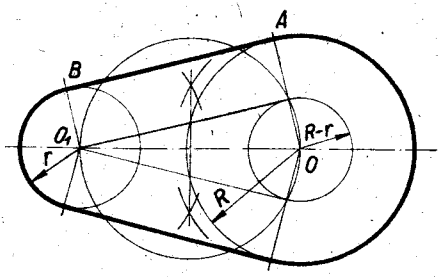
Ha a körnek olyan érintőjét keressük, amely átmegy egy adott ponton, akkor azt szerkesztés nélkül, vonalzó odaillesztésével is megkaphatjuk. Az *érintkezési pontot* már szerkesztéssel határozhatjuk meg. A szerkesztés azon alapszik, hogy az érintkezési pontban húzott sugárra merőleges az érintő. *Thalész tételét* használjuk fel ezeknek a merőlegeseknek a meghúzására, amely tétel szerint a körben az átmérő fölé rajzolt kerületi szög derékszög. A *115. ábra* szerint a kívül levő P pontot összekötjük a kör O középpontjával, és az OP fölé rajzolt *Thalész*-körnek az adott körrel való metszéspontja adja az érintési pontot. Két ilyen pont van, vagyis az adott P pontból két érintőt húzhatunk a körhöz.

Adott R, illetve r sugarú köröket kívülről, illetve belülről érintő egyenesek elhelyezkedése olyan, mint a *nyitott és a keresztezett szíjhajtások* vázlatai. Ezeket az érintőket a *116.* és *117. ábrák* szerint úgy szerkesztjük, hogy a körök középpontjait összekötjük, és ezen középponti egyenes felezőpontja körül az adott körök középpontjain keresztülmenő *Thalész*-kört rajzolunk. A külső érintkezésnél a *116. ábra* szerint $(R-r)$ sugárral, a belsőnél pedig a *117. ábra* szerint $(R+r)$ sugárral rajzolt segédkörökkel kapjuk meg azokat a metszéspontokat, amelyeket a kisebbik kör középpontjával összekötve, megkapjuk az érintők irányait. Ezekkel az irányokkal párhuzamosan r távolságban húzhatjuk meg az érintőket.

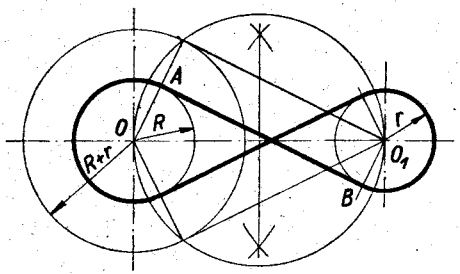
Ha az adott *egyenest érintő* R sugarú *körnek* át kell mennie egy *adott ponton* is, akkor egyrészt a már ismert R távolságú párhuzamos vonalon kell a kör középpontjának rajta lennie, másrészt az adott pont körüli R sugarú segédkörön is *(118. ábra)*.



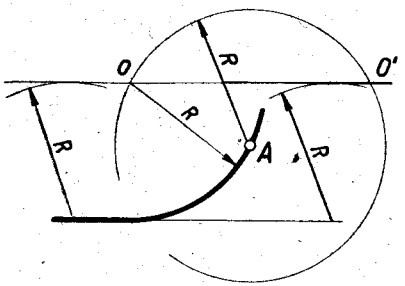
115. ábra. Körön kívül levő pontból érintő szerkesztése a körhöz



116. ábra. Két kör közös külső érintőinek szerkesztése



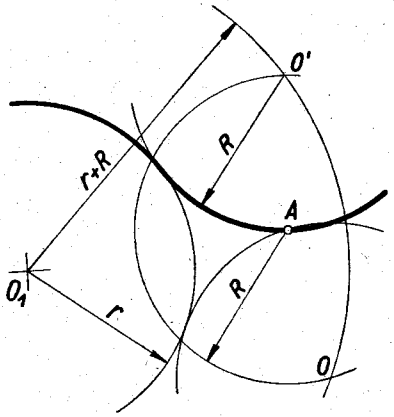
117. ábra. Két kör közös belső érintőinek szerkesztése



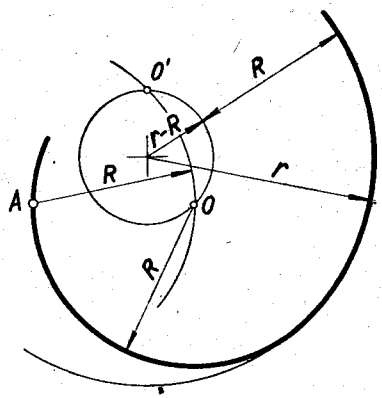
118. ábra. Egyenest érintő és adott ponton átmenő, adott sugarú kör középpontjának megkeresése

Ha egyenes helyett körhöz kell érintőlegesen mennie az adott ponton átmenő R sugarú körívnek, akkor abban az esetben, ha az adott pont az r sugarú körön kívül van, $(r+R)$ sugárral húzzuk meg a párhuzamos körívet *(119. ábra)*; ha pedig az adott pont a megadott kör belsejében van, akkor az R távolságú kör sugara $(r-R)$ lesz *(120. ábra)*. Az ábrákból látható, hogy a külső érintkezésnél, vagyis a $(r+R)$ kör esetében két középpont *(119. ábra)*, a $(r-R)$ esetében pedig egy középpont adódott megoldásként *(120. ábra)*.

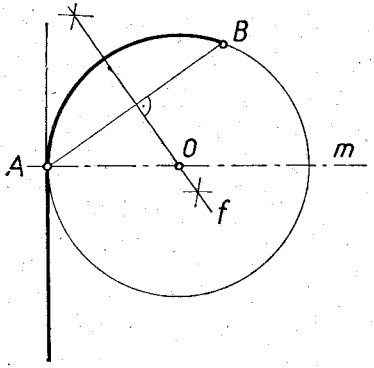
Előfordul, hogy egy egyenesen vagy körön levő A érintési pont adott, és olyan kört keresünk, amely ezenkívül még átmegy egy adott B ponton is. Ennek a körívnek a középpontja rajta van az A pontba állított merőlegesen és az AB távolság felező merőlegesén *(121. ábra)*. Ha az A pont nem egyenesen, hanem körön van, akkor a merőleges helyett a kör sugarát húzzuk meg, és ezt a sugarat hozzuk metszésbe az AB-t felező merőlegessel. A *122. ábrán* látjuk ezt a szerkesztést külső és belső érintkezésre is.



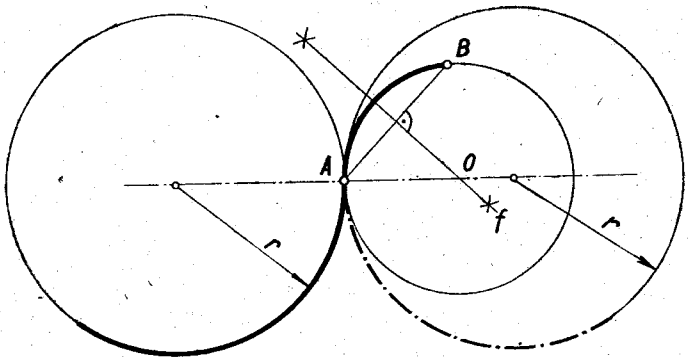
119. ábra. Kört kívül érintő és adott ponton átmenő, adott sugarú érintőkör középpontjának szerkesztése



120. ábra. Kört érintő és a körön belül levő adott ponton átmenő, adott sugarú kör középpontjának megszerkesztése

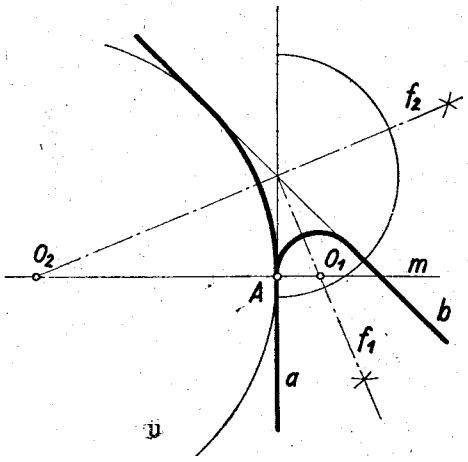


121. ábra. Egyenest adott pontban érintő és másik adott ponton átmenő kör szerkesztése



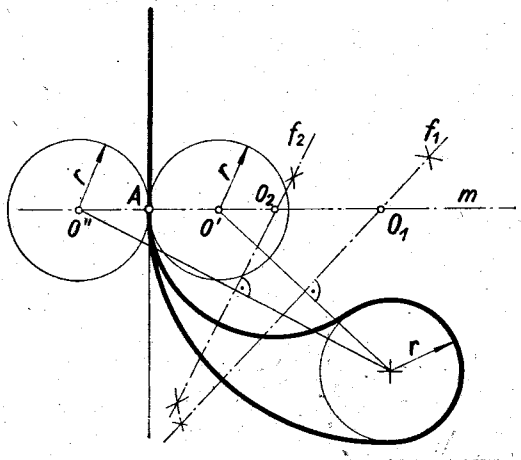
122. ábra. Körívet adott pontban érintő és egy kívül fekvő ponton is átmenő kör szerkesztése

Érintsen kör adott *a* egyenest adott *A* pontban és egy másik *b* egyenest is valahol. A kör középpontját az adott *A* pontba emelt *m* merőlegesnek és a két egyenes szögfelezőinek a metszése határozza meg. *(123. ábra)*. Ha az *m* merőleges az ábra szerint mind a két, f_1 és f_2 jelű szögfelezőt metszi, akkor két megoldás van: O_1 és O_2 középpontokkal. Ugyanerre a szerkesztésre vezethetjük vissza azt az esetet is, amikor az adott *A* pont nem egyenesen, hanem körön van adva. Ekkor a kör *A* pontjához húzott érintő felel meg az adott *a* egyenesnek.



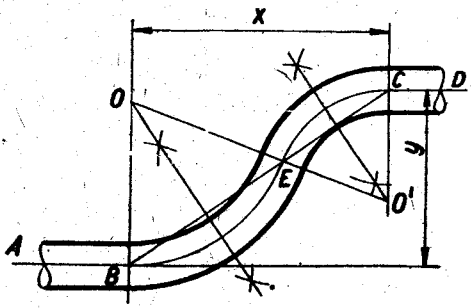
123. ábra. Egyenest adott pontjában és másik egyenest is érintő kör középpontjának szerkesztése

Ha egyenest adott *A* pontjában és még adott *r* sugarú kört kell érintenie egy keresett körnek, akkor először az adott *A* pontban olyan segédkörökkel érintjük az adott egyenest, melynek sugara az adott kör sugarával egyenlő. Két egyenlő sugarú kört érintő körök középpontja ugyanis azon az egyenesen van, amely merőlegesen felezi a két egyenlő sugarú kör középpontjának távolságát. Ezek a felező merőlegesek metszik ki az *A* ponton átmenő *m* merőlegesen a keresett körív középpontját *(124. ábra)*. A feladatnak két megoldása van. A segédköröket nem is szükséges megrajzolni, csak az *A*-ban húzott merőlegesen a középpontjuk kijelölésére van szükség. Az adott *A* pont egyenes helyett körön is szerepelhet, a megoldás ugyanilyen módon végezhető el.

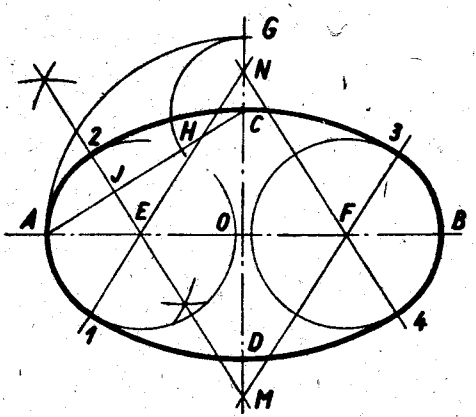


124. ábra. Egyenest adott pontjában és adott kört érintő kör középpontjának szerkesztése

Görbe vonalakat gyakran érintkezve csatlakozó körívekkel helyettesítünk. Csövek hajlításánál vagy úteltéréseknél adódik olyan feladat, hogy párhuzamosan eltolt irányoknál ívekkel kell a *kitérést* létrehozni. A *125. ábrán* a cső középvonala

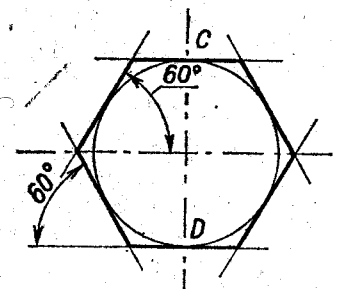


125. ábra. Önmagával párhuzamosan eltolt cső átmeneti ívének szerkesztése

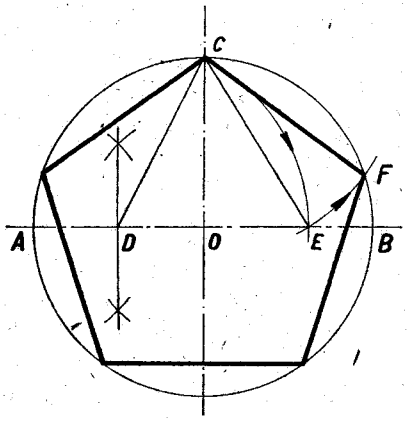


126. ábra. Kosárgörbe szerkesztése

legyen az AB egyenes irány, amelynek B pontjától x, y koordináták távolságában legyen a CD egyenes C pontja. A B és C pontokban az egyeneseket érintő körök középpontjai az ezen pontokban emelt merőlegeseken helyezkednek el. A B és C pontokat összekötjük egy egyenessel. A megoldáshoz fel kell venni még egy pontot a BC egyenesen, amelyen a két körívnek át kell mennie. Legyen ez az E pont, ahol a két körív találkozik. Ennek felvétele után az a feladat, hogy meg kell keresni azokat a köríveket, amelyek két-két ponton haladnak keresztül. Ezért mindkét szakasznál merőlegeseket emelünk a BE, illetve az EC felezőpontjaiban, és ahol ezek a merőlegesek metszik a B, illetve C pontokba emelt merőlegeseket, ott lesznek a kérdéses BE, illetve az EC íveknek az O és O' középpontjai. Ellenőrzésképpen meghúzhatjuk a megszerkesztett középpontokat összekötő OO' egyenest; ennek az E ponton kell keresztülmennie.



127. ábra. Kör köré írható szabályos hatszög gyors szerkesztése



128. ábra. Szabályos ötszög szerkesztése

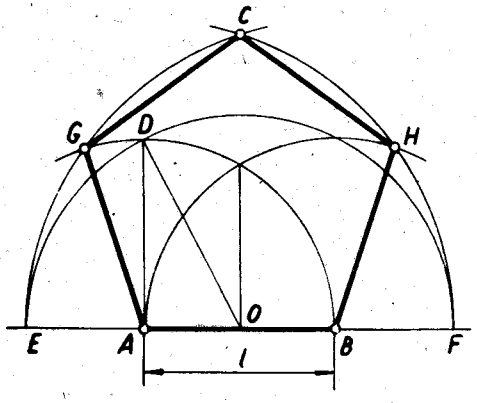
Az *ellipszist* általában nem szerkesztjük, hanem körívekből összetett idommal, *kosárgörbével* hellyettesítjük *(126. ábra)*. A szerkesztéséhez legyen adva az *AB* nagytengely és a *CD* kistengely. Az *A* és *C* pontokat összekötjük, és erre az *AC* egyenesre rámérjük a *CH* távolságot, amelynek nagysága a nagy- és kistengely félhosszának különbsége, vagyis $CH=OA-OC$. A *H* pont meghatározása az *O* középponttól az *AG* körív meghúzásával és a *C* pontból a *G*-nek a *H* pontba való leköröződésével történik. A *H* pont meghatározása után az *AH* távolságot felezzük, és a *J* felezőpontban meghúzzuk a *JM* merőlegest. Ez a merőleges kimetszi a vízszintes és függőleges tengelyeken az *E* és *M* pontokat. Utána meghatározzuk az ezeknek megfelelő *F* és *N* szimmetrikus pontokat. Az *E, F* pontokból megrajzoljuk a kis köröket, és a pontokon keresztülmenő négy egyenes meghosszabbításain lesznek az *1, 2, 3, 4* pontok, amelyekben az *M* és *N* pontokból húzott nagy körívek csatlakoznak az előbbi körívekhez. A *126. ábrán* feltüntetett görbét használjuk kazánok és tartályok búvónyílásaként, csőkarimáknak, tömítőszelence perselykarimájaként stb.

Körbe írható *szabályos idomok* közül 3-, 4-, 6-, és 8-szögek közvetlenül, vonalzók segítségével megrajzolhatók. A hatszög gyors megrajzolásához csavaroknál a *127. ábrán* látható módszert alkalmazzuk leginkább. Rendszerint ugyanis a csavar hatszögének laptávolsága ismert érték. Ezzel a laptávolsággal kört rajzolunk, és ehhez alul-felül a fejes vonalzóval vízszintes érintőket húzunk, majd a 60°-os háromszögvonalzóval meghúzzuk a hatszög ferde oldalait.

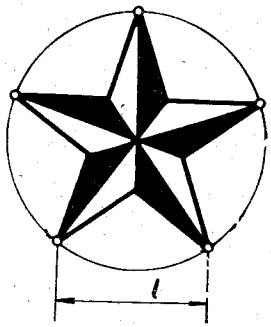
Az *ötszöget* a *128. ábrán* látható módon lehet megszerkeszteni. Az *OA* sugarat felezzük, és a *D* felezési pontból a függőleges átmérő felső *C* pontját leköröződzük a vízszintes átmérőre, az így kapott *E* pont *CE* távolsága adja az ötszög oldalát. Ezért a *CE* távolságot rákörözzük a körre, így kapjuk az *F* pontot, mint az ötszög egyik csúcsát.

Abban az esetben, ha *szabályos ötszögnek az l oldalhosszúsága* adott, a következőképpen szerkeszthetjük meg a sokszöget *(129. ábra)*. Az *l* oldalhosszúságot megfelezzük. Az *A* és *B* végpontokból húzzunk két segédkörívet. Az *A* pontba állítsunk egy merőlegest, amely a *B*-ből kiindított ívet a *D* pontban metszi. Az *O* pontból mint középpontból az *OD* távolsággal húzzunk félkört, amely a vízszintes vonalon az *E* és *F* pontokat metszi ki. Ezután a *B* pontból a *BE* sugárral, az *A* pontból pedig az *AF* sugárral húzzunk köríveket, amelyek a *C* pontban metszik egymást. Ezek a körívek az először húzott segédköríveket a *G* és *H* pontokban metszik. Az így kapott *C, G* és *H* pontok lesznek a szabályos ötszögnek a csúcsai.

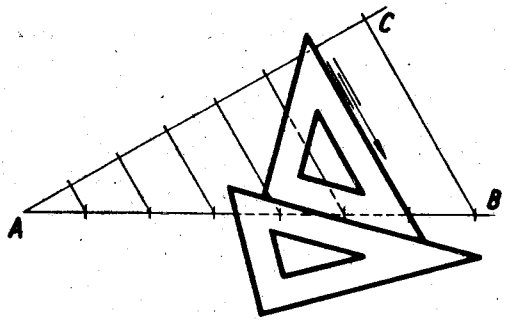
Ezt a szerkesztést abban az esetben tudjuk hasznosítani, amikor egy *ötágú csillagot* kell meghatároznunk, amelynél a csillagok csúcsai közötti *l* távolság van adva. Az ötszög megszerkesztése után a *130. ábra* szerint minden második pontot összekötve, meghúzzuk az ötszög átlóit; ahol ezek az átlók metszik egymást, a metszéspontokhoz összekötő vonalakat húzunk az ötszög csúcsaiból, ezek adják az ötszög középpontját. Utána az egyes mezőket vonalkázással vagy befeketítéssel ellátva tehetjük az ábránkat képiesebbé.



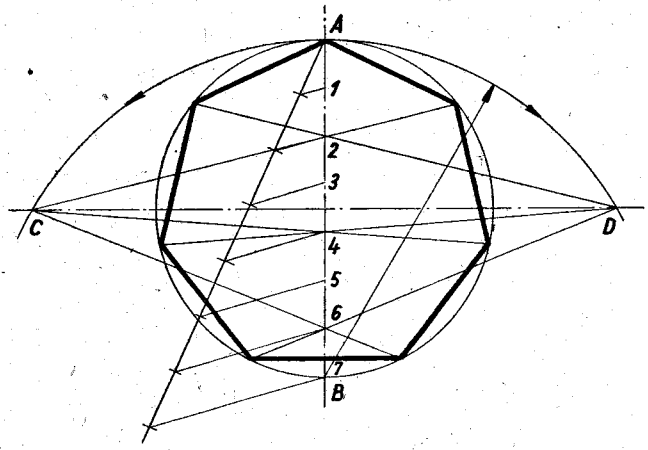
129. ábra. Adott oldalú szabályos ötszög szerkesztése



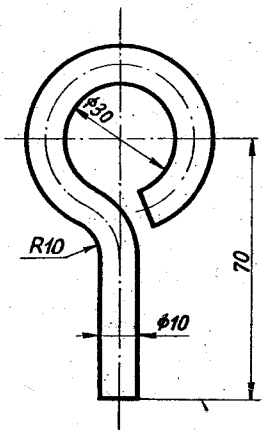
130. ábra. Adott csúcstávolságú ötágú csillag szerkesztése



131. ábra. Távolság egyenlő részekre osztása szerkesztéssel



132. ábra. Szabályos hétszög szerkesztése



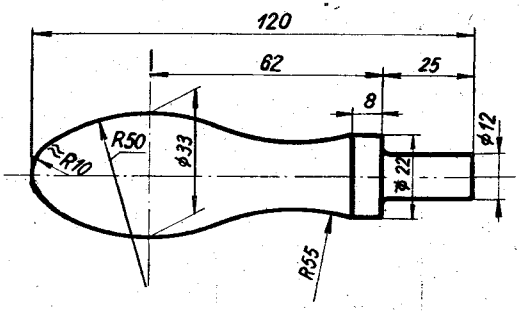
133. ábra. Egyenes rúd végén hajlítással előállított szem

Bizonyos távolság több egyenlő részre való osztásához a mérőléc mellett alkalmazhatjuk még azt a módszert, hogy az osztandó *AB* távolság egyik végpontjához, pl. az *A*-ponthoz *(131. ábra)* hegyesszöggel csatlakozó egyenest húzunk, erre tetszőleges nagyságú egyenlő részeket mérünk annyiszor, ahány részre akarjuk a távolságot osztani, és az osztások utolsó *C* pontját összekötve az egyenes másik, *B* végpontjával, ezzel a *BC* egyenessel párhuzamosakat húzunk az egyes osztásokból.

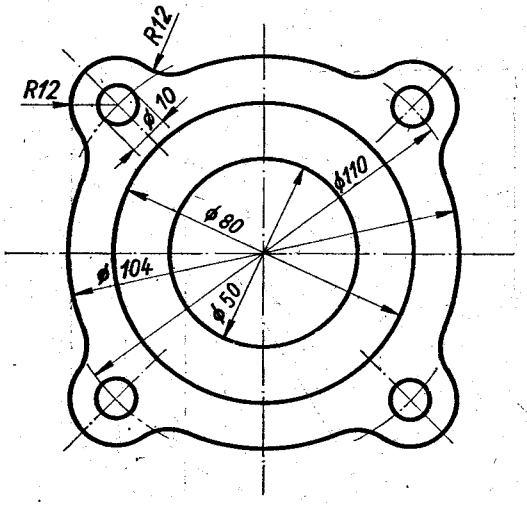
Ennek az osztásnak egyik alkalmazása látható a *132. ábrán*, amelyik körbe írható *szabályos hétszög* szerkesztését mutatja. A kör függőleges átmérőjét osztjuk fel hét részre. Az átmérővel, mint sugárral, az alsó *B* pontból körívet rajzolunk, amely a vízszintes átmérő meghosszabbítását a *C* és *D* pontokban metszi. Az így meghatározott pontokból a kör kerületére vetítjük a beosztások minden második osztáspontját. Ezzel a szerkesztéssel körben tetszőleges oldalszámú, de páratlan oldalú sokszöget lehet megszerkeszteni. Páros oldalszám esetén az oldalak felezésével lehet nagyobb oldalszámú sokszöget meghatározni, pl. hétszögből 14-szöget.

Az egyenesek és körívek csatlakozására a gépalkatrészek köréből a *133—142. ábrákon* találunk példákat.

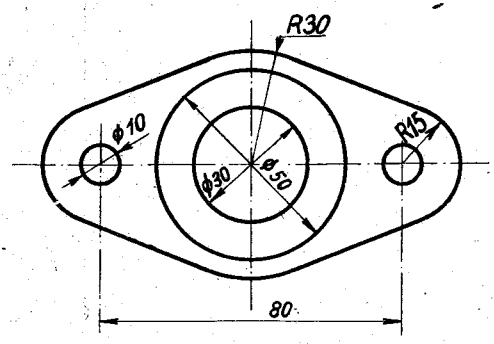
Ezeken az ábrákon az egyes alkatrészeknek csak azt az egy képét tüntettük fel, amelyik kép a vonalcsatlakozások szempontjából jellegzetes.



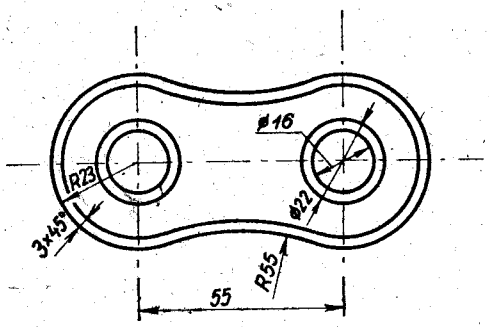
134. ábra. Fogantyú



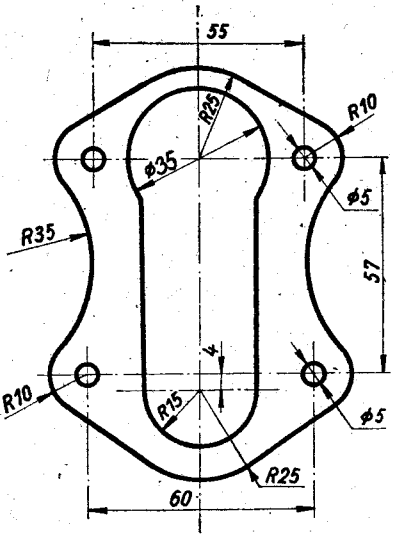
135. ábra. Gördülőcsapágyház fedele



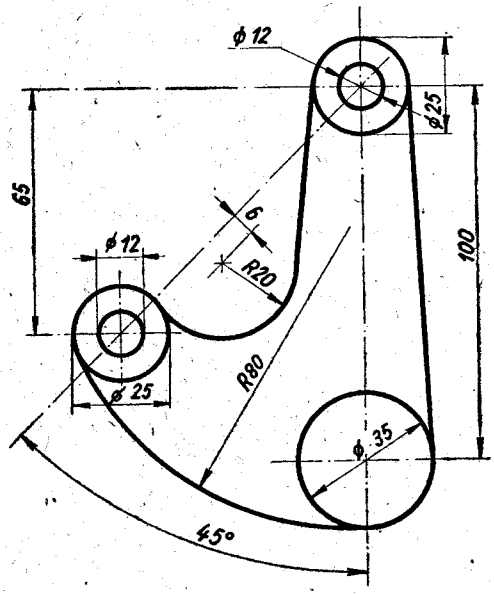
136. ábra. Tömszelencefedél



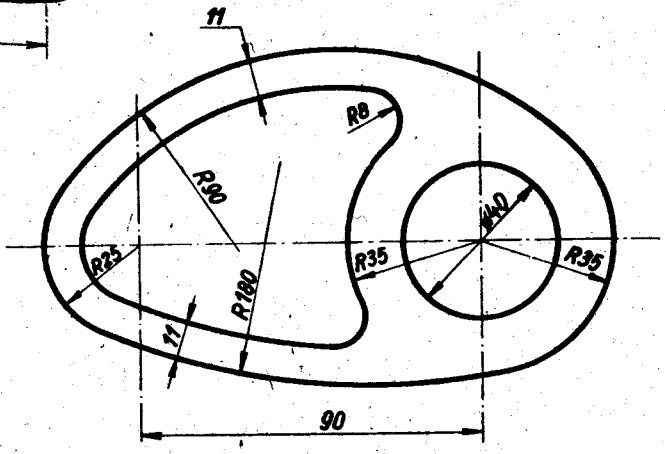
137. ábra. Hevederes lánc egy láncszeme



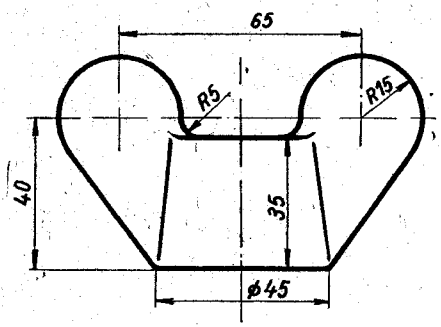
138. ábra. Ajtózár kulcsnyílásának pajzslemeze



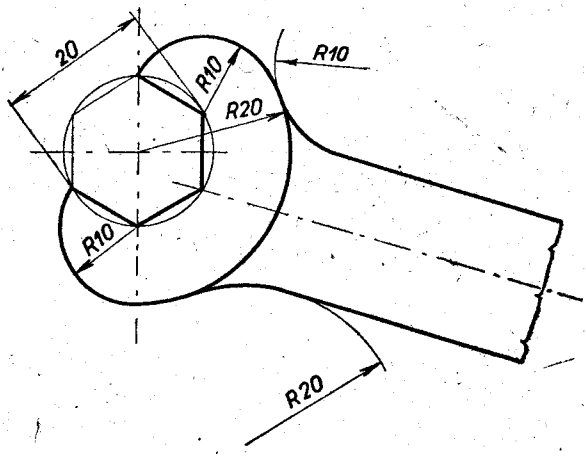
139. ábra. Szögemelő



140. ábra. Bütyök



141. ábra. Szárnyas anya



142. ábra. Villás kulcs villáinak végződése

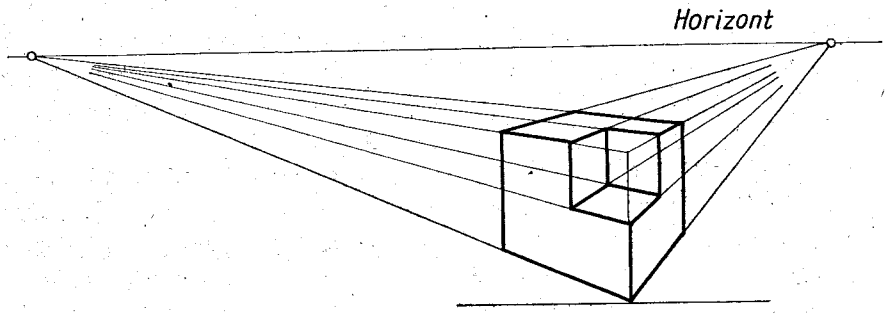
13. Axonometrikus ábrázolási módok a géprajzban (MSZ 488)

A gépészmérnöki gyakorlatban a géprajzok készítésekor ugyanazok a nehézségek, mint más képies hatást kiváltani célzó rajz vagy festmény elkészítésekor, hogy térbeli, háromdimenziós, tehát hosszúság-, mélység- és magasságméretekkel bíró testeket kell a rajzpapír síkjára leképezni úgy, hogy az ábrázolt tárgy képe jól felismerhető, alak- és mérethű legyen. Ez a feladat csak úgy oldható meg, ha bizonyos egyszerűsítéseket vezetünk be az ábrázolásnál, amelynek következtében vagy az alakhűség és vele együtt a képies hatás, vagy pedig a méréthűség szenved csorbát.

Egy testnek egyetlen képen való ábrázolása képies, látszatszerű, vagyis térbeli hatást adó ábrán csak úgy valósítható meg, ha a *test több oldalát tesszük láthatóvá* azon az egy képen. A valóságban ilyen képen a test élei egy pontban futnak össze, amint azt a *143. ábrán* észlelhetjük, amelyen egy vasúti vonalnak egyenes szakaszát látjuk. A sínek fokozatosan összefutnak, a távíróoszlopok is fokozatosan kisebbednek és közelednek egymáshoz. A távolban *egy ponton, a horizonton* történik a találkozásuk. A képen tehát a párhuzamosok összetartókká válnak.

Térbeli, háromdimenziós testeknél a függőleges irány maradhat függőleges, a másik két irány élei pedig a horizonton levő pontokban futnak össze. Ha tehát egy tárgyat látszatszerűen (perspektivikusan) akarunk ábrázolni, akkor olyan irányokat, vetítősugarakat kell alkalmaznunk, amelyek a horizont vonalán levő egy vagy két középpontból indulnak ki *(144. ábra)*. Ez a *centrális projekció, középponti vetítés.*

143. ábra. Vasútvonal távlati képe



144. ábra. Középponti vetítés (centrális projekció)

A centrális projekcióval való ábrázolás a műszaki gyakorlatban nem tudott elterjedni, mert készítése nehéz, és a méretek a különböző irányokban és mélységekben különböző nagyságúaknak adódnak. A fő nehézséget az okozza, hogy a sugarak nem párhuzamosak.

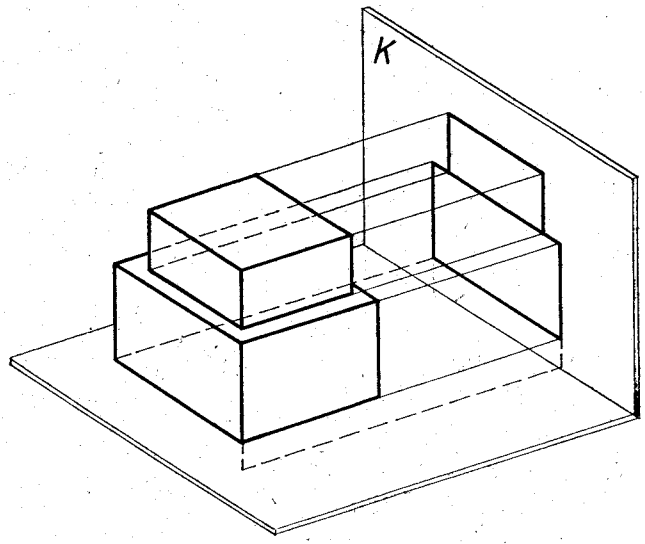
A vetítősugarak lehetnek nem a horizonton, hanem egy, a végtelenbe képzelt pontból kiindítottak, mintha a tárgyat végtelen távolból szemlélnénk. Ekkor már a *vetítősugarak párhuzamosak* lehetnek, ami lényeges egyszerűsítést jelent. Ez a pár-

huzamos vetítés, *paralel projekció*. A párhuzamos vetítősugarakkal könnyebbé tudjuk tenni a rajzolást, körzővel és vonalzóval könnyebben tudjuk elvégezni *(145. ábra)*. Láthatjuk, hogy a *K* képsíkon való ábrázoláshoz az ábrázolandó tárgy élein átmenő vetítősugarakat alkalmazunk. A vetítősugarak és az ábrázolásra szolgáló képsík metszéspontjai adják meg a tárgy képét. Ez a vetítés a különféle ábrázolási módok alapja.

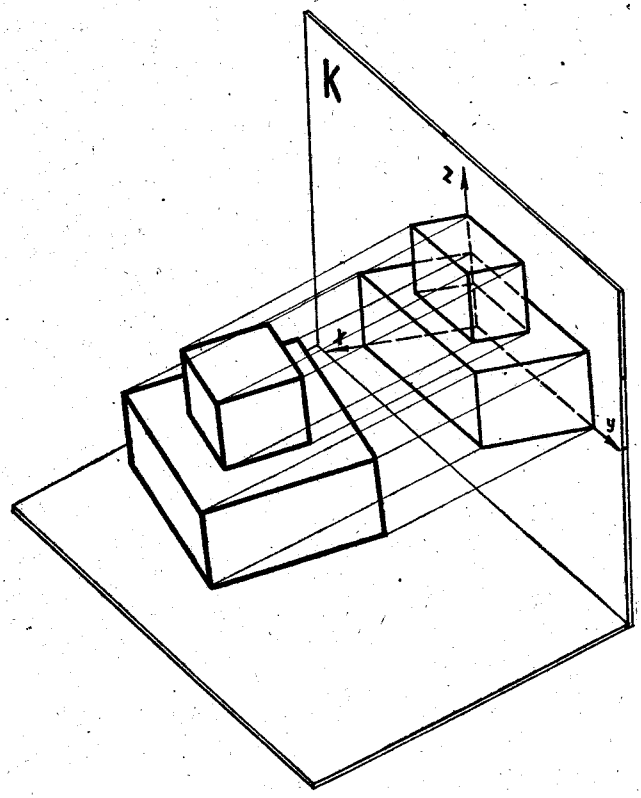
A *145. ábrán* a testet úgy helyeztük el, hogy a vetítősugarak párhuzamosak a test éleivel, a *K* képsík pedig párhuzamos a test egyik síkjával, a másik két sík iránya pedig merőlegesen áll erre a képsíkra. Ennél a testelhelyezésnél a *K* képsíkon nem nyertünk térbeli hatást adó képet. A *K* képsíkon levő ábra előnye azonban, hogy természetes méretekben mutatja az éleket, és a képsíkkal párhuzamos téglalap élei is egymásra merőlegesek maradnak.

Térhatású, szemléletesebb ábrát úgy nyerhetünk, hogy a *testet kimozdítjuk* vízszintes és függőleges helyzetéből, és a rajzunk síkjához képest *általános helyzetbe* helyezzük el, és azután vetítjük merőleges vetítősugarakkal a *K* képsíkra *(146. ábra)*. Ekkor már a *K* képsíkon *láthatóvá válik a testnek több oldala*, és térbeli, képies hatást adó ábrát kapunk, a *test elforgatása miatt* azonban az egyes élek már nem jelentkeznek a képen a valódi hosszúságukban, hanem a képsíkon kisebbek lesznek, *megrövidülten* fognak megjelenni. A valóságban egymásra merőleges élek a képen már nem lesznek merőlegesek.

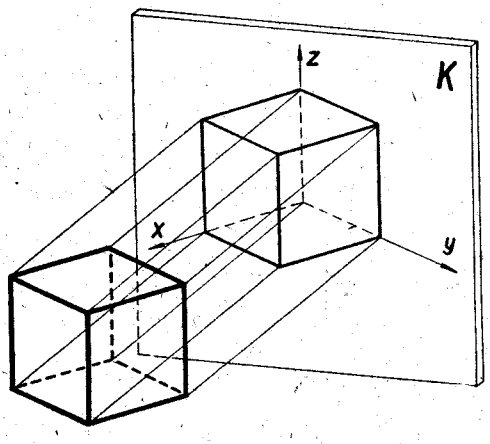
A *145.* és *146. ábrákon* levő vetítéskor a *K* képsíkra merőleges párhuzamos vetítősugarakkal készítettük a képet, ezért ezt az eljárást *ortogonális paralel projekciónak* (merőleges párhuzamos vetítésnek) nevezzük.



145. ábra. Merőleges párhuzamos vetítés (ortogonális paralel projekció)



146. ábra. Általános helyzetű test merőleges párhuzamos vetítése



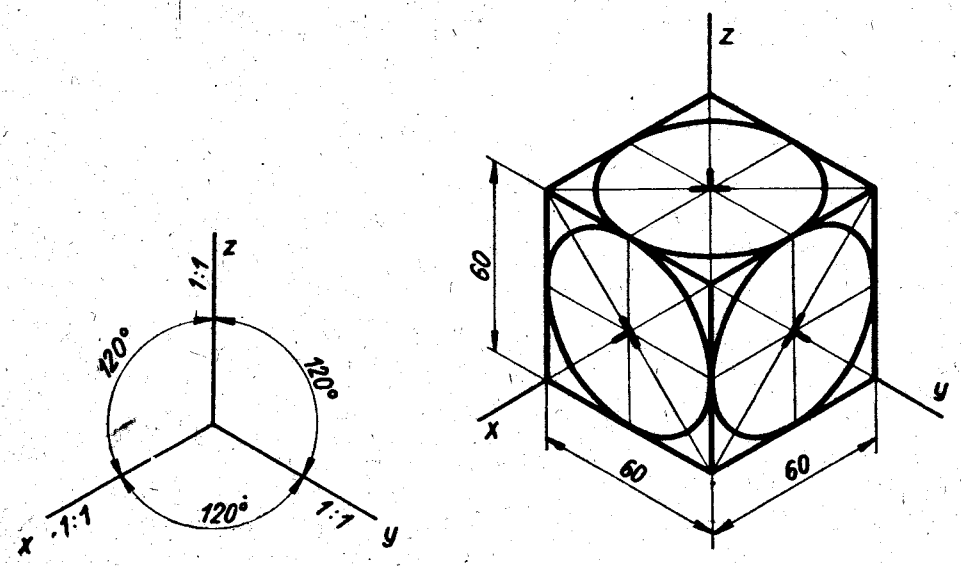
147. ábra. Ferdeszögű vetítés (klinogonális projekció)

Térhatású ábrázolást még úgy is nyerhetünk, hogy a párhuzamos vetítősugarak irányát nem vesszük merőlegesnek a *K* képsíkhoz képest, hanem *ferde vetítősugarakat* bocsátunk a *K* képsíkra, amelyek nem mennek párhuzamosan a test éleivel sem *(147. ábra)*. Ez a ferdeszögű, *klinogonális vetítés*. A *146.* és *147. ábrákból* következtethetjük, hogy a *K* képsíkon, ami a rajzlap síkja, párhuzamos vetítősugarak alapulvételével térbeli hatást keltő ábrát úgy készíthetünk, hogy *felveszünk három, x, y, z főirányt* a térben egymásra merőleges élek feltüntetésére, vagyis a *térbeli tengelykereszt számára,* és ezekre az irányokra *bizonyos méretrövidüléssel* felmérjük a test éleit. Ez az *axonometrikus ábrázolás,* magyarul *tengelyméretes* ábrázolási mód. A térbeli merőleges irányok, amelyeknek a *K* képsíkon az *x, y, z* irányok felelnek meg, a képsíkon általában már nem lesznek merőlegesek, és ezekben az irányokban a térbeli élek is a legtöbbször rövidülve jelentkeznek.

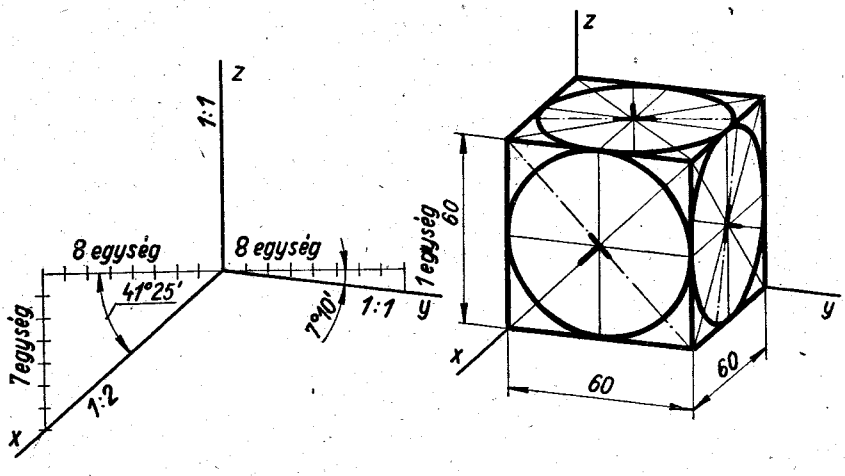
A műszaki gyakorlatban csak azok az axonometrikus ábrázolási módok használhatók célszerűen, amelyeknél a tengelykereszt könnyen megszerkeszthető és a rövidülési viszony is egyszerűen számítható. Ezen szempontok miatt általában három axonometrikus ábrázolási mód használatos, amelyek a következők:

Egyméretű (izometrikus) axonometria *(148. ábra)*, amelynél egymáshoz képest 120° alatt álló tengelyeket alkalmazunk. A *z* tengely marad függőleges. Ennél az ábrázolásnál a *tengelyek mindegyikén azonos rövidülés adódik,* ezért a térbeli testnek teljes méretét rakhatjuk fel mindhárom tengely irányában. A körök ellipszisekké válnak.

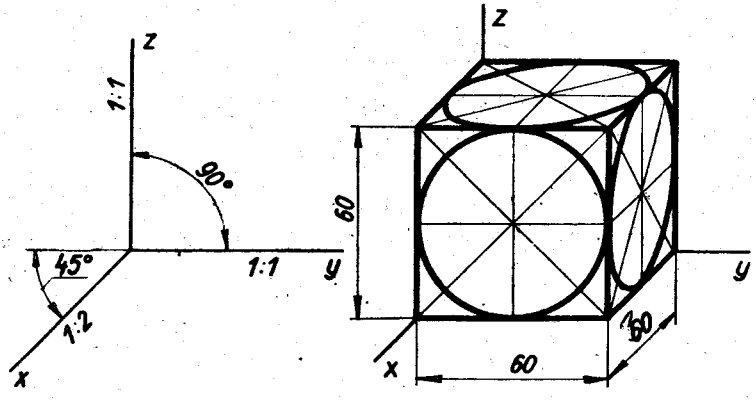
A géprajz kívánalmainak szintén jól megfelelő egyszerű *térlátó ábrázolási mód a dimetrikus axonometria vagy kétméretű műtávlat is (149. ábra)*. Ennél az ábrázolási



148. ábra. Egyméretű tengelyméretes ábrázolás (izometrikus axonometria)



149. ábra. Kétméretű tengelyméretes ábrázolás (dimetrikus axonometria)



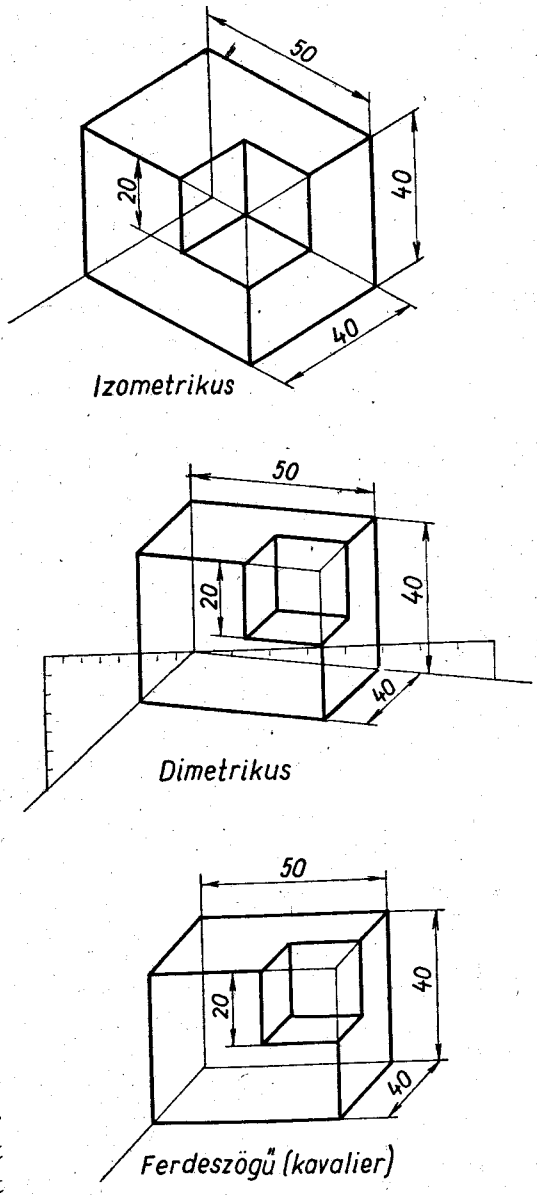
150. ábra. Frontális (ferdeszögű) axonometria

módnál a térben egymásra merőleges három oldalél közül a függőleges irányt megtartjuk a rajzon függőlegesnek, a vízszintes irányokat pedig döntjük a vízszinteshez képest 7/8, illetve 1/8 arányoknak megfelelően. Szögekben kifejezve, az x tengelyt a vízszintes alatt 41° 25′-re, az y tengelyt 7° 10′-re húzzuk meg. Ugyanis: $\text{tg } 7°10' = \frac{1}{8}$ és $\text{tg } 41°25' = 7/8$. Ezekkel az értékekkel szögmérő nélkül rajzolhatjuk fel a tengelyek irányait. A térbeli hatás elősegítésére pedig az *egyik tengely irányában* a valóságos méreteknek csak a *felét* rakjuk fel, a másik két tengely mentén pedig a valóságos méreteket tüntetjük fel.

A gépészeti követelményeket jól kielégítő harmadik térlátó ábrázolási mód a *kavalier perspektíva,* amit a szovjet irodalom találóan *frontális axonometriának nevez (150. ábra).* Ez az ábrázolási mód már nem a test elforgatásán, hanem ferde

vetítésen alapszik. A valóságban függőleges és vízszintes irányokat megtartjuk a rajzon is függőlegesnek és vízszintesnek, és a teljes méreteket rajzoljuk fel ezekre az irányokra. A térbeli hatást úgy hozzuk létre, hogy a harmadik tengely irányát bizonyos határok közötti dőlésszel húzzuk meg. Leginkább 45°-kal döntjük ezt a tengelyt, és a *távolságoknak a felét* rakjuk fel erre az irányra. Ezt az ábrázolást *ferdeszögű axonometriának* is nevezzük. Ennél az ábrázolási módnál mindig a tárgy *elölnézetéből* kiindulva építjük fel az ábrát. A *rajzlap síkja a test egy oldalával párhuzamos,* ami azért előnyös, mert ez az oldal torzításmentesen rajzolható le. Ez különösen az *ebben a síkban* fekvő körök rajzolásánál jelent előnyt, mert a körök *megmaradnak köröknek.* Szükség esetén, pl. ha az elölnézet valamely kontúrvonala a 45°-os ferde tengely irányával megegyezne, a ferde tengely iránya változtatható, pl. 45° helyett 30° vehető.

Fenti axonometrikus ábrázolási módok összehasonlítására a *151. ábra* ugyanannak a hasábnak három ábráját mutatja, a hasáb egyik sarkából egy kockát kihagytunk. Az axonometrikus ábrázolásban a szögek torzulnak, a négyzetből rombusz vagy romboid, a körből pedig általában ellipszis lesz. Bármelyik ellipszisnek a kis tengelye mindig párhuzamos azzal az axonometrikus tengelyiránnyal, amelyik irány nem fekszik az ábrázolt kört feltüntető ellipszisnek a síkjában. Gyakorlatilag ezt úgy fejezhetjük ki, hogy az *ellipszis kistengelye* egy olyan *fúró tengelyének* az irányában fekszik, amelyyel az ellipszisnek megfelelő lyukat furhatnánk. Vagy ha az ellipszist egy henger végsíkjának fogjuk fel, és a hengert forgó pörgettyűnek kép-



151. ábra. Különféle tengelyméretes ábrázolási módok összehasonlítása

zeljük el, akkor a kistengely ennek a hengernek mint *pörgettyűnek a forgástengelye*. Az ellipszis nagytengelye pedig merőleges erre a kistengelyirányra. A *148.* és *149. ábrákon* ezek az irányok a középpontnál vastagítással vannak bejelölve.

Az axonometrikus ábrázolásokra vonatkozólag még a következőket kell figyelembe venni. Az axonometrikus ábrázolásnál a *149. ábra* szerinti ortogonális vetítésnél a testet valamilyen elforgatott helyzetben vetítjük a papír síkjára. Eszerint történik az izometrikus és a dimetrikus axonometriában való ábrázolás.

Az *oldalak rövidüléseinek* az értékeit, amelyek egynél kisebbek, az egyes tengelyek irányában *k, l, m* betűkkel jelölve, az ábrázoló mértan tanítása szerint az elfordítás miatt adódó rövidülések négyzeteinek az összege egyenlő 2-vel, vagyis:

$$k^2+l^2+m^2=2.$$

Az izometrikus axonometriánál olyan elfordítást alkalmazunk, hogy mindegyik tengelynél egyenlő rövidülés legyen, vagyis $k=l=m$. Ezek behelyettesítésével:

$$3k^2=2.$$

ebből:

$$k=\sqrt{\frac{2}{3}}\approx 0{,}82,$$

vagyis a rövidülések mindegyik tengely irányában 0,82 értékűek. Gyakorlatilag ezt a rövidülést 1-re növeljük, vagyis az előzőkben már említett módon a valódi méreteket rakjuk fel a tengelyek irányában. Ezáltal a tárgy méretei $\frac{1}{0{,}82}=1{,}22$ értékkel növekednek meg, a tárgy tehát nagyobbnak tűnik fel, mint amekkora a valóságban.

Mivel a gyakorlatban az izometrikus axonometriánál nem a 0,82 szorzóval csökkentett értékeket, hanem a valódi értékeket rakjuk fel, és ezáltal a tárgy méretei 1,22-szer nagyobbak, azért a kört ábrázoló ellipszis nagytengelye is 1,22-szerese az ábrázolt kör átmérőjének. A kistengely ennek kb. 0,7-szerese. A *148. ábra* szerint ábrázolt kocka oldalain levő 3 ellipszis egyforma nagyságú. Ezekkel a tengelyekkel, mint kosárgörbéket, a *126. ábra* szerinti egyszerűsítéssel rajzolhatjuk meg az ellipsziseket.

A dimetrikus axonometriában két irányban azonosak a rövidülések, a harmadik irányban pedig a fentebb említettek szerint 1/2 méretet rakunk fel, vagyis:

$$l=m \quad \text{és} \quad k=\frac{1}{2}l,$$

ezekkel az egyenlet

$$\frac{1}{4}l^2+2l^2=2,$$

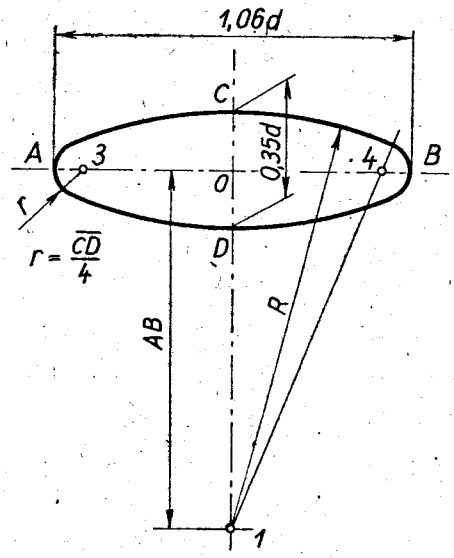
ebből

$$l=\frac{2\sqrt{2}}{3}=0{,}94, \quad \text{és} \quad k=0{,}47.$$

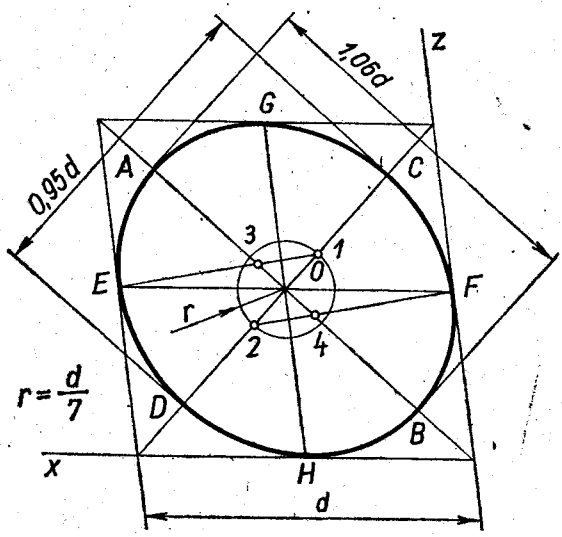
Gyakorlatilag a 0,94 értékű rövidülést 1-re növeljük, vagyis a valódi nagyságot rakjuk fel, a 0,47 értékét pedig a 0,5-re vesszük, ezáltal nagyobbodnak a méretek $\frac{1}{0,94} = 1,06$ értékkel.

A dimetrikus axonometriában ábrázolt körnek *(149. ábra)* mint ellipszisnek a nagytengelye a kör átmérőjének 1,06-szorosa, és a két keskenyebb lapon levő mindegyik ellipszisnél a kistengely 0,35 része az ábrázolt kör *d* átmérőjének, ez az érték a nagytengelynek kb. 1/3 része. A széles oldalon pedig a kistengely 0,95 része a *d* körátmérőnek, ami a nagytengelynek kb. 0,9 része. A keskeny oldalon levő ellipszis mint kosárgörbe körívekkel rajzolható meg a *152. ábra* szerint. A nagyobbik sugarú körív középpontjait úgy kapjuk, hogy az *O* középpontból az *AB* távolsággal bemetszünk a kistengely meghosszabításába, így kapjuk az *1* és fent a *2* középpontot (az ábrán ez utóbbi nem látszik). A kis kör sugara pedig a kistengely átmérőjének az 1/4 része lehet. Ezzel az értékkel megyünk beljebb az *AB* végpontjaitól számítva. Az így kapott körívek csatlakozási helye az *1—4* stb. ferde vonalak meghoszszabbításán van.

A nagy ellipszist *4* középpontból húzott körívekkel helyettesítjük. Először megrajzoljuk a befoglaló rombuszt *(153. ábra)*. A nagy átló irányában van az *AB* nagytengely, a kis átló irányában pedig a kistengely. A rombusz felezői adják az *EFGH*



152. ábra. Dimetrikus axonometrikus ábrázolás kis ellipsziseit helyettesítő kosárgörbe szerkesztése



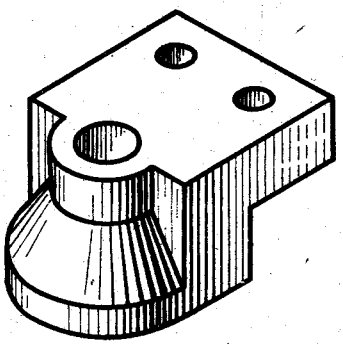
153. ábra. Dimetrikus axonometrikus ábrázolás nagy ellipsziseit helyettesítő kosárgörbe szerkesztése

találkozási pontokat. A körívek *4* középpontjának meghatározásához az *O* pontból az $r = \frac{1}{7}d$ sugárral kört rajzolunk, ahol *d* a rombusz oldala és egyúttal az ábrázolt kör átmérője. A kis kör metszése a rombusz kis átlójával adja az *1* és *2* középpontokat. Az *1* az alsó bal *HDE*, a *2* pedig a felső jobb *GCF* körívek középpontjai. Az *1E* összekötő vonal metszése a nagy átlóval adja a *3*, illetve a *2F* a *4* középpontokat. A *3* jelű középpontból rajzoljuk meg az *EAG* és a *4* -ből a *HBF* köríveket.

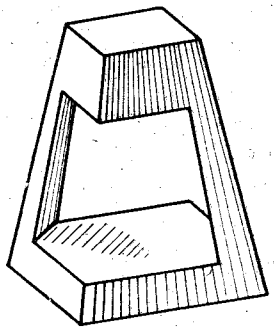
A *frontális axonometriánál* a vetítés ferde sugarakkal történik, ezért erre a fenti szabályok nem érvényesek. Ezeknél a *kör a homloksíkban megmarad körnek.*

Az axonometrikus ábrázolásnál a méretek megadásánál a méretvonalak és a méretsegédvonalak párhuzamosak az axonometriai tengelyirányokkal.

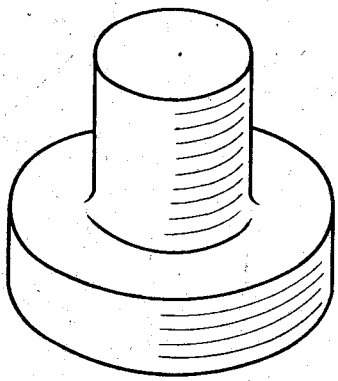
Nagyon fokozhatjuk a szemléletességet, a térbeli hatást az axonometrikus ábrán, ha bizonyos felületeket *árnyékolóvonalakkal* fedünk be. Erre különösen a görbe



154. ábra. Térhatás növelése vonalkázással

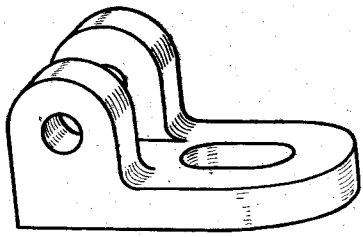


155. ábra. Rézsútos felület vonalkázása

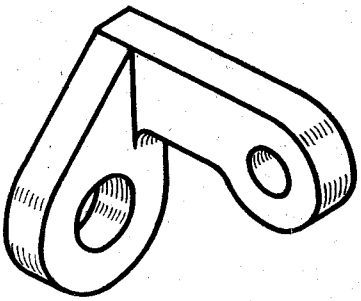


156. ábra. Forgásfelület árnyékolása

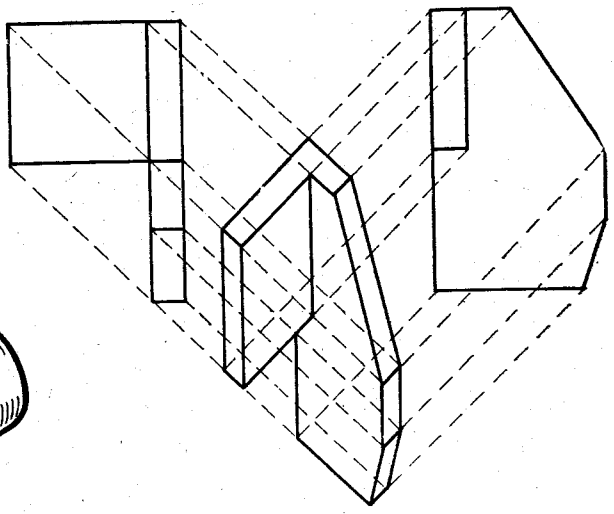
157. ábra. Gömb domborulatának feltüntetése



158. ábra. Kengyel hengeres felületének térhatást növelő ábrázolása



159. ábra. Sarokpánt képiessé tett axonometrikus ábrája



160. ábra. Metszősugaras szerkesztés

felületeknél lehet szükség. Általában úgy vesszük, hogy a fénysugár iránya balról jobbra 45° alatt megy lefelé. A megvilágított oldalakat nem fedjük be vonalkázással. A test sík felületein az egyik főirányával párhuzamosan elhelyezett vékony vonalakkal vonalkázunk *(154. ábra)*, rézsútos felületeknél a lejtési vonalak, az esésvonalak irányában húzzuk a vonalkázást *(155. ábra)*. Forgásfelületeknél párhuzamos körívekkel *(156. ábra)* árnyékolhatunk. Kisebb méretű gömbnél az alsó részen helyezünk el a domborulatát feltüntető feketítést *(157. ábra)*. A *158. ábra* kengyel, a *159. ábra* sarokpánt térbeli hatását rövid árnyékolóvonalakkal hangsúlyozza ki a hengeres felületeken.

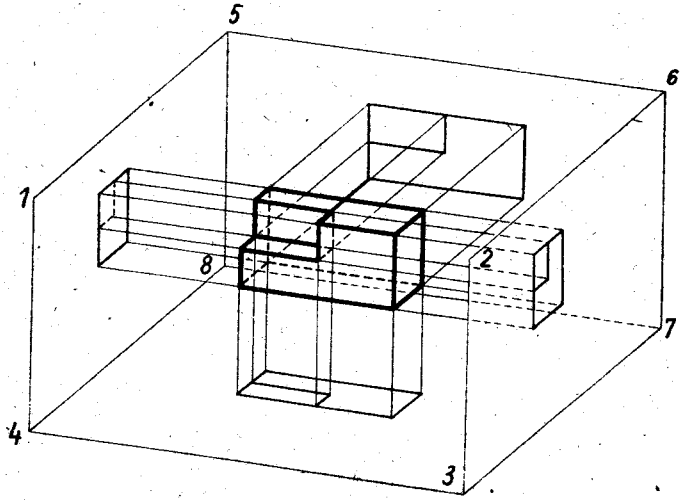
Egy test térhatású képét még úgy is meg lehet szerkeszteni, hogy a test két vetületéből meghatározott irányú egyeneseket indítunk ki, és ezeket metszésbe hozzuk *(160. ábra)*. Ez a *metszősugaras* szerkesztés. Ekkor nem kell rövidült méreteket felrakni. Ez a szerkesztés főleg rajzgép használata alkalmával kényelmes, mert azzal tetszőleges irányú párhuzamos vonalakat lehet húzni. A test vetületei közül bármelyik kettő elegendő a térhatású kép megszerkesztéséhez.

14. Vetületekben való ábrázolás (MSZ 7)

Az axonometrikus ábrázolási mód a tárgy térben való elképzelését igen könnyűvé teszi, ezért előnyös; viszont hátrányos, hogy a rajzról a szerkesztéskor méreteket közvetlenül lemérni nem lehet, továbbá, hogy tagolt alkatrészek esetén a rajz elkészítése még az ismertetett, aránylag egyszerű vetítési mód mellett is időt rabló és nehézkes, üreges alkatrészek esetén gyakran lehetetlen. A méretek megadása nagyon nehézkes, bonyolult, túlzsúfolt ábrát ad. Ezért a *145. ábra* alapján a merőleges vetítés (ortogonális projekció) alkalmazásával készíthető, *több vetületen* való ábrázolást használjuk azért, hogy a test mindegyik oldalát alak- és mérethűen ábrázolhassuk.

A vetületek úgy keletkeznek, hogy az ábrázolandó test körül *minden oldalon képsíkot* képzelünk elhelyezve olyan módon, hogy hasáb alakú testnél a képsíkok párhuzamosak legyenek a test oldalával. Az ábrázolandó *testet a szemünk és a képsík között* helyezzük el *(161. ábra)*. Minden egyes képsíkra párhuzamos vetítősugarakkal rávetítjük a szemünkkel látott képet. Az ábrán nincsenek feltüntetve az *1, 2, 3, 4* síkra és az *1, 2, 5, 6,* síkra eső vetítések, mert erős fedést okozva, zavarossá tennék az ábrát. A képsíkokat azután a *162. ábra* szerint a metszésvonalaik körül egy síkba, a rajz síkjába terítjük, és így kapjuk a *163. ábrán* feltüntetett valamennyi vetületet. A vetületekkel a test minden oldaláról *méretű és aránytartó* rajzokat kapunk eredményül. Mivel méretmegadás szempontjából kívánatos, hogy a síkidom a valódi nagyságában legyen látható, ezért a testet mindig úgy igyekezzünk elhelyezni, hogy az oldallapjai a megfelelő képeken valódi nagyságukban látszódjanak. Ez a *Monge*-féle ábrázolási rendszer.

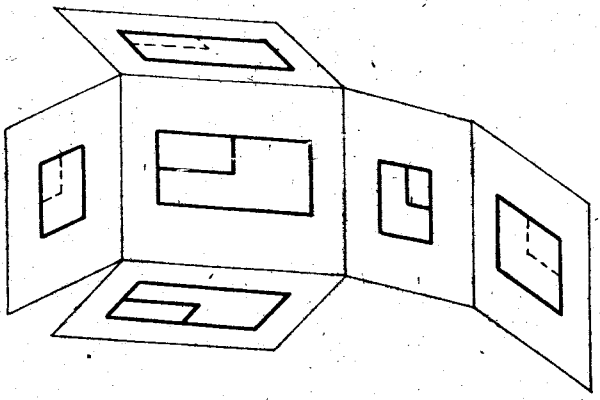
A vetületeknek ez a kiterítése az *európai vetítési mód,* amelynek a fő jellemzője, hogy középen helyezkedik el a főábra, az elölnézet, alatta a felülnézet (alaprajz),



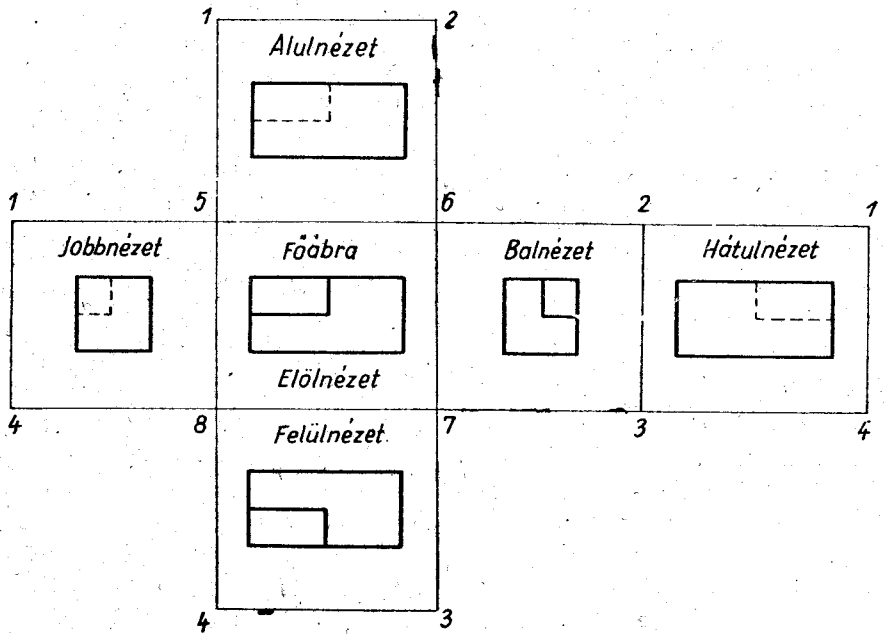
161. ábra. Vetületek keletkezése

felette van az alulnézet, jobb oldalra kerül a balnézet, bal oldalra a jobbnézet, és végül tetszőleges helyre, de a síkba terítési szabály figyelembevételével helyezhető el a hátulnézet. Ennél a vetítési módnál a kép mindig az ellenkező oldalon van, mint ahonnan nézzük a tárgyat.

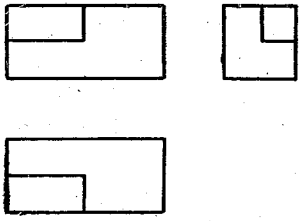
A géprajzon a képsíkok határvonalát nem tüntetjük fel, hanem a *164. ábra* szerint a nélkül rajzoljuk meg az egyes vetületeket.



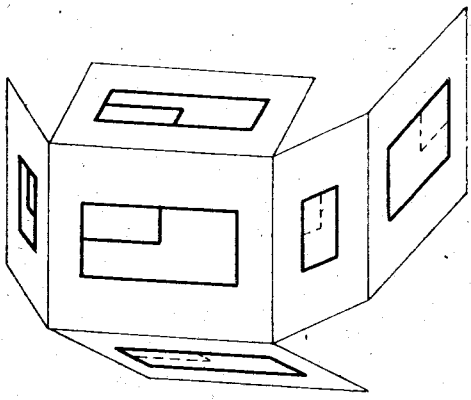
162. ábra. Vetületek síkba terítése



163. ábra. Vetületek elhelyezése európai vetítési módszerrel



164. ábra. Géprajzi vetületek



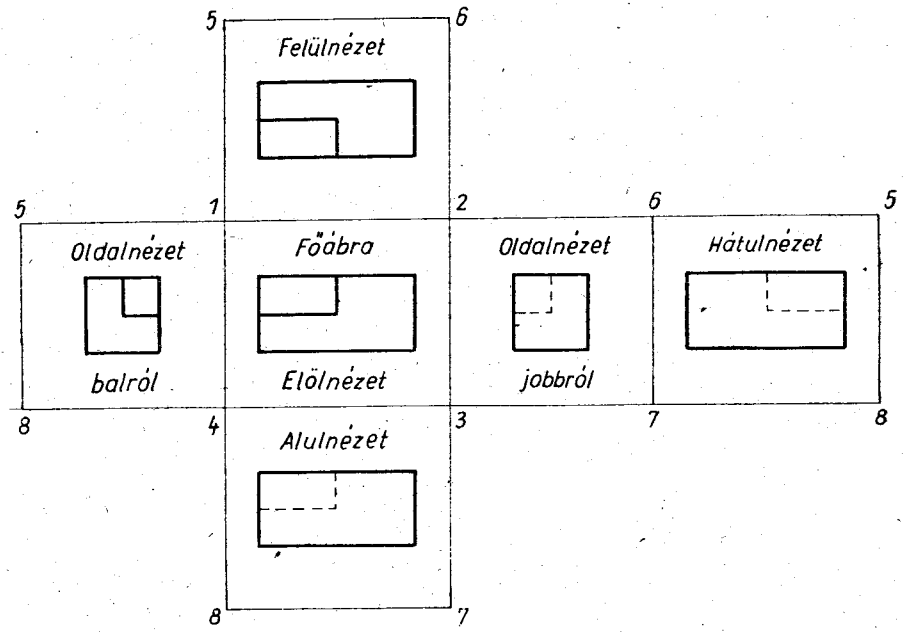
165. ábra. Amerikai vetítési módszerrel keletkező vetületek

Mivel folyóiratokban és szakkönyvekben a tengerentúli országokban használt ábrázolási móddal készített rajzokkal is találkozunk, azért foglalkoznunk kell az ottan szokásos vetítési móddal is. Amerikában nem az európai vetítési mód a használatos. Ott a képsík a szem és a tárgy között helyezkedik el, mintegy üvegből képzelhető el, és a kívülről látszó nézetek az üvegsíkokra felrajzoltnak tételezhetők fel. A képsíkokat azután a *165. ábra* szerint terítik ki, miáltal a vetületek a *166. ábra* szerint helyezkednek el. Az amerikai vetítési módnál az elölnézet és hátulnézet elhelyezése megegyezik ugyan a *162. ábrán* feltüntetett európai kiterítéssel, a többi vetület azonban az ellenkező oldalon helyezkedik el, mint az európai vetületeknél, vagyis minden nézet arra az oldalra kerül, ahonnét nézzük.

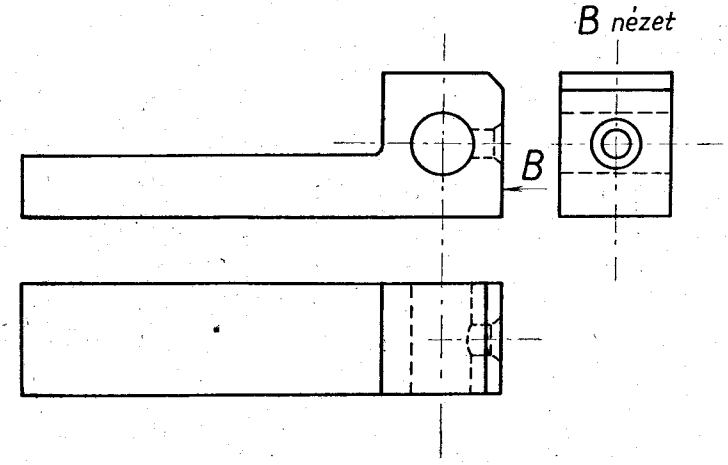
A vetületekben való ábrázolásnál egy test lerajzolásához *rendszerint három kép* elegendő. Lehetőleg használati, beépítési helyezetében ábrázoljuk a tárgyat. *Főábrának az elölnézetet* vesszük. Ide mindig azt a képet helyezzük el, amelyik a legtöbbet mutat, vagyis amelyik a legjellemzőbb az illető testre. E köré rajzoljuk a többi szükséges képet.

Sokszor már két kép is elegendő a kimerítő ábrázoláshoz, de előfordul az is, hogy *csak egy képet* rajzolunk meg, és ezzel is már teljesen meghatározhatjuk az ábrázolandó tárgyat, a többi képet felírással vagy méretmegadással használt jelölésekkel, hengeres alkatrészeknél pl. az ∅ jellel pótoljuk. Ha több képben ábrázoljuk a testet, akkor azokat okvetlenül a *162.* és *163. ábrákon* feltüntetett vetítési módnak megfelelően helyezzük el, mert könnyen félreértéseket okozhat a képeknek másnemű elhelyezése. Esetleg a tervezett alkatrész tükörképét készíti el a műhely a rossz vetületelhelyezés miatt. Ha helyszűke miatt valamelyik nézet nem fér el ennek a vetítési módnak megfelelően, vagy ha valamilyen nézetet utólag rajzolunk meg, de nem a rendes helyére, akkor *nyíllal és hivatkozási betű* segítségével, pl. *A* nézet,

B nézet stb. kell feltüntetni a nézet irányát, vagyis az illető nézet szabályos elhelyezését *(167. ábra)*; a vonatkozó betű egy fokozattal nagyobb legyen, mint a „nézet" szó felírása. Ez a felírással helyesbített ábrázolási mód azonban nem arra való, hogy rossz helyre rajzolt vetületeket ezzel az eljárással tegyünk használhatóvá, hanem a



166. ábra. Amerikai vetítési módszerrel elhelyezett vetületek



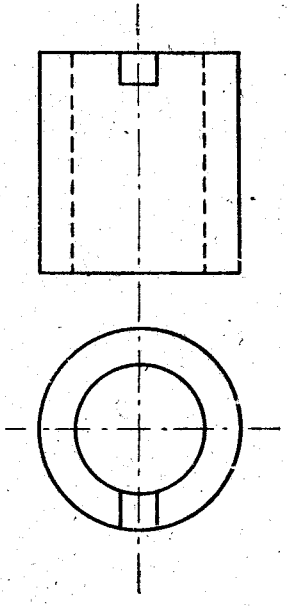
167. ábra. Nem a szokásos vetítési móddal elhelyezett ábra jelölése

célszerűség és takarékosság szempontjainak a figyelembevételével szabad ezt a módszert alkalmazni. Pl. a *167. ábrán* az alkatrész balra hosszan elnyúlik, és az oldalnézet csupán a kis furat feltüntetése miatt szükséges, ez nagyon messze esne, elszakadna a hozzá tartozó többi fontos részlettől. Az összetartozó részek egymás mellé helyezése a rajz olvasását és megértését könnyebbé teszi. Hosszú tengelyeknél is az oldalnézet ilyen elhelyezése indokolt.

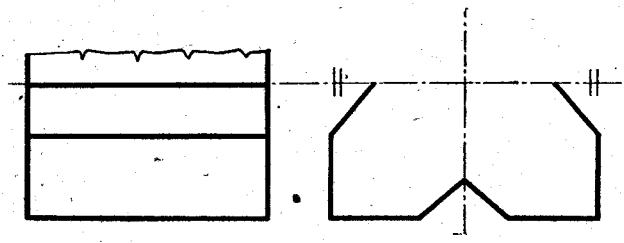
Ha a hátulnézetet is meg kell rajzolni, akkor ezt az oldalnézetekkel egy vonalban kell elhelyezni. Ez azonban esetleg hosszú rajzpapírt igényelne. Ezért oda rajzoljuk, ahol a rajzpapíron számára hely van, de hivatkozási betűkkel meghatározzuk a hovatartozását. A hátulnézetet ekkor felirattal kell ellátni, egyébként nem kell felirat. A felirat: *Hátulnézet*, vagy betűjeles iránymegadás esetén: *X nézet* lehet. A vetületek más helyen való ilyen ábrázolásakor az *ábrát a papíron csak elcsúsztatni* szabad, elforgatni nem.

Általában minden tárgyat a *használati helyzetében* ábrázoljunk. Ettől a szabálytól eltérünk ferde helyzetű alkatrészeknél, amelyeket vízszintesen vagy függőlegesen helyezünk el. Ha egy képen több ábra van, akkor úgy kell őket elhelyezni, hogy valamennyit ugyanabból a helyzetből lehessen szemlélni.

A szimmetrikus vagy közel szimmetrikus darabok lerajzolásakor minden esetben fel kell tüntetni a *darab középvonalát* vagy középvonalait vékony pontvonallal *(168. ábra)*. A középvonal a géprajzon rendkívül fontos szerepet tölt be, a *rajzolást* csaknem minden esetben a *középvonalból kiindulva* kezdjük el. A középvonalra építjük fel az egész ábrát, ez az *ábra gerince*. Az egyes vetületek összetartozóságának jobb érzékeltetése végett a középvonalat a képek között rendszerint nem szakítjuk meg, hanem áthúzzuk az egyik ábrából a másikba. Forgástesteknél csak egy középvonalat húzunk, ami a forgástest ten-



168. ábra. Szimmetrikus ábránál a középvonalat mindig tüntessük fel, és a vetületek között ne szakítsuk meg



169. ábra. Ha méretvonal és középvonal esik egybe, az ábrát továbbrajzoljuk

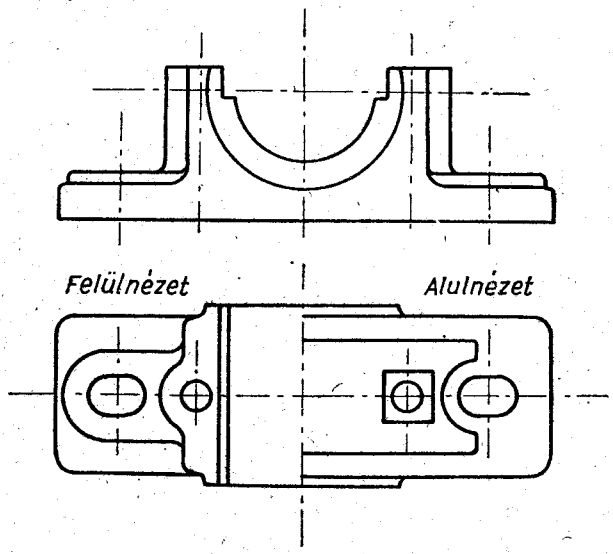
gelye. Huzalból, csőből stb. *hajlított* alkatrészek rajzán a huzal, cső középvonalát általában meg kell rajzolni. Rajzolási nehézség, pl. zsúfolt ábra, jelképes ábrázolás stb. esetén a középvonal elhagyható.

Gyakran, ha az ábra szimmetrikus, *elégséges* csupán a *kép egyik felét* megrajzolni, a középvonalig. Ez a *félvetület*. Ha azonban a középvonalat nézetvonal fedné *(169. ábra)*, akkor az ábrát a nézetvonalnál kissé tovább is megrajzoljuk, és szabadkézi elhatárolással törjük. Ilyen esetben a szimmetriatengelyt mindkét végén a szimmetriatengelyre merőlegesen elhelyezett két párhuzamos vékony vonallal szabad jelölni. E szimmetriajelölő vonalpár hossza kb. 4 mm, vonalkáinak távolsága kb. 1 mm. Az ilyen csonka ábra helyett azonban inkább rajzoljuk meg az egész képét.

Szimmetrikus alkatrészek rajzánál *közös ábrába* szokás néha összevonni a *különböző oldalon* levő vetületeket, pl. az alulnézetet és a felülnézetet vagy a jobb oldali és bal oldali nézetet. Ilyenkor a félvetületek helyes nézési irányát felírással meg kell adni. A *170. ábra* csapágy alsó részét mutatja ezzel az ábrázolási móddal.

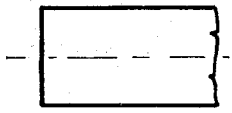
Nem látható, eltakart éleket általában *nem tüntetünk fel,* mégis sokszor egy-két ilyen eltakart vonal megrajzolásával az ábra érthetőségét nagyon növeljük, esetleg több nézet megrajzolását takaríthatjuk meg. A hátul levő, eltakart éleket vagy körvonalakat szaggatott vonallal rajzoljuk be. A *168. ábrán* a szaggatott vonal világosan mutatja, hogy csövet ábrázoltunk. A sok *szaggatott vonalat* egyébként *kerülni kell*, mert a rajz áttekinthetőségét csökkenti, és nyugtalanság benyomását kelti a szemlélőben, helyette metszetet vagy kitörést alkalmazzunk. A nem látható, szaggatottan rajzolt vonalak közé méreteket lehetőleg nem írunk be.

Ha hosszabb alkatrészeket akarunk ábrázolni, és nem teljes hosszúságban rajzoljuk meg őket, akkor az ábrát *szabad kézzel húzott vonallal* zárhatjuk le, és az ábrá-

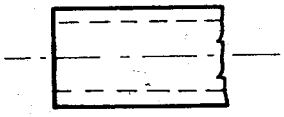


170. ábra. Összevont félvetületeket jelölni kell

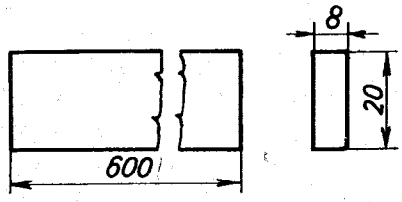
zolás szempontjából felesleges véget elhagyhatjuk, mintegy letörjük, pl. rudak, tengelyek végeit a *171. ábra* szerint, cső végét a *172. ábra* szerint fejezzük be. Laposacélt pedig a *173. ábra* szerint törünk. A szabadkézi vonalat ne húzzuk túlzott hullámossággal. A *173. ábrán* középvonalat nem húztunk, ezzel is érzékeltetjük,



171. ábra. Hosszú hengeres rúd ábrázolása töréssel

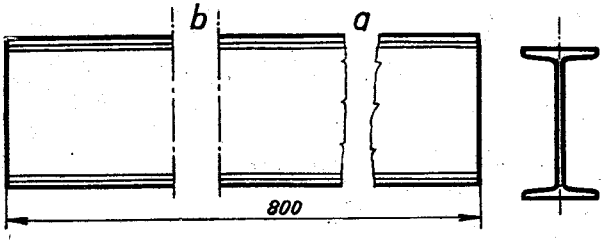


172. ábra. Cső törésének jelölése

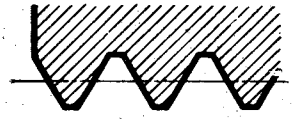


173. ábra. Hosszú laposvas középvonal nélküli ábrázolása töréssel

hogy laposacélt és nem forgástestet ábrázoltunk. Csak rövid szakaszon rajzoljunk középvonalat, ahol a laposacélon valamilyen részlet ezt külön megkívánja. Hosszú darabnak méretmegadás céljából az ábra szerint sokszor mindkét végét megrajzoljuk, és a törést szabadkézi elhatárolással közben alkalmazzuk. Egyes külföldi szabványok megengedik, hogy törésvonal helyett a *174. ábra* bal oldali, *b* jelű rajza szerint pontvonallal határoljuk a törésfelületet. Mindezekben az esetekben a hosszúság méretszámát nem kell aláhúzni, habár a méretvonalát nem léptékhelyesen rajzoltuk meg.



174. ábra. Törési felület különféle jelölése

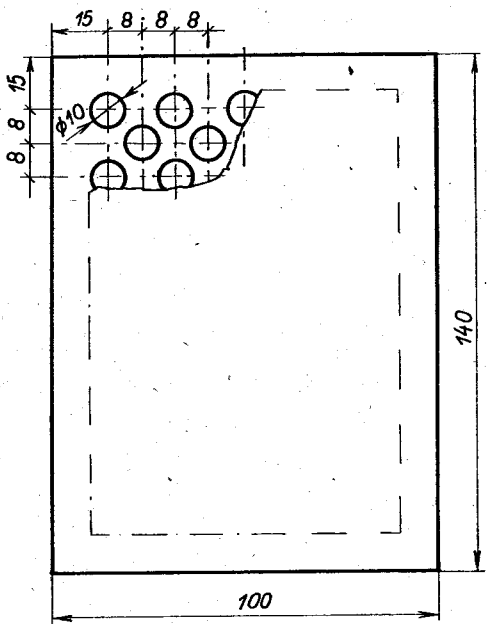


175. ábra. Vonalkázott felület törésének jelölése törésvonal nélküli módszerrel

Ha csak vonalkázott felületet törünk, akkor ott nem rajzolunk szabadkézi határvonalat, hanem a vonalkázást a törésnél fejezzük be és ezzel érzékeltetjük a törésvonalat *(175. ábra)*.

Ha a rajzon valamilyen *részlet szabályosan ismétlődik*, pl. egy rostalemezen a lyukasztások, akkor *felesleges* ezek *teljes kiszerkesztése*, feltüntetése. Elegendő csak annyi elemet megrajzolni, amennyi a minta alakját és az elemek kapcsolatát meghatározza, azonkívül csak a mintázat, pl. a lyukasztott mező nagyságát, határait kell megjelölni. Erre a célra vékony pontvonalat alkalmazunk *(176. ábra)*.

Hengerfelületen levő vezérgörbéket a tárgy hengerpalástjának síkba terítésén célszerű meghatározni. E rajzon a hengerfelületre eső éleket vastag vonallal rajzoljuk meg és „*Kiterített palást*" feliratot alkalmazunk. Az azonosítást rendezett vetületelhelyezéssel biztosítjuk. Ahol ez félreérhető volna, ott betűjelet vagy nézetet is alkalmazhatunk.

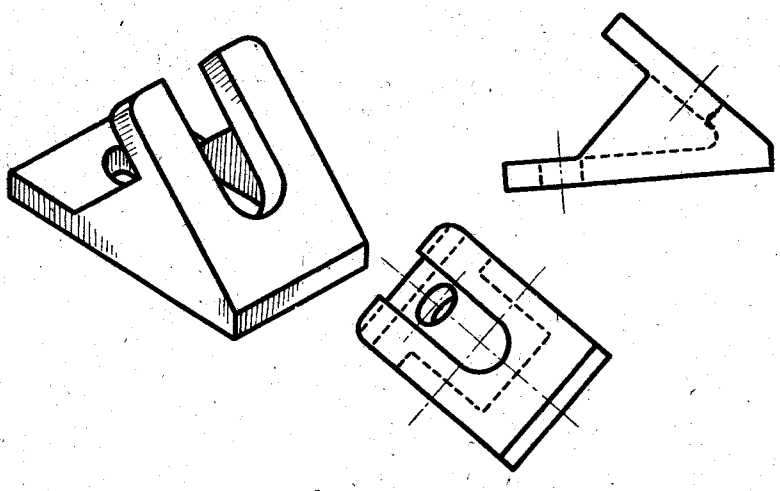


176. ábra. Szabályosan ismétlődő részlet határainak ábrázolása és kottázása

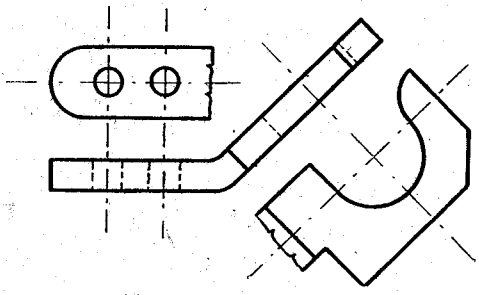
15. Ferde képsíkú vetületek

A vetületekben való ábrázolásnál általában az alkatrész sík felületeire merőlegesen vesszük a vetítési irányt, egymásra merőleges képsíkok alkalmazásával, forgásfelületeknél pedig a forgásfelület tengelyére merőleges irányban végezzük az egyik vetítést. Ezáltal pl. a hengernél az egyik kép körnek látszik. Azokat a vetületeket és részleteket, amelyekben a méretek eltorzulva vagy megrövidülve látszanának, pl. a kör ellipszisnek adódna, és a részletek megrövidült ábrái méretmegadás szempontjából semmitmondóak volnának, nem célszerű megrajzolni.

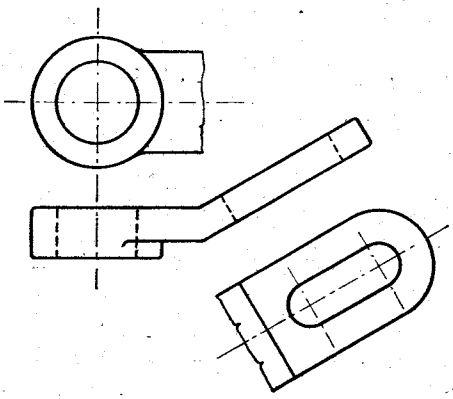
Ezeknek a felületeknek a mérethű ábrázolására célszerű felvenni *segédképsíkokat*, amelyek a *ferde részletekkel párhuzamosak*. Az ezekre vetített képet ugyanis a rajz síkjába befektetve, a méretek megadására alkalmas ábrákat kapunk. Pl. a *177. ábrán* levő lefogókészüléknél a vetületben a ferde felület úgy válik mérethűen láthatóvá, hogy a ferde felületre merőlegesen vetítve rajzoljuk meg az alsó képet. A *178. ábrán* levő kampó mérete is a ferde vetítéssel jól mutatkozik, a két lyuknál és a köríves végződésnél azonban a ferde leforgatásban ellipsziseket kellene rajzolni. Az ilyen ábrázolás egyszerűsítése és a felesleges munka megtakarítása céljából a tárgy ilyen részleteit kézi *elhatárolással, eltörve,* csak részletekben rajzoljuk meg, ahogy



177. ábra. Ábrázolás ferde vetületben



178. ábra. Ferde vetületben a bonyolultan rajzolható részt elhagyjuk



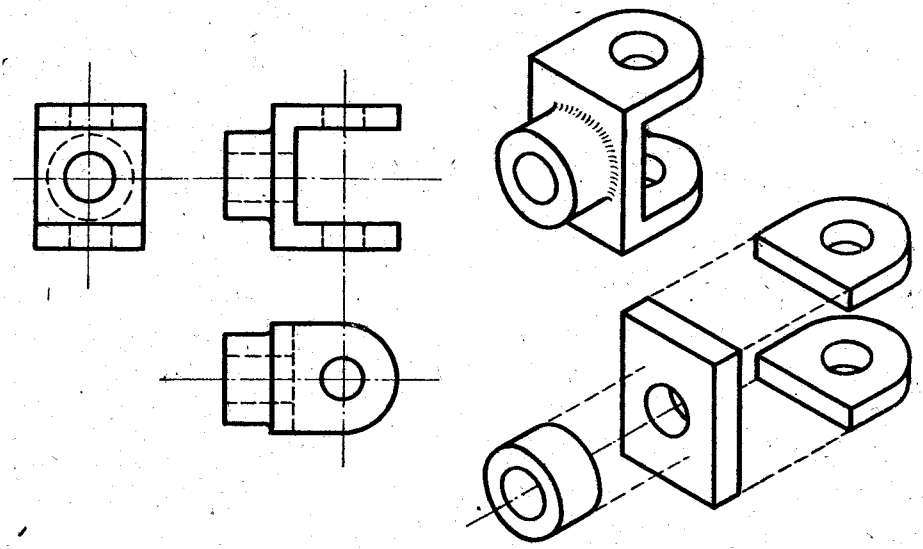
179. ábra. Férde vetületnél részleteiben ábrázoljuk a tárgyat

a *178. ábra* felső és oldalsó képei is mutatják. Hasonlóan ábrázoltuk a *179. ábrán* levő alkatrészeket is. A szokott nézetekben a ferde részletet törésvonallal elválasztjuk a többi részektől.

A ferde képsíkú nézet *el is fordítható* helymegtakarítás végett vagy egyéb célból, de a feliratot ki kell egészíteni *„elfordítva"* kifejezéssel. A 45°-nál nagyobb elfordítást *kerülni kell.*

16. Az építőidomok

Minden alkatrész, bármennyire bonyolult is, mindig szétbontható több egyszerű, szabályos geometriai testre, ezeket az egyszerű mértani testeket *építőidomoknak* is nevezzük. A *180. ábra* pl. egy villa építőidomokra való bontását tünteti fel, a furatokat negatív építőidomoknak tekinthetjük. A gépeken előforduló építőidomok nagyon egyszerűek, és számuk is csekély, a gépalkatrészek alakja mégis nagyon változatos. Ezek az építőidomok ugyanis a legkülönfélébb helyzetekben és összetételekben csatlakoznak egymáshoz.

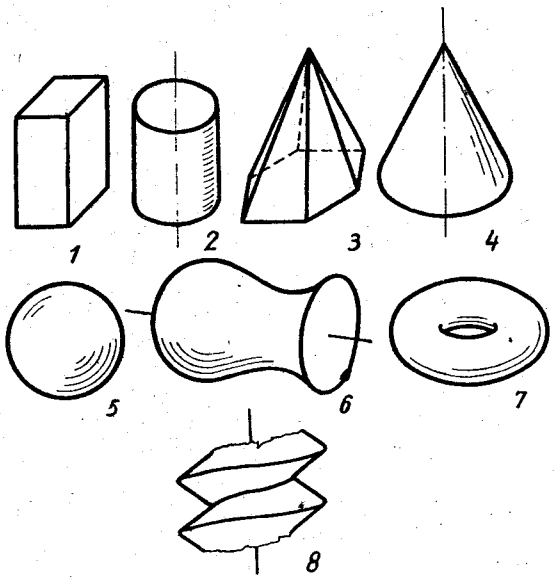


180. ábra. Egy tárgy szétbontása építőidomokra

A szerkesztésnél arra törekszünk, hogy ezek a szabályos geometriai idomok szerepeljenek az alkatrészeken, mert ezek kimunkálása, gépi előállítása könnyebb feladat, mint a szabálytalan formák szerint tervezett darabok elkészítése. Az építőidomok között a henger és a kúp igen gyakran nyer alkalmazást. Mint tömör testeket ugyanis esztergályozással lehet könnyen előállítani, és mint lemezből készített köpenyeknek is könnyű a gyártásuk.

A gépalkatrészeken levő legömbölyítéseket mint hengerfelületeket, illetve mint toroidfelületeket vehetjük figyelembe.

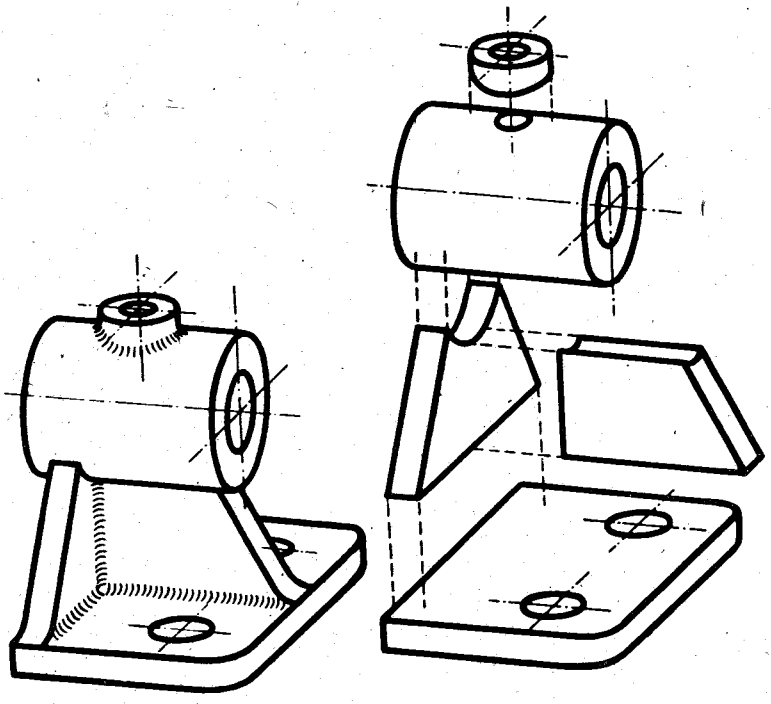
Az *építőidomokra való felbontás* különösen az axonometrikus ábrázolás megkönnyítésére szolgálhat támpontul. Az elképzelést egyszerűsíthetjük azáltal, hogy az



181. ábra. Leggyakoribb építőidomok

építőidomnak a legtöbbször csupán a felületeit kell nézni. Nagy jelentősége azonban a szerkesztői munka végzésénél van, mert az építőidomokra való bontás átgondolásával, a kialakítási lehetőség mérlegelésével egyszerűbben és kevesebb hibával oldhatja meg a szerkesztő a tervezői feladatait. A méretek helyes megadásához is fel kell ismerni ezeket az építőidomokat.

Az építőidomok a *181. ábra* szerint a következők lehetnek: 1. hasáb (prizma), 2. henger, 3. gúla, 4. kúp, 5. gömb, 6. általános forgástest, 7. gyűrűstest (toroid), 8. csavartestek.

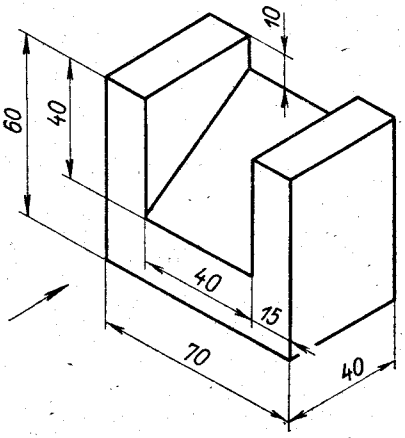


182. ábra. Szemescsapágyöntvény és szétbontása építőidomaira

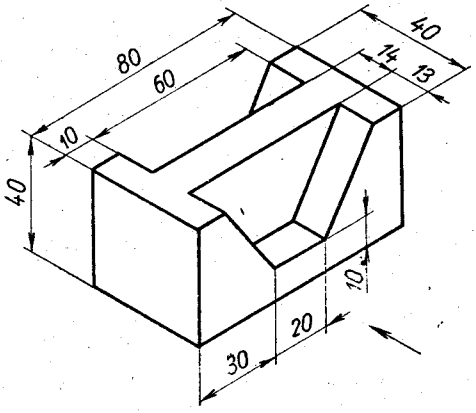
Öntvényekhez a mintaasztalos a *famintát* az alkatrész építőidomainak külön-külön való elkészítése után állítja össze. Hegesztéssel előállított géprészek esetén pedig az egyes *összehegesztendő darabok* számíthatnak külön építőidomoknak. A *182. ábrán* egy szemcsapágy van feltüntetve. Ennek építőidomokra való bontása az ábrán látható. Faminta készítésénél ezekből a darabokból ragasztja össze a mintaasztalos a csapágyak famintáját, ha pedig hegesztéssel készítjük, akkor a feltüntetett építőidomoknak megfelelő köracélokat és lemezdarabokat kell előre kiszabni, és ezek összehegesztésével jön létre a munkadarab.

17. Axonometrikus ábrákból a vetületek megrajzolása

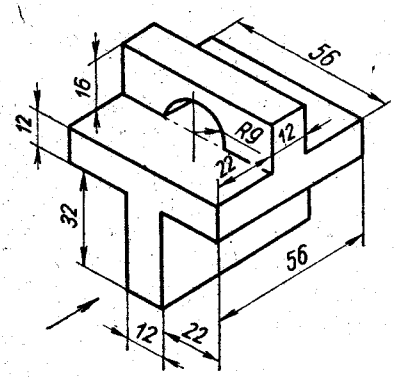
A vetületekben való ábrázolás begyakorlása az elképzelési képesség fokozására olyan feladatokkal végezhető el, amelyeknél az ábrázolandó géprész vagy természetben áll rendelkezésre, vagy axonometrikusan van feltüntetve, méretekkel együtt, és ebből a képből elképzelés alapján kell *megrajzolni a vetületeket.* Az első feladat meghatározni az egyes képsíkokra kerülő nézeteket. Ezek közül a leglényegesebb az elölnézet, amelyiknek a legtöbbet kell mutatnia a tárgyból. A *183—188. ábrákon* az az irány, amelyből az előlnézetet képzelhetjük el és rajzolhatjuk meg, nyilakkal van feltüntetve, e köré helyezzük el a többi képet. A vetületeknél először a középvonalakat húzzuk meg, és ebből kiindulva, belülről építjük föl az egyes képeket. Az axonometrikus ábrán megadott méreteket a vetületi képeken úgy kell elhelyezni, hogy az ott összetartozó méretek lehetőleg ugyanazon a képen legyenek feltüntetve, pl. egy furatnál az átmérő és az elhelyezési távolsága ugyanazon a képen legyen.



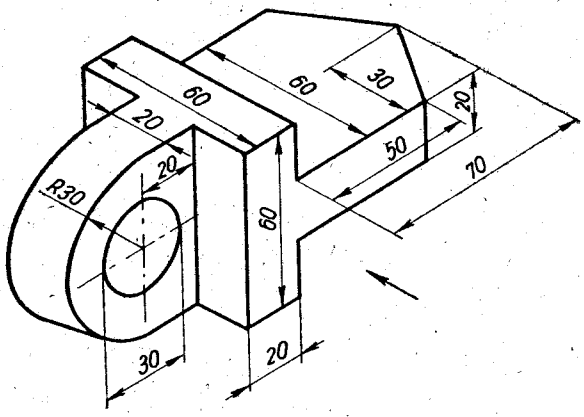
183. ábra. Példák axonometrikus képekből való vetületek rajzolására



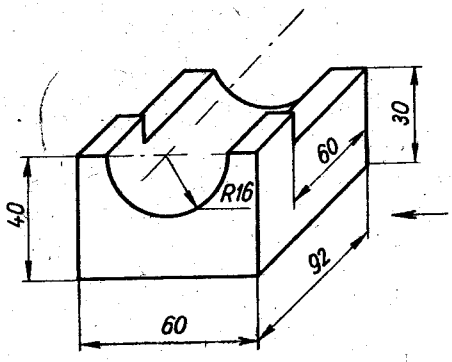
184. ábra. Példák axonometrikus képekből való vetületek rajzolására



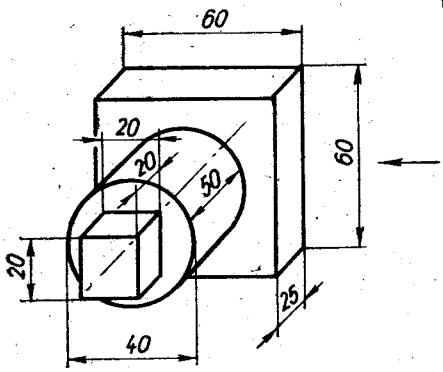
185. ábra. Példák axonometrikus képekből való vetületek rajzolására



186. ábra. Példák axonometrikus képekből való vetületek rajzolására



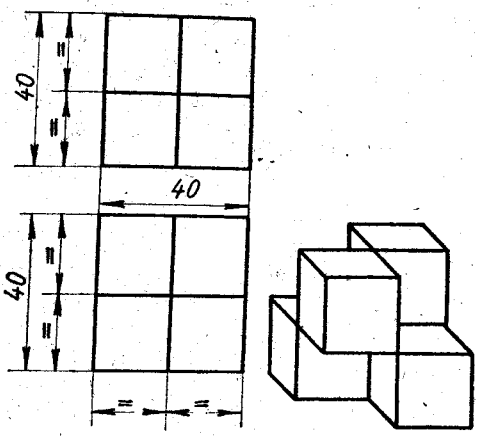
187. ábra. Példák axonometrikus képekből való vetületek rajzolására



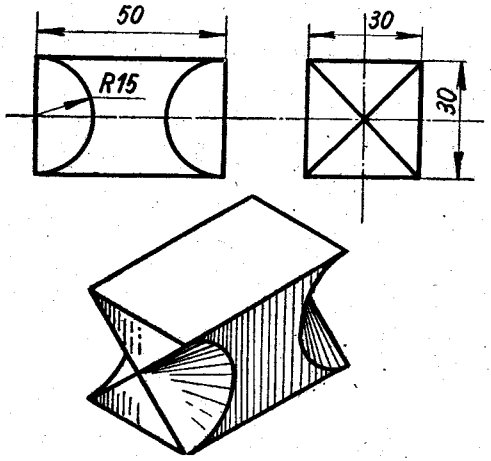
188. ábra. Példák axonometrikus képekből való vetületek rajzolására

18. Vetületkiegészítő feladatok

Az ábrázolási képesség kifejlesztésére hasznos módszer az olyan feladatok kidolgozása, amelyeknél *két képből kell megszerkeszteni a harmadikat,* esetleg ezek elkészítése után a látszati képet. Az ilyen feladatoknál először tisztázni kell azt, hogy milyen egyszerű geometriai testekből, építőidomokból van összeállítva vagy kidolgozva az ábrázolt alkatrész. Utána a középvonalának meghúzásával kijelöljük a megrajzolandó harmadik kép helyét, és feltüntetjük a külső méreteket. Ezután a



189. ábra. Kockákból összállított idom

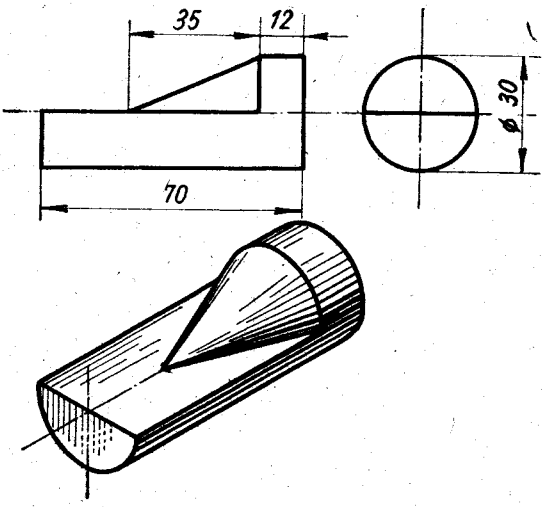


190. ábra. Kihegyezett idom

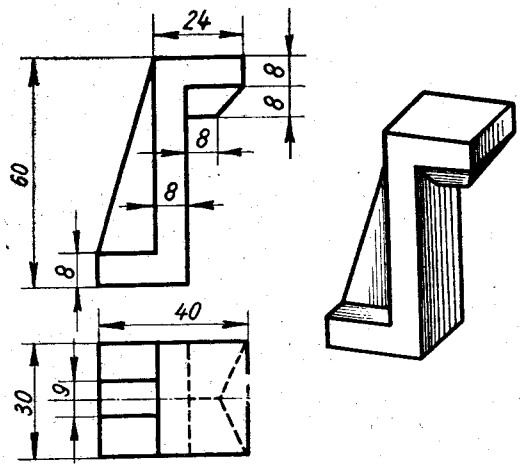
belső részből kiindulva felépítjük a harmadik képet, rárajzoljuk a méretvonalakat és méretsegédvonalakat. Végül a méretszámokat és egyéb felírásokat írjuk fel a rajzra.

A *189. ábra* kockákból összeállított testet tüntet fel, a *190. ábra* hasábból és a végeknél kúpfelületekből van kialakítva, a *191. ábra* hengerfelületekhez csatlakozó kúpot mutat. Az elképzelés megkönnyítésére ezeknél a feladatoknál az axonometrikus kép is fel van tüntetve. A *192. ábra* szintén feltünteti az axonometrikus képet is. A *193. ábra* kockából, két sarkának leszedéséből adódik, a *194. ábrán* az alapidom csonkagúla. A *195. ábrán* hasábhoz csatlakozó félhenger az alapidom. A *196.* és *197. ábrákon* négyzetes hasábok az alapidomok, a *198. ábrán* pedig szabályos ötszög alakú hasáb van ferde síkkal levágva. A *199. ábra* lépcsőutánzat.

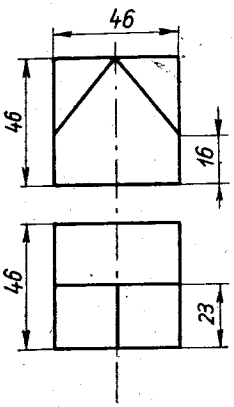
Az axonometrikus kép megrajzolása az alapidomok feltüntetéséből indulhat ki. Egyébként az axonometrikus kép megrajzolási menetére a későbbi 21. pont ad útmutatást.



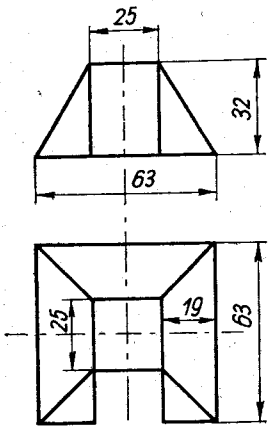
191. ábra. Félhenger és félkúp összeépítése



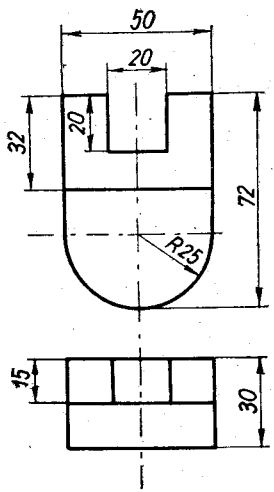
192. ábra. Rajzoljuk meg a hiányzó harmadik képet



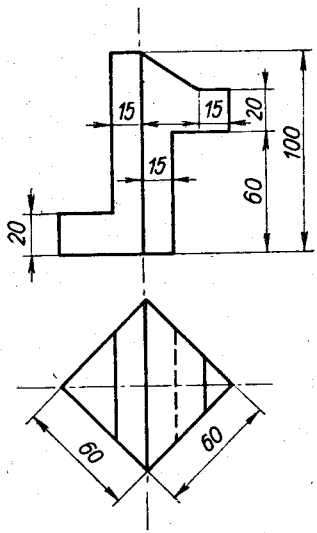
193. ábra. Rajzoljuk meg a hiányzó harmadik képet



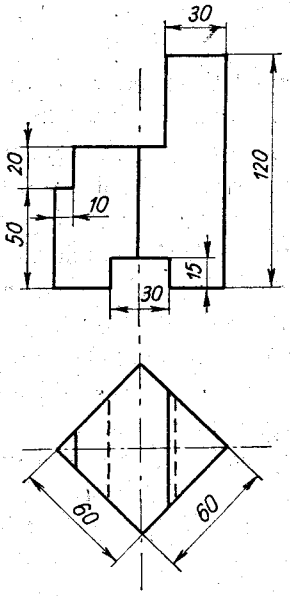
194. ábra. Rajzoljuk meg a hiányzó harmadik képet



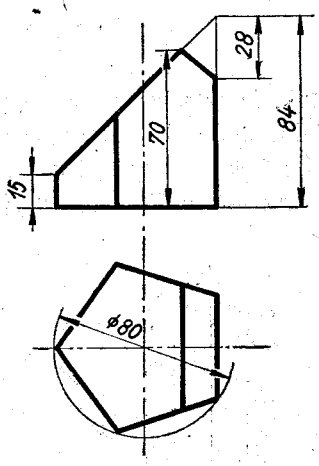
195. ábra. Rajzoljuk meg a hiányzó harmadik képet



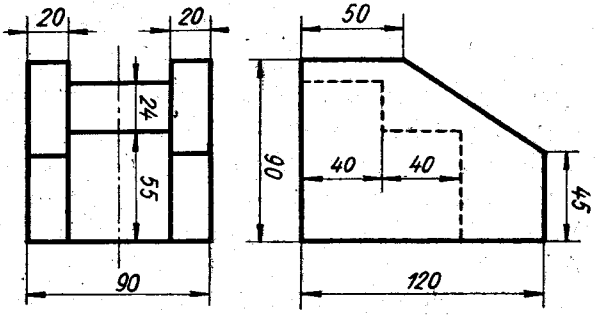
196. ábra. Rajzoljuk meg a hiányzó harmadik képet



197. ábra. Rajzoljuk meg a hiányzó harmadik képet



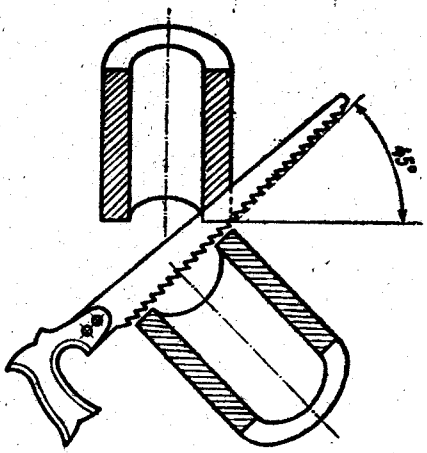
198. ábra. Rajzoljuk meg a hiányzó harmadik képet



199. ábra. Rajzoljuk meg a hiányzó harmadik képet

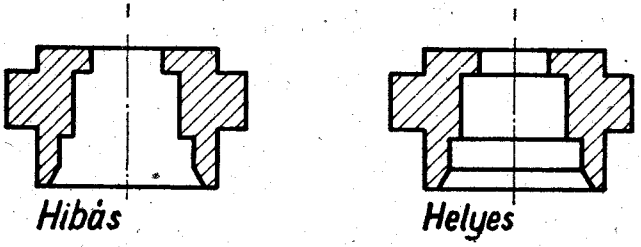
19. Metszetek (MSZ 7)

Láttuk, hogy a lerajzolandó gépalkatrészen a nem látható részeket szaggatott vonallal tüntetjük fel. Üreges testeknél, házaknál, furatokkal ellátott alkatrészeknél, ha ezek a belső részek egyszerűek, akkor kielégítő szaggatott vonallal való feltüntetésük a nézeteken. Tagozottabb üregű daraboknál azonban a nézeteket sok szaggatott vonallal kellene kiegészíteni; ez már zavaros, nehezen érthető ábrát adna. Sokkal áttekinthetőbb, világosabb, képiesebb ábrát kapunk, ha a darabot ilyenkor *metszetben* rajzoljuk meg. Csak akkor rajzoljunk azonban metszetet, hogyha az valóban többet mutat, mint a nézet.

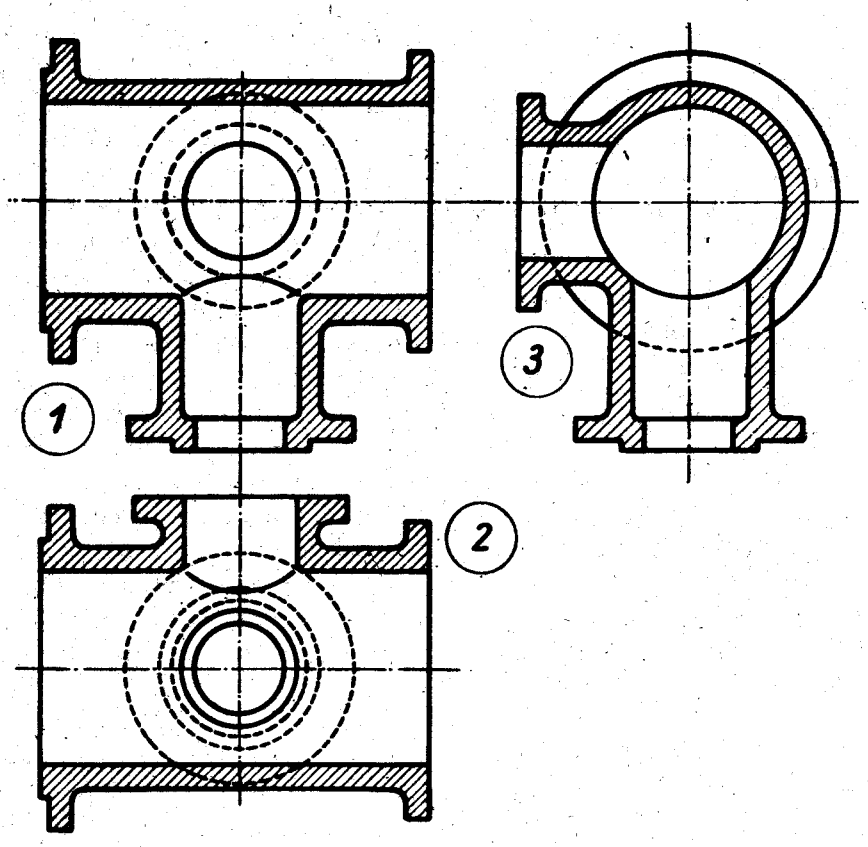


200. ábra. Metszet keletkezése

A metszetben való ábrázolás úgy történik, hogy a tárgyat képzeletben egy vagy több síkfelület — ritkán görbe felület — mentén több részre vágjuk, *mintegy elfűrészeljük (200. ábra)*; a metszősík előtt levő részt eltávolítjuk, és a metszősík mögötti részeket a láthatóságnak megfelelően lerajzoljuk. A metszősík mögött levő részeket, éleket és nézetvonalakat minden esetben meg kell rajzolni, tehát a *201. ábrán* feltüntetett üreges alkatrész helyes metszete a jobb oldali, amelyben a nézetvonalak is be vannak rajzolva. Azokat a felületeket, amelyeket a metszősík — a fűrész — átszel, a rajzon vonalkázással érzékeltetjük. A vonalkázást úgy is felfoghatjuk, mint a képzeletbeli fűrész nyomait. *A vonalkázást,* amit sraffozásnak is nevezünk, *az alapvonalhoz vagy a középvonalhoz 45°-ban hajló vékony folytonos vonalakkal végezzük.* Megengedett a 30°, 60°, esetleg más dőlésű vonalkázás is, ha használata indokolt. A vonalkázás olyan sűrű legyen, hogy felület benyomását keltse. Igyekezni kell megszokni az egyenletes sűrűségű vonalkázás készítését. A sraffozógép használata felesleges.



201. ábra. A nézetvonalakat is be kell rajzolni a metszetbe

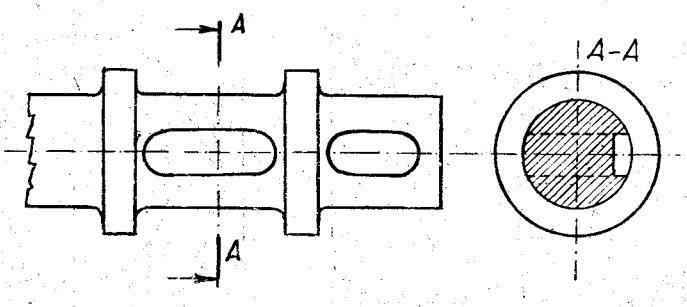


202. ábra. Metszetek elhelyezése a képsíkon

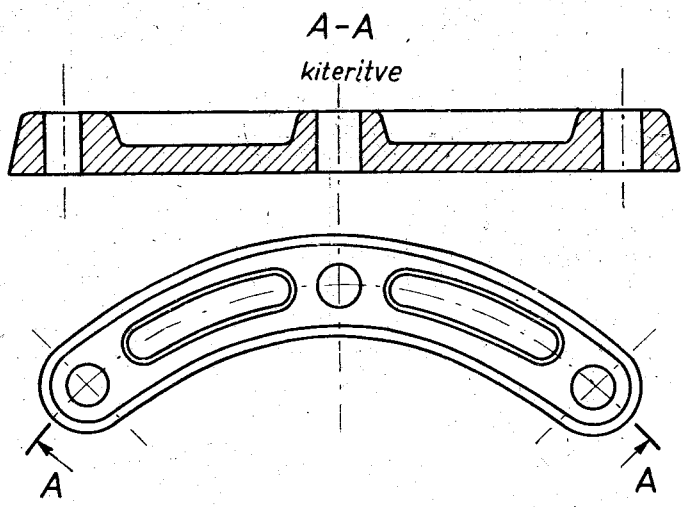
A metszősík rendszerint a tárgy valamelyik szimmetriasíkja. Az egyetlen sík metszésével előállított képet *egyszerű metszetnek* nevezzük. Rajzolhatunk azonban tetszőleges más síkkal való metszeteket is. Aszerint, hogy a főábrához képest miként helyezzük el a metszősíkot *(202. ábra)*, beszélhetünk *hosszmetszetről* (*1* jelű), *keresztmetszetről* (*3* jelű) és *szintmetszetről* (*2* jelű). Zárt tér, pl. épület, vágat stb. esetében a szintmetszetet *alaprajznak* is nevezzük.

Vannak olyan géprészek, amelyek ábrázolásához mindhárom metszetre, sőt esetleg a további metszetekre is szükség van.

Az egy síkkal való metszés esetében nem mindig, de több síkkal való metszésnél okvetlenül be kell jelölni a metszősíkok nyomvonalait a megfelelő másik vetületen. *A metszősík nyomvonalát vékony pontvonallal kell megrajzolni*, amelynek a végeit vastag kihagyásos vonalra növeljük fel, és a metszet szemlélési irányára utaló nyilakkal is ellátjuk. A *203. ábrán* a metszősík feltüntetése határozza meg egyértelműen, hogy a hosszúkás képek közül melyik jelent ékhornyot és melyik átmenő furatot.



203. ábra. Sokszor egyetlen metszet nyomvonalát is jelölnünk kell



204. ábra. Ívelt alkatrész kiterítése

A vetítés irányát a megvastagított vonalszakaszra merőlegesen rajzolt vékony nyíllal tüntetjük fel A megvastagított vonalszakasz kb. 2 mm-rel nyúljon túl a nyíl hegyén. A nyomvonalszakasz végein a vetítés irányát jelölő *nyilak szára mellé* a nyíl irányától függetlenül, mindig alulról olvasható egy-egy azonos betűt, pl. *A—A*-t írunk, és a metszet rajza felett ugyanazokat a betűket kötőjellel összekapcsolva helyezzük el *feliratként*. Ha egyetlen síkkal való metszés esetén *mindkét vetítési irányban* lefordítjuk a metszetet, akkor a vetítések irányát jelölő nyilak egymással szemben mutathatnak a közös nyomvonal vastagított szakaszára.

A metszet ívelt alkatrésznél egyszerűsíthető az ívelt alkatrészek egyenesbe való egyszerű kiterítésével. Az ilyen metszetet „*kiterítve*" felirattal is el kell látni *(204. ábra)*.

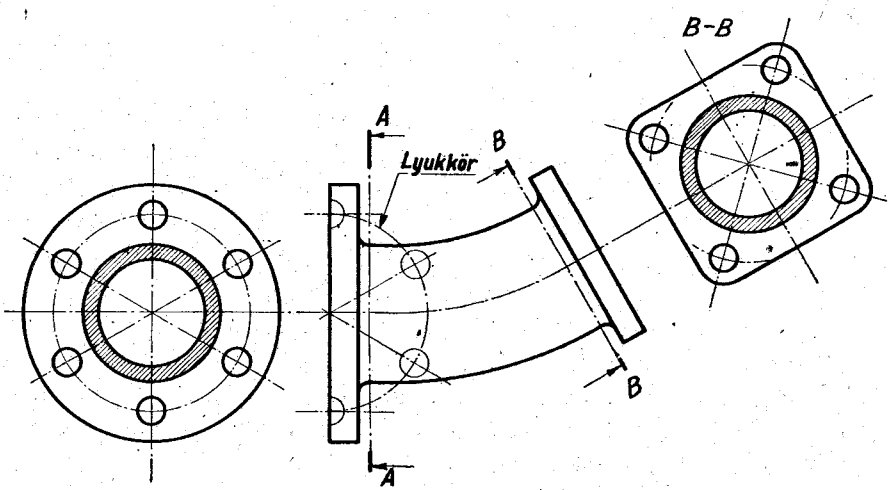
Ha a darab úgy kívánja, a *metszetet ferdén is síkba fordíthatjuk*, pl. a *205. ábrán* levő csőidomdarabnál a jobb oldali négyszögletes karima ábrázolására és a rajta levő furatok feltüntetésére közvetlenül a karima mellett képzeljük el a csövet át-

metszve, és a metszetet ferdén fordítjuk le. A bal oldali karimánál hasonlóképpen járunk el. Ezáltal megtakaríthatjuk a ferdén fekvő karima nézetének nehézkes ábrázolását, vagyis így célszerűen alkalmazott metszetek ferde lefordításával egyszerűbb ábrákat kapunk. A *205. ábrán* a bal oldali képre csupán a csavarlyukak számának megadása miatt van szükség. Ezt a képet megtakaríthatjuk azáltal, hogy csak a lyukak középvonalain keresztülmenő szimmetriakör, az ún. *lyukkör* felét fordítjuk le az ábra középső nézetén berajzolt módon, vagy pedig az ábra mellett tüntetjük fel a lyukkört, és rajta a furatokat vastag folytonos vonallal rajzoljuk meg.

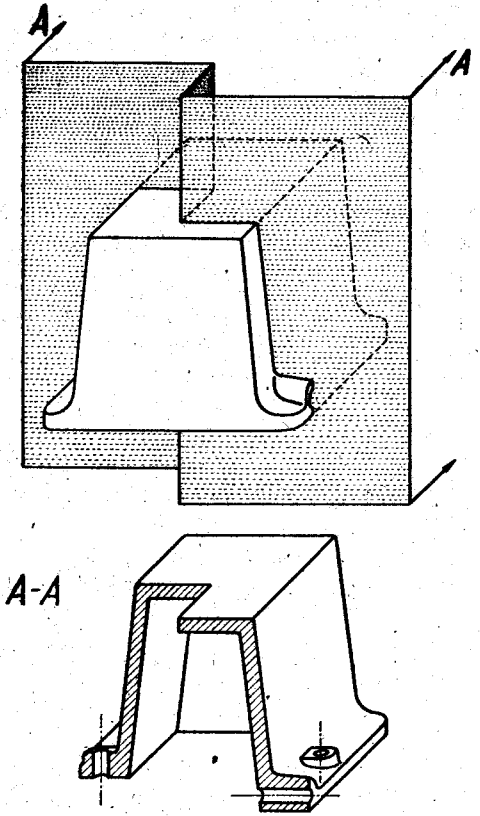
A metszősíkot lépcsőzetesen is továbbvihetjük *(206. ábra)*, egymással párhuzamos síkok különböző helyeken metszhetik keresztül az alkatrészt *(206. ábra)*. Befordított metszetnek is nevezzük a két vagy több, egymáshoz szögben csatlakozó, vagyis lépcsős metszősíkú részmetszetekből összetett metszetet *(207. ábra)*.

A metszet sokszor több különböző irányban egymáshoz csatlakozó, részmetszetekből *(208. ábra)*, ritkán görbe felületekből tevődik össze. Az ilyen metszetet *összetett metszetnek* nevezzük. Lépcsős és összetett metszet esetén a sarkoknál is megvastagítjuk a metszősíkokat bejelölő pontvonalat. Ha egy alkatrésznél sok metszetet veszünk fel, akkor az egyes metszeteket a rajzlap jobb kihasználása végett bárhova elhelyezhetjük, a lefordítás irányát azonban nyilakkal, a nem lefordítási helyére rajzolt metszet hovatartozását pedig betűkkel egyértelműen kell feltüntetni.

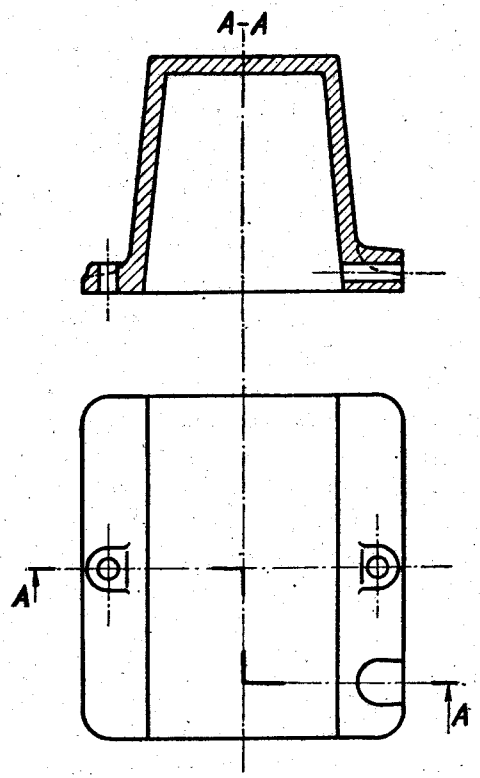
Ferde nyomvonalú metszetet a képsíkba való befordítással tüntetünk fel, a nyomvonal kezdetén és végén két betűjelöléssel, pl. a *209. ábra befordított lépcsős metszetet* tüntet fel. A ferde metszet befordításakor egyúttal kiterítjük a tört vagy íveléssel menő nyomvonalnak megfelelő metszett felületeket. A *kiterített metszet* tehát két vagy több, egymáshoz szögben csatlakozó, esetleg ívben menő nyomvonalnak megfelelő, egyetlen vetületben egyesített *összetett* metszet.



205. ábra. A metszet mindig alkalmazkodjék a célszerű vetítéshez



206. ábra. Lépcsős metszet keletkezése



207. ábra. Párhuzamos metszősíkok (lépcsős metszet) jelölése

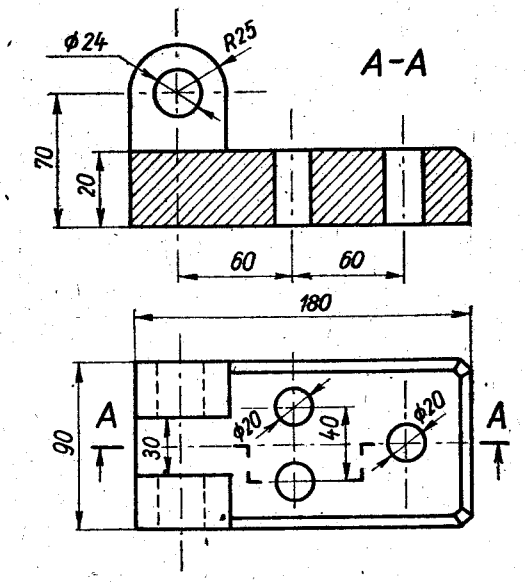
A darab természetétől függően a metszetet készíthetjük az eddig ismertetett módon úgy, hogy a teljes tárgyon keresztülmegy a metszősík. A metszősíkot lehet azonban csupán a *darab egyik felén — a középvonalig — vezetni*, miként azt a *210. ábrán* feltüntetett keresztirányú csőelágazáson szemlélhetjük. Az ilyen metszetet részmetszetnek nevezzük. Olyan géprészeknél, amelyeknél a két fél egymásnak tükörképe, ez a leghasználatosabb ábrázolási mód, azaz a *vetület egyik felét metszetben, a másikat pedig nézetben ábrázoljuk*, mintha a tárgy egynegyedét távolítottuk volna el. A *210. ábra* egyméretű axonometriában is mutatja az ilyen vetületek keletkezését. A vetületen ilyenkor nem tüntetjük fel külön a metszősík határvonalát, hanem csak a középvonalat rajzoljuk meg. Szakadozott vonalakat, mint nem látható részleteket, általában egyik képen sem szoktunk feltüntetni.

A *210. ábrán* a nyilakkal ellátott vékony vonalak a hengerfelületek találkozásánál áthatási hiperbolák (lásd 22. fejezet) legbelső pontjainak szerkesztését mutatják.

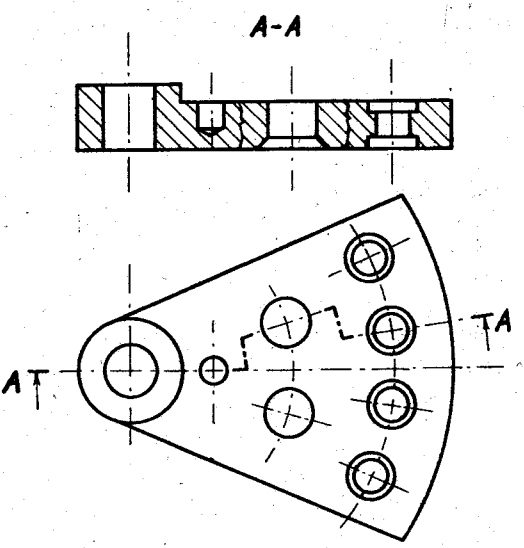
Ezek a jellegzetes áthatási pontok az alsó képről felvetítéssel nyerhetők. Ha a megszerkesztett áthatási vonalnak a kontúrvonaltól való eltérése kisebb lenne a rajzon alkalmazott vonalvastagságnál, akkor a szerkesztés szerinti rajzolása mellőzhető, a kontúrvonallal egyberajzolhatjuk.

Ha a tárgynak csupán egy tetszőleges kis részét kell feltüntetni metszetben — mintegy kitörve —, akkor a *metszetet vékony, szabadkézi törésvonallal határoljuk el (211. ábra)*. Az ilyen ábrázolást *kitörésnek* nevezzük. A metszet és a nézet ennél az ábrázolásnál is ugyanazon a képen van.

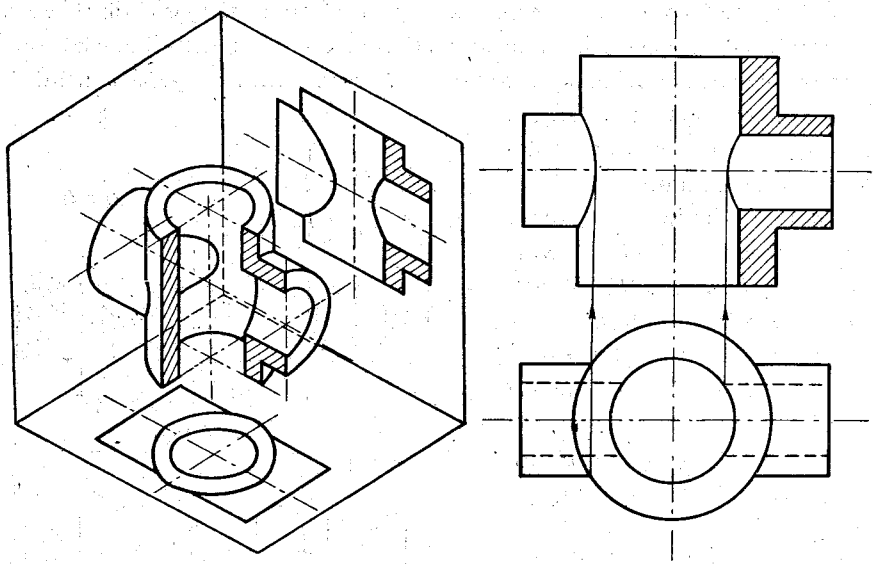
Ha a metszősík mögötti részek *nézetének* feltüntetése zavaró, pl. lépcsős tengely keresztmetszetén a koncentrikus körök ábrázolása, vagy a tárgy alakjának meghatározásához nem okvetlenül szükséges a mögöttes részek feltüntetése, és megrajzolásuk is nehézséget vagy feleslegesen sok munkát okozna, pl. torzult részletek volnának benne, akkor vetület helyett csak a képsíkba 90°-kal befordított és bevonalkázott *szelvényének* megrajzolására szorítkozunk. *(212. ábra)*. A szelvény megrajzolható a nézet kontúrvonalain belül is és a vetületen kívül is. A kontúrvonalon belül a szelvényt vékony folytonos vonallal rajzoljuk meg; de lehet a vetület töréssel megszakított részei között elhelyezni, akkor *vastag* vonallal határoljuk. Ha a szelvény a vetületen kívül van, akkor is vastag kontúrral rajzoljuk meg. Ilyenkor a szelvényt középvonallal kötjük össze, és feliratot nem alkalmazunk. Hogyha azonban a szelvényt nem a helyét megadó középvonalon, hanem távolabb helyezzük el, akkor a vetületen a metszés nyomvonalát, a ve-



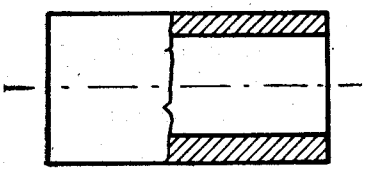
208. ábra. Összetett metszet



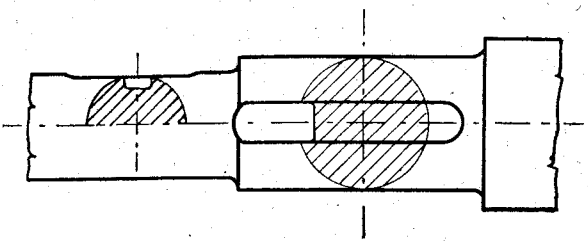
209. ábra. Befordított lépcsős metszet



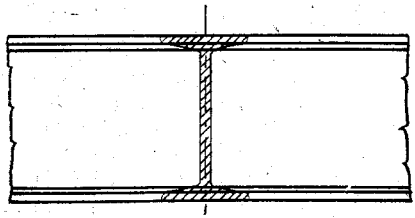
210. ábra. Félmetszet keletkezése és ábrázolása

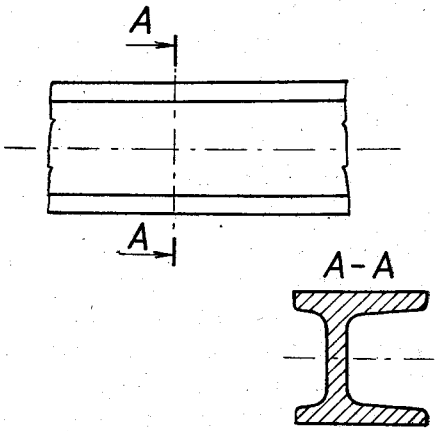


211. ábra. Metszet határolása vékony szabadkézi törésvonallal



212. ábra. Szelvény ábrázolása



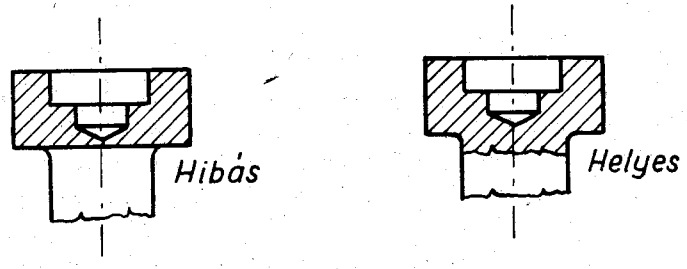


213. ábra. Szelvény egyszerűbb jelölése

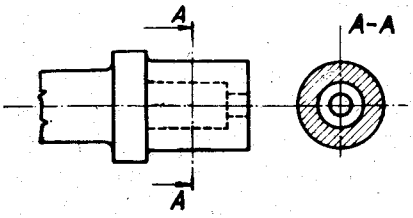
títés irányát és a betűjelét, valamint a szelvény felett *feliratot* helyezünk el, vagyis ugyanúgy kell feltüntetni, mint a metszet esetében *(213. ábra* jobb oldala*)*.

A szelvénykészítés módszerét alkalmazzuk hengerelt idomacélokból készített acélszerkezetek rajzainál is. Itt a szelvény mellé be szokás még írni a tartó jelét és számát, továbbá a szabványszámot is *(213. ábra* bal oldala*)*.

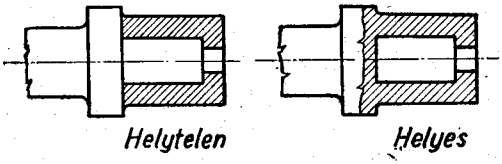
A metszősík határvonala vastag folytonos vonal vagy szaggatottan rajzolt, eltakart él sohasem lehet. Tehát pl. a *214. ábrán* rajzolt üreges rúdvég helytelen metszési mód-



214. ábra. Metszősík határvonalának helytelen ábrázolása



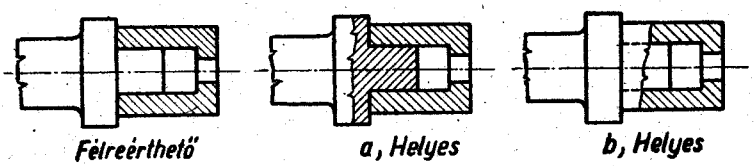
215. ábra. Üreg feltüntetése metszet segítségével



216. ábra. Helytelen metszetfeltüntetés

ja a bal oldali, helyes a jobb oldalon feltüntetett, amikor is a metszősíkot továbbvittük lefelé, és szabadkézi elhatárolással fejeztük be a metszetet.

A metszet határvonala tehát nem lehet vastag folytonos vonal, mert az könnyen tévedésre adhat okot. Pl. a *215. ábrán* a rúd végén levő üreget a harmadik képen metszettel tüntettük fel. Ha a bal oldali főábrát is metszetben akarjuk megrajzolni, akkor a *216. ábra* bal oldali képe szerint helytelen eljárni, mert ez külön darabnak mutatja a vonalkázott részt, mintha kupakot helyeztünk volna a rúd végére. Határozottabban tünteti fel a *216. ábra* jobb oldala, ahol a metszősíkot balra továbbvittük, és szabad kézzel határoltuk el. Ha külön két egymáshoz illesztett darabot kell ábrázolni, akkor a *217. ábra* bal oldali képe szerint ábrázolhatjuk, ez azonban



217. ábra. Alkalmazzuk helyesen a metszethatárokat

félreértésre adhat okot: ezért célszerű nagyobb részen metszeni a középső, *a* jelű kép szerint, hogy értelmesebbé tegyük a rajzot, vagy pedig a jobb oldali *b* jelű kép szerint járhatunk el, amikor csupán az üres kupakot tüntetjük fel *kitöréssel*, és a benne levő tömör alkatrész nézetben marad. A kitörés célja többnyire bemélyedés, üreg, furat megmutatása. Kitörést általában nézeten alkalmazunk, rajzolható tehát kitörés metszetnek valamelyik nézeti részén is. Metszet *szelvényén* azonban kitörést lehetőleg ne készítsünk. Profilrészlet, pl. csavarmenet profilja, a menet jelképén kitörés nélkül is megadható.

20. Metszetek alkalmazásának szabályai

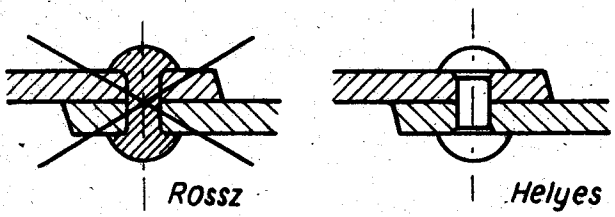
A metszetekkel való ábrázolásnál a rajz érthetőségét emelik az alábbi megkötések:

Mivel a metszetek az üreges gépalkatrészek belsejének a láthatóvá tételére alkalmasak, ezért tömör alkatrészeket, pl. *szegecset, tengelyt, tengelycsapot, csapszeget vagy egyéb tömör géprészt hosszában nem metszünk, hanem ezeket mindig nézetben tüntetjük fel.*

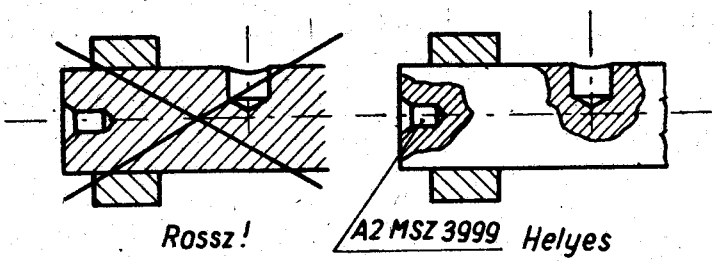
A *218. ábrán* a szegecskötés helytelen és helyes ábrázolását látjuk. A szegecsfurat széleit kúposan kisüllyesztjük, hogy a szegecsfej szárba való átmeneténél levő lekerekítése elhelyezkedhessék; a kisüllyesztés fokozatos átmenetet ad mindkét oldalon a fej és a szár között. A szegecs nézetén a fejek alatti vonal a kisüllyesztést kitöltő anyagrészt határolja el.

A *219. ábra* bal oldala helytelen, mert a tengely teljesen metszetben van ábrázolva. Helyes ábrázolásnál csupán a furatok körül határolunk el vékony folytonos vonallal kis részt, és csak ezt rajzoljuk meg metszetben, jobban mondva, kitörést alkalmazunk. A függőleges furat felső részén áthatási vonalat rajzolunk. Ha a furatot csigafúróval készítjük, akkor a furat fenekét 120°-os kúposságúnak rajzoljuk, mert a csigafúró hegye általában 120°-osra van köszörülve. Ezt a kúpszöget a rajzon nem írjuk be.

Esztergályozáskor a tengely végét kúpos végződésű nyeregszeggel támasztjuk meg, amelynek csúcsszöge 60°. A tengely végére központosító furatot készítünk, amelynél a 60°-os külső kúpfelület 2—3 mm átmérőjű hengeres résszel folytatódik,



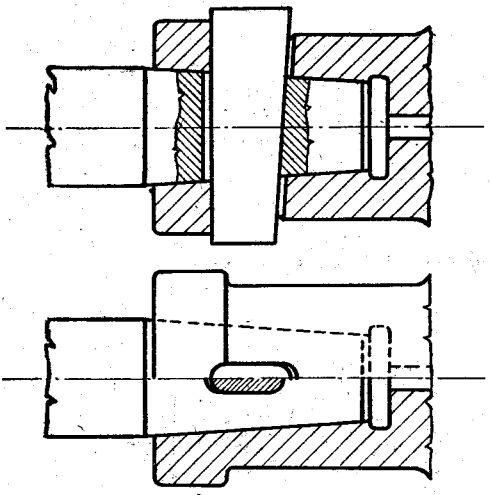
218. ábra. Szegecskötés helytelen és helyes ábrázolása



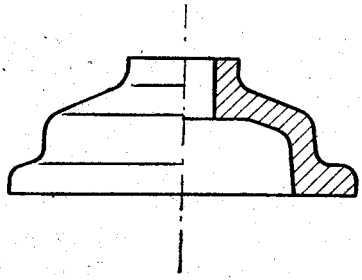
219. ábra. Helytelen a tengelyt hosszában metszeni

hogy a nyeregszeg csúcsa ne tudjon felfeküdni, és ezért idő előtt el ne kopjék. A furat feneke itt is 120°-os kúposságú. Ezt a furatot is szabadkézi vonalelhatárolással tüntetjük fel a *219. ábra* szerint, ha metszetben ábrázoljuk. A központosító furat méretmegadása helyett hivatkozunk az MSZ 3999 szabványban levő jelölés előírására. Az ábra balnézetén, az oldalnézetben két kis kör jelezné a központosító furatot, ezt a két kört azonban a tengely végét ábrázoló képeken, ha meg is rajzoljuk ezeket a képeket, általában nem szoktuk feltüntetni. A nagy kiterjedésű, különösen a részben megrajzolt gépalkatrész metszeténél elegendő csak a szegélyét vonalzattal ellátni.

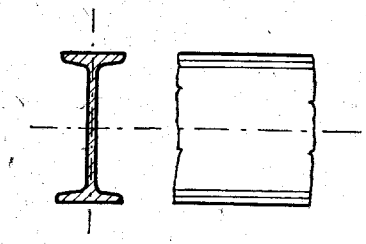
A *220. ábra* rúdnak egy hüvely kúpos furatában keresztékkötéssel való rögzítését mutatja. Az összekötendő két alkatrészen hosszúkás nyílást készítünk, és a furatban éket helyezünk el. Helyes ábrázolásnál a felső képen a rudat és az éket nézetben kell megrajzolni mint tömör alkatrészeket. Az éket azonban úgy tesszük teljesen láthatóvá, hogy a rudat az ék közelében szabadkézi elhatárolással, metszetben ábrázoljuk. Az ék feladata, hogy a rudat a kúpos furatba beszorítsa. A felfekvését az egyes felületeken ennek megfelelően kell feltüntetni; a rúdon jobb oldalt, a hüvely széleinél baloldalt van a felfekvés. A hüvelyt a nyílásnál merevítőövvel erősítjük meg. Az ék furatát célszerű az övig elvinni, hogy nagyobb felfekvési felületet nyerjünk. Az ék furatának végeit nem sarkosra, hanem félkör alakúra kell készíteni, hogy ezáltal elkerüljük az *éles szögleteket, az éles szöglet ugyanis törést okozó kezdő repedéseknek szokott a kiindulási helye lenni, emiatt kell kerülni.* A hü-



220. ábra. Keresztékkötés helyes rajzolása



221. ábra. Tagolóvonalak

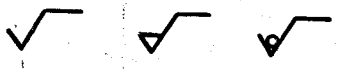


222. ábra. Hengerelt munkadarabon a tagolóvonal megszerkesztése

velyben a furat fenekén a kiszélesítés a hüvely kúpos furatának könnyebb megmunkálását, a köszörülését segíti elő. A sarkokat is lekerekítéssel rajzoljuk meg, mivel a furat készítésére szolgáló esztergakés hegyének mindig van kis lekerekítése. Az alsó kép fele nézet, fele metszet. Az alsó metszetben az ék szélességét a felső képen a középvonalnál levő ék szélességének megfelelően kell berajzolni. A nézetnél jobboldalt meg kell rajzolni a töréshatárt mutató szabadkézi vonalat, amit a metszetnél is folytalólagosan meghúzhatunk. A felső képen is a kis furat miatt célszerű szabad kézzel rajzolt határvonallal befejezni a vonalkázást. Ha a felületek csatlakozása a lekerekítés miatt nem éles, pl. öntvényen, összetett kontúrú forgásfelületen és hengerelt vagy sajtolt idomokon, akkor *tagolóvonallal* jelöljük azokat a képzelt éleket, amelyek a gömbölyítő felületek, henger, gyűrű stb. elhagyása esetén az alkatrészt határoló felületek metszéseként adódnak *(221. ábra)*. A tagolóvonalat vékony folytonos vonallal rajzoljuk, gömbölyített átmeneteknél a vetület kontúrjához nem kapcsolódik.

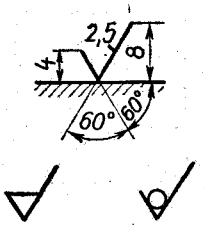
Hengerelt idomanyagból készült munkadarabok műhelyrajzán a szelvény alakjából kell a tagolóvonalakat megszerkeszteni *(222. ábra)*. Ha azonban az övek lejtésének feltüntetése nem szükséges, akkor a tagoló vonalpár helyett *egyetlen* vastag vonalat rajzolunk. Mivel ez a vastag vonal csak jelkép; ezért méretmegadáshoz nem használható. Ilyen egyszerűsítés *eltakart* részlet megmutatására is alkalmazható szakadozott vonallal. Hason-

lóképpen szabad az öntvényekre és kovácsolt darabokra jellemző *enyhén kúpos* vagy *lejtős* felületek vetületeit is egyszerűsítve, egyetlen vonallal rajzolni, feltéve, hogy az egyértelmű meghatározáshoz a tagolóvonalak nem szükségesek.



223. ábra. Érdességi jelek

A gépalkatrészeken vannak felületek, amelyeket *nyersen hagyunk,* vagyis ahogy az öntési, a kovácsolási vagy a hengerlési eljárás alól kikerültek, bizonyos felületeket pedig *megmunkálunk. A nyers felületek mindig legömbölyítéssel csatlakoznak. Éles sarkok csak a megmunkálással készített felületeknél lehetnek.*



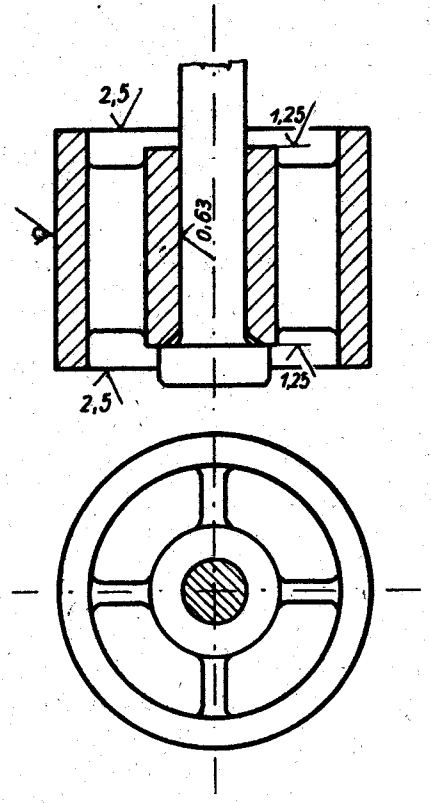
224. ábra. Érdességi jel utasítással

A gépalkatrészek felületeit az elkészítés számára *érdességi jellel* kell ellátni (MSZ 15). Az érdességi jel elhagyható azoknál a felületeknél, amelyeknél illeszkedési, szilárdsági, esztétikai vagy egyéb szempontok simasági követelményeket nem támasztanak, vagy ha az alkalmazható technológiával, pl. nyers öntés, kovácsolás, fúrás, darabolás, fűrészelés stb., szokásosan előállított érdesség is elfogadható. Nem kell érdességi jelet tenni azokra a felületekre sem, amelyeknek érdességét valamilyen szabvány vagy rajz egyértelműen előírja, ha rá a rajzon utalunk. Félkész áruból készült alkatrészeknek tehát csak az utólag előállítandó felületeit kell érdességi jellel ellátni.

Az érdességi jel jelképből és az érdesség mikrométerben (μm) kifejezett mérőszámából áll. Az érdességi jelekről és azok alkalmazási szabályairól később az 54. fejezetben még bővebben lesz szó. Itt csupán a helyes ábrázolás végett foglalkozunk velük. Az érdesség alapjelképe 60°-os egyenlőtlen szárú nyitott ék. Ez a jelkép nem utal a felület megmunkálási módjára. Géprajzokon elsősorban ezt a nyitott éket kell alkalmazni a *223. ábra* felső képe szerint. A bal alsó *zárt éket* a feltétlenül forgácsolással előállítandó felületekre alkalmazzuk, a feltétlenül forgács nélküli alakítással előállítandó felület érdességi jelképe az alsó, jobb oldali *körös, nyitott ék.* Ezek a jelképek kiegészíthetők vízszintes vagy a jelölt felülettel párhuzamos *aláhúzó vonallal* az érdességgel kapcsolatos esetleges szöveges utasítás vagy magyarázat részére *(224. ábra).*

Az érdesség mérőszámai az MSZ 4722 szerint választandók. A jelkép vonalvastagsága az érdességi mérőszám felírásához használt vonalvastagság, a mérőszám legalább 2 mm magas legyen, de legfeljebb akkora, mint az egyéb mérőszámok.

A *225. ábra* alsó képe felülnézetben két csövet mutat, amelyeket küllőszerűen keskeny lapok, ún. *bordák* kötnek egymáshoz. *Bordát,* azaz a vastagságához képest nagyobb felületű, lemezszerű részeket *nem szabad hosszmetszetben ábrázolni.* Mivel a bordát nem szabad metszetben ábrázolni, azért a felső képen csak a csöveket metszhetjük el, a bordát pedig úgy ábrázoljuk, mintha a metszősík közvetlenül a borda előtt haladna el, vagyis a bordát a szabály értelmében nézetben rajzoljuk le.



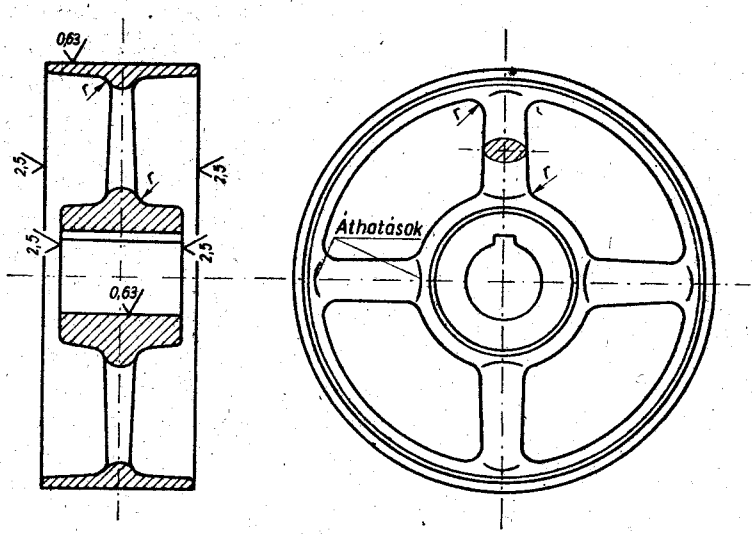
225. ábra. Érdességi jelek és bordák ábrázolása

A felső ábrán a belső csőben elhelyezett hengeres rudat, amelynek feje tartja az alkatrészt, szintén nézetben kellett feltüntetni mint hengeres, tömör alkatrészt. A bordát mindenütt lekerekítéssel kell csatlakoztatni, mert nyersek a felületei. Megmunkált felületek a cső végénél és a rúd számára szolgáló furatnál vannak. A rúdfej lekerekítéssel csatlakozik a szárhoz, részint, hogy a kezdődő repedés kiinduló-helyét képező éles szögletet elkerüljük, részint mivel a fent említettek szerint az esztergakés az átmenetet rendszerint nem munkálja ki sarkosra. A furat szélét a rúdfej-lekerekítés elhelyezése céljából sarokletöréssel kell készíteni.

Szíjtárcsák, kötéltárcsák, fogaskerekek stb. küllőit nem szabad metszetben ábrázolni.

A küllőket az előbbi ábrához hasonlóan a *226. ábra* bal oldali képe szerint nézetben kell feltüntetni. Az öntöttvas szíjtárcsa vékony külső koszorúból, a belső vastagabb agyból és e kettőt összekötő küllőkből áll. Az agy furatába a tengelyre való felerősítés végett szabványos méretű ékhornyot kell bemunkálni. Ebbe kalapálják bele a későbbi fejezetben ismertetésre kerülő kötő gépelemet, az éket. Az ék biztosítja a merev kapcsolatot a tárcsa agya és a tengely között.

Küllők csatlakozásánál az agyon is és a koszorún is a küllő szélességének megfelelő, közel félkör keresztmetszetű gyűrűt viszünk körül, amely részint merevítésre szolgál, amire főleg a koszorúnál van szükség, részint pedig a koszorúhoz, illetve agyhoz a küllő számára fokozottabb anyagátmenetet tesz lehetővé. A küllő keresztmetszete ellipszis, amelynek a tengelyviszonya 1:2 és 1:2,5 között lehet. A küllőkeresztmetszetet mint szelvényt az egyik küllőnél pontvonallal bejelölt metszősíknak 90°-kal az ábra síkjába való befordításával tüntethetjük fel. A szelvény körvonalát vékony folytonos vonallal húzzuk ki. A küllőket a koszorú kerületén működő szíjhúzás hajlításra veszi igénybe, éspedig leginkább az agyhoz csatlakozó keresztmetszetet. Emiatt az igénybevétel miatt a küllőket befelé vastagítjuk kb. 5/4 arányban. Az ellipszis keresztmetszetű küllők a merevítő gyűrűhöz áthatásokkal csatlakoznak. Ha egy áthatási vonalnak a végei lekerekítéssel bíró sarokrészekhez csatla-

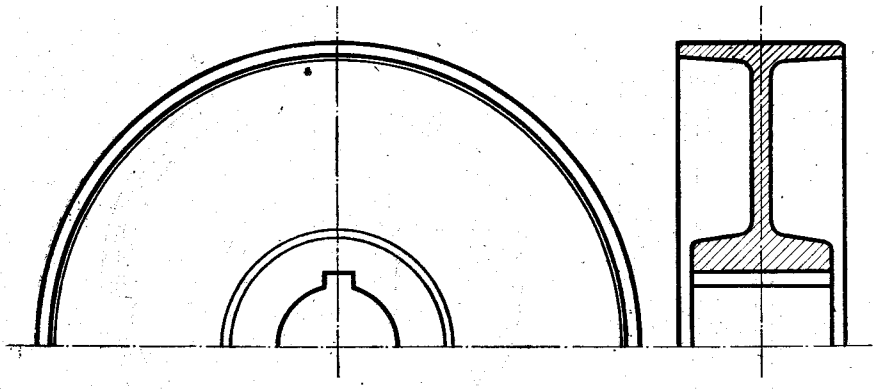


226. ábra. Küllők ábrázolása

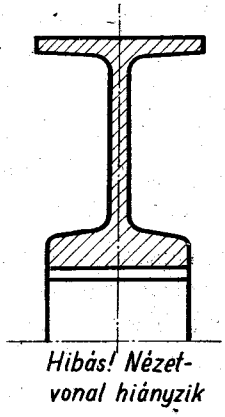
koznak, akkor nem húzzuk őket egészen a lekerekítési körívig, hanem pár milliméterrel előbb fejezzük be. Ilyenkor az áthatási vonalat tagolóvonalként vékony folytonos vonallal rajzoljuk meg. A küllő körül, a küllők végeinél az *r* lekerekítési sugarakat körül egyformára kell venni, mert ezt a sarokkitöltést a mintaasztalos a famintán rendszerint úgy állítja elő, hogy gittel körülkeni a sarkokat, és az ujjával vagy valamilyen kéziszerszámmal körülsimítja. Nagyobb méretű szíjtárcsáknál a belső részen, az agyhoz a küllőket nagyobb lekerekítéssel csatlakoztatjuk, mint a koszorúnál. A koszorú külső felülete, az oldala, az agyfurat és esetleg az agy egyik vagy mindkét oldala megmunkált felület. A koszorú nyersen maradó belső felületét kis kúpossággal készítjük, hogy a mintát formáláskor a homokból könnyebben lehessen kivenni (lásd az öntésnél). Ez a kúposság rendszerint kicsi. Az agynál már erősebb kúposságot alkalmazunk.

Ha a *226. ábra* bal oldali képén a küllőket is metszetben, vagyis vonalkázással ábrázoltuk volna, akkor azt a teli tárcsa metszetével téveszthetnők össze *(227. ábra)*. Szimmetrikus alkatrészeknek gyakran csak a felét rajzoljuk meg. Kezdők a forgási testek metszetben való ábrázolásánál néha elkövetik azt a hibát, hogy a metszet mögött menő nézetvonalat mellőzik, pl. a telitárcsa metszetét a *228. ábra* szerint rajzolják meg hibásan.

Ha a telitárcsát könnyebbé akarjuk tenni, akkor a küllőtárcsában nagyobb kör alakú nyílásokat hagyunk, vagy a *229. ábra* szerinti kiképzést alkalmazzuk. Ez utóbbinál oldalerővel szemben úgy merevítjük a tárcsát, hogy az agytól kiindulva a koszorúig kétoldalt bordákat helyezünk el. Ezáltal kereszt alakú küllőzést kapunk,



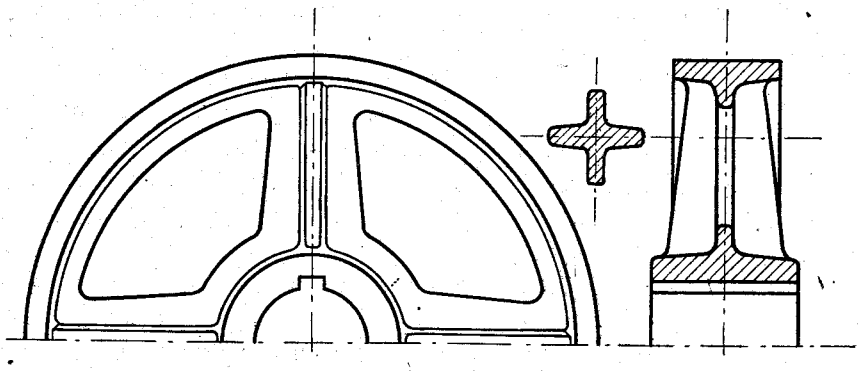
227. ábra. Telitárcsa ábrázolása



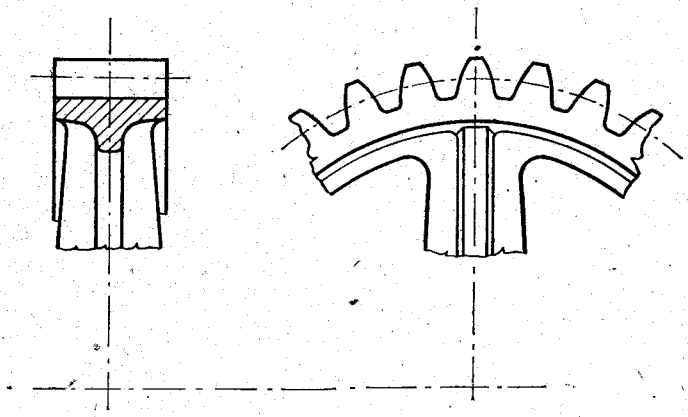
228. ábra. Hibásan rajzolt telitárcsa

amit erősebben igénybevett kerekeknél, pl. görgőknél, fogaskerekeknél használunk. Az agy felé szélesítjük a bordát, hogy a koszorún fellépő oldalerő hajlító nyomatékával szemben nagyobb keresztmetszeti tényezőt kapjunk. A küllőtárcsa végig egyforma vastag, hogy a mintáját deszkából könnyebben lehessen kivágni, az oldalt elhelyezett bordák a formázás megkönnyítése céljából kifelé vékonyodnak, és ezt a nézetben is feltüntethetjük két vonallal (l. a *230. ábrán).* A kereszt alakú küllőzésnél a küllő szelvényét az ábra mellett beforgatással célszerű megadni.

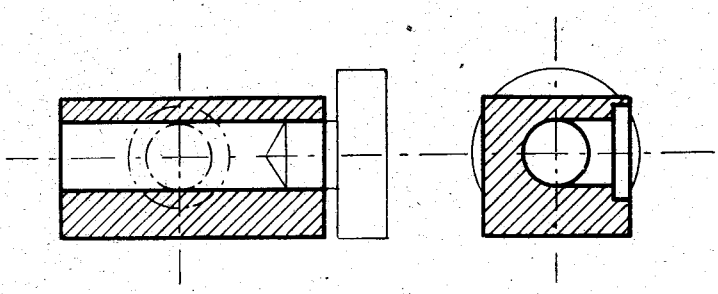
A *fogaskerekek fogait nézetben kell ábrázolni,* amint az a *230. ábrán* baloldalt látható.



229. ábra. Könnyítés a telitárcsában



230. ábra. Keskenyedő borda és fogaskerék fogának ábrázolása

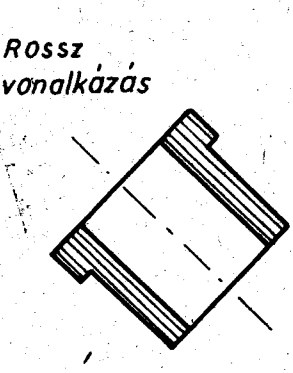


231. ábra. Metszet előtt levő részek vékony pontvonallal való feltüntetése

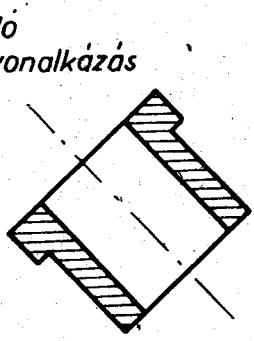
A *metszet előtt levő részeket vékony pontvonallal tüntethetjük* fel. A *231. ábra* hosszmetszetén ezzel a módszerrel tüntetjük fel az oldalfurat helyét. Metszet előtt levő részeket azonban ritka esetben ábrázolunk, csak akkor, amidőn néhány vonallal megtakaríthatunk egy egész képet.

Olyan csatlakozó alkatrészeket, amelyek csak mellékesen vannak feltüntetve, a szerelés megkönnyítése céljából *vékony folytonos vonallal rajzolunk meg*, pl. a *231. ábrán* a hosszanti furatban levő dugót. Az így ábrázolt alkatrészeket üvegszerűen átlátszóknak tekintjük, ezért a mögöttük levő nézetvonalakat és egyéb részleteket fel kell tüntetni. Üreges csatlakozó alkatrészeket vékony folytonos vonallal megrajzolva még vonalkázhatunk is.

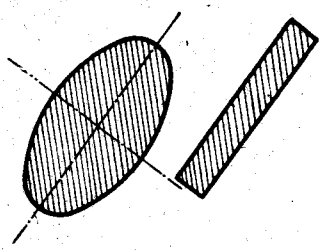
A metszett felületek vonalkázásánál vigyázni kell arra, hogy egy ábrán levő és *ugyanazon munkadarabhoz tartozó metszett felületrészek vonalkázása egy irányú legyen* még akkor is, ha az átmetszett részek egymástól távolabb vannak. A vonalak egymástól való távolsága kb. 1,5 mm, általában igazodik a rajz méretarányához,



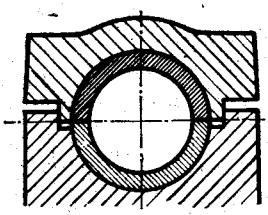
232. ábra. Ferdén rajzolt alkatrészt helytelen így vonalkázni



233. ábra. Ferde ábra helyes vonalkázása



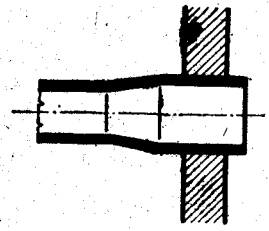
234. ábra. Így vonalkázunk ferde elhelyezésű ábrán



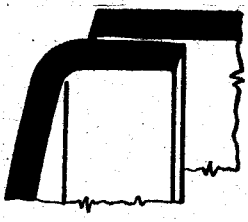
235. ábra. Két metszett alkatrész vonalkázással való megkülönböztetése

a darabnagyságokhoz, illetve a vonalkázott felület nagyságához, szélső értékben 0,5 és 4 mm között változhat. Ferdén rajzolt alkatrészeknél *(232. ábra)* a nézetvonallal párhuzamos vonalkázás hibás, mert azt a benyomást kelti, mintha lemezből volna előállítva az illető alkatrész. Ilyenkor vízszintesen *(233. ábra)* vagy pedig függőlegesen húzhatjuk a vonalkázást *(234. ábra)*, illetve úgy, hogy a tárgy főirányához vagy középvonalához képest 45°-os szöget zárjon be. Ha *két metszett alkatrész találkozik* egymással, akkor az *egyik részt balról jobbra, a másikat lehetőleg jobbról balra dőlő vonalakkal vonalkázzuk (235. ábra)*. Több alkatrész csatlakozása esetén a vonalak egymástól való távolságának változtatásával tesszük képiesebbé a rajzot. Összeállításban ezáltal bizonyos részeket sűrűbb, más részeket pedig ritkább vonalkázással emelhetünk ki. Kisebb darabokat sűrűbben, nagyobbakat pedig ritkábban vonalkázunk. A *235. ábrán* pl. a kétrészes öntöttvas csapágyházrész ritkábban, a bronzpersely pedig sűrűbben van vonalkázva.

2 mm-nél vékonyabb metszett alkatrészeket és általában kis metszett felületeket vonalkázás helyett inkább szokás *teljesen feketíteni*, különösen, ha nagy méretarányban ábrázolják az alkatrészeket *(236. és 237. ábrák)*. Ilyenkor a csatlakozó



236. ábra. Vékony falú alkatrészt befeketítünk vonalkázás helyett



237. ábra. Egymáshoz csatlakozó alkatrészek befeketítése

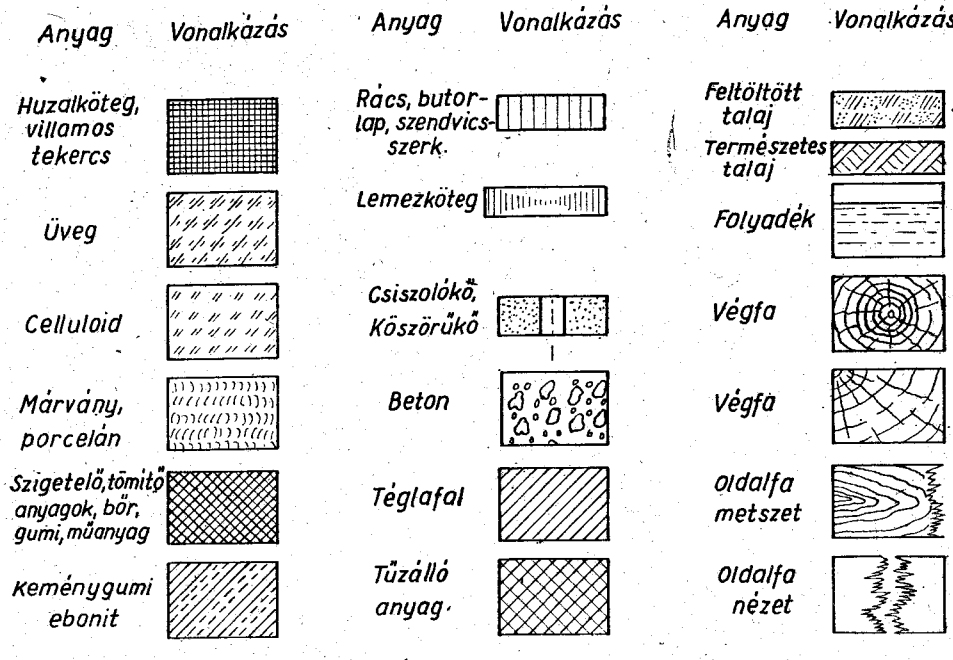
Anyag	Festés	Vonalkázás	Anyag	Festés	Vonalkázás	Anyag	Festés	Vonalkázás
Öntöttvas	szürke		Vörösréz	piros		Fehérfém, ólom, ón, horgany	világos-zöld	
Folytvas	kék		Sárgaréz	sárga		Könnyű-fém	zöld	
Acél	lila		Bronz	narancs		Nikkel, króm	világos-lila	

238. ábra. Anyagminőségek jelölése régi rajzokon

részek között hézagot hagyunk *(237. ábra)*, régebben fényélezték a befeketített felületeket, ezt azonban manapság már nem alkalmazzuk.

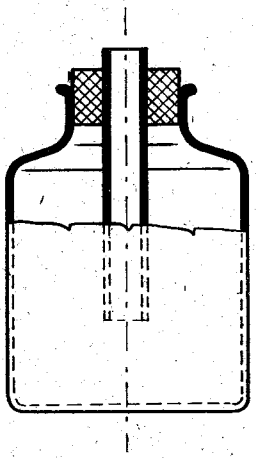
Régebbi géprajzokon szokás volt vonalkázás helyett a *metszett felületeket színezni.* A színezés egyúttal a metszett darab anyagminőségére is utalt *(238. ábra)*. A fénymásolás elterjedésekor a színezést el kellett hagyni, mivel *a színek nem másolhatók át.* Fénymásolási szempontból a vonalkázás megfelelőbb jelölési mód, ezért a vonalkázás különböző kivitelével lehet megadni az anyagminőséget, vagyis bevezették az anyagminőségtől függő különböző vonalkázásokat *(239. ábra)*. A különböző kivitelű vonalkázás elkészítése azonban egyrészt időt rabló, másrészt a szerkezeti anyagok száma már olyan nagy, hogy nem lehet minden anyagnak megfelelő egyértelmű vonalkázási fajtát használni. Ehelyett az *anyagminőséget a darabjegyzékben adjuk meg.*

A *jelenlegi géprajzokon csak ritkán emeljük ki az anyagminőséget vonalkázással* (MSZ 533). Általában a *nem fémes anyagokat* szokás különböző vonalkázással vagy jelöléssel kiemelni, minthogy ezek az anyagok ritkán szerepelnek a gépalkatrészeken. A különleges jelölés emeli az ábra képiességét. Bizonyos szerkezeti anyagoknál



239. ábra. Egyes szerkezeti anyagok jelenleg is használt jelölése

az anyagra jellemző jelölést nemcsak a metszetben, hanem a nézetben való ábrázolásnál is alkalmazunk *(239. ábra)*. Az üveg és egyéb átlátszó szilárd anyagú tárgyakat a takarás és a szelvényrajzolás szempontjából átlátszatlannak kell tekinteni *(240. ábra)*. Nagy és meghatározatlan terjedelmű felületeknél csak a szegélyen alkalmazzuk az anyagra jellemző jelöléseket.

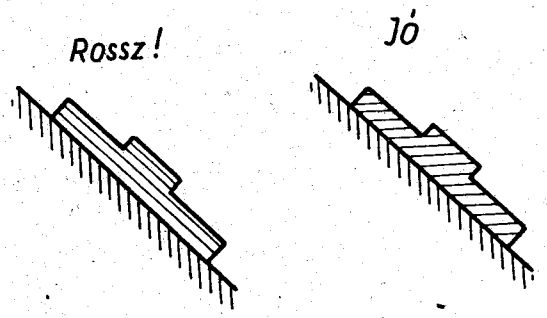


240. ábra. Átlátszó tárgyak ábrázolása

A fagerenda törésfelületét géprajzon a fa szálkás törését utánzó jellegzetességgel igyekezünk a valóságoshoz hasonlóan megrajzolni. Nézetben is az ábra szerint különbséget teszünk a hosszanti erezés és a végfa vagy bütü jelölése között.

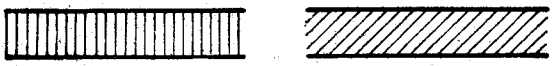
Végezetül a *241—251.* és *252. ábrákon* a metszési szabályok átismétlése céljából néhány metszet helytelen és helyes ábrázolását láthatjuk. A *241—251. ábrán* feltüntetett rossz képeken a következő főbb hibák vannak:

241. ábrán: A vonalkázás a kis alkatrésznél nem megfelelő irányú.



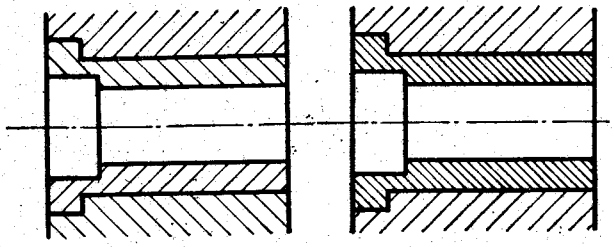
241. ábra. Példák helytelen és helyes vonalkázásra

242. ábra: A vonalkázás nem 45°-os.



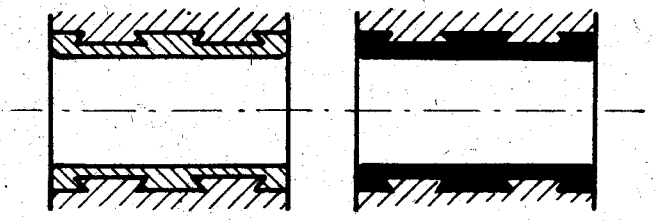
242. ábra. Példák helytelen és helyes vonalkázásra

243. ábra: A perselynek mint kisebb felületű alkatrésznek a vonalkázása ritka, és az egy alkatrészen levő vonalkázás nem lehet különböző irányú a felső, illetve alsó átmetszett felületeken.



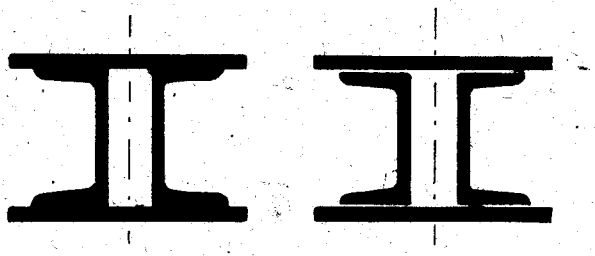
243. ábra. Példák helytelen és helyes vonalkázásra

244. ábra: A vékony falú bélésnél a vonalkázás nem ad jó képet.



244. ábra. Példák helytelen és helyes vonalkázásra és feketítésre

245. ábra: A csatlakozó alkatrészeknél nincs hézag.

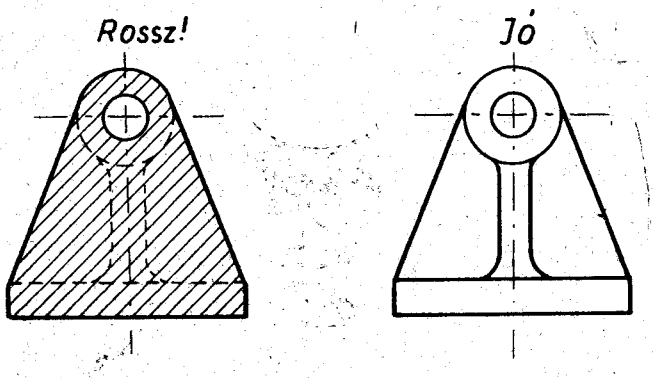


245. ábra. Példák helytelen és helyes feketítésre

246. ábra: A lánctagokat mint tömör alkatrészeket, hosszában nem szabad metszeni.

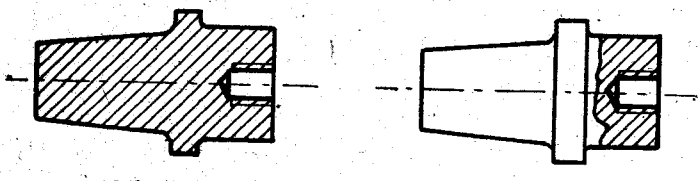
246. ábra. Példák helytelen és helyes vonalkázásra

247. ábra: Bordát nem szabad hosszában metszeni.



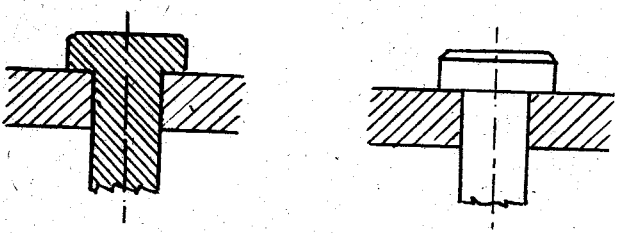
247. ábra. Példák helytelen és helyes vonalkázásra

248. ábra: Tömör alkatrészt nem szabad teljes hosszában átmetszeni.



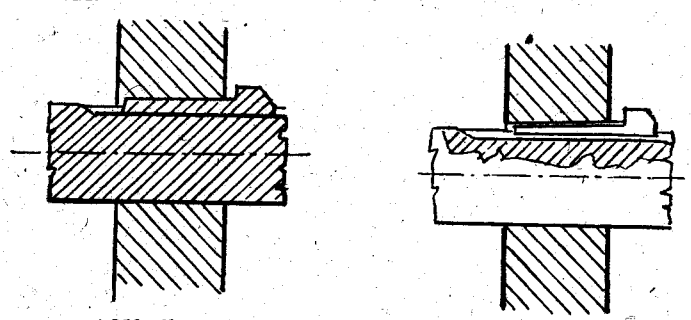
248. ábra. Példák helytelen és helyes vonalkázásra

249. ábra: A rudat mint tömör alkatrészt nem szabad metszeni.



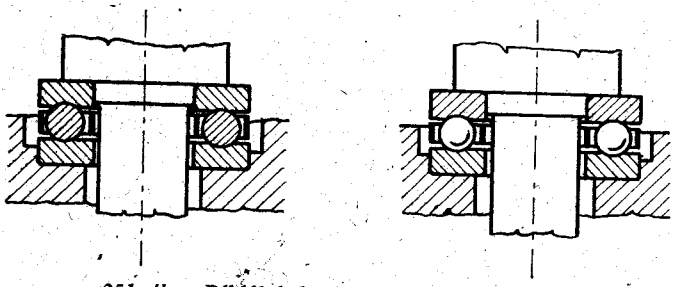
249. ábra. Példák helytelen és helyes vonalkázásra

250. ábra: A tengelyt és az éket mint tömör alkatrészeket nem szabad teljesen átmetszeni.

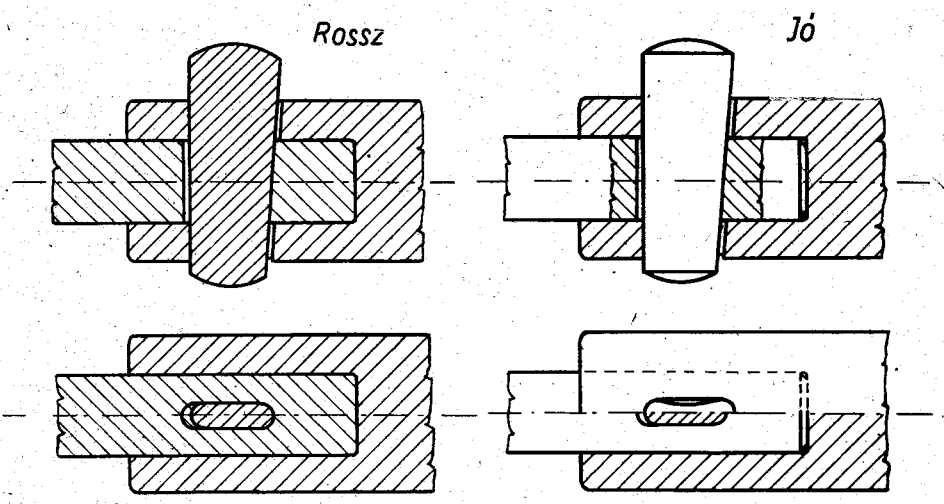


250. ábra. Példák helytelen és helyes vonalkázásra

251. ábra: A golyóscsapágy golyóit mint tömör alkatrészeket nem szabad metszetben ábrázolni.



251. ábra. Példák helytelen és helyes vonalkázásra



252. ábra. Keresztékkötés hibás és helyes ábrázolása

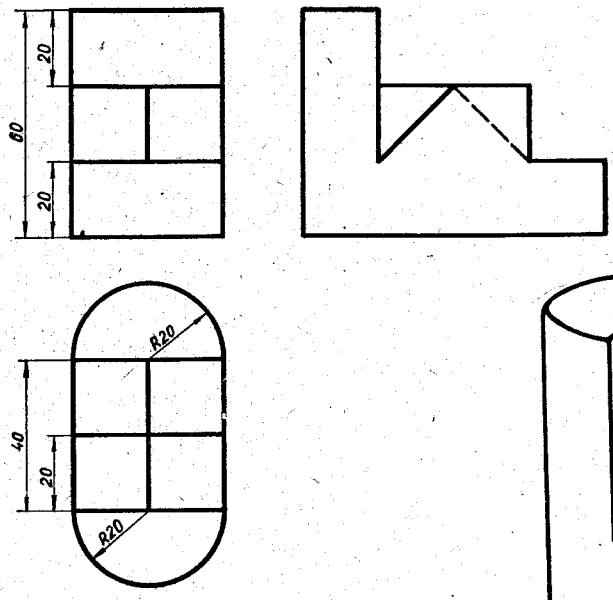
A *252. ábrán* a keresztékkötés rossz képein az ék hibásan, hosszában teljesen át van metszve, és a tömör rúd is teljesen metszetben van feltüntetve. Jó ábrázolásnál az éket nézetben ábrázoljuk, és a tömör rúdon csak helyi szabadkézi elhatárolású metszetek vannak.

A forgásfelületeken elhelyezkedő részleteket, pl. a tartályok palástján levő csonkokat, a rajz síkjába befordítva rajzoljuk. Metszősíkjaik nyomvonalát megrajzolni általában nem kell. Az alakhű nézettel való kapcsolatot betűjelek, pl. C_1 C_2 C_3 vagy utalások, pl. „*A* csonk" felírásával kell biztosítani.

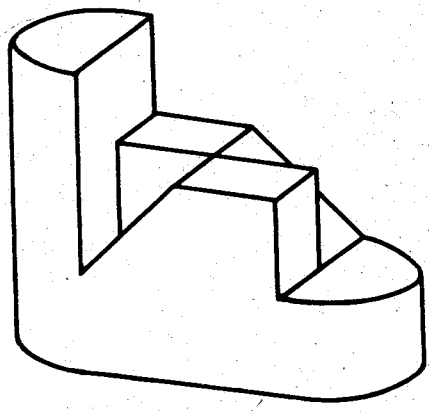
21. Vetületi rajzból látszati kép felépítése

A vetületekben való ábrázolásnál a testet több képen úgy ábrázoljuk, hogy minden méret valamelyik képen a valódi nagyságban legyen látható. Ezekből a képekből a test térbeli elképzelése sokkal nehezebb, mint látszati képből. Ezért a rajz leggyorsabb olvashatóságát a vetületekben való ábrázolás nem biztosítja kellőképpen. Nézzük meg pl. a *253. ábrán* három vetületében ábrázolt testet, ennek térbeli elképzelését különösen a szimmetrikus elrendezésű elölnézeti és felülnézeti képek nehézkessé teszik.

A rajz gyors olvashatóságát nagyon elősegíti, ha a géprajzot kiegészítjük olyan *axonometrikus rajzzal,* amely a térbeli elképzelést könnyebbé teszi. Pl. a *254. ábrán* levő kép világosan megadja a térbeli látást a *253. ábrán* levő testre vonatkozólag. Ezzel az axonometrikus ábrával bizonyos esetben sok időt lehet megtakarítani a vetületekben levő alkatrész elképzelésénél. Az ilyen *látszati kép pótolhatja* több



253. ábra. Rajzoljunk a vetületekből látszati képet



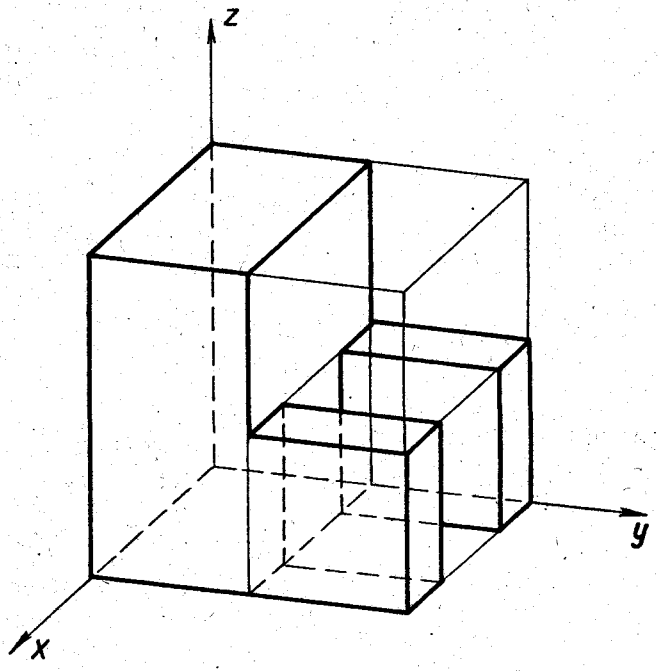
254. ábra. Az előbbi vetületek látszati képe

darabból álló gépalkatrésznél az *összeállítási rajzot* is, a gyártás előkészítését is meggyorsíthatja a vetületi rajzoknak gyors olvashatóságával. A *szerelés menetét,* a bonyolult szerkezetek egyes alkatrészeinek működési módját szintén *jobban megvilágítja* a látszati képben való feltüntetésük. A *selejt megelőzésének is fontos eszköze* lehet a géprajznak egy, esetleg kisebb méretarányban készített axonometrikus képpel való kiegészítése, ami a tárgy alakját közvetlenül érzékelteti.

Jó szolgálatot tesznek a látszati képek, távlatos géprajzok akkor is, ha a *géprajzban nem tájékozott,* kisebb szakképzettséggel rendelkező *egyéneket kell a géprészek alakjáról* vagy szerepéről *tájékoztatni.* Ilyen esetek a hirdetések, katalógusok ábrái, kezelési, olajozási utasítások és oktatótáblák. Nehezen elképzelhető részleteket a műhelyben is gyakran csak úgy tudunk rajzban jól megmagyarázni, egyes részleteket jól megvilágítani, ha látszati képeket készítünk róluk. Sokszor csak szabadkézi vázlatot készítünk, csupán az alkatrész formáját adjuk meg a térbeli elképzelés elősegítésére. Ebből a célból a látszatszerű, axonometrikus ábrázolás szabadkézi begyakorlása nagyon hasznos. Az ilyen vázlat természetesen *nem szolgál műhelyrajz céljára,* s általában méreteket sem adunk meg rajta.

A nem bonyolult alakú gépalkatrészekről némi rajzolási készséggel szerkesztés nélkül is jó távlatos vázlatokat lehet készíteni. Tagozottabb alkatrészek esetén azon-

ban a *vetületekből építjük fel a látszati képet.* Ennek meneténél az első lépés az axonometrikus tengelykereszt megválasztása és az alakzathoz való kapcsolása. Célszerű az alakzat megfelelő éleit választani tengelyekül. Utána a képet *alulról, fokozatosan építjük fel, a frontális axonometriánál* pedig az *elölnézetből indulhatunk ki.* Az ábra elkészítését a *befoglaló idomok megrajzolása* teszi könnyebbé. A *255. ábrán* pl. koc-

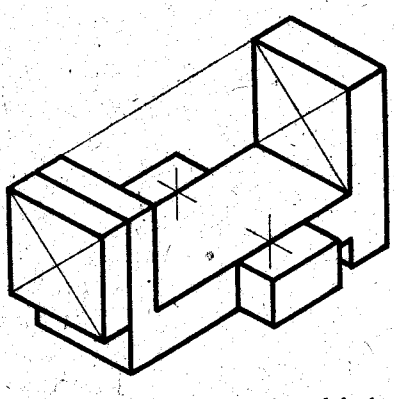


255. ábra. Távlati kép szerkesztését a befoglaló idomból indítjuk

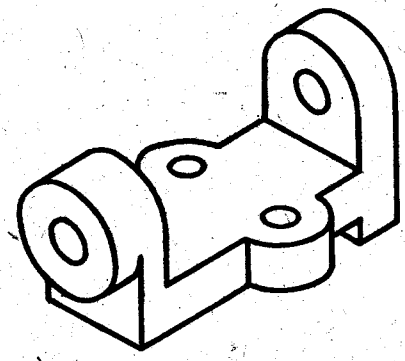
ka a befoglaló idom. Az ábrát ebből a befoglaló idomból és az alaprajzból fejlesztettük ki. A *256. ábrán* különböző hasábok a befoglaló idomok. A szerkesztésnél az összes éleket, éspedig az eltakart, nem látható éleket is meg kell rajzolni a középvonalakkal együtt. Végül a látható vonalakat megvastagítjuk *(257. ábra).* A befoglaló idomot is sokszor vékony vonallal meghagyjuk a rajzon, hogy ezzel is a rajz érthetőségét segítsük elő.

Az ellipsziseket nem szükséges nagy pontossággal megszerkeszteni, hanem csak a befoglaló idomot szerkesztjük meg, amelynek az oldalai a tengelyek irányában menő átmérők végpontjaiban az ellipszis érintői lesznek. Ha az ellipszis tengelyei és az érintők megvannak, akkor az ellipszis szabad kézzel vagy görbevonalzóval könnyen és elég pontosan megrajzolható. A kör képének ilyen felrajzolásával a körben levő szabályos síkidomokat is könnyen berajzolhatjuk.

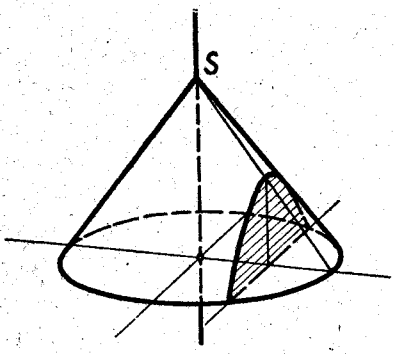
Gúla és kúp rajzolásakor is az alapidomból, illetve az alapkörből indulunk ki. Kúpnál a tengelykereszt találkozását az alapkör mint ellipszis középpontjában



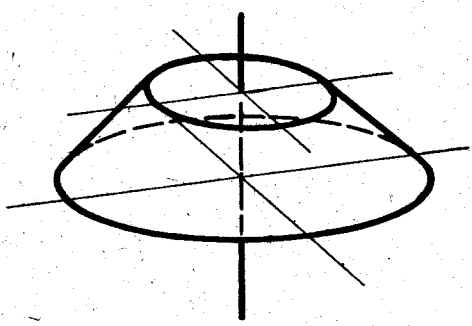
256. ábra. Távlati kép szerkesztésének közbenső szakasza



257. ábra. A befoglaló idom eltávolítása után a helyes távlati kép látható vonalait húzzuk ki vastagon



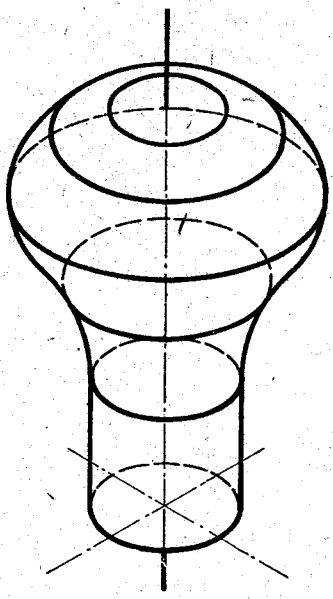
258. ábra. Kúp és kúpszelet távlati képe



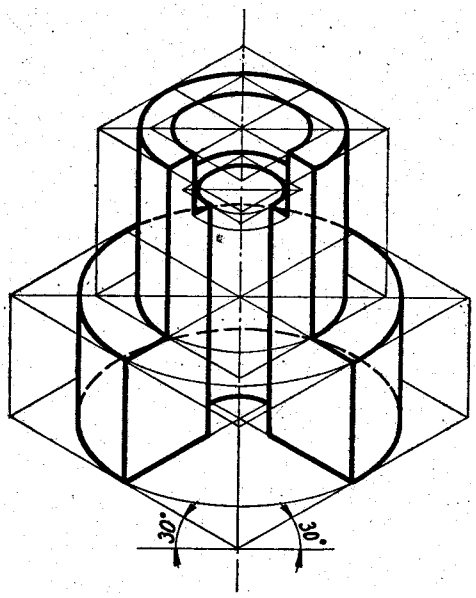
259. ábra. Csonkakúp távlati képe

vesszük fel (*258. ábra*), felette felrakjuk a magasságot, ezzel megkapjuk a kúp *S* csúcsát. Az *S*-ből érintőket húzunk az alapkört ábrázoló ellipszishez. A *258. ábrán* a kúpnak egy, a tengelyével párhuzamos síkkal való metszését is látjuk, ami hiperbola. Csonkakúpnál a *259. ábra* szerint az alsó és felső köröknek megfelelő ellipsziseket rajzoljuk meg, és a kúp alkotójaként a közös érintőket meghúzzuk hozzájuk.

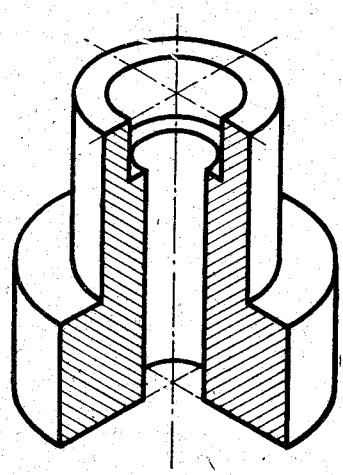
Forgástestek ábrázolásakor az egyik tengelyt a forgási test középvonalának vesszük fel, és az erre merőleges metszeteknek mint köröknek a képei ellipszisek, amelyeknek a nagytengelyei a forgási tengelyre merőlegesek. A forgástest határvonala az ezeket az ellipsziseket érintő vonal *(260. ábra)*.



260. ábra. Forgástest távlati képe



261. ábra. Üreges alkatrész távlati képének szerkesztése



262. ábra. A szerkesztési vonalak eltávolítása után megkapjuk a kész látszati képet

A látszati kép célszerűen használható üreges alkatrészeknél is a belső részek feltüntetésére. Ekkor is a befoglaló idomokkal végezzük a szerkesztést *(261. ábra)*, és a végleges képen a metszett felületeket vonalkázzuk *(262. ábra)*.

22. Áthatások gépelemeken

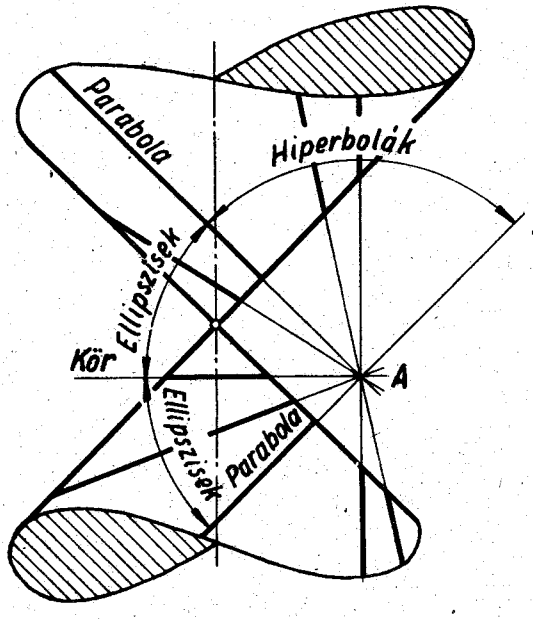
Amikor a gépalkatrészeken az építőidomok felületei találkoznak, akkor ezek általában közös térbeli görbében metszik egymást. Ennek a térbeli görbének a képsíkokon mutatkozó vetületeit *áthatási vonalaknak* nevezzük. Ezeknek a vonalaknak a megrajzolása sokkal képiesebbé teszi az ábrát, lemezmunkáknál pedig a lemezek kiterítése és kiszabása ezen vonalak mentén történik. Ezért a szerkesztőnek tudnia kell az áthatási vonalak megszerkesztésének módjait.

Az áthatási vonalak szerkesztésének elméletét részletesen az ábrázoló mértan tanítja, géprajzban csupán a gépalkatrészeken gyakrabban előforduló esetekkel foglalkozunk. Az áthatási vonalakat vastag folytonos vonallal húzzuk ki, ha éles szögletekből indulnak ki, vagy éles szögletet ábrázolnak. Ha lekerekítéseknél adódnak, akkor vékony folytonos vonallal húzzuk meg, és *tagolóvonalaknak* nevezzük.

A gépalkatrészeknél gyakori eset, hogy a testeknek síkokkal való metszéseivel áthatási vonalak keletkeznek. Egyszerűbb esetekben ezek ismeretesek és könnyen megrajzolhatók. Az áthatási vonalnak vannak ún. *jellegzetes pontjai.* Először ezeket kell meghatároznunk, és ezekre támaszkodva lehet megszerkeszteni a közbeeső pontokat. Ha ismerjük az áthatási vonal jellegét, akkor a jellegzetes pont meghatározásával sokszor az áthatási vonalat vagy annak nagy részét körzővel, vonalzóval már meg tudjuk szerkeszteni.

Síkmetszéssel adódó áthatásoknál általában a következőket célszerű figyelembe venni. Gömbnek minden síkmetszete kör. Egyenes hengernek tengelyre merőleges metszete kör, ferde metszete ellipszis, a tengellyel párhuzamos metszetei pedig négyszögek.

Egyenes kúpnak a kúpon kívül levő *A* ponton keresztülmenő síkokkal való metszésével *(263. ábra)* a különböző kúpszeleteket kapjuk, éspedig két határeset van: a tengelyre merőleges metszet kör, a kúpalkotóval párhuzamosan menő ferde sík pedig parabolát metsz ki. A kúpalkotónál kisebb lejtésű ferde síkok ellipsziseket, a kúpalkotónál meredekebb ferdeségű síkok pedig hiperbolákat metszenek ki. Ezek közül a hiperbolák közül gyakran fordul elő a kúp tengelyével párhuzamos síkkal kimetszett hiperbola. Ha egy metszősík nem kívül levő ponton, hanem éppen a kúp tenge-



263. ábra. Kúp síkmetszetei

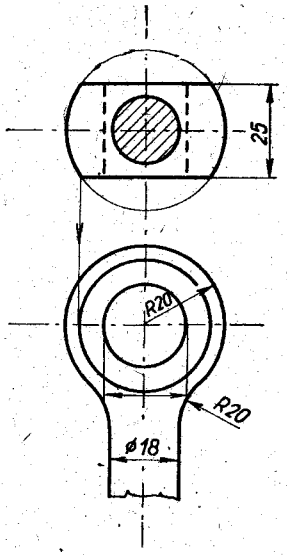
lyén megy keresztül, akkor a kúpalkotóknak megfelelő, egymást metsző két egyenes lesz a metszet. Ezek az egyenesek a többi metszettel kapott hiperboláknak aszimptótái.

Forgástestek tengelyre merőleges síkmetszései kört adnak.

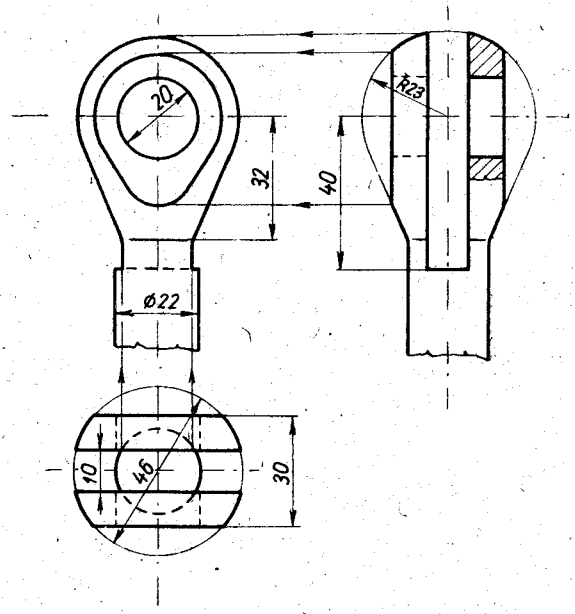
Áthatási vonalak forgástestek általános hajlású síkmetszésénél és forgásfelületek találkozásánál is gyakran adódnak. Ezek az áthatási vonalak párhuzamosan felvett segédsíkokkal való metszési eljárással, ritkább esetben koncentrikus gömbökkel való metszéssel határozhatók meg. Ez utóbbi eljárást akkor alkalmazhatjuk, ha a forgásfelületek tengelyei metszik egymást. A metszéspont vehető fel a gömbök középpontjának.

A *264. ábrán* hajtórúdfej látható, amelynél a rúd végére gömbfejet esztergályoztatunk, átmeneti lekerekítéssel. Az átmenő furat számára a gömböt kétoldalt síkkal metsszük le, hogy a furat végeinél sík felfekvési felületeket kapjunk. A gömb metszésével keletkező kör sugarát az alulnézeti képen nyert egyik jellegzetes pont levetítésével kapjuk meg.

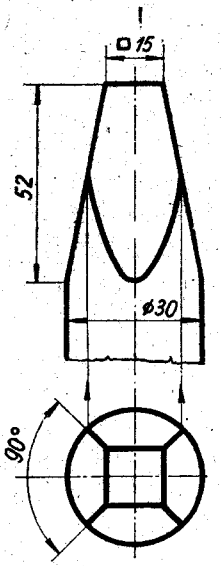
A *265. ábrán* a rúd vége gömbbel és kúppal fejeződik be, ezen az ábrán is párhuzamos síkokkal van átmetszve a rúd vége. A metszet az elölnézeten, mint áthatási vonal, körből és hozzácsatlakozó hiperbolából áll, a jellegzetes pontokat a harmadik képsíkról vetíthetjük át. A nyaknál a kivágás miatti vékonyodás az alulnézetről vetíthető fel.



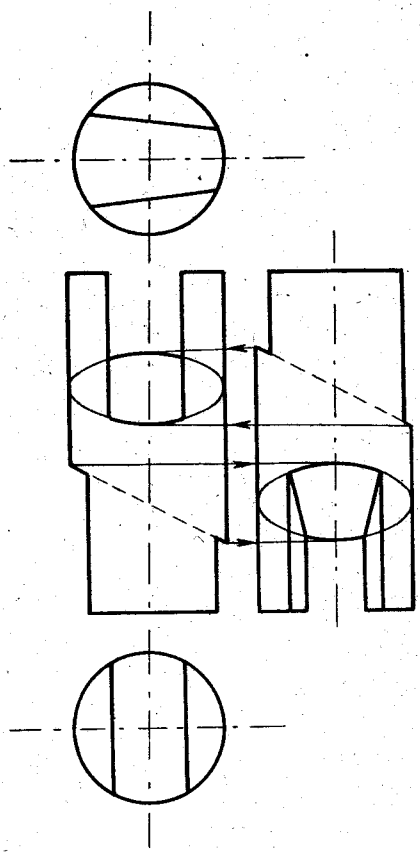
264. ábra. Hajtórúdfej



265. ábra. Villás rúdvégződés áthatási vonala



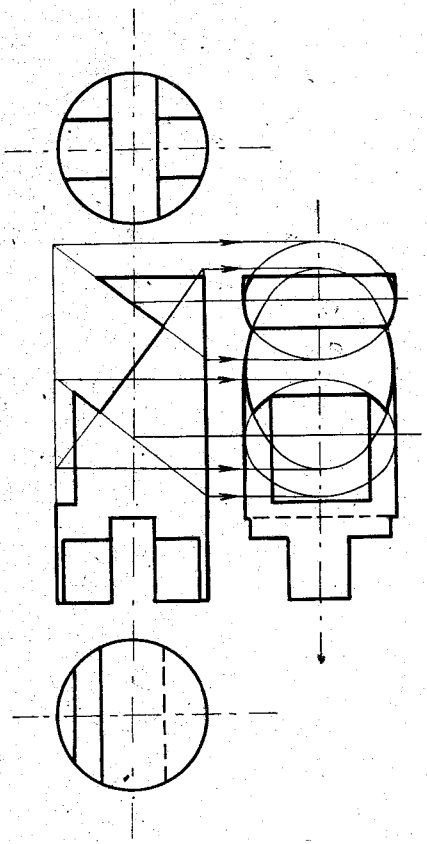
266. ábra. Henger metszetei ferde síkokkal



267. ábra. Henger metszése ferde síkokkal

A *266. ábrán* hengert metszettünk át négy ferdén menő síkkal, hogy a vége négyszögletes legyen. Henger ferde metszésével ellipszis adódik, ami a henger megmaradó részeinél mint ellipszisív jelentkezik. Az ellipszisív végeit az ábrán az alsó képről felvetítéssel kaphatjuk. A *267. ábrán* ugyancsak henger síkmetszésével adódó részleteket kapunk. A henger két végénél villaszerű végződéseket eredményező bevágások vannak. Az áthatási vonalak ellipszisívek, amelyeknél a teljes ellipszisek kistengelyeit az egyes képekről a jellegzetes pontok átvetítésével nyerhetjük. Az ábrán vékony vonallal a teljes ellipszisek és a vetítővonalak is fel vannak tüntetve. A *268. ábrán* a henger alakú alkatrészen bemarásokkal síkfelületet képeztünk ki. A felülnézeten a ferde bemarásokból adódó ellipszisívek helyesen a vékonyan megrajzolt teljes ellipszisek segítségével határozhatók meg. Az ellipszisek megrajzolásához ezen az ábrán is az ellipszistengelyek végeit a jellegzetes pontoknak a felülnézetre való levetítéseivel nyerhetjük.

A *269. ábra* 90° csúcsszögű kúpfelületnek szabályos hatszögű hasáb oldallapsíkjaival való metszéseit mutatja. Ezek a síkmetszések hiperbolák. Az *1* jelű jellegze-

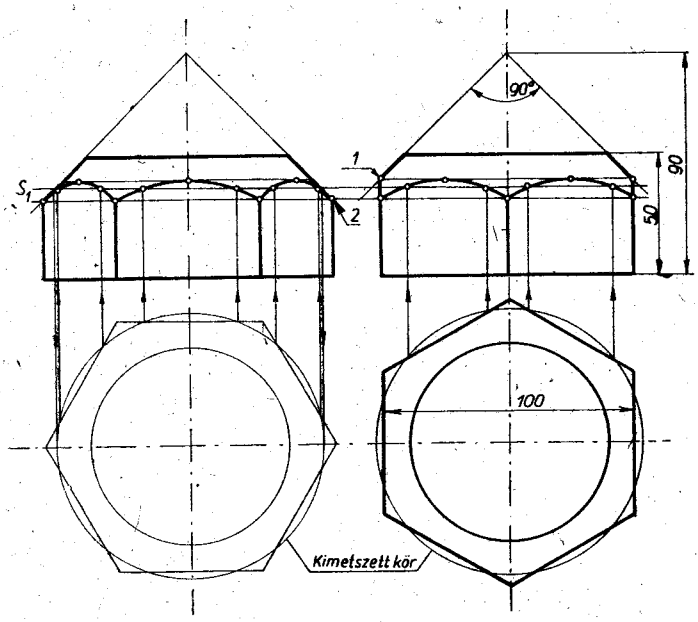


268. ábra. Ellipszis metszeteknél az ellipszist tüntessük fel

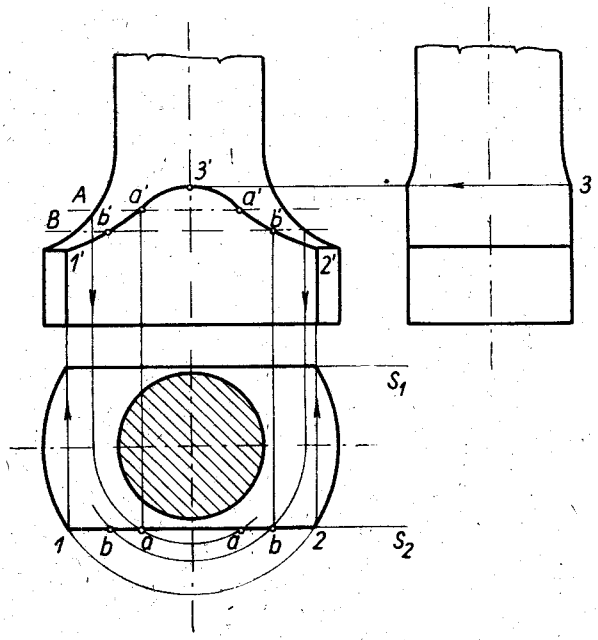
tes pont az oldalnézeten a laptáv felvetítésével adódik, a *2* jelű pont pedig a hatszög csúcstávának a felvetítésével nyerhető. Ezeken a jellegzetes pontokon keresztülmenő vízszinteseken vannak az áthatási hiperbolák felső és alsó pontjai. Közbeeső pontokat úgy szerkeszthetünk meg, hogy felveszünk vízszintes segédmetszősíkokat. Ilyen az S_1 sík, amely a kúpból kört metsz ki; a kimetszett kör az alsó képen rajzolható meg. Ez a kör metszi a hatszög oldalait, a metszéspontok felvetítésével kapjuk meg a közbeeső pontokat. Ilyen áthatási vonalak csavaranyákon keletkeznek, amelyeknél azonban a kúp csúcsszöge nem 90°, hanem a kúpfelület laposabb: 120°-os. Emiatt az áthatási vonalak is laposabbak lesznek, úgyhogy körívekkel helyettesítjük őket. Erről részletesebben a csavarokról szóló fejezetben lesz szó.

A *270. ábra* két henger, közöttük forgástest átmenettel. Az alsó hengert két függőleges síkkal, az S_1, S_2 síkkal metsszük olyan távolságban, hogy ezek a síkok az átmeneti felületrészbe is belemetszenek. Az *1* és *2* pontok közvetlen felvetítve adják az *1'* és *2'* elölnézeti pontokat. A jobb oldali metszőpont pedig átvetítve az elölnézetre, a *3'* pontot adja. A forgástestnél levő áthatási vonalat úgy kapjuk meg, hogy felveszünk vízszintes síkokat, pl. az *A* és *B* síkot. Az ezeknek megfelelő körök az alsó képen a szélső pontok levetítésével adódnak. Ezek a körök kivágják az *a* és *b* jelű pontokat. Ezeket a pontokat kell felvetíteni az alsó képről az *A* és *B* jelű vízszintesekre, ezzel kapjuk az elölnézeten az *a'* és *b'* jelű áthatási pontokat. A párhuzamos metszősíkok sűrűsítésével az áthatási vonal szerkesztését pontosabbá tehetjük.

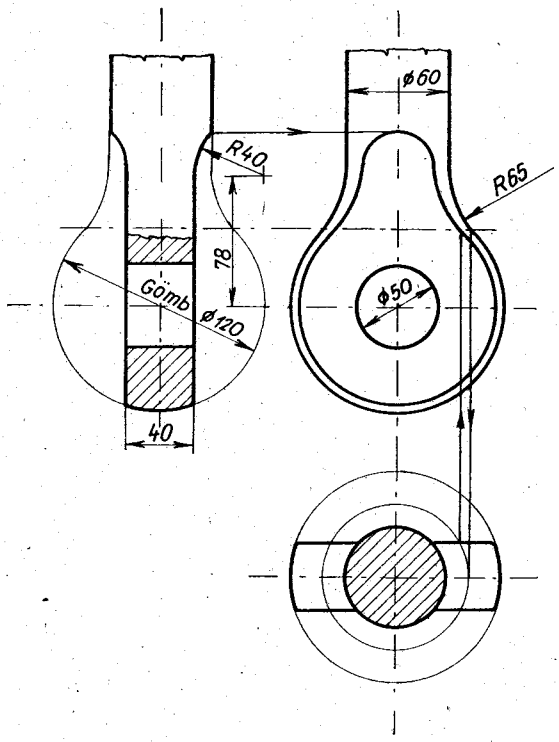
A *271. ábrán* a felső jobb oldali képen levő áthatási vonal alsó része a kontúrvonallal koncentrikusan menő kör, mivel az alsó rész gömbfelület. Az átmeneti sugaraknál levő áthatásokat azonban már vízszintes síkmetszésekkel határozhatjuk meg. A *272. ábra* kúpos rúd végének síkmetszését és ehhez csatlakozó hengerrel való áthatását mutatja. A *273. ábrán* levő forgástest csavarhúzónyelet mutat, amelyen kétoldalt párhuzamos síkokkal lemetszéseket készítünk az alsó felülnézeti kép



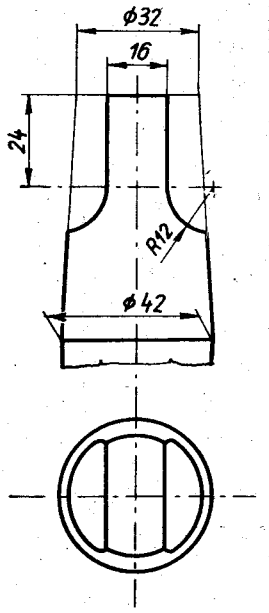
269. ábra. Hatlapú csavaranya áthatási vonalai



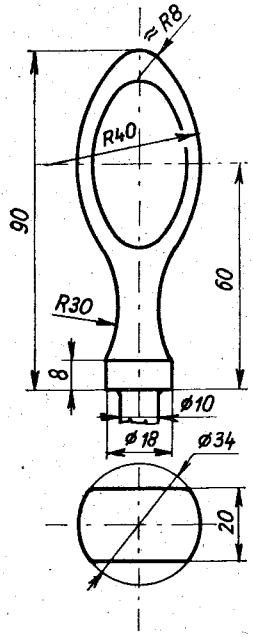
270. ábra. Forgásfelület áthatási vonala síkmetszéssel



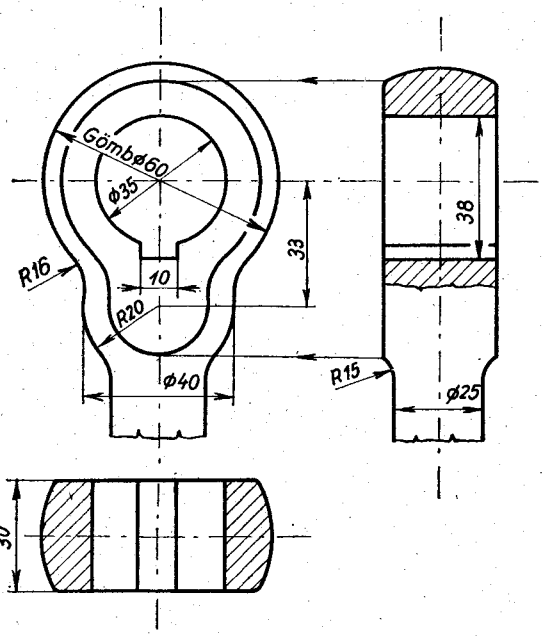
271. ábra. Gömb és forgástest síkmetszése



272. ábra. Kúpos rúd síkmetszése és áthatása hengerrel



273. ábra. Forgástest síkmetszése



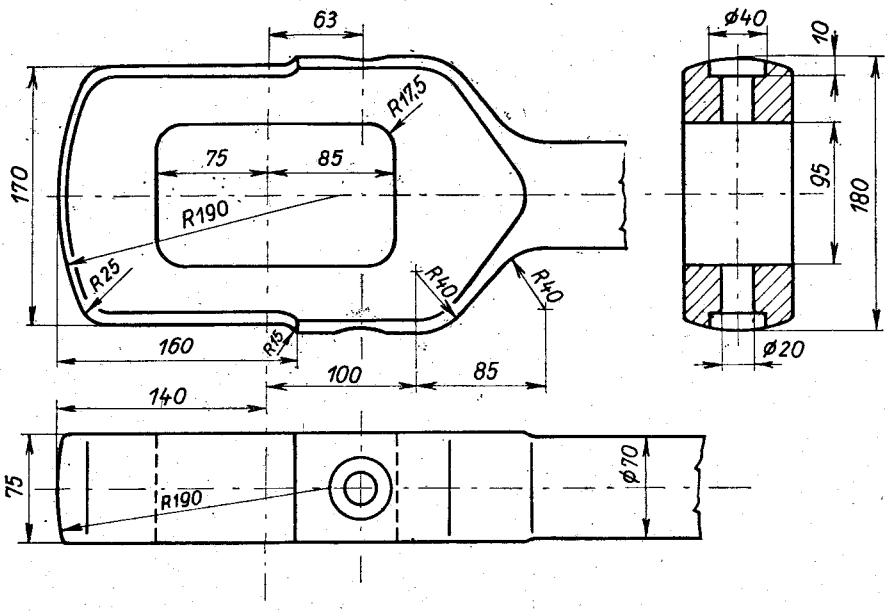
274. ábra. Hajtórúdfej áthatási vonala

szerinti távolságban, hogy a csavarhúzó nyele munka közben ne csússzon el a kézben. Az áthatási vonalat párhuzamos síkmetszésekkel az alsó képből kell megszerkeszteni.

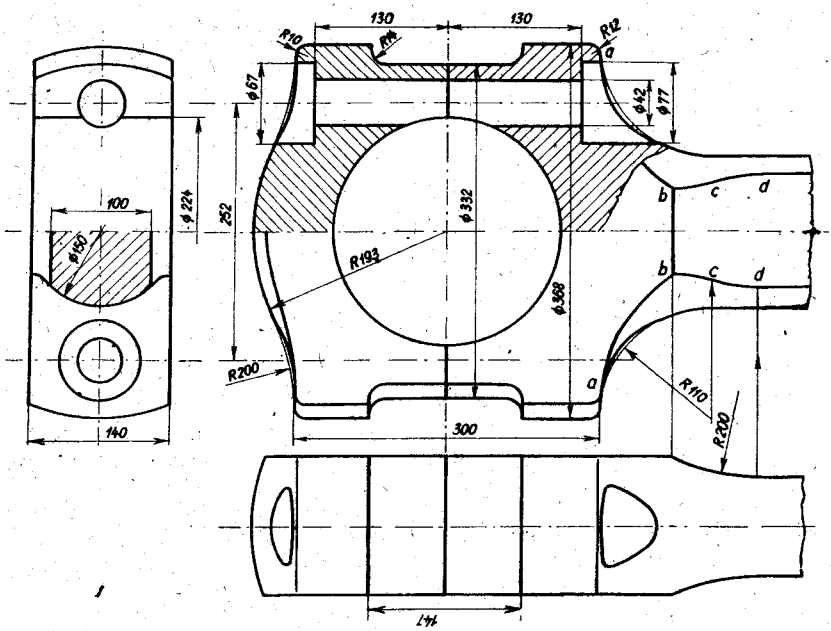
A *274. ábra* hajtórúdfejet tüntet fel, amelynél az áthatási vonal meghatározása a *270.* és *271. ábrák* szerint készítendő síkmetszésekkel adódik. A *275. ábra* zárt hajtórúdfejet tüntet fel. A *276. ábra* pedig osztott hajtórúdfejet, ún. Marine-fejet mutat. Mindhárom ábránál a külső felületek esztergályozással előállítható forgásfelületek, ezeket a forgásfelületeket metsszük át síkokkal, illetve marással előállítható hengerfelületekkel. A *276. ábrán* a fejnek a hajtórúdba való átmeneténél van az *a—b—c—d* összetett áthatási vonal, amit párhuzamosan felvett metsző segédsíkokkal szerkesztünk meg. A *b—d* görbeszakasznak a *c* pontban inflexiós pontja van; *b—c* áthatási vonal ugyanis a forgástestátmenet és az alsó képen bekottázott *R 200* sugarú henger áthatásából adódik, a *c—d* szakasz pedig a bal oldali képen beméretezett ∅ 150 mm henger és az *R 200* sugarú henger találkozásából származik.

A *277. ábra* a villás hajtórúdvégződésnél levő áthatási vonalakat mutatja. Csővezetékeknél az egyes idomdarabok elágazásánál adódik áthatás, pl. a *278. ábrán* levő T elágazásnál hiperbola lesz vetületben az áthatás, ha a hengerátmérők különböznek egymástól. Egyenlő hengerátmérők esetén egymást metsző egyenesekké fajul ez az áthatás.

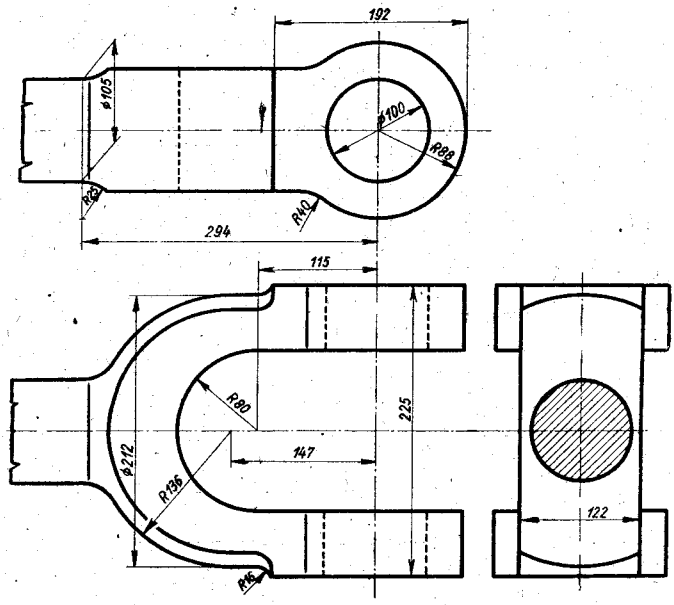
Ha a csővezetékek ferdén csatlakoznak egymáshoz, akkor az áthatásuk ferde hengerek találkozásánál adódó áthatás lesz. Ennek megszerkesztése a *279. ábrán* látható, ahol a vízszintes henger csak felében van megrajzolva. Az áthatási vonal



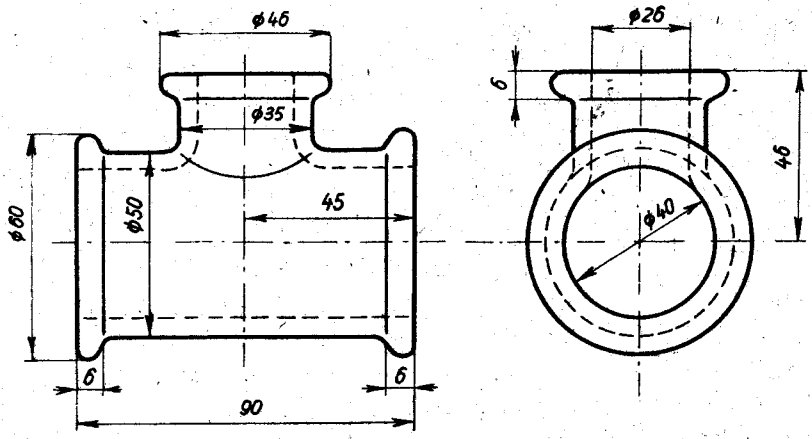
275. ábra. Zárt hajtórúdfej



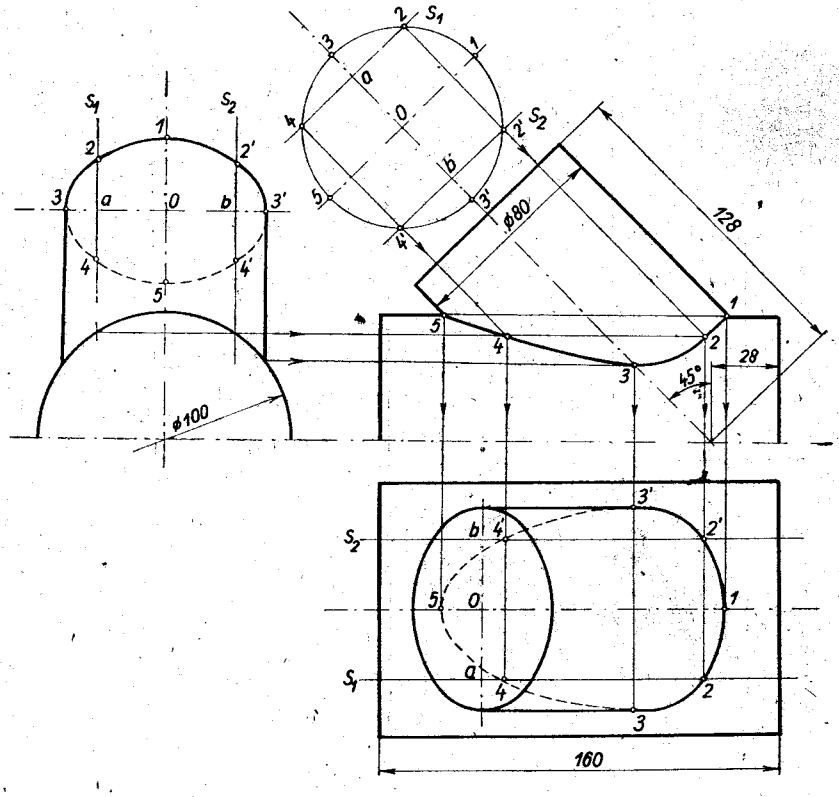
276. ábra. Marine-fej



277. ábra. Villás hajtórúdfej áthatási vonala

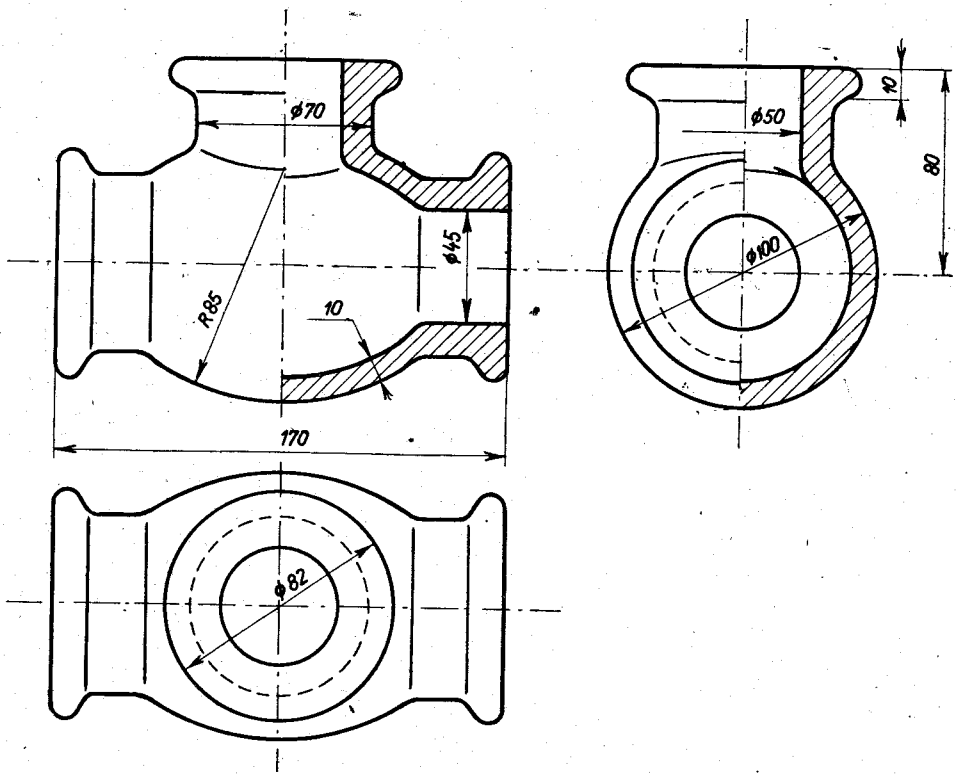


278. ábra. T elágazás áthatási vonalai

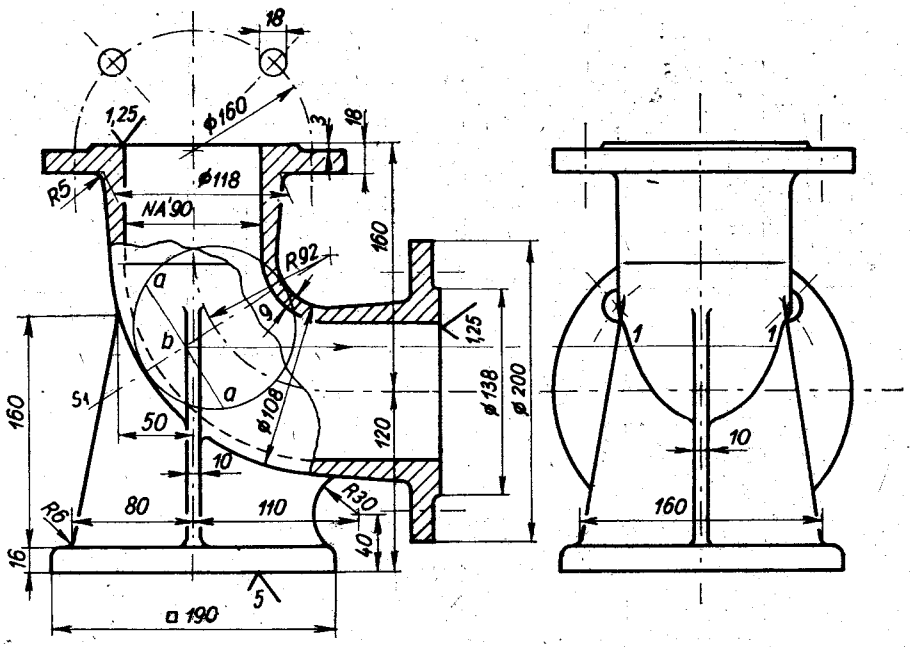


279. ábra. Ferde tömör hengerek áthatása

1, 3 és *5* jelű szélső, illetve jellegzetes pontjai a hengerek körvonalainak a metszéseinél és a középvonalakon azonnal kiadódnak. Az áthatási vonal többi pontjait párhuzamos metsző segédsíkok felvételével határozhatjuk meg. Ezek az S_1, S_2 jelű síkok, amelyek a második képsíkkal párhuzamosan mennek. Ezeket a metsősíkokat célszerű úgy felvenni, hogy a ferdén menő henger tengelye irányában az átmérőjének megfelelően az *O* középpontból segédkört húzunk meg, ezt egyenletes részekre osztjuk fel, és az osztáspontokon keresztül vesszük fel az S_1, S_2 metszősíkokat. A segédkörről az *Oa*, illetve *Ob* távolságoknak a véglapellipszisek nagytengelyeire való átvitelével határozzuk meg a felülnézeten és az oldalnézeten a segédsíkok vonulási helyeit. Az egyenletes osztások segítségével lehet a véglapoknál levő ellipsziseket is megszerkeszteni az oldalnézeten és a felülnézeten. Ennek megszerkesztése azonban az ábrán nincs feltüntetve. A második képsíkon az áthatási vonal megszerkesztéséhez a segédkör osztásain keresztül ferde vetítővonalakat húzunk, az S_1, S_2 harmadik képsíkon meghúzott nyomvonalainak a vízszintes henger körívével való metszéspontjait pedig átvetítjük a második képsíkra. A ferde vonalak és a vízszintes vetítővonalak találkozásainál adódnak a második képsíkon a *2, 3,*



280. ábra. Üreges test áthatását metszetben is megrajzoljuk



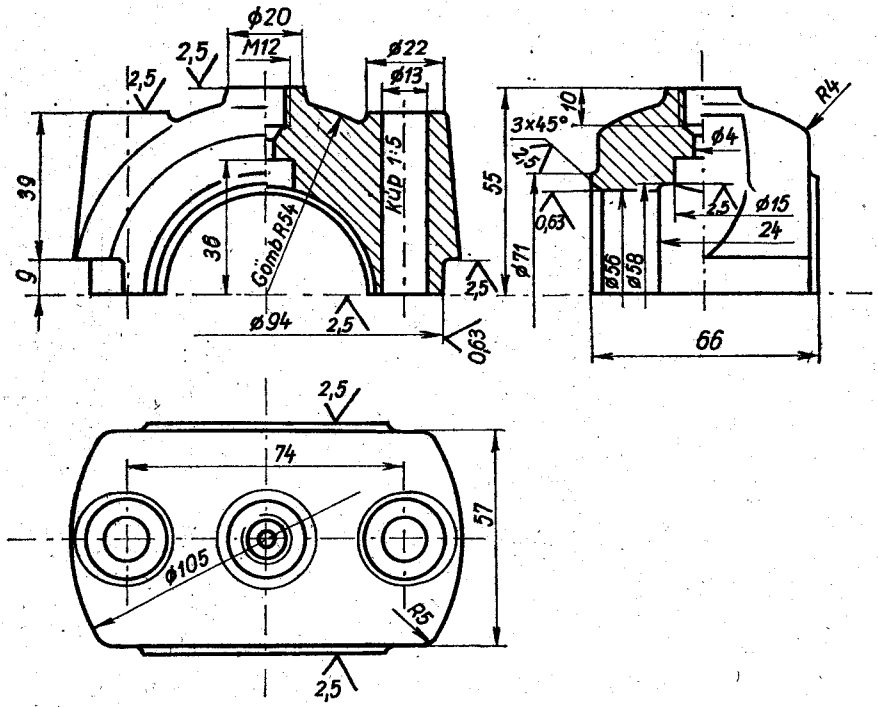
281. ábra. Talpas könyökcső és merevítőbordájának áthatása

4 áthatási pontok. Ezeket függőlegesen levetítjük az első képsíkra, és az S_1, S_2 síkok nyomvanalain megkapjuk a felülnézeten levő áthatási pontokat is. A szerkesztési pontok sűrítésével az áthatási vonalakat pontosabban tudjuk megszerkeszteni.

Üreges testek metszetben való ábrázolásakor a belső áthatásokat is ki kell szerkeszteni. A *280. ábra* a forgástestházból kiágazó csődarabok csatlakozásánál mutatja az áthatásokat, amelyek részint egyeneseknek látszanak, részint ívben menő vonalak, ez utóbbiak párhuzamos síkmetszésekkel határozhatók meg.

A *281. ábrán* látható talpas könyökcsőnél egy körgyűrűdarabnak és a merevítő bordának mint síklapnak az áthatását kell megszerkeszteni. A körgyűrű tengelyére merőlegesen, a görbületi középpontján átfektetett S_1 segédsík a körgyűrűből kört, a síkból egyenest metsz ki. A síkmetszeteknek az elölnézeti kép síkjába való beforgatásával megszerkeszthető a kör és az egyenes *a—a* metszéspontja. Ezeknek a pontoknak a segédsík és a merevítőborda *b* metszéspontjától való távolságát felmérve a jobb oldali oldalnézeti kép középvonalától a *b* pont átvetítésével adódó egyenesre, kiadódik az áthatási vonal *1—1* jelű pontja.

A *282. ábra* csapágyfedeleknél levő áthatási vonalat mutat, amit párhuzamosan síkmetszetekkel határozhatunk meg. Ezek a síkok a gömbfelületű csapágyfedélből nagyobb köröket, a hozzá csatlakozó csonkakúpból pedig kisebb köröket metszenek ki. Ezeknek a köröknek a felülnézetben jelentkező metszéseinél vannak az át-



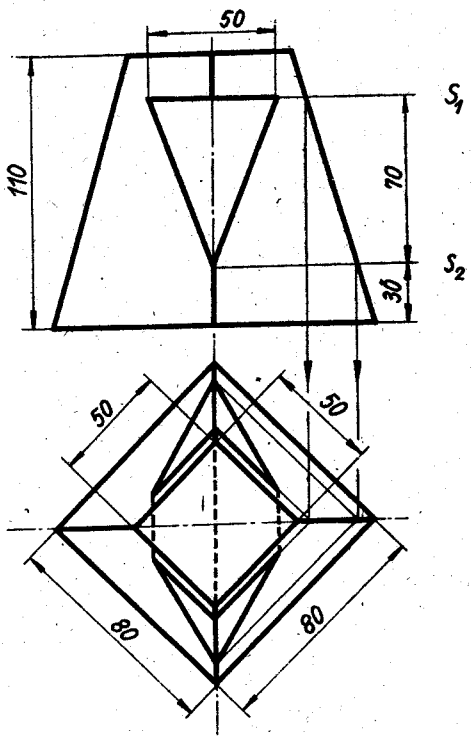
282. ábra. Csapágyfedél áthatási vonala

hatási vonal pontjai, innen az elölnézetre vetítéssel, az oldalnézetre pedig a középponttól való távolságok átmérésével vihetők fel az áthatási vonal pontjai.

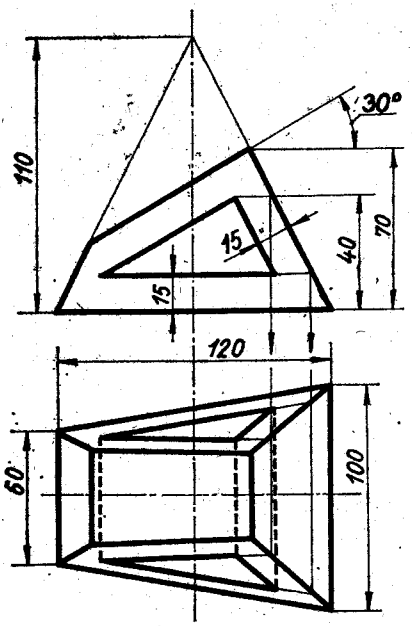
Gyakorlott szerkesztő az áthatásnak csupán egy-két pontját, közöttük a jellegzetes pontokat határozza meg, és ismerve a görbe jellegét, el tudja dönteni, hogy azt hol helyettesítheti körívvel vagy egyenessel, és hol kell görbevonalzót használnia. Egészen részletesen és pontosan kell azonban a kiszerkesztéseket elvégezni a lemezmunkáknál a lemezkiszabások pontossága miatt.

Szögletes testek áthatása a gépalkatrészeken ritkábban fordul elő. Ezek megszerkesztése ugyancsak párhuzamos metszősíkok felvételével végezhető el; a metszősíkokat jellegzetes helyeken célszerű felvenni, pl. csúcsoknál vagy az idomok felületeinél. A jellegzetes pontok meghatározása után az áthatások a pontok összekötésével adódnak ki.

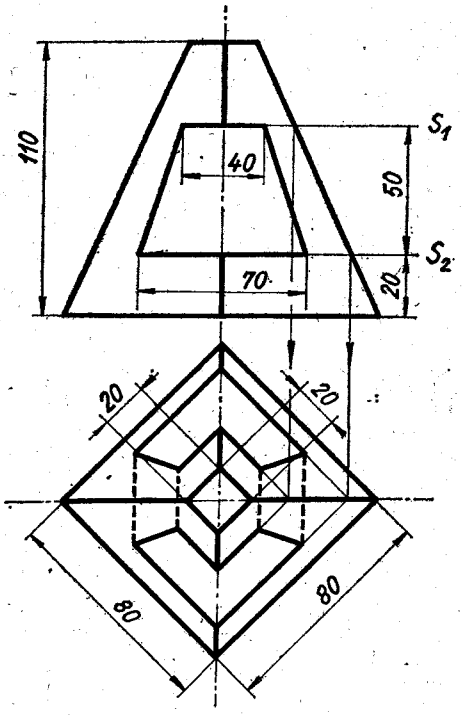
A *283. ábrán* függőleges csonkagúla és vízszintes, háromszög alakú hasáb áthatása két, S_1 és S_2 jelű párhuzamos síkkal határozható meg. A *284. ábrán* hasonló szerkesztéssel kapjuk meg az áthatást. A *285. ábrán* csonkagúla és négyszögletes alapú vízszintes hasáb áthatása van feltüntetve. Itt is az elölnézeten felvett két metszősíkkal lehet az áthatásokat megszerkeszteni, amelyek a vízszintes hasáb alsó és felső felületeinél metszik a gúlát.



283. ábra. Csonkagúla és hasáb áthatásainak szerkesztése



284. ábra. Csonkagúla és hasáb áthatása



285. ábra. Csonkagúla és négyszögletes hasáb áthatása

23. A gépszerkezeti anyagok áttekintése

Miután a gépelemek ábrázolására vonatkozó főbb szabályokat megismertük, foglalkozzunk azokkal a szempontokkal, illetve követelményekkel, amelyeket a rajzolásnál részint a szerkezeti anyag minősége, részint a megmunkálás körülményei miatt kell kielégítenünk.

A szerkesztő fontos feladata a készítendő munkadarab anyagának megválasztása. Ezt elsősorban az üzemi követelmények, éspedig főleg a mechanikai hatások, azután a kémiai hatásokkal szemben való viselkedés, rozsdásodás, korrózió stb., végül és nem utolsósorban a beszerzési lehetőségek, anyagárak szabják meg.

A megmunkálástól függően másképpen kell rajzolni ugyanazt a munkadarabot, ha öntéssel vagy ha pl. hegesztéssel állítjuk elő. Az előállítás különböző fajtái és minőségei is más-más szempontot írnak elő a rajz készítőjének.

A gépszerkezeti anyagok összetételét, szilárdsági tulajdonságait stb. szabványok írják elő. Az anyagokat szabványos jelölésekkel látjuk el. Így a szerkesztők vagy felhasználók a megfelelő jelölésű acél tulajdonságával előre számolhatnak. Az alábbiakban rövid összefoglalásban ismerkedünk meg a gépszerkezeti anyagokkal, főleg a jelölésük szempontjából, hogy a rajzok darabjegyzékébe be tudjuk írni azokat. Az alábbi szövegrészt kiegészítik azok a táblázatok, amelyek a könyv végén levő mellékletekben találhatók.

A szerkezeti anyagok főbb jellemzői: a *szakítószilárdság*, ami megadja, hogy húzó igénybevételnél az anyag $1\,mm^2$ keresztmetszete mekkora erőnél szakad el, jele σ_B kp/mm². Tervezésnél sokszor ezt az értéket vesszük alapul, inkább igazodunk azonban az ennél kisebb ún. *folyáshatárértékhez*. Ez azt a terhelést jelenti, amelynél az anyag úgy megnyúlik, hogy a terhelés megszűnése után is még bizonyos nyúlása megmarad. Ezt a határt *folyáshatárnak* nevezzük, és σ_F-fel jelöljük.

Fontos tulajdonság a δ-val jelölt *nyúlóképesség*, vagyis az anyag szakadásáig mutatkozó nyúlási értéke az eredeti hossz százalékában. A húzópróbánál kör, ritkábban négyszög keresztmetszetű próbapálcát használunk. A próbapálcán bizonyos távolságra jeleket karcolunk be, amelyeknek távolsága kör keresztmetszetű próbapálcánál a d átmérőhöz viszonyítva $l=5d$ vagy $l=10d$ szokott lenni. Ennek megfelelően a vizsgált anyag nyúlását is δ_5 vagy δ_{10} jelöléssel adjuk meg.

Szögletes próbapálcánál d a keresztmetszetnek megfelelő kör átmérője. A próba-

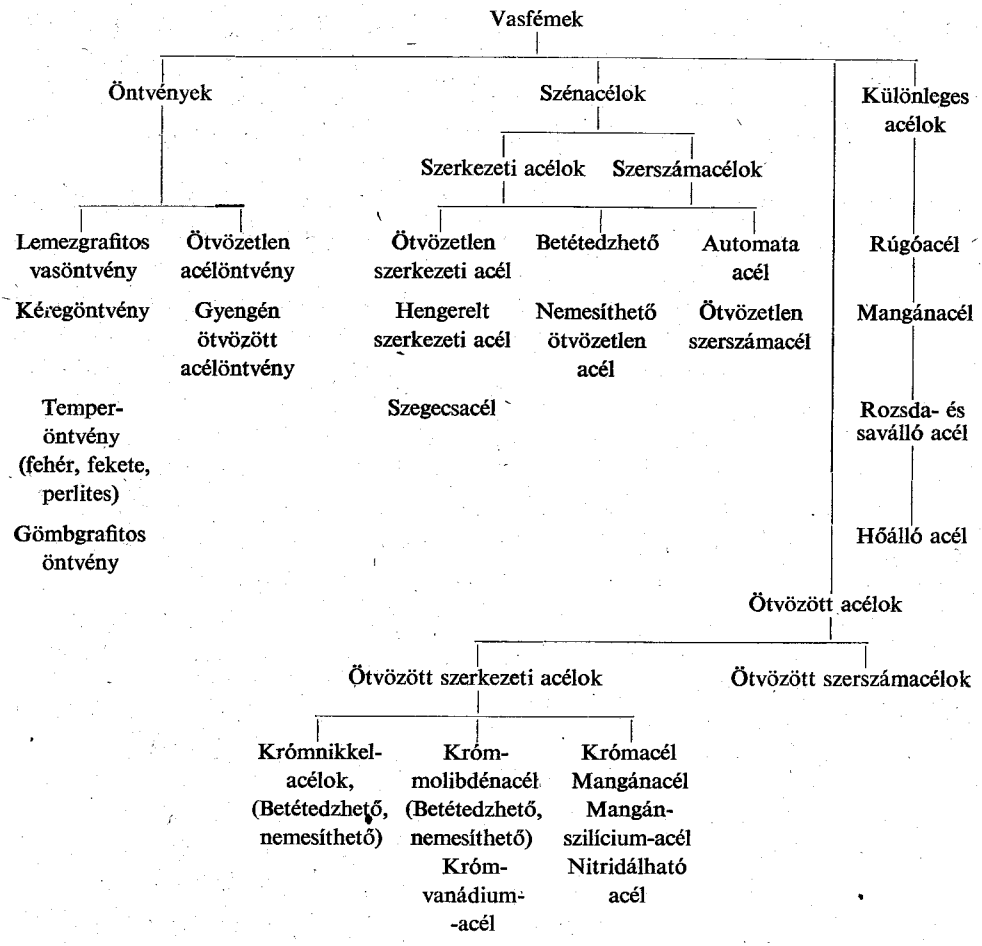
testen a húzópróba alkalmával a szakadás helyén a keresztmetszete összehúzódik, kontrahál. A kontrahált keresztmetszet lemérésével számítjuk a ψ *kontrakció* százalékos értékét.

Az anyag szilárdságára, ellenálló képességére — pl. a kopással szemben — felületének keménységéből is következtethetünk. Ezt úgy mérjük, hogy a felületébe golyót, kúpot vagy prizmát nyomunk be. A *Brinell*-keménység vizsgálatánál golyót nyomunk be, és a nyomóerőt osztva a benyomódás után az anyagban maradó gömbsüveg nyom felületével, kapjuk az anyag *Brinell-keménységét*, jele: HB kp/mm²-ben. Keményre edzett felületnél inkább gyémántkúpot nyomunk be, és mérjük a benyomódás mélységét, ez a *Rockwell-keménységvizsgálat,* vagy pedig a *Vickers-keménységvizsgálati* próbát végezzük, amelynél gúla alakú kis gyémántcsúcsot nyomunk bizonyos erővel a vizsgálandó tárgy felületébe, utána megmérjük a felületen keletkezett gúla alakú benyomódás alapátlójának hosszát, ezzel számítjuk a benyomódás felszínét, amellyel a nyomóerőt osztva, kapjuk a *Vickers-keménységet.*

Az anyagvizsgálatnál a hajlítókísérletet is használjuk, amelynek a célja lehet szilárdsági vizsgálat vagy az anyag alakíthatóságának vizsgálata. A *hajlítószilárdsági vizsgálatot* használjuk pl. öntvények vizsgálatánál, amikor egy próbapálcát élekre fektetünk, és középütt terheljük addig, amíg eltörik. Közben mérjük a törőerőt és a töréskor mutatkozó lehajlás értékét milliméterben. Az *alakíthatósági vizsgálatnál* pedig azt nézzük, hogy a hidegen megmunkálandó anyagok, lemezek hogyan viselkednek hajlításnál, mennyire deformálhatók, nem mutatkozik-e rajtuk repedés.

Az anyag viselkedését dinamikus hatásokkal szemben *ütőpróbával* állapítjuk meg. Ennél prizmatikus próbatestet két végén támasztunk fel, középütt előírt méretekkel rajta bemetszést készítünk, és bizonyos magasságig felemelt lengő súllyal ráütünk és eltörjük. A lengő súly esési magassággal számított mechanikai munkájának a próbatest keresztmetszetegységére számított értéke adja az *ütőmunkát.* A szabványos MESNAGER-próbatesten mért ütőmunka jele: KCU 30/2.

A szerkezeti anyagokat két nagy csoportba osztjuk, a *vasfémek* és a *nem vasfémek* csoportjára. A vasfémek családjában legfontosabb vegyítő elemként a *szén* szerepel, amelynek mennyisége szerint változik a vasfajták fizikai és szilárdsági tulajdonsága. Az *ötvözött acélok* szénen kívül még más ötvöző *nemesfémeket* is tartalmaznak. A későbbiekben még részletesebb tárgyalás alá kerülő vasfémek az alábbiakban feltüntetett összeállítás szerint oszlanak meg:



A nem vasfémek a *nehézfémek* és *könnyűfémek*. Gépszerkezeti anyagnak a színesfémek közül leginkább a *vörösréz* és ötvözetei, a *sárgaréz* és a különféle *bronzok* használatosak. A könnyűfémek az *alumíniumötvözetek*, amelyeknek önthető és alakítható csoportjaik vannak.

Bizonyos gépalkatrészek számára használunk *nem fémes* anyagokat is. A *bőr* hajtószíjak számára alkalmas, azonkívül tengelykapcsolóknál összekötő elemként, csővezetékeknél tömítőanyagként használatos. A *gumi* mint lapos hajtószíj és mint ékszíj szintén alkalmas forgó mozgás átvitelére, azonkívül csővezetékeknél tömítésre. Használjuk továbbá gépjárműveken és kerékpárokon külső és belső abroncsoknak, villamos szigetelőanyagoknak. Rugalmasságánál fogva rugalmas tengelykötések létesítésére is alkalmas, továbbá rezgéscsillapító tulajdonságánál fogva gépek alapozásánál is felhasználjuk. A *fa* bizonyos minősége mint rugólemez nyerhet alkalmazást, pl. mezőgazdasági és malomipari gépeken. Alkalmas kazánoknál hő-

szigetelő betétek számára. Kedvező súrlódási tulajdonságánál fogva néha fékpofák készítésére is használjuk. A repülőgépépítésben is fontos szerkezeti anyag. Alkalmazzuk csavarorsók, szerszámnyelek számára is.

Betont, téglafalat, köveket főleg gépalapokhoz használunk, ahol nyomásra vannak igénybe véve.

Egymáshoz képest elmozduló géprészek érintkező felületére kenőanyagot juttatunk, ami lehet sűrű halmazállapotú *gépzsír* vagy könnyebben folyó *kenőolaj.*

A *műanyagok* napjainkban mindinkább fejlődő, tökéletesedő szerkezeti anyagok. Műanyagoknak az olyan anyagokat nevezzük, amelyeket technikai úton, szerves alapanyagokból állítanak elő. Nem kristályos, hanem *amorf* szerkezetű, óriásmolekulájú (makromolekuláris) anyagok. Vannak hőre lágyuló (termoplasztikus) és hőre keményedő (duroplasztikus) műanyagok.

A *hőre lágyuló* műanyagok kis hőfokon, általában 0° C alatt ridegek, üvegszerűek, alig nyújthatók, hajlíthatók. A hőmérséklet emelkedésével növekszik a nyúlásuk. Elérve a *lágyulási* pontot, gumiszerűvé válnak. Tovább emelve a hőmérsékletüket, az *olvadásponton,* jól folyó, önthető anyaggá válnak. Lehűtve visszanyerik eredeti tulajdonságaikat, ha csak a felmelegítéskor át nem léptük a felbomlási hőmérsékletüket. Forró levegővel vagy nagyfrekvenciás villamos melegítéssel hegeszthetők.

A *hőre keményedő* műanyagok plasztikus formájukban történő alakításuk előtt vagy után olyan kémiai átalakuláson mennek keresztül, amelynek következtében többé plasztikusan már nem alakíthatók.

A műanyagok kémiailag három főcsoportba sorolhatók: 1. polimerizációs, 2. poliaddíciós, 3. polikondenzációs műanyagok.

A *polimerizáció* olyan folyamat, ahol nagy hőfok, nyomás és katalizátor jelenlétében egy alapvegyület, a *monomér* molekulái óriásmolekulává kapcsolódnak egymáshoz. Az alapvegyület összetétele nem változik, csupán a molekula nagysága nő, miáltal az anyag kémiai és fizikai tulajdonságai megváltoznak. A polimerizációs műanyagok hőre lágyulók.

A *poliaddíciónál* két vagy több monomér molekula egyesül melléktermék nélkül, különböző polimerizációfokkal. Fröccsöntéssel formába önthetők, vagy meglágyítva sajtolhatók. Szállá húzva textíliák készülnek belőlük.

A *polikondenzáció* két vagy több molekulának olyan módon történő kapcsolódása egy új, nagyobb molekulává, hogy az összekapcsolódáskor a főtermékhez képest valamilyen kisebb molekulájú melléktermék, pl. víz, alkohol, sósav, ammónia vagy konyhasó stb. keletkezik. A melléktermékek az anyag mechanikai tulajdonságait ronthatják. A melléktermékek keletkezése miatt az új nagy molekula összetétele nem egyezik meg az alkotó molekulák (monomérek) összetételével. A polikondenzációs műanyagok hőre keményedők.

Az említett módon termelt műanyagokat ritkán dolgozzák fel tisztán, hanem különféle segédanyagokkal keverik őket.

A hőre lágyuló műanyagokhoz *lágyítókat, stabilizátorokat és töltőanyagokat* is kevernek. A lágyítók a rugalmasságot és megmunkálhatóságot javítják. A stabili-

zátorok a műanyagok bomlását akadályozzák meg, hőfoktűrő képességüket fokozzák, a töltőanyagok pedig a szilárdságot javítják.

A hőre keményedő műanyagokhoz vázanyagokat vagy gyantahordozókat kevernek. A gyantahordozók szerves vagy ásványi eredetűek. A szerves gyantahordozók növényi eredetűek, mint a faliszt, cellulózrost, vágott textil vázanyag, pamutszál; ezek a szilárdsági tulajdonságot javítják. Ásványi gyantahordozók az azbeszt, üvegpor, csillámpor, kvarc, súlypát, ezek a hőállóságot és elektromos tulajdonságokat javítják. A gyantahordozókkal kevert műanyagok présporok formájában kerülnek forgalomba, és fűtött formákba sajtolva dolgozhatók fel készárúvá.

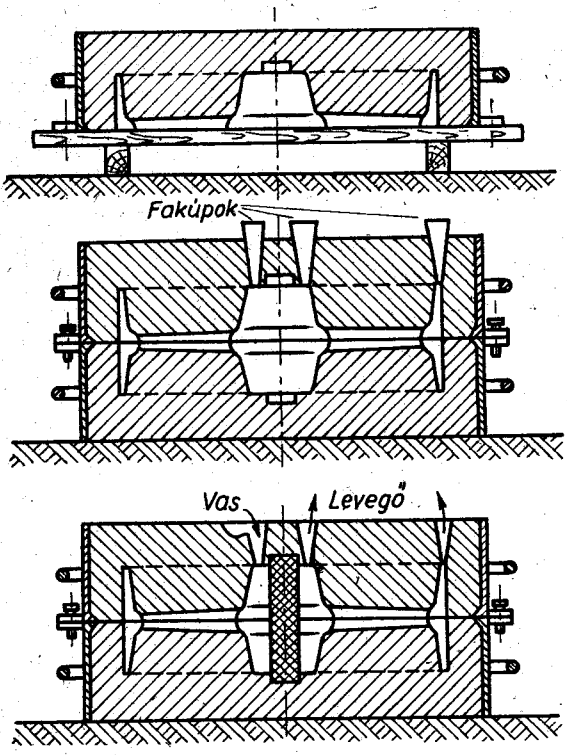
A műanyagok fizikai sajátságai sokban eltérnek a fémekétől. A tartós folyás jelensége pl. a fémeknél számottevően csak nagy hőfokon lép fel. Műanyagoknál ez közönséges hőmérsékleten is jelentkezik. A megmunkálás során a molekulák egyirányú rendezésével a szakítószilárdság az eredeti kétszeresére is megnövelhető.

Jelenleg a műanyagféleségek hatalmas skálát képviselnek. Ezek közül a legfontosabbakat az alkalmazási körülményeikkel együtt a 19. melléklet tünteti fel.

24. Öntés

A gépgyártásnál az alkatrészek előállításának egyik gyakran alkalmazott módja az *öntés*, amit a vasöntvényekből, acélöntvényekből, színesfémek esetén a sárgarézből, továbbá a bronzok számos változatából, könnyűfémek esetén az önthető alumíniumötvözetekből készített alkatrészek előállításakor alkalmazunk. Ezeket az önthető anyagokat nagyolvasztóban, villamos kemencében, tégelyben stb. megolvasztjuk, és folyékony állapotban, homokból vagy fémből készített öntőformába öntjük.

Az öntésnél az alábbi eljárást követjük: Tegyük fel, hogy szíjtárcsát akarunk önteni. A készítendő gépalkatrészről fából — vagy nagyobb darabszám esetén fémből — *mintát* készít a mintaasztalos-műhely. A minta hű mása az öntendő darabnak, csak a megmunkálási helyeken nagyobb méretű. Ezt a mintát homokba *formázzuk*. A formázás megkönnyítésére a tagozottabb mintát megfelelően alkalmazott osztássíkokkal két vagy több részre osztjuk. A minta egyik felét deszkalapra helyezzük, köréje az alul-felül nyitott vaskeretet, a *formakeretet* helyezzük el. A mintát száraz, finom homokkal szórjuk be, a keret többi részét nedves, durvább homokkal töltjük ki *(286. ábra* felül*)*, közben döngöljük a homokot. A nedves homok az oldalfalakra tapad annyira, hogy a formát megfordíthatjuk, az így felül került mintára helyezzük a másik felet: a két fél csapokkal, furatokkal illeszkedik. A formakeretre egy felső keretet helyezünk rá, az alsóhoz viszonyított megfelelő helyzetét oldalt levő füleken keresztüldugott szegekkel biztosíthatjuk. Az osztás síkját behintjük finom kvarchomokkal, amely megakadályozza az összetapadást, majd a felső keretet is kitöltjük és bedöngöljük nedves formahomokkal, miközben fakúpokat is helyezünk el *(286. ábra* középütt*)*. A fakúpokkal tölcséreket készí-



286. ábra. Szíjtárcsa öntőformájának készítése

tünk, az egyiken öntjük be a folyékony anyagot, a másikon pedig ugyanakkor a levegő és a felszabadult gázok tudnak eltávozni. A fakúpok eltávolítása után a felső keretet leemeljük, megfordítjuk és a mintafeleket mindkét keretből óvatosan, gyenge ütögetéssel kiemeljük. Hogy a minta a homokból kihúzható legyen, a munkadarabon az olyan síkokat, amelyek a kiemelés irányával párhuzamosak lennének, bizonyos hajlással kell tervezni. A hengerfelület helyett pedig kúpfelületet képezünk ki. Az ilyen síkoknak és kúpalkotóknak a minta kiemelése irányával bezárt szögét formázási ferdeségnek nevezzük. Ez a szög elég kis értékű. 2—3°-nál már a minta kevés ütögetéssel elég jól válik ki a homokból, de ha ennél nagyobb értéket tudunk adni, az kedvezőbb. A mintán az osztás síkját úgy kell megválasztani, hogy lefelé ne legyen szélesedő részlet, mert az a homokból való kiemelést megakadályozza. A minta eltávolítása után a forma felső részét visszahelyezzük az alsóra *(286. ábra* alul*)*, és kiszáradás után önthetjük a folyékony anyagot addig, míg az öntőnyílás és a másik nyílás tetején is megjelenik, azért, hogy a nyílásokban levő folyadékoszlop nyomása működni tudjon. A salaknak felül a nyílásoknál kell összegyűlnie. A megszilárdulás után a beöntőtölcsér és a gázok távozási nyílását kitöltő nyúlvány, amit *holtfejnek* nevezünk, rajta marad a nyers öntvényen. Az anyag a forma osztássíkjában és körös-körül kissé belefolyik a formába, úgyhogy az osztás síkja az öntvény felületén erről felismerhető.

Üreges tárgyak öntésénél a formán kívül még az öntendő tárgy üregével azonos méretű testre: a *magra* is szükségünk van. A mag feladata, hogy a beöntött anyagot az általa elfoglalt helyből kiszorítsa. A *286. ábrán* a két irányban vonalkázott rész a mag. A mag anyaga fűrészporral vagy szalmával és ragasztóanyaggal kevert agyag, vashuzalvázzal merevítve, hogy kellő szilárdságú legyen. Laza szerkezetével nem akadályozza meg a kihűléssel együttjáró összehúzódást. A magot a homokformában rögzíteni kell, erre az úgynevezett *magfészkek* szolgálnak. A magfészkek számára a mintán megfelelő toldatok, kiálló részek vannak, ezeknek a segítségével a formával egyidejűleg készülnek el a mag megtámasztására szolgáló fészkek is. A mintán az egyes felületeket különböző színnel látják el. Öntöttvasnál magát a famintát vörös színűre, acélöntvénynél kék színűre festik, a magfészektoldatokat pedig fekete színűre, hogy a minta többi részétől jól megkülönböztethetők legyenek, és végül sárga színűre festik a megmunkálási helyeket (MSZ 5733).

A mag elkészítésére olyan szétnyitható edényre van szükségünk, amelynek ürege a készítendő mag alakjával megegyezik, ezt az edényt *magszekrénynek* nevezzük.

A homokformán kívül fémformát is használunk, *amit kokillának* nevezünk. A kokilla rendszerint vasöntvényből készített forma, a vasforma nagyobb hővezető képességénél fogva gyorsabb lehűlést eredményez a felületen, miáltal az öntvény felülete kemény, kopásellenálló kérget kap. Ebből a célból sokszor a homokformába is teszünk vasból készült hűtőbetéteket.

Acélgyártásnál az olvasztott acélt öntjük kokillákba. Ez a kokilla három részből álló, egyszerű, négyszög, kör vagy többszög keresztmetszetű hosszúkás fémforma, felül keskenyedő törzzsel, hogy az anyag megdermedése után le lehessen húzni róla. A kokillákba öntött és megdermedt acélt *öntecsnek* nevezzük. Az öntecseket később vagy kovácsolással, vagy hengereléssel alakítjuk tovább.

25. Az öntvények jelölése

A vasfémek öntvényeinek két nagy csoportja van, a *vasöntvények* és az *acélöntvények*.

A vasöntvényeknek a legnagyobb a széntartalmuk, ami a vasöntvényt rideggé, törékennyé teszi. Széntartalma 2,8% felett van, és gyakorlatilag 4,5%-ig terjed. A vasöntvény fajsúlya: 7,25—7,3 kp/dm³. A gépépítésben az MSZ 8280 szabvány szerint mint lemezgrafitos vasöntvények és az MSZ 8282 szerint mint temperöntvények használatosak.

1. *A lemezgrafitos vasöntvény* a gépgyártásnak egyik legfontosabb szerkezeti anyaga. Az Öv 10 jelű minőség szilárdsági követelmények nélkül használatos. A többi minőség szakítószilárdsága 15—40 kp/mm² között van, a jelük: Öv 15, Öv 20, Öv 25, Öv 30, Öv 35, Öv 40. Ezeken kívül nagyobb vagy különleges szilárdsági követelményekkel bíró vasöntvényt alkalmazunk pl. akkor, ha az öntéssel előállított tárgyon nagy kopásellenállású felületre van szükség. Erre alkalmazzuk a *kéregöntvényt*,

ezt a kemény kérget a felület gyors lehűtésével érjük el olyan módon, hogy az öntőforma azon részén erős hűtést kifejtő vasat alkalmazunk.

A vasöntvény nyomó igénybevételnek jobban ellenáll, mint húzó igénybevételnek, ezért elsősorban összenyomásra igénybe vett alkatrészek készítésére alkalmas anyag. A lemezgrafitos vasöntvények minőségei és felhasználásuk az 1. mellékletben találhatók.

A kutatómunka eredményeképpen új típusú vasöntvények is kifejlődtek, amelyeknek a szilárdsági tulajdonságai felülmúlják a lemezgrafitos vasöntvények tulajdonságait. A kimagasló tulajdonságokat a megdermedésükkor kiváló grafit alakjának, nagyságának, valamint eloszlásának megváltoztatásával érik el. Bizonyos körülmények között az öntött vasban levő grafitot gömbszemcsés formában tudjuk kiválasztani, ezáltal lesz a szakítószilárdság nagyobb értékű, ez a *gömbgrafitos öntött vas*.

2. *Temperöntvények*. Vékony keresztmetszetű, hosszú, esetleg hajlításra is igénybe vett alkatrészeket lemezgrafitos vasöntvényből nem igen lehet készíteni, mert az anyag ridegsége, törékenysége miatt hamar eltörnének. Az ilyen részeknél úgy járhatunk el, hogy a darabot nyersvasból öntjük le, és az öntés után a tárgy széntartalmát hőkezeléssel erősen csökkentjük, vagyis szenet vonunk el belőle, ezáltal acélszerűvé változtatjuk. A szénelvonást úgy végezhetjük, hogy az öntvénydarabot beágyazzuk oxigéntartalmú anyagba, pl. vörösvasérc (Fe_2O_3) szemcsék közé, és bizonyos ideig izzítjuk. Izzításkor a szén kidiffundál a vasból, és egyesül a vörösvasérc oxigénjével. Ez az eljárás a *temperöntés*. Ez az utólagos kezelés azonban költségtöbbletet okoz. Főleg csak kisebb alkatrészek, emelőkarok, villák, lánctagok készítésére használjuk, amelyeknél a kisebb anyagvastagság miatt a széntartalom a teljes keresztmetszetből kidiffundálhat. A temperöntvények ezen utólagos hőkezeléssel szívóssá, könnyen megmunkálhatóvá és korlátolt mértékben kovácsolhatóvá is válnak. Megkülönböztetünk fehér és fekete temperöntvényt. A nyersöntvényben levő kötött szén ugyanis a temperálás folyamán kétféle módon viselkedik. Oxigéntartalmú anyagban, pl. az említett vörösvasércszemcsék közötti izzításnál a szén jelentős része kioxidálódik a nyersöntvényből. Ekkor a töret fehér színt mutat. A fekete töretű temperálási eljárásnál az öntött tárgyakat csupán homokkal vesszük körül és így izzítjuk. Ekkor semleges légkörben történik az izzítás, a vasban levő szén úgynevezett temperszén alakjában benne marad az öntvényben a szövetek között, ezért a törésfelülete fekete színt mutat. Vékony falú fehér temperöntvény jól hegeszthető, ha az ehhez szükséges előírást is megadjuk. A temperöntvény minőségeit a 2. melléklet tartalmazza. A minőségi jelben levő fk. a fekete a temperöntvény, a p. jel a perlites tempervas minőséget jelenti.

3. *Acélöntvények*. Nagyobb szilárdsági igénybevételnek vagy ütéseknek kitett alkatrészeket, amelyeknél a nyúláson kívül olyan mérvű húzó-, és főképpen hajlítószilárdságot követelünk az anyagtól, ami mellett a vasöntvény nem jöhet számításba, viszont tagozottabb, bonyolultabb alakjuk miatt öntéssel olcsóbban tudunk előállítani, mint kovácsolással és forgácsolással, öntési eljárással acélöntvényből ké-

színthetünk. Az acélöntvénynek kisebb a széntartalma, szénen kívül egyéb ötvözőelemet is tartalmaz, húzó, hajlító igénybevételre is jól alkalmazható. Fajsúlya 7,85 kp/dm³. A használatos acélöntvény-minőségek és jelöléseik az MSZ 8270 és 8272 szerint a 3. és 4. mellékletben találhatók. A 3. mellékletben a minőségi jelek után betűjellel írjuk elő a megkövetelt minőséget, éspedig F a folyáshatár, FK a folyáshatár és a keresztmetszet-csökkenés betartására vonatkozó előírások jele.

Az ötvözetlen acélöntvények az Aö 50 minőségig jól, az ezen felüli minőségek csak különös elővigyázattal hegeszthetők.

26. Öntött darabok tervezése

Mivel a lemezgrafitos vasöntvények tervezése a leggyakoribb, azért az alábbiakban főleg ezzel foglalkozunk. Az egyes megállapítások azonban általában a többi öntvényekre is érvényesek.

A vas megolvasztása az olvasztókban szénnel (koksszal) rétegezve történik. A szén bizonyos százalékban benne marad a vasban, és ez a széntartalom a vasöntvényt rideggé, törékennyé teszi.

Öntési eljárással a legtagoltabb formát is könnyen ki lehet alakítani. Mindamellett az öntéssel készítendő gépalkatrészek kialakításánál a szerkesztőnek bizonyos körülményeket tekintetbe kell vennie, részben a homokforma könnyebb elkészíthetősége, részint a vasöntvény fizikai tulajdonságai, végül a nyersöntvénynek a letisztítása miatt. Ezeknek a mérlegelésénél nem kis mértékben a takarékosság is fontos szerepet játszik.

Az öntés pontatlan, durva eljárás. A távolsági méreteket nem lehet milliméterpontossággal betartani, a kisebb daraboknál csak 3—6 mm határok között, a nagyobb daraboknál pedig 8—15 mm között van a pontosság. A fából készített minta idővel vetemedik, emiatt is keletkezik pontatlanság. A felület a homokszemcsékkel való érintkezés miatt nem sima. Az acélöntésnél durvább homokot használunk, ezért az acélöntés felülete durvább, mint az öntött vasé. Finomabb homok alkalmazásával bizonyos fokig tudunk simább felületet is előállítani, ahol azonban öntött alkatrészt sima felfekvéssel kell másik alkatrészhez erősíteni, ott meg kell munkálni az öntödéből kikerülő ún. *nyers öntést*. Hogy a megmunkálással legyen mit eltávolítani a nyers öntésről, azért helyenként ráhagyással vastagabbra öntetjük azt a részt, ahol megmunkáljuk. A rajzon érdességi jellel látjuk el ezeket a felületeket, a mintán pedig rendszerint sárgára vannak festve. A minta ugyanis a ráhagyással nagyobbra készül. Ez a ráhagyás a darab nagysága szerint 3—10 mm körül van, nagyobb daraboknál és pontatlanul dolgozó öntödénél nagyobb ráhagyással kell számolni.

A formába öntött folyékony vas a külső felületeken, ahol a homokkal érintkezik, gyorsabban hűl le, mint a belső részein. A gyors lehűlés következtében a külső kéreg keményebb, mint a beljebb fekvő. Kopásnak kitett felületnél ilyen külső, kemény

ezt a kemény kérget a felület gyors lehűtésével érjük el olyan módon, hogy az öntőforma azon részén erős hűtést kifejtő vasat alkalmazunk.

A vasöntvény nyomó igénybevételnek jobban ellenáll, mint húzó igénybevételnek, ezért elsősorban összenyomásra igénybe vett alkatrészek készítésére alkalmas anyag. A lemezgrafitos vasöntvények minőségei és felhasználásuk az 1. mellékletben találhatók.

A kutatómunka eredményeképpen új típusú vasöntvények is kifejlődtek, amelyeknek a szilárdsági tulajdonságai felülmúlják a lemezgrafitos vasöntvények tulajdonságait. A kimagasló tulajdonságokat a megdermedésükkor kiváló grafit alakjának, nagyságának, valamint eloszlásának megváltoztatásával érik el. Bizonyos körülmények között az öntött vasban levő grafitot gömbszemcsés formában tudjuk kiválasztani, ezáltal lesz a szakítószilárdság nagyobb értékű, ez a *gömbgrafitos öntött vas.*

2. *Temperöntvények.* Vékony keresztmetszetű, hosszú, esetleg hajlításra is igénybe vett alkatrészeket lemezgrafitos vasöntvényből nem igen lehet készíteni, mert az anyag ridegsége, törékenysége miatt hamar eltörnének. Az ilyen részeknél úgy járhatunk el, hogy a darabot nyersvasból öntjük le, és az öntés után a tárgy széntartalmát hőkezeléssel erősen csökkentjük, vagyis szenet vonunk el belőle, ezáltal acélszerűvé változtatjuk. A szénelvonást úgy végezhetjük, hogy az öntvénydarabot beágyazzuk oxigéntartalmú anyagba, pl. vörösvasérc (Fe_2O_3) szemcsék közé, és bizonyos ideig izzítjuk. Izzításkor a szén kidiffundál a vasból, és egyesül a vörösvasérc oxigénjével. Ez az eljárás a *temperöntés.* Ez az utólagos kezelés azonban költségtöbbletet okoz. Főleg csak kisebb alkatrészek, emelőkarok, villák, lánctagok készítésére használjuk, amelyeknél a kisebb anyagvastagság miatt a széntartalom a teljes keresztmetszetből kidiffundálhat. A temperöntvények ezen utólagos hőkezeléssel szívóssá, könnyen megmunkálhatóvá és korlátolt mértékben kovácsolhatóvá is válnak. Megkülönböztetünk fehér és fekete temperöntvényt. A nyersöntvényben levő kötött szén ugyanis a temperálás folyamán kétféle módon viselkedik. Oxigéntartalmú anyagban, pl. az említett vörösvasércszemcsék közötti izzításnál a szén jelentős része kioxidálódik a nyersöntvényből. Ekkor a töret fehér színt mutat. A fekete töretű temperálási eljárásnál az öntött tárgyakat csupán homokkal vesszük körül és így izzítjuk. Ekkor semleges légkörben történik az izzítás, a vasban levő szén úgynevezett temperszén alakjában benne marad az öntvényben a szövetek között, ezért a törésfelülete fekete színt mutat. Vékony falú fehér temperöntvény jól hegeszthető, ha az ehhez szükséges előírást is megadjuk. A temperöntvény minőségeit a 2. melléklet tartalmazza. A minőségi jelben levő fk. a fekete a temperöntvény, a p. jel a perlites tempervas minőséget jelenti.

3. *Acélöntvények.* Nagyobb szilárdsági igénybevételnek vagy ütéseknek kitett alkatrészeket, amelyeknél a nyúláson kívül olyan mérvű húzó-, és főképpen hajlítószilárdságot követelünk az anyagtól, ami mellett a vasöntvény nem jöhet számításba, viszont tagozottabb, bonyolultabb alakjuk miatt öntéssel olcsóbban tudunk előállítani, mint kovácsolással és forgácsolással, öntési eljárással acélöntvényből ké-

színthetünk. Az acélöntvénynek kisebb a széntartalma, szénen kívül egyéb ötvözőelemet is tartalmaz, húzó, hajlító igénybevételre is jól alkalmazható. Fajsúlya 7,85 kp/dm³. A használatos acélöntvény-minőségek és jelöléseik az MSZ 8270 és 8272 szerint a 3. és 4. mellékletben találhatók. A 3. mellékletben a minőségi jelek után betűjellel írjuk elő a megkövetelt minőséget, éspedig F a folyáshatár, FK a folyáshatár és a keresztmetszet-csökkenés betartására vonatkozó előírások jele.

Az ötvözetlen acélöntvények az Aö 50 minőségig jól, az ezen felüli minőségek csak különös elővigyázattal hegeszthetők.

26. Öntött darabok tervezése

Mivel a lemezgrafitos vasöntvények tervezése a leggyakoribb, azért az alábbiakban főleg ezzel foglalkozunk. Az egyes megállapítások azonban általában a többi öntvényekre is érvényesek.

A vas megolvasztása az olvasztókban szénnel (koksszal) rétegezve történik. A szén bizonyos százalékban benne marad a vasban, és ez a széntartalom a vasöntvényt rideggé, törékennyé teszi.

Öntési eljárással a legtagoltabb formát is könnyen ki lehet alakítani. Mindamellett az öntéssel készítendő gépalkatrészek kialakításánál a szerkesztőnek bizonyos körülményeket tekintetbe kell vennie, részben a homokforma könnyebb elkészíthetősége, részint a vasöntvény fizikai tulajdonságai, végül a nyersöntvénynek a letisztítása miatt. Ezeknek a mérlegelésénél nem kis mértékben a takarékosság is fontos szerepet játszik.

Az öntés pontatlan, durva eljárás. A távolsági méreteket nem lehet milliméterpontossággal betartani, a kisebb daraboknál csak 3—6 mm határok között, a nagyobb daraboknál pedig 8—15 mm között van a pontosság. A fából készített minta idővel vetemedik, emiatt is keletkezik pontatlanság. A felület a homokszemcsékkel való érintkezés miatt nem sima. Az acélöntésnél durvább homokot használunk, ezért az acélöntés felülete durvább, mint az öntött vasé. Finomabb homok alkalmazásával bizonyos fokig tudunk simább felületet is előállítani, ahol azonban öntött alkatrészt sima felfekvéssel kell másik alkatrészhez erősíteni, ott meg kell munkálni az öntödéből kikerülő ún. *nyers öntést*. Hogy a megmunkálással legyen mit eltávolítani a nyers öntésről, azért helyenként ráhagyással vastagabbra öntetjük azt a részt, ahol megmunkáljuk. A rajzon érdességi jellel látjuk el ezeket a felületeket, a mintán pedig rendszerint sárgára vannak festve. A minta ugyanis a ráhagyással nagyobbra készül. Ez a ráhagyás a darab nagysága szerint 3—10 mm körül van, nagyobb daraboknál és pontatlanul dolgozó öntödénél nagyobb ráhagyással kell számolni.

A formába öntött folyékony vas a külső felületeken, ahol a homokkal érintkezik, gyorsabban hűl le, mint a belső részein. A gyors lehűlés következtében a külső kéreg keményebb, mint a beljebb fekvő. Kopásnak kitett felületnél ilyen külső, kemény

kéreg jelenléte előnyös. A megmunkált felületekről természetesen ez a kéreg eltávolítódik, úgyhogy a megmunkált felületek már puhábbak, mint a nyersen maradó részek. A vasöntvény általában könnyen megmunkálható.

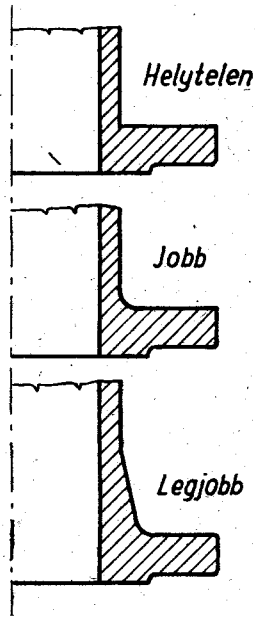
Az öntés után a vas a kihűlés alkalmával összehúzódik, összezsugorodik. A vékony részek hamarabb hűlnek le, mint a vastagok. Ez az egyenlőtlen lehűlés és a vele járó összehúzódás feszültségeket ébreszt. Ennek következtében egyes helyeken káros, úgynevezett *öntési feszültségek* keletkeznek, amelyeknek a hatására esetleg már a lehűléskor is vagy a használatbavételkor már kis igénybevételnél is megrepedhet az anyag.

Az öntési feszültség hatására olyan alkartészeknél, amelyeknél az öntési kérget csak az egyik oldalon távolíthatjuk el, gyakran bizonyos idő múlva *elhúzódások, vetemedések* jelentkeznek. Ezért kényesebb esetben, pl. szerszámgépek hosszabb agyainál, a végső megmunkálást az előnagyolás után bizonyos idő elteltével, 2—3 hét múlva célszerű elvégezni.

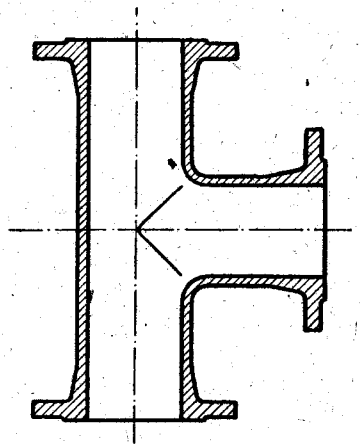
Az öntési feszültségek *csökkentése* végett az alábbi szempontok szerint kell végezni a tárgy kialakítását.

1. A *minimális falvastagság* kb. 5—6 mm, amit homokba való formázással el lehet érni. Ha bizonyos igénybevételnél a számítás kisebb falvastagságot eredményezne is, ennél lejjebb nem mehetünk, mert a homokban azt nem lehet előállítani.

2. *Fokozatos keresztmetszet-átmenetet* kell alkalmaznunk, hogy a lehűlés fokozatosan menjen végbe, nehogy a vékony fal hamarabb hűljön le, és a gyors összehú-



287. ábra. Vékony csőfal csatlakozása a karimához



288. ábra. Nagy lekerekítéssel oldjuk meg az átmeneteket

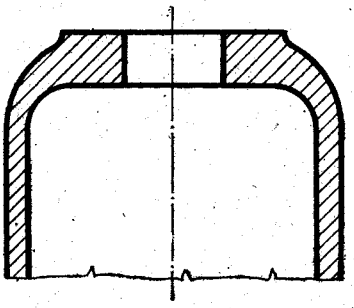
zódás miatt a vastagtól elrepedjen. Csövek vékony falát pl. nem szabad sarkosan csatlakoztatni a vastagabb falú csőkarimához *(287. ábra* felül*)*, erős lekerekítés *(287. ábra* középütt*)* jobb átmenetet ad; a legjobb megoldás azonban a cső vékony falát a karima felé kúposan megvastagítani és azonkívül lekerekítéssel menni át a csőkarimába *(287. ábra* alul*)*.

3. Éles átmeneteket kerülni kell, lekerekítéseket kell alkalmazni az átmeneteknél, és ennek sugarát a rajzon fel kell tüntetni. A *288. ábrán* látható csőidom-elágazásnál a sarkos csatlakozás miatt káros öntési feszültségek keletkeznének, ehelyett a sarokban az ábra szerinti nagy lekerekítést alkalmazzuk. A *289. ábra* fokozatos átmenetet mutat egy öntöttvas tartály vékony falából a felső nyílás vastag pereméhez.

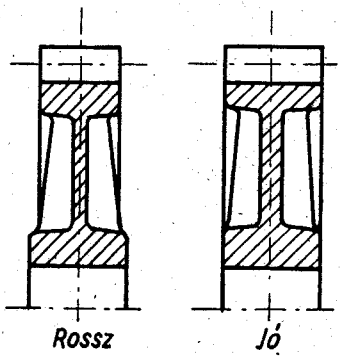
Az acélöntvénynél az öntvénysarokban nagyobb sugarú lekerekítést kell alkalmaznunk, mint a vasöntvénynél, mert az acélöntésnél nagyobb hőfokról történik a lehűlés. Emiatt az öntési feszültségek is nagyobbak lehetnek. Az acélöntvényeket az öntési feszültségek csökkentése céljából újra fel szoktuk izzítani, és utána lassan és egyenletesen hűtjük le.

Az öntvényeknél a homokba való beformálással már velejár, hogy éles sarkot nem tudunk kialakítani, mert a homok nem tudja kitölteni az éles sarkokat, letöredezik, úgyhogy a nyersen maradó öntvényrészeknél a sarkok mindig lekerekítéssel kerülnek ki az öntés alól. A mintán a sarkokat a mintaasztalos gittel tölti ki. A nyersen maradó felületeknek lekerekítéssel való csatlakoztatása adja meg a géprajznál az öntvény jellegzetességét: éles szöglet a forma osztássíkjánál, továbbá ott adódik, ahol mag nyúlik ki a mintából, azonkívül a megmunkált felületek szélénél. A vonalak találkozásánál tehát gondolni kell az előállításra. A lekerekítési sugarak a 10. táblázatban találhatók. Az 1—3 mm-ek főleg fémminta utáni formázásnál használhatók. Ha a lekerekítés sugara nagy, akkor esetleg az anyaghalmozódás határához jutunk.

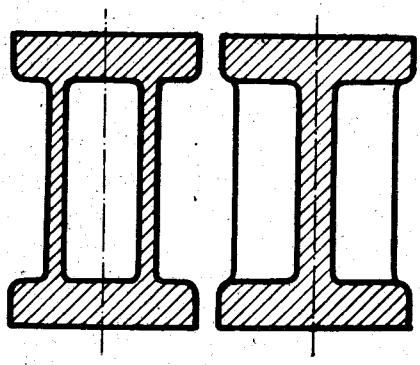
4. *A tömegeket egyenletesen kell elosztani,* vagyis kerülni kell az anyaghalmozódást. A *290. ábra* bal oldalán például a küllőtárcsa túl vékony, a csatlakozása sar-



289. ábra. Fokozatos átmenet a vékony fal és vastag perem között



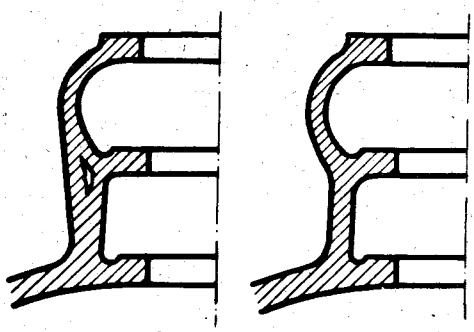
290. ábra. Kerüljük az anyaghalmozódást



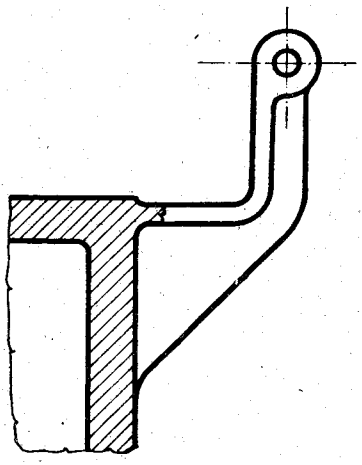
291. ábra. Üreges, vékony falú állvány helyett jobb a bordázott oszlop

kos, az éles saroknál a homok is letöredezik. A fogaskerék-koszorú anyagmennyiségének a megítélésénél arra is gondolni kell, hogy a megmunkált fogú kerekeknél az egész koszorú tömör öntés. A jobb oldali ábrát már arányos falvastagsággal és anyaghalmozódás nélkül rajzoltuk, nagy lekerekítéssel, ami a folyékony anyag hozzáfolyását is elősegíti. A szíjtárcsák küllőinél is a küllő vastagsága arányos legyen a koszorúhoz, valamint az agyhoz, és minden csatlakozásnál lekerekítés készítendő. A *291. ábra* bal oldalán levő üreges, vékony falú állvány helyett célszerűbb — főleg acélöntvénynél — a jobb oldal szerinti vastagabb fallal készíthető bordázott oszlop.

A tömegek egyenletes eloszlására azért is kell törekednünk, mert a folyékony anyag lehűlése a széleken indul meg, és onnan terjed a közép felé. Nem megfelelő anyageloszlás miatt előfordul, hogy az anyag a lehűléskor a szélek felé húzódik, és középütt, ahol legkésőbb szilárdul meg, üres marad. A *292. ábra* kompresszor szelepházfészkét mutatja, a bal oldali ábránál egyenlőtlen tömegeloszlás miatt zsugorodási üreg keletkezik a falban. Ezt úgy kerülhetjük el, hogy a külső felületet a jobb oldali ábra szerint jobban hozzáidomítjuk a belső tagozódáshoz. Ezáltal súlyt is takarítunk meg, ami a költségek miatt fontos. Az öntvény költségére ugyanis elsősorban a nyers öntvény súlya szolgál alapul.



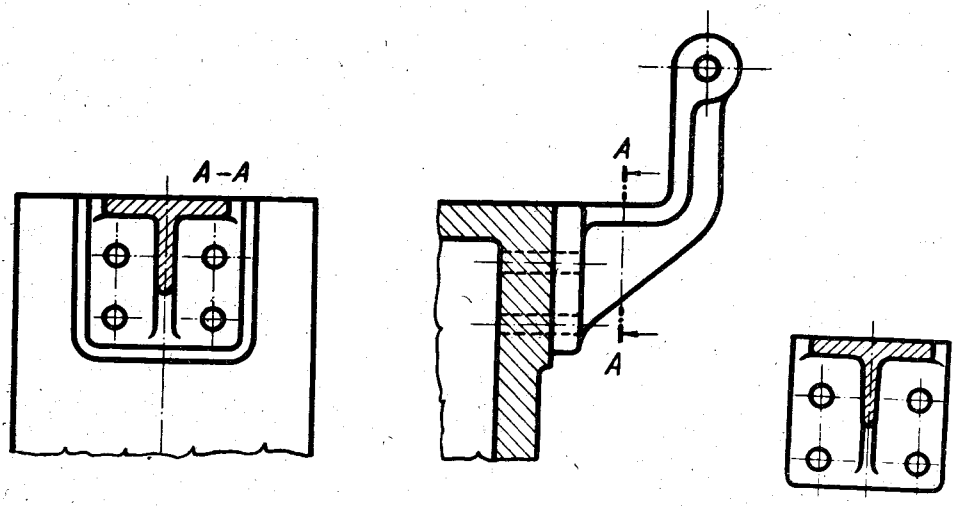
292. ábra. Ügyeljünk a helyes tömegeloszlásra üregképződés elkerülése végett



293. ábra. Vékony, kis alkatrészeket ne öntessünk nagy öntvényre

5. *A folyékony anyag hozzáfolyását* keresztmetszet-szűkítéssel nem szabad megnehezíteni, különösen acélöntvénynél, ami nehezebben folyik, mint a vasöntvény. Olyan vastag részek, amelyekbe az anyagnak csak vékony részeken keresztül lehetne befolynia, kerülendők, erre is például szolgálhat a *291. ábra.*

6. *Különböző vastagságú részeket válasszuk külön.* A kezdő gyakran követi el azt a hibát, hogy nagy, nehéz öntvényekre erősítendő szemcsapágyakat, füleket, vezetékeket vagy más vékony falú alkatrészeket egy nehezebb, vastagabb falú darabbal akar egybeönteni *(293. ábra)*. Az ilyen kiálló alkatrészek már akár az öntést követő tisztogatásnál, amikor a nyers öntvényekről a ráragadt homokot eltávolítjuk, akár a megmunkálásnál vagy a szállításnál letörhetnek. Ilyen mellékalkatrészeket célszerűbb külön darabnak kiképezni és csavarok segítségével erősíteni a nagy alkatrészhez *(294. ábra)*. Habár ez többe kerül, mégis célszerűbb megoldás. A vastag falú alkatrészen a felfekvésnél *felöntést* alkalmazunk, amit megmunkáltatunk. A felöntés felülete nagyobb legyen, mint a csatlakozó alkatrész talpa, mert ekkor a nyers oldalfelületeknél mutatkozó eltérés nem vevődik annyira észre. A *294. ábra* bal képén a vonalkázott metszet mögött még nézetvonalak mennek tovább, mivel a méretek szélesednek. Ezeknek a vonalaknak a végére íves befejezést, elfutó vonalvégződést rajzolunk, így érzékeljük azt a lekerekítést, ami a sarokban van. Az alsó merevítőborda ne legyen túl vékony, mint a *295. ábra* szerinti, hanem legyen arányos. Ezt a bordát lejtősen vékonyítani kell, hogy a mintáját a homokból könnyen ki lehessen venni. Ezt a lejtősséget nem is méretezzük be, hanem a mintaasztalos a saját tapasztalatai szerint állítja elő.

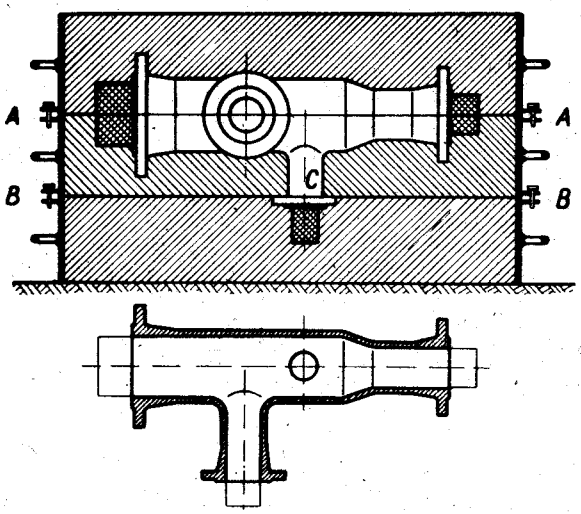


294. ábra. Kisméretű mellékalkatrészeket külön darabnak öntessünk.

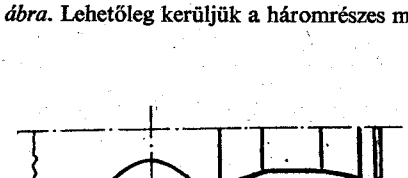
295. ábra
Ne készíttessünk ilyen vékony bordát

Ezeket a szabályokat főleg a folyékony vas egyenletes kihűlésének biztosítása végett kell szem előtt tartanunk. A minta és a mag szempontjából is vannak azonban követelmények. A tervezésnél mindig gondoljuk meg, hogy a mintánál az osztás síkja hogyan halad, hogy ezzel az osztássíkkal a mintafél kiemelését a homokból hogyan valósíthatjuk meg. Egyszerűbb darabot háromrészes minta alkalmazása helyett inkább több részből készítünk. Ezáltal esetleg a magkészítést is egyszerűbbé tudjuk tenni. A *296. ábrán* az egyik elágazást karimával készíthetjük, ha azonban a *C* jelű csőcsonkot is karimával akarjuk készíteni, akkor már háromrészes minta kellene *AA* és *BB* osztásokkal. A magot sem lehetne egyszerű, kétrészes szekrényben elkészíteni. A *C* csőcsonk számára célszerűbb felöntést készíteni, a csonkot külön részként kiképezni és hozzácsavarozni a felöntéshez a *297. ábra* szerint.

Lehetőleg kerüljük a magos öntést, amikor nem zárt tér a célunk, hanem a falak csak merevítésre szolgálnak. A magszekrény és a mag elkészítése igen drága, és a maggal való kivitel sohasem lesz olyan pontos, mint a mag nélküli formázás.



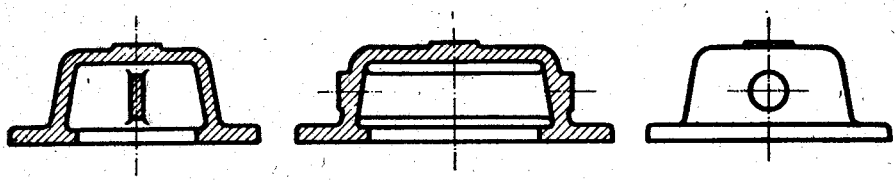
296. ábra. Lehetőleg kerüljük a háromrészes mintát



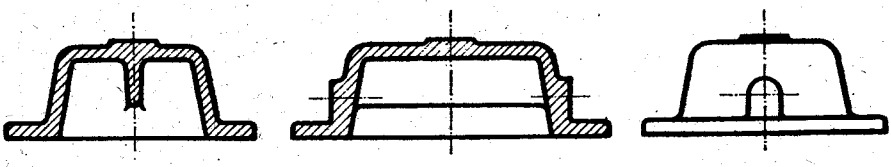
297. ábra. Tagoltabb alkatrészt inkább külön darabokra öntessünk

A *298. ábrán* feltüntetett négyszögletes darabnál a befelé nyúló peremrész miatt, továbbá mert a belső borda nem megy egészen a felső felületig, kénytelenek vagyunk külön magot használni. Az ilyen hézagos bordahelyezést azért szoktuk alkalmazni bizonyos esetben, hogy az anyagtorlódást a borda tövénél és a sarkokban elkerüljük. A magot azonban megtakaríthatjuk, ha a *299. ábra* szerint képezzük ki a darab belsejét, vagyis részint a peremet csak kívül alkalmazzuk, részint pedig a bordát is felvisszük.

Ennél a munkadarabnál a két végén furatokat kell készíteni. A furatoknál a csatlakozó alkatrészek felfekvése számára *felöntést* alkalmazunk. Ha a *299. ábra* szerinti kör alakú szemekkel készítjük a felöntést, akkor ezek a kiálló részek a mintának a homokból való kihúzását akadályozzák. Ezen



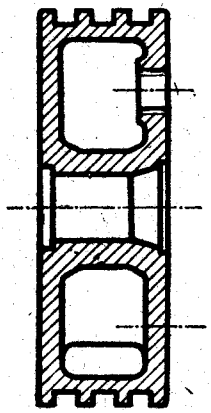
298. ábra. Ez a bordamegoldás és furatfelöntés nem célszerű



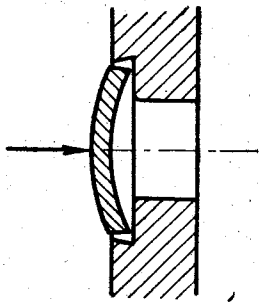
299. ábra. Az előbbi ábra jobb megoldása

úgy lehet segíteni, hogy a mintát lazán felerősített lejáró szemekkel látjuk el, amelyek a mintának a homokból való eltávolítása alkalmával benne maradnak a homokban, és a minta kiemelése után onnan könnyen kipiszkálhatók. Jó mintaasztalos-műhely a lejáró szemeket fecskefarokszerű vezetéssel készíti, hogy a raktározásnál el ne vesszenek. A lejáró szemek azonban pontatlan kivitelt adhatnak, mert a dörgölés elnyomhatja őket a helyükből. A lejáró szemekre nincsen szükség akkor, ha a felöntést a *299. ábra* szerint képezzük ki, vagyis a félkör alakkal végződő szemeket egészen az alsó peremig visszük tovább, hogy ne legyen olyan részlet, amely a mintának a homokból való kihúzását megakadályozza.

Bonyolult, üreges öntvényeknél, amilyen például a *300. ábrán* levő dugattyú, a mag megtámasztására a falon keresztül lyukakat alkalmazunk, ezek a *maglyukak*.

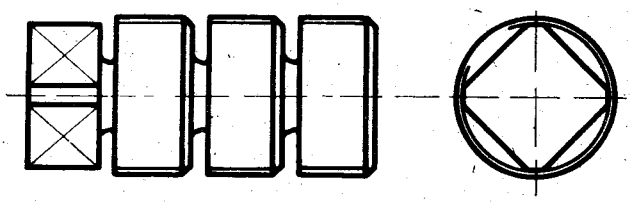


300. ábra. Zárt üregű alkatrésznél ne feledkezzünk meg a maglyukakról

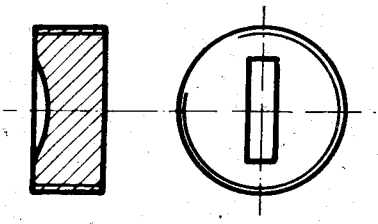


301. ábra
Maglyukzáró tárcsa

A maglyukat többféle módon zárhatjuk le. Készíthetünk a végére befelé kúposodó nyílást, és ebbe *zárótárcsát* helyezünk el *(301. ábra)*, vagy csavarmenetet vágunk a maglyukba és *maglyukdugót* csavarunk bele. Maglyukdugó készülhet több egy rúdon (MSZ 375), amelyeket becsavarás után egyenként lefűrészelünk *(302. ábra)*, vagy külön-külön hasítékkal *(303. ábra)*. A maglyukon keresztül távolítjuk el a mag anyagát is az öntvény üregéből. A rajzon fel kell tüntetni ezeket a maglyukakat a menettel vagy a zárótárcsa hornyával. (Menetjelölés a 39. pont szerint).



302. ábra. Egy rúdból készült maglyukdugók



303. ábra. Hasítékkal ellátott külön maglyukdugó

A mag biztos és pontos felfekvése, megtámasztása a jó öntvény, az egyenletes falvastagság alapfeltétele. Ha a mag megtámasztása hiányos, akkor a mag az öntésnél eltolódhat a folyékony vas felhajtó ereje miatt, amelynek egyenlőtlen falvastagság, helyenként ki nem elégítő szilárdság lehet a következménye. A mag megfelelő felfekvésénél egyúttal az öntvény belsejének a jó tisztítását is biztosítani tudjuk.

27. Az acélok hőkezelése

A hőkezelés olyan művelet vagy műveletek sorozata, amelyekkel az acélt valamilyen, az olvadáspontját el nem érő hőmérsékletre hevítjük és azután lehűtjük. Ugyanazon acélnál különböző szövetelemeket tudunk előállítani, és ennek megfelelően a tulajdonságai is változni fognak. Az egyes eljárások jelölésére nagybetűt alkalmazunk az acél minőségjele mellett, pl. egy gépacélnál a normalizálás jelölése: A 50 N, vagy krómmolibdénacélnál az olajban edzés jelölése CMo 3 H. Az alábbi szövegben ezeket a betűjeleket is feltüntettük. A következő hőkezelési eljárásokat alkalmazzuk.

Lágyítás. Többféle lágyítást különböztetünk meg aszerint, hogy milyen célt akarunk elérni. Alkalmazzuk *feszültségmentesítés* céljából, amikor az a feladat, hogy az öntés, a hideg- vagy melegalakítás, esetleg a hegesztés után megmaradt feszültségeket eltávolítsuk az anyagból, és mindenütt egyenletes feszültségi állapotba hozzuk. A *lágyító izzításnak* (L) pedig az a célja, hogy az acélt olyan lágyabb állapotba hozzuk, amellyel megmunkálhatóságát megkönnyítjük. A teljes *kilágyító izzítás* (G) alkalmazásával az acélt a lehető leglágyabb állapotba igyekszünk hozni. A *normalizálást* (N) egyenletes és finom szövetszerkezet elérése céljából alkalmazzuk. Normalizálásnál az anyagot bizonyos hőmérsékletre teljes keresztmetszetében felmelegítve, kivesszük a kemencéből, és levegőn, huzatmentes helyen hagyjuk lassan lehűlni.

Edzés. Ennek célja az acél szilárdságának, illetve keménységének növelése. Az anyag minőségétől függően lassan hevítjük az acélt 800—1000 °C hőmérsékletre, majd meghatározott ideig tartjuk az anyagot ezen a hőmérsékleten, utána nagyobb sebességgel lehűtjük. Az edzés eredményességére a lehűlés sebessége, valamint a hűtőközeg is lényeges befolyással van. A leggyakrabban használt hűtés a *vízben való hűtés* (T), az *olajban* (H) vagy a *levegőáramban* (Á) történő hűtés. Ezeken kívül *olvasztott sókat* vagy *olvasztott fémeket* is alkalmazunk edzőközegnek.

Nemesítés (V vagy Ne). Rendszerint két hőkezelésből áll: az *edzésből* és az azt követő *megeresztésből.* A megeresztés célja, hogy az edzés által elért ridegséget és túl nagy keménységet megfelelő kisebb értékre csökkentsük le, miáltal az anyag bizonyos fokig visszanyeri nyúlási képességét, és ezáltal szívósabbá válik. Megeresztéskor az edzés után lehűlt anyagot újra 500—650 °C körüli hőmérsékletre melegítjük fel, és lassan hagyjuk lehűlni. Nemesítéssel az acél felhasználási céljának legmegfelelőbb szilárdsági tulajdonságokat tudjuk biztosítani.

Betétedzés. Tulajdonképpen ez az eljárás is két műveletből áll, az ún. *cementálásból* és az azt követő *edzésből.* Az első műveletnél a betétedzésre alkalmas acélból majdnem teljesen készre munkált, csak köszörülési ráhagyással bíró munkadarabot tégelyben, szenet leadó közegbe, faszénpor és $BaCO_3$ katalizátor keverékébe ágyazzuk, a tégelyt lezárjuk és agyaggal körültapasztjuk, hogy légmentes legyen. Utána 850—900 °C hőmérsékleten meghatározott ideig izzítjuk. Az acél felületébe szén diffundál, vagyis a felülete szénben gazdagabb lesz. Ha lehűlt, akkor a tégelyből kivesszük, és második műveletként megedzzük. Az edzés után a szénben gazdagodott felület üvegkemény, kopásellenálló kérget kap, belül pedig az anyag lágyabb marad, vagyis megtartja az eredeti, edzéssel elérhető szívósságát. Betétedzésre azok az anyagok alkalmasak, amelyek szénben szegények, azaz vízben vagy olajban egyébként nem edzhetők. A tégelybe helyezés, vagyis a cementálás előtt azokat a felületeket, amelyeket nem akarunk megkeményíteni, galvanikus úton rézzel vonjuk be, vagy vastagon bekenjük agyaggal, esetleg azbesztbe csomagoljuk. A bevonás akadályozza meg azokon a felületeken a szén diffundálását. A szabadon maradó felületeken az izzítási időtartamtól függően 1—2 mm mélységű réteget kapunk.

A betétedzést egymáson elmozduló felületek kopással szembeni ellenállóbbá té-

telére használjuk, pl. a csapok, csapszegek, perselyek, bütykös tengelyek, fogaskerekek, szelepemelők, szeleptányérok stb. esetében.

A felületi keményítést szenet leadó olvasztott *sófürdőben* is megvalósíthatjuk, a munkadarabot bizonyos ideig a sófürdőbe lógatjuk, amelyből szén diffundál a felületébe. A felületet *nitrogén* diffundálásával is keményíthetjük, ez a művelet a *nitridálás*. Ezekkel az eljárásokkal vékonyabb felületi kemény réteget kapunk, mint a cementálással.

Nagyfrekvenciás edzés és lángedzés. Ezek szintén *felületi edzések*, amelyekkel az a cél, hogy a felületen kemény kérget kapjunk, a darab belsejét pedig lágy és szívós állapotban hagyjuk. Ilyen módon csak legalább 0,4% C tartalmú acélokat kérgesíthetünk. Ezeknél az eljárásoknál a darabok felületét gyorsan kell felhevíteni és utána lehűteni, hogy a közölt meleg a darab belsejét fel ne melegíthesse. A keménység a felszíntől befelé fokozatosan csökken. Az edzendő anyagok felületének melegítése történhet nagyfrekvenciájú induktív fűtéssel vagy nagy hőmérsékletű lánggal, pl. autogénlánggal. A nagyfrekvenciás edzésnél a felmelegítés egy vagy több menetű tekercs segítségével történik, amely rendszerint a darab alakjához, illetve méretéhez igazodik. Az autogénláng-fűtésnél a darabok felmelegítése nem egyszerre történik, hanem a pisztoly csak egy bizonyos kis felületet tud felmelegíteni, amit azonnal le kell hűteni. Ezért az autogénpisztoly mellé van felszerelve a hűtőberendezés is, hogy a felmelegített részek néhány másodperc múlva a hűtőközeg ráfecskendezése folytán megedződjenek. A felmelegítést és az edzést tehát az egész darab felületén fokozatosan, folyamatosan kell végezni.

28. A szénacélok szabványos jelölései

Ha a vasfémeknél a széntartalom minimális vagy éppen 0 értékű, akkor könnyen nyújtható, kovácsolható anyagot kapunk. Ennek a szilárdsága hőkezeléssel nem javítható. Bizonyos fokú széntartalom már lehetővé teszi a hőkezelést. Azonkívül melegen, izzó állapotban hengerléssel, kovácsolással alakíthatók. Ezek a *szénacélok*, amelyek a szénen kívül más elemmel nincsenek ötvözve, ezért *ötvözetlen acéloknak* nevezzük őket. Az előállításukhoz *Siemens—Martin*-kemencét, vagy azzal egyenértékű minőséget biztosító más eljárást alkalmazunk. A fajsúlyuk 7,85 kp/dm³. Két csoportjuk van: a *szerkezeti acélok*, amelyeknek széntartalma 0,1—0,6% között van, továbbá a *szénszerszámacélok*, 0,6—1,7% széntartalommal. Ezekből más anyagokat megmunkáló szerszámokat készítünk.

A következőkben az MSZ 500 szabvány szerinti általános rendeltetésű ötvözetlen szerkezeti acélokkal foglalkozunk (5. melléklet). Ebből meleghengerléssel rúd-, idomacél, durvalemez, szélesacél, abroncsacél és kovácsolt acél készül. Gyártáskor a folyékony acélban az oxigént Mn, Si, Al adagolásával le lehet kötni, ezáltal lehűléskor elmarad a gázképződés, az acél nyugodtan, *csillapítva* dermed meg. Ezek a csillapított acélok. Ezek gyártása lényegesen drágább a csillapítatlanokénál.

Az általános rendeltetésű szerkezeti acélokat a következő minőségben szállítják:

A *acélcsoport.* Vegyi összetétele csak tájékoztató jellegű. A jelölésben az A betű utáni számjegy a szakítószilárdság alsó határát jelenti, míg a számot követő betű a gyártási módszer vagy az ütőmunka követelményeire utal. A betűjelölések a következők:

A csillapítatlan acél betűjele: X
A félig csillapított acél betűjele: Y
A csillapított acél betűjele: B
A csillapított, szavatolt ütőmunkájú acél betűjele: U.

B *acélcsoport.* Szavatolt vegyi összetételű acél. Ez további képlékeny alakításhoz használatos.

Az MSZ 500 szerinti acélok megnevezéseire az alábbi példák szolgálnak:

Az A acélcsoportban levő csillapított acélnál:

A 38 B MSZ 500.

A B acélcsoportban félig csillapított acélnál:

B 38 Y MSZ 500.

Korábban az ötvözetlen gépacélok az MSZ 111 szabványban voltak szabványosítva.

Az MSZ 113-ban a *szegecsacélok* vannak csoportosítva. Kisebb szilárdságú csavarok és általános használatú szegecsek számára az A 34 Sz minőség használható. Az Sz betű a szegecsacél jellegre utal. Különleges kivitelt K betűvel jelölünk, pl. A 34 Sz K. Ezeken kívül még a nagyobb szilárdságú A 44 Sz K használatos.

A szerkezeti szénacélok másik csoportját nagyobb tisztasági fokkal állítjuk elő, ami növeli az anyag megbízhatóságát és alkalmasabbá teszi hőkezelésre, éspedig betétedzésre vagy nemesítésre. Akkor használjuk, hogyha kényesebb alkatrészekről van szó. Ezek az acélok az MSZ 61. szabványban vannak (6. melléklet) Általános jelölésük C .., a pontok helyére a széntartalom közepes mennyiségét százszoros százalékértékben megadó két számjegy kerül. Két csoportjuk van: a *betétben edzhető acélok*, a C 10 és a C 15 jelűek. Ezeknek alacsony a széntartalmuk, max. 0,18%. A másik csoportjuk a *nemesíthető* acélok. Ezeknek nagyobb a széntartalmuk, jelük: C 20, C 25, C 30, C 35, C 40 C 45, C 50, C 55, C 60. Az általános minőségeken kívül még különleges minőségben is gyártják őket, ezeknél a szám után K vagy E betű kerül, pl. C 10 K vagy C 10 E stb.

Az *automata acélok* olyan ötvözetek, amelyeknek nagyobb kén-, és foszfortartalmuk van, 0,15—0,25% S és 0,06—0,11% P (MSZ 4339). Ezek kör-, négyzet- és hatszögszelvényben gyorsforgácsolásra, automatákon történő megmunkálásra alkalmas acélok. Az automata acélok minőségi jelei: A S 1, A S 2, A S 3, A Pb, A S Pb.

Melegen hengerelt vagy hidegen húzott állapotban kerülnek szállításra, ez utóbbiak jelében H betű van, pl. A S 2 H MSZ 4339.

29. Ötvözött szerkezeti acélok

Az acélokat szénen kívül még más elemekkel is ötvözzük, hogy a szilárdságot, nyúlást, kopásellenállóságot, rozsdamentességet, hőállóságot fokozzuk. Az ötvözőelemeknek a hőkezelésnél, az átedződésnél is fontos szerepük van. A nemesítésre alkalmas acélok ugyanis az ötvözőelemek hatására a teljes keresztmetszetükben jól átedződnek, a betétedzésű acéloknál pedig az ötvözőelemek jó kemény kéreg kialakulását és ennek a kéregnek a beljebb fekvő részekkel való jó összefüggését eredményezik. Ilyen ötvözőelemek elsősorban a mangán (Mn, acéljelben: M), a króm (Cr) és a nikkel (Ni), továbbá a molibdén (Mo), vanádium (V), szilícium (Si, acéljelben: S), alumínium (Al), wolfram (W), kobalt (Co). E két utolsó elem inkább a szerszámacélok fontos alkotóeleme.

Az ötvözőelemek az anyagot a szilárdsági és nyúlási képesség növelésével *szívósabbá* teszik. Főleg lökéseknek és fárasztó igénybevételnek kitett alkatrészeknél használjuk őket, azonkívül nagy keresztmetszetű géprészekhez alkalmasak, ahol a teljes keresztmetszet átedződését biztosítani kell, tehát attól a beljebb fekvő részektől is, vagyis a magtól is nagy szilárdságot kívánunk meg. A kopásnak kitett felületekkel bíró alkatrészeknél pedig, ahol a magban az alkatrésznek kisebb a húzó vagy hajlító igénybevétele, ötvözetlen acélokat használhatunk, viszont ha az alktarész igénybevétele nagy, akkor ötvözött, betétedzésű anyagot alkalmazunk.

Az *ötvözött acélok* az elnevezésüket rendszerint az illető ötvözőelemtől vagy elemektől kapták.

A legrégebben alkalmazott ötvözött acélok a *krómnikkelacélok* (7. melléklet). Ezekkel a legkiválóbb minőségű szerkezeti acélokat nyerjük, a nagyobb szakítószilárdságot és nagyobb nyúlóképességet jól meg tudjuk valósítani: a hőkezelésre, pl. a hőmérséklet pontos határok közötti betartására nem annyira érzékenyek, edzési hajszálrepedésre sem igen hajlamosak. Két csoportjuk van, a *betétedzésre* alkalmas krómnikkelacélok az MSZ 68 szabvány szerint, és a *nemesítésre* alkalmas krómnikkelacélok az MSZ 69 szabvány szerint. Ezeket az acélokat a nemesítés kedvező hatása folytán majdnem mindig nemesítve használjuk.

Mivel a nikkel nehezen beszerezhető fém, ezért a krómnikkelacélok helyett más ötvözött acélok nyertek alkalmazást. A szerkesztők feladata, hogy elsősorban ezeket az alábbi acélokat alkalmazzák. Ilyen acélok a 8. melléklet szerinti *krómmolibdén*-acélok, amelyeknek szintén két csoportjuk van, a *betétben edzhető* acélok az MSZ 2644 szabvány szerint, és a nemesíthető acélok az MSZ 2655 szabvány szerint.

A molibdén az acélban egyedül ritkán ötvöződik, rendszerint más ötvözőelemmel együtt fordul elő. A Mo a szilárdságot és a folyáshatárt is erősen emeli.

A *krómacélok* (9. melléklet) szintén két minőségben készülnek, a *betétedzésű acélok* az MSZ 2664 szerint és a nemesíthető krómacélok az MSZ 2665 szerint. Az MSZ 5780 szerint a krómot Mn-nal, Mo-nel, V-mal együtt is használhatjuk. Ezek a nemesíthető krómvanádium-acélok. Mindhárom acélfajta a krómnikkel-

acéloknak megfelelő helyeken használható. A hőben való kezelés iránt azonban sokkal érzékenyebbek, mint a krómnikkel- és a krómmolibdénacélok. Szívósságuk is kisebb. A belőlük készített alkatrészeknél az egyenletes falvastagságra és az erős legömbölyítéssel készített fokozatos átmenetre kell törekedni, mert az edzési berepedésre hajlamos anyagok.

Mangánacél. A mangán kisebb százalékban majdnem minden acélban előfordul. Mangánacélnak csak a 0,8%-nál nagyobb Mn-tartalmú acélokat nevezzük. Két csoportjuk használatos: az egyik az 1,20 és 2,80 Mn-tartalmú acélok, vagyis a kisebb Mn-tartalmúak. Ezek a 10. melléklet nemesíthető mangánacélok csoportjában vannak feltüntetve, és az MSZ 2658 szabványban vannak szabványosítva. A másik csoport a nagyobb Mn-tartalmú acélok, amelyek 10—14% Mn-t tartalmaznak; ezek nincsenek szabványosítva. Különleges minőségűek, rendkívül szívósak, és kopásellenállásuk is igen nagy. Ezeknek a hideg forgácsolással való megmunkálásuk is igen nehéz, ezért az alkatrészeket belőlük általában öntvények formájában állítjuk elő. Nagy kopásnak kitett alkatrészeket, őrlőgolyókat, kőtörők zúzópofáit, vontatók hernyótalpait stb. készítik belőlük.

A *mangánszilícium-acélok* (MSZ 2669, 10. melléklet) mangánon kívül 0,90—1,40% szilíciumot is tartalmaznak. Ezek nemesítéssel hőkezelhetők.

A *nitridálható szerkezeti acélok* (MSZ 17779, 10. melléklet) a nitridálást elősegítő alumíniumot vagy vanádiumot tartalmaznak.

30. Különleges acélok

Rugóacél. Rugók számára leginkább a szilíciumacélok alkalmasak. A szilícium rendszerint mangánnal ötvözve használatos. A Si az acél rugalmasságát erősen növeli. A 11. melléklet tünteti fel az MSZ 2666 szabvány szerinti rugóacélokat. A jelölésükben az első számjegy az átlagos széntartalom-százalék százszoros értéke. Az utolsó számjegyeknek különösebb jelentőségük nincsen, megkülönböztetésre szolgáló régebbi jelölések.

A nagyszilárdságú, ötvözetlen kerek *rugóacél-huzal* az MSZ 4373 szabványban található.

Korrózió- és saválló acélok. Az acél a folyadékoknak és a gázok korrodeáló hatásainak általában nem áll ellen, hanem oxidálódik, rozsdásodik. Ez ellen a felületeknek fémes vagy nem fémes anyaggal való bevonásával védekezhetünk. A fémes bevonást pl. a krómozott, horganyzott vagy ónozott lemezeknél és gépalkatrészeknél alkalmazzuk, a nem fémes bevonás a festés vagy műanyag, keménygumi bevonás. A leghasználatosabb védekezési módszer azonban az ötvözés, éspedig a magas ötvözésű krómacélok rendelkeznek korrózióálló tulajdonságokkal.

A korrozióálló rúdacélok (MSZ 4360) legalább 12% krómot tartalmazó, erősen ötvözött acélok, jól ellenállnak a légkör, talaj, tengervíz, savak és lúgok stb. maró hatásának. Az acélminőségek jelei a következők: KO 1 .. KO 5; KO 11...KO 16;

KO 21 és KO 22, KO 31.. KO 40. A nikkeltartalom a KO 16-tól kezdve 1,5%-ról a KO 40-ben levő 26—29%-ig növekszik, a krómtartalma pedig 22—25%.

A vegyi hatásokkal szemben tanúsított ellenállás természetesen sohasem teljes, hanem különböző mértékű. Az ellenállás mértékéül azt a súlyveszteséget vesszük, amit az ötvözet 1 m^2 felülete szenved a maró folyadék hatása következtében 1 óra alatt.

A rozsdamentes acélok némelyike az összetételének megfelelő hegesztőpálcával könnyen hegeszthető, úgyhogy a kémiai ipar készülékei számára nagyon alkalmas.

Nagyobb, 12—15% Si-tartalom ötvözése esetén is savállók az acélok. Ezek a saválló Si-acélok azonban rendkívül kemények és csak köszörüléssel munkálhatók meg.

Hőálló acélok. A nagy krómtartalmú ötvözeteknél a felületükön képződő krómoxid réteg adja meg az ellenálló képességet a maró hatásokkal szemben. Ez a réteg nemcsak a kisebb hőmérsékletű folyékony és gáznemű hatószerekkel szemben fejt ki védőhatást, hanem nagy, 600—1000 °C hőmérsékletű gőzökkel és gázokkal szemben is. Ezért a hőálló acélok ötvözőeleme is főleg króm, amelynek a százalékos mennyiségétől függ a hőállóság.

A hőálló acélok általában 580 °C hőmérséklet feletti üzemre alkalmasak. Rendszerint elektrokemencében vagy ezzel egyenértékű más eljárással készülnek (MSZ 4359). Az alábbi jelölések szerint vannak szabványosítva:

H 1... H 4 acélokban 12—14% a Cr-tartalom. H 5-ben 5,8—6,6% Cr, 2,2—2,5% Si.

H 6 — H 10 acélban 8-tól fokozatosan 27%-ig nő a Cr-tartalom, a H 8—H 10-ig 8-tól 21%-ig nő a Ni-tartalom, a H 11—H 15-ig 19—26%-ig nő a Cr-tartalom.

A minőségi jelben H a hőálló acélt jelenti, az utána következő számjegy megkülönböztető sorrendi szám.

A szerszámacélok, különösen az *ötvözött szerszámacélok* a különböző szerkezeti anyagok megmunkálására szolgáló eszközök, szerszámok készítésére használatosak.

31. Színesfémek. Réz és ötvözetei

A nem vasfémeket két csoportra oszthatjuk fel, a *nehézfémek* és *könnyűfémek* csoportjára. Fémeken a gyakorlatban általában a nem vasfémeket értjük. Ötvözéssel a fémek tulajdonságait tág határok között tudjuk változtatni. A legfontosabb nehézfémek a vörösréz és ötvözetei.

A *vörösréz* (Cu) fajsúlya: 8,93 kp/dm^3. Lágy, szívós anyag, hidegen és melegen kovácsolható, nyújtható, hajlítható. Nem oxidálódik, savak, lúgok maró hatásának jól ellenáll, vagyis nem korrodeál. Nagy nyúlóképessége miatt hőcserélők támcsavarjai anyagának használjuk. Villamos vezető- és hővezető képessége kitűnő. Korrózióellenálló képessége miatt kémiai edények, kémiai készülékek csővezetékének alkalmas. Aránylag nagy olvadási hőmérséklete van: 1083 °C, emiatt a tiszta vörösréz öntési célra nemigen használatos.

A színesfémek számos ötvözetének alapanyaga a vörösréz. Az ötvözetek olvadási pontja már kisebb, úgyhogy öntési célra inkább alkalmasak. Azonkívül ötvözéssel a vörösréznél keményebb fémeket kapunk. Az ötvözetek közül a legfontosabbak a következők:

Sárgaréz. Fajsúlya: 8,60 kp/dm³. Vörösréz és horgany (Zn) ötvözete, ridegebb, durvább szemcséjű anyag. A sárgarézfélék elnevezése a réztartalmuk alapján történik. Az alakítás céljára alkalmas sárgaréz (MSZ 8810) a 12. mellékletben található. Az SrA 58 automata munkákra alkalmas. A 63%-nál nagyobb réztartalmú ötvözetek hideg állapotban is jól munkálhatók és jól sajtolhatók. Az Sr 60, 63, 67, SrK 70 kondenzátorcsőnek alkalmas. Lemez, rúd, dísztárgyak részére az Sr 72, 80, 85, 90 használható.

A sárgaréznek még más anyaggal, pl. Ni, Pb, Mn, Al, Si-mal való ötvözetével kapjuk a különleges sárgarezet (MSZ 8812, 13. melléklet), amelynek szintén vannak alakítható és önthető minőségei. Megkülönböztetésük K előbetűvel történik, ezzel az alakítható minőségek: K Sr 54, 58, 59, 64, 68, 70. Az *öntészeti tömbnél* a megjelölés: öK Sr 50 stb.

A 14. melléklet ugyancsak a sárgarézöntvényeket és a különleges sárgarézöntvényeket tünteti fel. Az *alumíniumbronz* öntvények 8—11% alumíniumot tartalmaznak. Az ötvözött *horganyöntvényekben* viszont a horgany százaléka magas és a réztartalom csak max. 3,4%.

Az *ónbronz* vörösréz és ón (Sn) ötvözete. Nem oxidálódik, finom szemcsés szövetszerkezete van, ezért bizonyos ötvözetei alkalmasak csapágyperselynek is. A 15. melléklet az MSZ 710 szerint a Bz 2, 5 és 8 alakítás céljára alkalmas ónbronzokat tartalmazza. Az alakítás céljára alkalmas *alumíniumbronz* az MSZ 711 szerint 4,5—11% alumíniumot tartalmaz (15. melléklet).

A 16. melléklet az önthető *réz- és horganyöntvényeket* tartalmazza az MSZ 8573 szerint. Főbb minőségei a Vöt 10, 7, 5, 4, 3, *vörösötvözetek,* amelyek úgy kerültek használatba, hogy az ónbronzok ónját anyagtakarékosság miatt az olcsóbb horganynyal kezdték helyettesíteni. A többalkotós bronzöntvényekben 4—27% ólom is van, ezek az *ólombronzöntvények* (16. melléklet).

A nikkeles sárgarézötvözetek *alpakka* néven ismeretesek. Evőeszközök, orvosi műszerek, rajzeszközök készítésére alkalmasak.

A 17. melléklet a *csapágybélés-ötvözeteket* tartalmazza. Két nagy csoportra oszthatók, az egyik a lágy csapágyfémek, amelyek ón alapanyaggal készülnek, ez a Csf 80 (MSZ 713). A másik csoport a nehéz csapágyfémek csoportja, amelyek ólmot is tartalmaznak (MSZ 711, 712). A bélésfémek acél, esetleg bronzcsészékben csupán futófelületnek használatosak.

32. Könnyűfémek

A könnyűfémek két legfontosabb képviselője az *alumínium* és a *magnézium*. Az alumíniumot alig 120 éve fedezték fel. Iparilag csupán 70—80 éve használjuk. A tiszta alumínium fajsúlya 1,74 kp/dm³, olvadási pontja 650 °C. A magnézium rendkívül gyúlékony.

Az ötvözetlen alumínium nem hőkezelhető, sőt a hidegen megmunkált, ötvözetlen alumínium szilárdsági értékei csökkennek, ha meleg kezelésnek vetjük alá. Ezért a tiszta alumíniumot ötvözzük más alkotóelemekkel. Az alumíniumötvözeteknek a mechanikai tulajdonságai a hőkezelés következtében már lényeges változásokat mutatnak, úgyhogy a hőkezelt alumíniumötvözetek szilárdsági tulajdonságai már elérik a gyengébb minőségű szénacélok szilárdsági tulajdonságait is, anélkül, hogy a fajsúlyaik az ötvözetlen alumíniumétól lényegesen különböznének. Az alumíniumötvözetek hőkezeléssel való keményítését *nemesítésnek* hívjuk.

Az alumíniumötvözeteket két nagy csoportra osztjuk fel. Az egyik az *öntési célra* alkalmas, a másik pedig az *alakítható, sajtolható, kovácsolható* alumíniumötvözetek csoportja. Mindkét csoportban vannak nemesíthető és nem nemesíthető ötvözetek.

Az öntészeti alumíniumötvözetek homokformába vagy vasformába, ún. kokillába öntve készülnek. Az alakítható alumíniumötvözetekből rudakat, huzalokat, lemezeket, szelvényeket stb. gyártanak. Az öntött anyag szilárdsága kisebb, mint az ugyanolyan összetételű hengerelt árué.

Az alumíniumöntvények kétalkotós ötvözetének három fő csoportja van (18. melléklet)

Si-mal ötvözött alumíniumöntvények: Al—Si csoport.

Mg-mal ötvözött alumíniumöntvények: Al—Mg csoport.

Rézzel ötvözött alumíniumöntvények: Al—Cu csoport.

Jobb tulajdonságok elérése végett egyéb anyagok ötvözése is szükségessé vált. Így keletkeztek a *többalkotós* ötvözetek. Ezek megjelölésére 3 alkotót szokás megnevezni, amelyek túlsúlyban vannak az ötvözőanyagok között.

A sajtolható, illetve nyújtható Al-ötvözeteket is (MSZ 3714) ugyancsak háromféle csoportra osztjuk fel. Ezek is tovább fejlődtek többalkotós csoportokká. Ezek nagy szilárdságú anyagok, igen alkalmasak a gépalkatrészek és szerkezetek készítésére: repülőgépek, vasúti kocsik, gépjárművek erősen igénybevett alkatrészei, rudak, csövek, lemezek, szalagok készülnek belőlük.

A magnézium alapúak között van az *elektronötvözet*, ami kis fajsúlyú: fajsúlya 1,8 kp/dm³. Kedvező szilárdsági tulajdonsága van, jól önthető, sajtolható, kovácsolható.

Az alumíniumötvözetek mechanikai tulajdonságaik folytán sok nehézfémet tudnak kiszorítani, így az öntött vasat, továbbá a rezet, pl. az edényiparban, a kémiai iparban, a villamos vezetékeknél, a díszítőiparban, az ólmot és a cinket a nyomdaiparban, az ónt az élelmiszeriparban, pl. az ónfóliákat (a staniolpapírt) az Al-fóliák kiszorították.

Az alumínium és ötvözetei a levegőn vékony oxidréteggel vonódnak be, ez megvédi őket a további oxidációtól. Olyan esetekben, amikor az alumíniumból vagy alumíniumötvözetből készített tárgyak, géprészek egyéb fémmel (réz, vas) érintkeznek, az érintkezés helyén elektrolitikus folyamatot megakadályozó szigetelőanyagot kell közbeiktatni, mert az érintkezési helyek korrózióra hajlamosak. A szigetelés lehet szigetelő lakkfestés, vagy pedig fiberlapot, keménygumi lapot helyezhetünk a két fém közé.

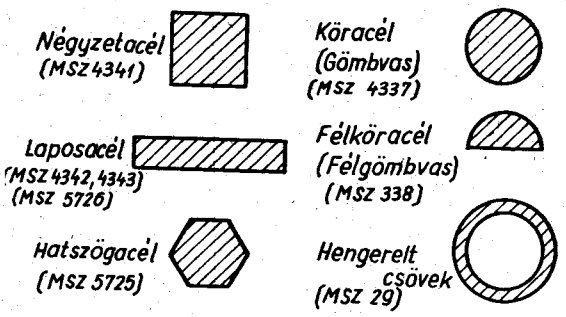
33. Hengerelt szelvények

A különböző ötvözetlen és ötvözött szerkezeti acélokból, továbbá a szerszámacélokból, amelyek melegen, izzó állapotban hengerléssel és kovácsolással alakíthatók, hengerművekben különböző keresztmetszetű *hengerelt rudakat, idomacélokat* stb. állítanak elő. A gyakrabban használt hengerelt rudak a 304. ábra szerintiek. Ezeket a rudakat nemcsak acélból, hanem színesfémekből is gyártják. Hengerléssel állítják elő a különböző szelvényeket is: T szelvények *(305. ábra,* MSZ 324), I szelvény (MSZ 325), és U szelvény (MSZ 326, *306. ábra*), egyenlő szárú szelvény vagy L szelvény (MSZ 328) és egyenlőtlen szárú szelvény *(307. ábra,* MSZ 329).

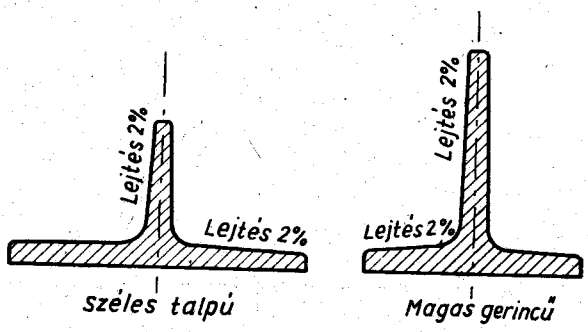
Az idomacéloknál a szár méretében 1—2 mm méreteltérés szokott lenni. Készülnek azonban éles sarkú hengerelt egyenlőtlen szárú L szelvények (MSZ 4313) és éles sarkú T szelvények (MSZ 4314) is.

Ritkábban használt szelvények az éles sarkú vagy lekerekített Z szelvény (*308. ábra* MSZ 4311), félkörszelvény vasúti szerkezeteknél és negyedkörszelvény oszlopoknak *(309. ábra)*, nagyvasúti sínszelvény (*310. ábra,* MSZ 2575, 2576) és kisvasúti sín (MSZ 2801).

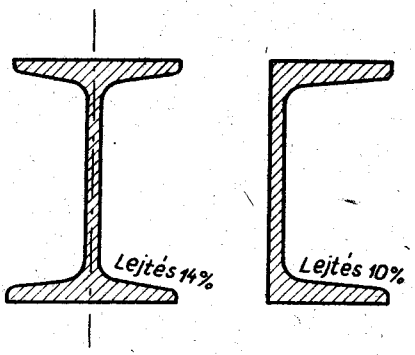
Nemcsak meleg, hanem hideg hajlítással is készülnek idomacélok. Ezeknél a *v* vastagság állandó és a sarkok erős *r* lekerekítéssel készülnek. Ilyenek az egyenlő oldalú U szelvények (*311. ábra,*



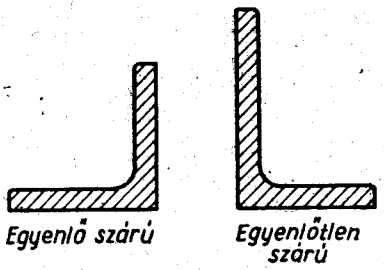
304. ábra. Különböző keresztmetszetű hengerelt idomacélok, ill. fémek



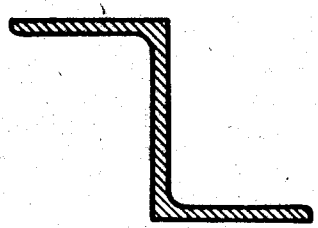
305. ábra. T szelvények



306. ábra. I és U szelvények



307. ábra. Egyenlő és egyenlőtlen szárú L szelvény



308. ábra. Z szelvény

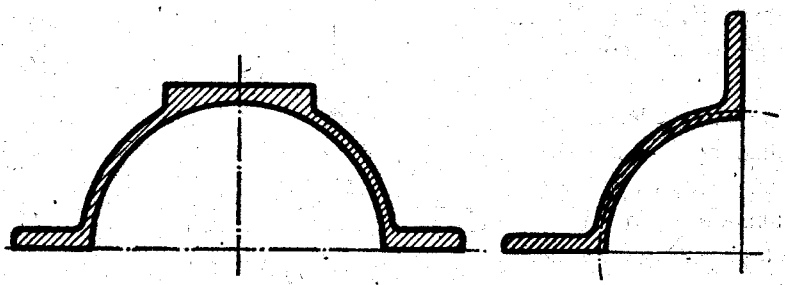
MSZ 4346), amelyeknél $h=b$, továbbá az egyenlőtlen szárú U szelvények, amelyeknél $h>b$ (MSZ 7325), vagy $h<b$ (MSZ 7326). A hidegen hajlított L acél egyenlő szárú (MSZ 4347) vagy egyenlőtlen szárú (MSZ 4348). A zárt szelvényű acél lehet négyzet alakú (MSZ 7328) vagy téglalap alakú (MSZ 7329), végül egyik oldalon nyitott téglalap alakú (MSZ 7330).

Az idomacéloknál és a hengerelt rudaknál is a szerkesztőnek tudnia kell, hogy milyen méretben készülnek és a szerkesztésnél azokat a méreteket alkalmazza, amelyek a kereskedelemben kaphatók. Ezekről a szabványokon kívül a gyárak katalógusai is nyújtanak tájékoztatást.

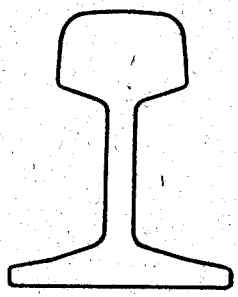
Hengerléssel állítjuk elő a különböző méretben és vastagságban kapható *lemezeket* is. A leggyakoribb gyártási táblalemezméret az 1000×2000 mm. A következő csoportosításuk van:

Melegen hengerelt durva lemez és szélesacél (MSZ 21). 4—60 mm vastagságig vízszintes és függőleges tengelyű univerzális hengerek között készül az MSZ 500 szabvány szerinti minőségekkel. A lemezek méretei, méret- és súlytűrései az MSZ 40 szabványban, a kazánlemezek az MSZ 1741 szabványban találhatók.

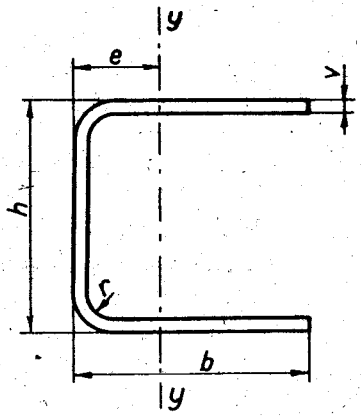
Az MSZ 23/1 lap az *ötvözetlen* lágyacélból készült *finom lemezeket* tartalmazza,



309. ábra. Félkör- és negyedkörszelvény



310. ábra. Vasúti sínszelvény



311. ábra. Hidegen hajlított U szelvény

melyek meleg- vagy hideghengerléssel készülnek. A melegen hengerelt lemezek felületét folyadékban való kezeléssel, maratással, ún. pácolással is finomítják.

A *minőség* szerinti felosztásuk a következő:
H: hajlítható,
S: sajtolható és húzható,
M: mélyhúzható,
K: kiválóan mélyhúzható.
A *felületi* előírások:
1.: hidegen hengerelt: H;
2., 3.: melegen hengerelt és pácolt: P;
4.: melegen hengerelt, reveréteg megengedett: F.

A finom lemezek méreteit és mérettűréseit az MSZ 41 tartalmazza. Ezek a finom lemezek ömlesztő hegesztéssel jól hegeszthetők. Ponthegeszthetőség csak hidegen hengerelt és a melegen hengerelt, pácolt lemezeknél szavatolt.

A finom lemez minőségi jele a fenti előírások szerint példaképpen a következő:
Hajlítható, melegen hengerelt és pácolt: H 2 P.
Sajtolható és húzható, 2-es felületű, pácolt: S 2 P.

Az MSZ 23/2 lap az MSZ 500 vagy az MSZ 61 szerinti ötvözetlen szerkezeti acélokból melegen vagy hidegen hengerelt, 4 mm-nél vékonyabb, nagyobb szilárdságú lemezeket tartalmazza. A felületi előírások megegyeznek az MSZ 23/1 lap szerinti 1—4 felületi előírásokkal, pl. A 42 minőségű, melegen hengerelt, 2. felületű, pácolt finom lemez jele: A 42 2 P.

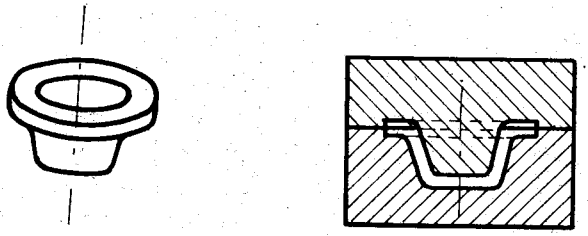
Az MSZ 41 szabvány előírásai ezekre a finom lemezekre is vonatkoznak.

A melegen való hengerlés után a lehűlt anyag felülete feketeszürkés lesz. Kaphatók azonban olyan anyagok is, amelyeket a meleghengerlés után hidegen alakítanak tovább hengerléssel, vagy pedig a rudakat keresztülhúzzák egy acélgyűrűn, és így csökkentik a keresztmetszetüket. Ezzel a gyártási eljárással pontosabban lehet elkészíteni a végleges méretet. Ez utóbbiak a hidegen húzott áruk. A hidegen húzott acélok (MSZ 4369) anyagminősége az MSZ 500 és a betétedzésre, hőben való kezelésre alkalmas MSZ 61 szabvány szerinti acélminőségeknek felel meg a következő betűjelölésekkel: H — *hidegen húzott,* G — *feketére lágyítva,* Sr — *revementesen lágyítva,* N — *normalizálva,* V — *nemesített.*

A hidegen húzott áruk már sokkal pontosabb méretekkel kerülnek ki a gyártás alól, és a felületük is fényes marad. Ezek a *fényesre húzott kerek-*, *négyzet-* (MSZ 4378), *lapos-* (MSZ 4374), *hatszög-* (MSZ 4376) *acélok* drágábbak, mint a fekete, nyers rudak, de sok esetben kifizetődik a többletköltség, mert alkalmazásukkal munkabért takarítunk meg. Pl. ha egy tengely számára nyers, fekete kerekacélt veszünk, akkor ezt még meg kell esztergályozni. Fényesre húzott kerekacélt pedig esetleg mindenféle megmunkálás nélkül is beépíthetünk, vagyis megtakaríthatjuk a megmunkálás költségét.

34. Kovácsolt darabok

A *kovácsolást* az acéloknál részint egyszerű alakításra használjuk: pl. az említett hengerelt árukból izzó állapotban való hajlítással vagy nyújtással formálhatunk olyan alakot, mint aminőt a készítendő alkatrész megkíván. Lehet azonban a feladat az is, hogy *nyers kovácsdarabot* állítunk elő, amit később megmunkálással dolgozunk tovább a végleges méretre éppúgy, mint az öntött vasat. Ilyenkor hengerelt félgyártmányból, négyzet, téglalap keresztmetszetű *bugából* indulunk ki (MSZ 356—359). A buga sarkai nincsenek teljesen élesre kihengerelve. A bugából kovácsoljuk ki a készítendő géprész nyers alakját. Ez történhet úgy, hogy egyszerűen üllőn, kézből kovácsoljuk ki a megfelelő formára, vagy pedig külön készüléket, éspedig egy felső és egy alsó részből álló *süllyesztőt* vagy más néven *odort* használunk az alakításhoz. Az alsó és a felső rész együtt tartalmazzák a készítendő darabnak megfelelő üreget *(312. ábra)*. A süllyesztő osztásánál a felesleges anyag körül kifut, és az ún. *fáncot* adja. Ezt külön készülékben, a fáncolóban nyírjuk le. Ezeket a készülékeket nemes acélanyagból előre el kell készíteni. A süllyesztőben való kovácsolás csak tömeggyártásnál



312. ábra. Kovácsolásnál használt süllyesztő és munkadarab

fizetődik ki, amikor is a készülék költségét sok darabra elosztva, egyre csak kis hányad esik.

A kovácsolás szempontjából a szerkesztőnek a következőket kell szem előtt tartania: ha süllyesztő nélkül, kézből való kovácsolással kell a kovácsdarabot előállítani, akkor lehetőleg egyszerűnek kell tervezni. Ha süllyesztőben készül a darab, akkor a nyersen maradó felületeknél ügyelni kell arra, hogy az átmenetek fokozatosak legyenek, legömbölyítések legyenek mindenütt, mert éles saroknál a süllyesztő hamar tönkremegy. Az oldalfalak az osztás síkjára ne merőlegesen, hanem a merőlegestől 5—7°-kal (minimum 3°-kal) eltérően menjenek. A megmunkálandó felületeket itt is ráhagyással kell kikovácsolni. Süllyesztőben kovácsolva 2—5 mm, kézi kovácsolásnál 5—25 mm ráhagyással készül a nyers kovácsdarab.

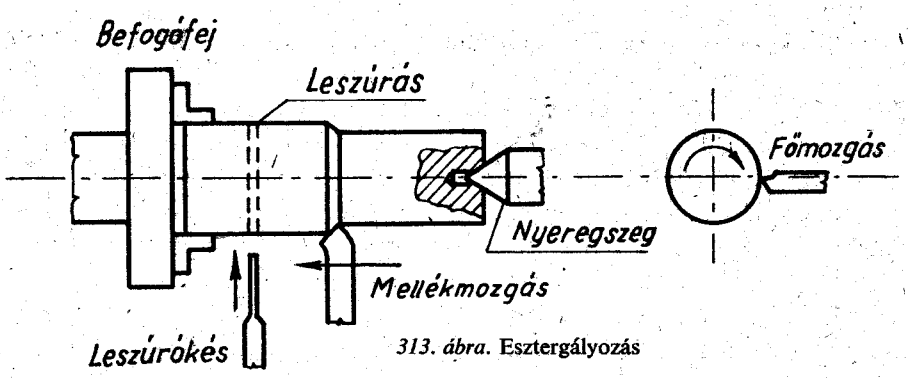
35. Megmunkálások

A nyers öntvényekről az öntödében a holtfejeket letörik vagy lefűrészelik, azután a rátapadt, ráégett homokot kvarchomokkal lefúvatják, letisztogatják. A nyers öntvények, továbbá a nyers kovácsdarabok és a hengerelt áruk is a megmunkálás előtt az *előrajzolóhoz* kerülnek. Az előrajzoló a munkadarabot vízben oldott agyagos, meszes festőlével keni be, amelyen száradás után hegyes acél rajztűvel jól látható vonalakat lehet bekarcolni. Az előrajzolás kiindulásához, illetve könnyítésére egy ún. *fősíklapot* előre megmunkálnak. A szerkesztőnek erre gondolnia kell és a kottázásnál a méreteket erre a síkra támaszkodva kell megadnia. Előrajzoláskor a munkadarabot pontos, sima felületű előrajzoló asztalra helyezik rá, és ott az előrajzoló megkarcolja a középvonal helyét, bekarcolja a lemunkálandó részek határvonalait, kijelöli a fúrandó lyukak középpontjait és átmérőit. Az előrajzolás elvégzése után kerül a munkadarab a szerszámgépekre megmunkálás céljából. A szerszámgépeken elvégezhető fontosabb megmunkálási módok röviden a következők:

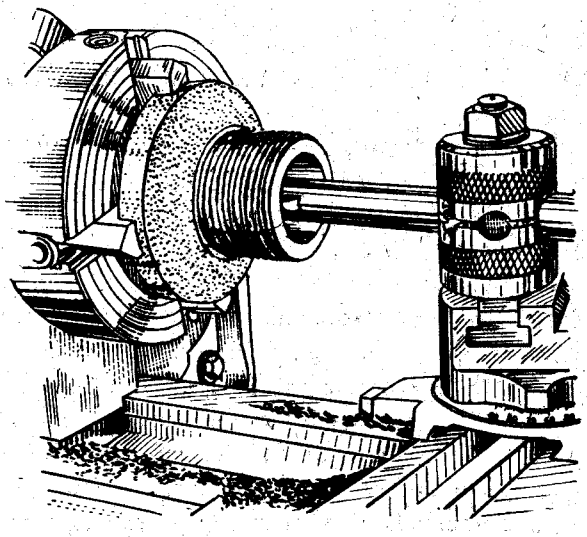
1. *Esztergályozás (313. ábra).* Ennél a munkadarab egy befogófejhez erősítve a fejjel együtt forog, ez a szerszámgépen a főmozgás. A munkadarabot hosszabb darab esztergályozásakor a másik végén nyeregszeggel támasztjuk meg, rövidebb darabot anélkül esztergályozunk *(314. ábra).* A forgácsolást végző esztergakés a munkadarab felülete mentén végighalad, ez a megmunkálás mellékmozgása. Az esztergályozás után a befogófej közelében keskeny késsel, az ún. *leszúrókéssel* leszúrjuk a készre esztergált darabot.

Az esztergályozással elsősorban forgásfelületeket állítunk elő, azután csavarfelületeket, végül síkfelületeket is, hogyha a szerszámnak a mellékmozgását a forgástengelyre merőlegesen végezzük. Rúd végére keresztbe befogott késsel furat belső felületét is végig tudjuk esztergályozni *(315. ábra).* Ezt a műveletet a fúrások közé is szokták sorolni.

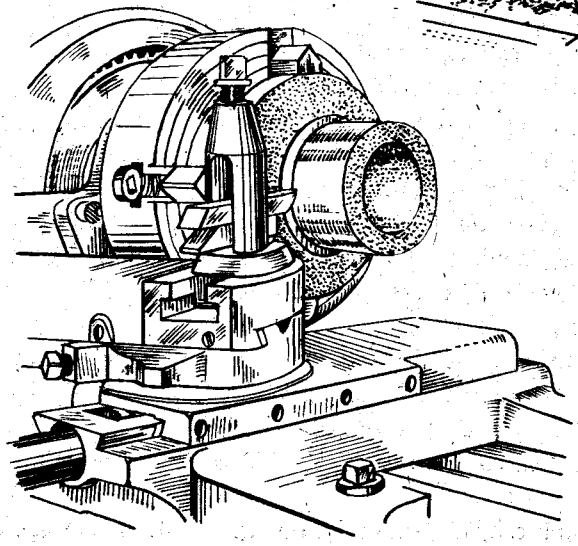
2. A *fúrást (316. ábra)* leginkább csigafúróval (spirálfúróval) *(317. ábra)* végezzük, amelynek a végén általában 120°-on köszörüljük le a két forgácsolóélt. A fúró



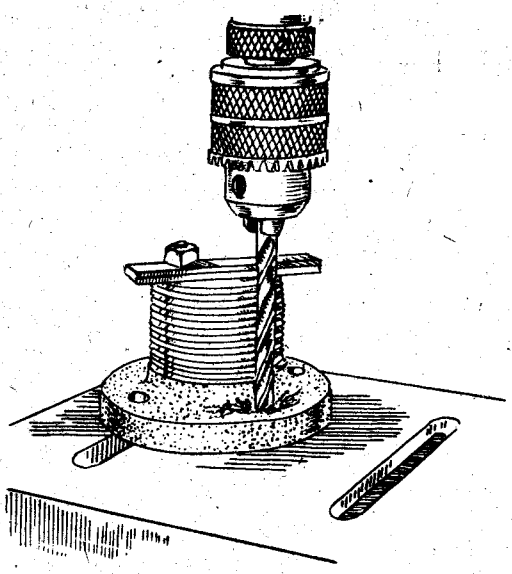
313. ábra. Esztergályozás



315. ábra. Üreges test belső felületének esztergályozása



314. ábra. Rövidebb darab esztergályozása



316. ábra. Fúrás

317. ábra. Csigafúró (spirálfúró)

hegye által készített kúpos befejezést a furatok fenekén meg kell rajzolni, de a mélység megadását csak a hengeres hosszon végezzük *(318. ábra)*, a fenék kúpos befejezését nem kell bekottázni. Fúrásnál a szerszám forgása a főmozgás, és bemélyítése a mellékmozgás.

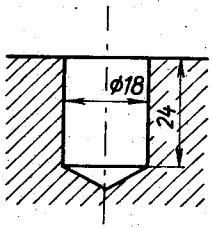
A csigafúróval készített furat felületének simasága és méretpontossága általában kielégítő. Ha simább felületre és pontosabb méretű furatra van szükség, akkor a *319. ábrán* feltüntetett dörzsárral végezzük a furat utánmunkálását. A dörzsár gyengén kúpos, és a felületén alkotóirányú vágóélek vannak.

A furat kezdetét sokszor kúpos süllyesztéssel látjuk el *(320. ábra)*. Erre a megmunkálásra a *321. ábrán* levő süllyesztőfúrót használjuk. Süllyesztésnél általában a nagyobb átmérőt és a süllyesztőszerszám kúpszögét adjuk meg. Kivételes esetben, tömeggyártás számára a süllyesztőszerszám tengelyirányú elmozdulása adható meg a nagyobb átmérő helyett.

3. *A gyalulást (322. ábra)* síkfelület megmunkálására használjuk. Ennél a munkadarabot asztalhoz erősítjük, amely a leerősített munkadarabbal együtt ide-oda mozog, ez a főmozgás *(323. ábra)*. Az asztal egy ide-oda való mozgása után a kés újabb forgácsvétel céljából kissé tovább megy. A megmunkálandó síkfelület végeinél a gyalukés helyszükségletére a tervezéskor gondolni kell.

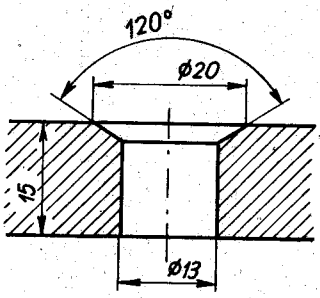
4. A gyaluláshoz hasonló művelet a *vésés (324. ábra)*. Ennél függőlegesen mozgó fejhez erősített szerszám végzi a főmozgást, amely lefelé mozogva forgácsol, felfelé pedig üresen jár. Ezzel a megmunkálási móddal lehet készíteni a szíjtárcsák, fogaskerekek stb. agyaiban az ékhornyokat úgy, hogy a tárcsát a vésőgép asztallapjához

erősítjük. A kés szélessége megegyezik a készítendő horony szélességével. Az asztal a munkadarabot minden löket után újabb fogásvétel céljából kissé közelíti, ez a mellékmozgás.

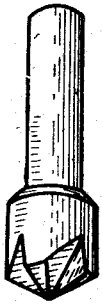


318. ábra. Furat mélységének megadása

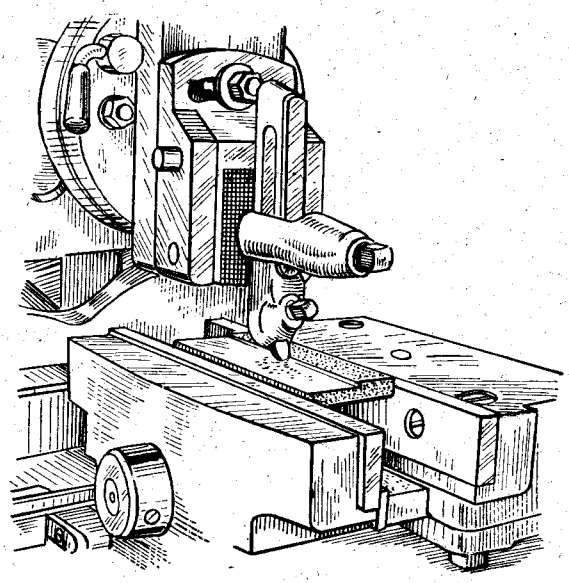
319. ábra. Dörzsár



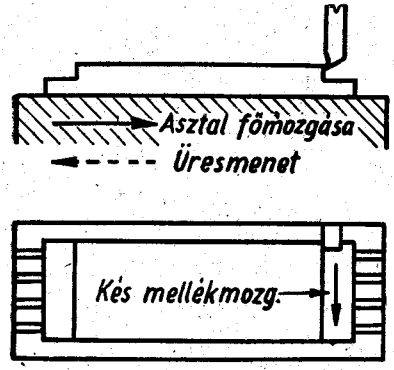
320. ábra. Kúpos süllyesztés



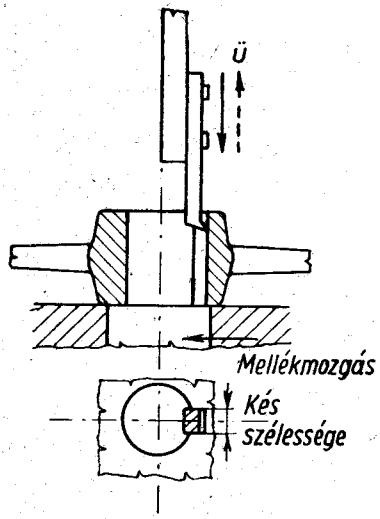
321. ábra. Süllyesztőfúró



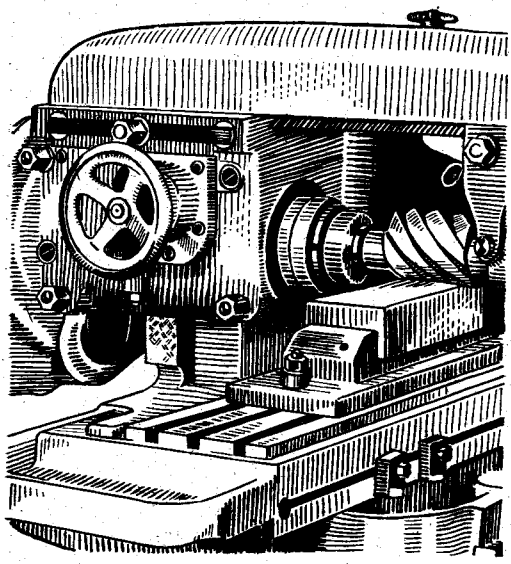
322. ábra. Gyalulás



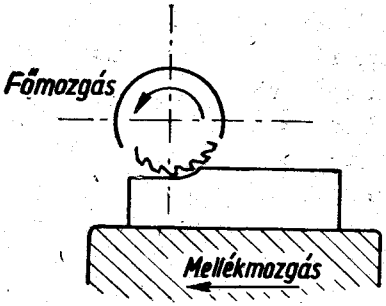
323. ábra. A gyalulás mozgásai



324. ábra. Függőleges irányú gyalulás a vésés

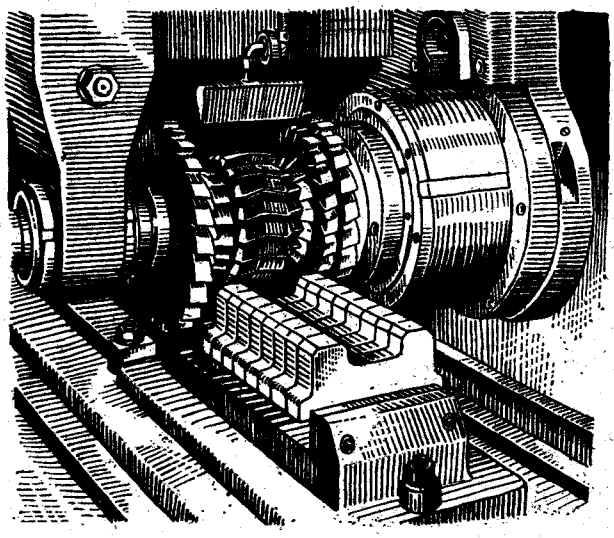


325. ábra. Marás



326. ábra. A marás mozgásai

5. *A marásnál (325. ábra)* a fűrészfog alakú vágóélekkel bíró marószerszám forgó mozgást végez (ez a főmozgás), a munkadarabot pedig egy asztallap viszi a maró alá *(326. ábra)*. Marással megfelelő *alakos* marók használatával a legtagozottabb felületeket lehet előállítani *(327. ábra)*. A szerkesztőnek a tervezéskor tájékozódva kell lennie a gyár meglevő marókészletéről.



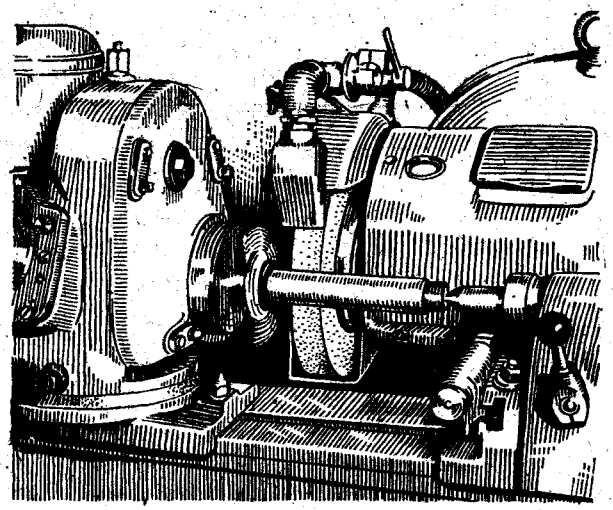
327. ábra. Alakos maró bonyolult felületeket is egyszerre állít elő

6. Az eddig ismertetett szerszámgépek a tömeggyártásnál nem használatosak, mert a munkadarab befogásai időt rabló és pontatlan műveletek. Tömeggyártásnál a különböző esztergályozási, fúrási, csavarmenet-készítési, kúpos besüllyesztési stb. műveleteket közös szerszámtartó fejbe befogott külön-külön szerszámok végzik. A szerszámtartó fejet lassan forgó, ütközőkkel ellátott dob viszi a kívánt helyzetbe. A dob helyett számjegyvezérlésű szerkezetek, lyukkártyák vagy újabban elektronikus vezérlésű kapcsolószerkezetek viszik a szerszámtartó fejet a kívánt helyzetbe, hogy a befogott munkadarabon annak forgó vagy álló helyzetében a szükséges műveleteket elvégezhessük.

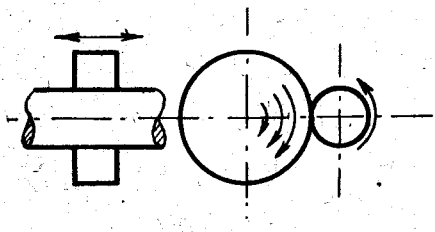
7. *A köszörülésnél* a szerszám gyorsan forgó kemény korund köszörűkő. Elvégezhetjük hengeres és síkfelület köszürülését is. Pl. a tengely felületének köszörülésénél *(328. ábra)* a gyorsan forgó köszörűkő mellett a tengelyt is lassan forgatjuk, és egyúttal hosszirányban is ide-oda mozgatjuk *(329. ábra)*, hogy a köszörűkő az egész felületet egyenletesen dolgozhassa meg. Hengeres felületnél lehet külső és belső köszörülést is végezni. Ez utóbbi esetben belső hengerfelületet köszörülünk megfelelő kisebb átmérőjű köszörűkő segítségével.

Síkfelületek köszörülését végezhetjük a köszörűkő homlokfelületével *(330. ábra)*, ekkor a főmozgást végző köszörűkő függőleges tengely körül is foroghat, és az asztalra erősített tárgyat az asztal viszi a kő alá *(331. ábra)*. Végezhetjük a síkfelület köszörülését a kő palástfelületével is *(332. ábra)*. Ennél az ábránál a tárgyat az elektromágnessel felszerelt asztal a villamos áram bekapcsolásával tartja leszorítva.

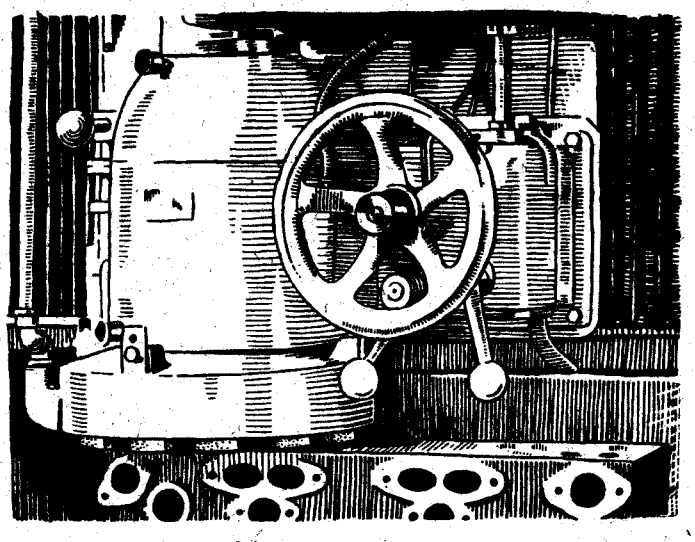
A köszörüléssel nagyon vékony réteget lehet eltávolítani, úgyhogy a legpontosabb méretet ezzel állíthatjuk elő. Nagyon keményre edzett felületek megmunkálását is



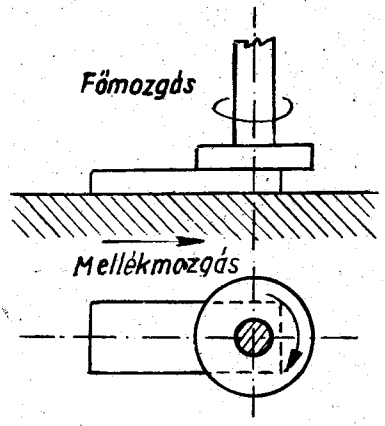
328. ábra. Hengeres alkatrész köszörülése



329. ábra. A köszörülés mozgásai



330. ábra. Síkfelület köszörülése



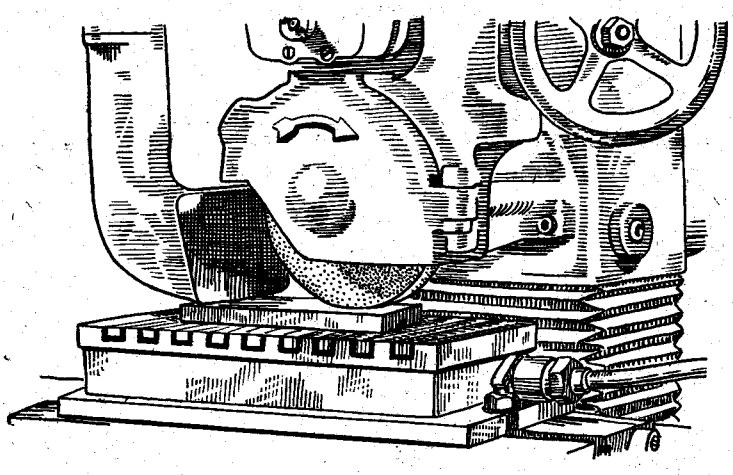
331. ábra. A síkköszörülés mozgásai

főleg csak köszörüléssel tudjuk elvégezni. A köszörült tárgyak rajzára a köszörülés előtti méreteket is célszerű rávezetni vékony pontvonallal.

Tömeggyártás esetében a köszörülésnél is alkalmazunk automatikusan működő gépeket, amelyeknél sokszor a munkadarab be- és kifogását is maga a gép végzi automatikus vezérléssel.

A köszörülésnél finomabb felületet adó megmunkálást különleges gépeken tudunk létrehozni. Ilyen megmunkálások a következők:

Dörzsköszörülés, amelynél kisebb köszörűkődarabot kis nyomással szorítunk a felülethez, és kisebb sebességgel is mozgatjuk.



332. ábra. Síkfelület köszörülése mágnespadon

Tükrösítés (leppolás), amelynél laza csiszolóanyaggal dolgozunk, amit olajjal vagy zsírral keverünk, vagy beágyazzuk valamilyen lágy anyagba, öntött vas, vörösréz, bőr vagy faanyagba. Ez a tükrösítés szokszor kézi művelet.

Tükörsimítás (szuperfinishelés), amelynél a köszörűkődarabnak összetett, rezgő, oszcilláló mozgása van, s közben a munkadarabot is mozgatjuk.

Ritkábban alkalmazott kézi megmunkálási módszer a *hántolás* vagy *tusírozás,* amelynél kézi erővel állítunk elő pontos sík- vagy hengeres felületet. Pl. síkfelület előállításánál egy pontos síkfelületű ellenőrző lapot bekenünk kék tusfestékkel, a hántolandó munkadarabot rajta végighúzzuk, ekkor a kiemelkedéseknél a kék festék rátapad. Ahol kék lesz a felület, ott éles kaparószerszámmal lekaparjuk. Ezt az

eljárást addig ismételjük, amíg az összehasonlításkor mindenütt egyenletesen kék lesz a megmunkálandó felület.

Kézi megmunkálás a *reszelés* is, amit azonban inkább kisegítő megmunkálásnak használunk, főleg a szerelésnél. Azonkívül éles szögletek, sórják lereszelésére, sarokletörések létrehozására alkalmazzuk.

Az eddig ismertetett megmunkálásoknál bizonyos vastagságú forgács leszedésével történt a megmunkálás. *Forgácsolás nélküli megmunkálási módokkal* is állítunk elő kész gépalkatrészeket vagy nyers darabokat a további megmunkálások számára. Ilyen forgácsolás nélküli megmunkálások a lemezből készült daraboknál a *húzás, mélyhúzás*, amikor egy vagy több fokozatban közben levő kiizzítással edényeket, fazekakat, hüvelyeket vagy ezekhez hasonló alkatrészeket hozunk létre. Az *üregelésnél* szintén egy vagy több fokozatban kemény acélból készített nyíláson, üregen húzzuk keresztül az anyagot, és így állítunk elő hosszú darabokat. Ezekből későbbi darabolással hozzuk létre az egyes alkatrészeket. A *sajtolásnál* a készítendő munkadarab alakjának megfelelő negatív és pozitív formát készítünk kemény acélból, és ezek közé szorítással hozzuk létre a szükséges alakot. A *kivágást* vékonyabb lemezeknél használjuk nagy számban legyártandó alkatrészek számára. Ennél kemény acélba a kiterített darab végleges alakjának megfelelő nyílást készítünk, éles sarkokkal, a nyílás fölé helyezzük a táblalemezt, és a nyílásba beleillő, ugyancsak éles sarkokkal készített szerszámmal megnyomjuk, belekényszerítjük a nyílásba a lemezt, és így vágjuk ki a szükséges lemezalakot. A *nyomó esztergálással* vékonyabb deformálható lemezeket alakítunk olyan módon, hogy a lemezt kör alakúra kivágva, a készítendő alkatrésznek megfelelő formájúra kiképzett forgófejbe fogjuk be, és a forgó síklemezt fokozatosan nekiszorított görgővel rákényszerítjük, rányomjuk a forgó formára.

36. Megmunkált alkatrészek tervezése

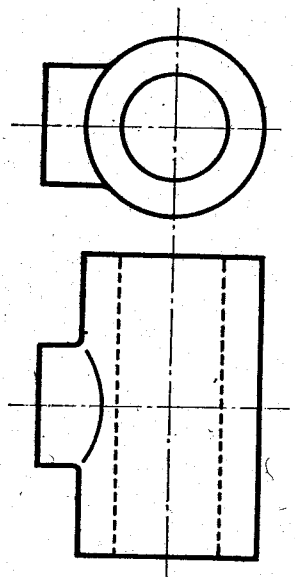
A szerszámgépeken végezhető megmunkálásoknál a szerszámnak, illetve a darabnak főleg egyenes és körmozgása van. Ennek megfelelően kell a szerkesztéskor megválasztani a megmunkálandó felületet, mely lehet sík-, hengeres, továbbá kúp-, gömb- vagy csavarfelület. Ezért a szerkesztésnél főleg vonalzókkal és körzővel dolgozunk, és körülményesebb görbéket lehetőleg nem alkalmazunk. Egymásra merőleges felületek könnyen munkálhatók meg, ferde felületek megmunkálásához már külön befogókészülékek vagy körülményesebb szerszámbeállítások kellenek.

A fontosabb megmunkálási módok között költségek szempontjából általában a következő sorrend van: esztergályozás és fúrás, gyalulás és vésés, marás, köszörülés, legdrágább a kézi megmunkálás.

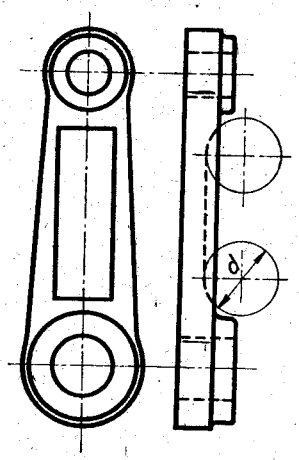
A megmunkálás szempontjából a szerkesztőnek a következőket kell szem előtt tartania:

Csak olyan kialakítást adjon, amelyet szerszámgépen lehet megmunkálni, gyorsan

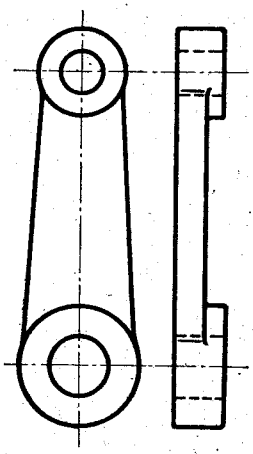
és olcsón, mivel a kézi megmunkálás drága, és a legtöbbször nem is annyira pontos, mint a gépi. Tehát a kézi munka lehetőleg kerülendő. A *333. ábrán* feltüntetett darab pl. mindenütt megmunkált nem lehet, mert az esztergamunka elvégzését a külső palástón az egymásba nyúló hengerfelületek akadályozzák: ezeket a felületeket csak drága reszeléssel vagy körülményes marási művelettel lehetne megmunkálni.



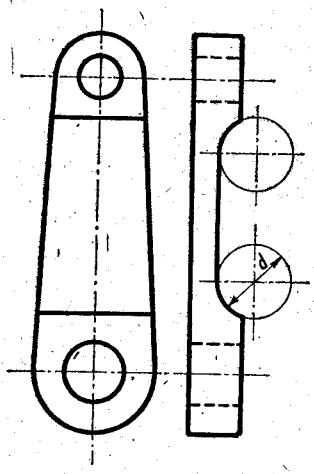
333. ábra. Ilyen alkatrészt megmunkálni igen költséges



334. ábra, Hajtókar megmunkálása ebben a formában egyszerű



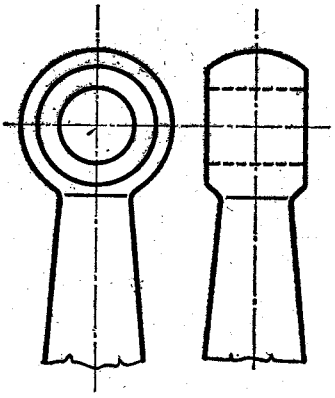
335. ábra. Ilyen alakú hajtókart nehezebb megmunkálni



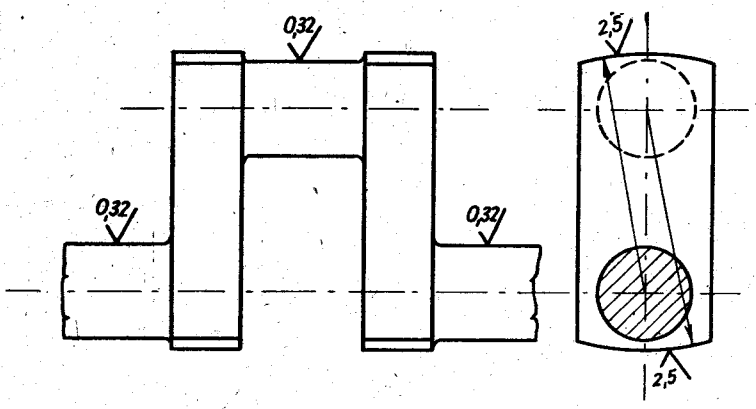
336. ábra. Súlycsökkentést így hajtsunk végre

Különböző munkagépeken vagy különböző felfogással megmunkált felületek folytatólagosan nem csatlakoznak jól egymáshoz, ezért az ilyen kialakítás kerülendő. Nézzük pl. a hajtókar előállítási módját. A *334. ábra* szerinti alakot körülvéséssel állíthatjuk elő. A furatoknál a tengelyre való felerősítés, illetve a forgattyúcsap beerősítése céljából nagyobb agyhosszúságra van szükség. A karnál azonban nincsen szükség erre a méretre, ezért a vastagságot csökkenthetjük pl. marással. A maró végállásait be kell rajzolni vékony folytonos vonallal, és a maró átmérőjét is meg kell adni. A *335. ábra* szerinti kivitelt vésőgépen már nehezebb megmunkálni. A furatok körül levő hengeres toldat tetszetősebb alakot ad ugyan a rúdnak, de ennek felületét esztergályozással tudjuk megmunkálni. Az esztergán mindjárt a kart is megvékonyíthatjuk a szükséges méretre. Az esztergályozással előállított hengeres felület azonban megegyező átmérővel nehezen hozható össze a vésőgépen kimunkált külső hengerfelülettel, ezért az esztergályos számára célszerűbb kisebb átmérővel megtervezni ezeket a furatok körüli kiálló toldatokat, hogy az esztergályos a körülvéséssel nyert felülettől függetlenül állíthassa elő ezeket a hengeres felületeket *(336. ábra)*. A súlycsökkenést a kar egyik oldalának vagy mindkét oldalának kimarásával hozhatjuk létre, hogy a hajlító igénybevételnek jól ellenálló és amellett kisebb súlyú U vagy I keresztmetszeteket kapjunk.

Rúdfejeket úgy is állítunk elő, hogy egy rúd végére gömböt esztergályoztatunk, és a két oldalát párhuzamosan lemunkáltatjuk marással vagy esztergályozással, s ezeken a felületeken keresztül készítünk a csap számára furatot *(337. ábra)*. Hasonló módon állítunk elő hajtórúdfe-



337. ábra. Rúdfej kialakítása esztergályozással, marással és fúrással



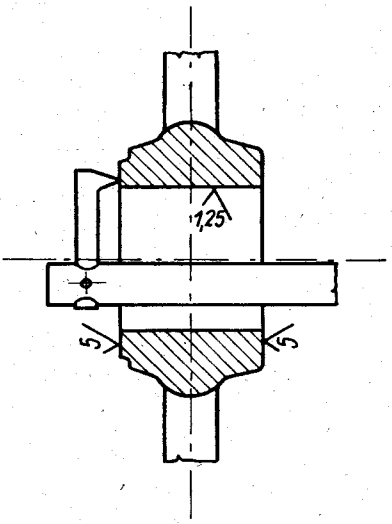
338. ábra. A munkagépen történő átfogások számát csökkentsük

jeket hosszúkás nyílásokkal is, megfelelő forgástestnek a rúd végére való esztergályozásával és két párhuzamos sík kimunkálásával.

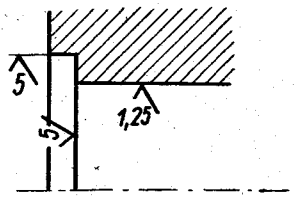
Tervezésnél az esztergán szükséges *átfogások számát csökkenteni* igyekezünk. Pl. a *338. ábra* szerinti könyökös tengelynél a karok végpontjainál a görbületi sugarakat a csapközéppontokból célszerű megrajzolni, hogy ezeket a felületeket ugyanakkor munkálhassuk meg, amikor az egyes csapokat is lemunkáljuk.

A súlyosabb alkatrészeknél, pl. lendkerékagynál, az esztergagép felfogófejénél levő homlokfelületet is meg tudjuk munkálni felfogás nélkül a *339. ábra* szerinti kampós késsel, ha ezt a homlokfelületet megfelelően kisebb méretűre vesszük.

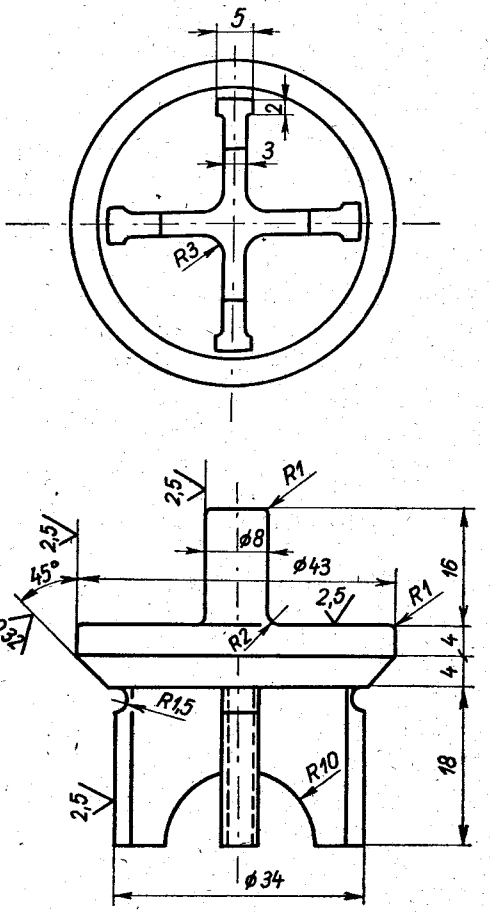
Az átfogást megtakaríthatjuk úgy is, ha az agynál a tengely vállához illeszkedő felületet a *340. ábra* szerint kis besüllyesztéssel tervezzük meg, mert a furaton át ezt is meg lehet munkálni.



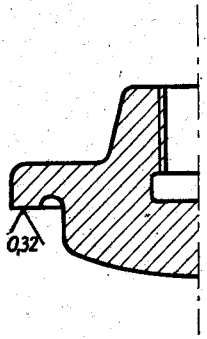
339. ábra. Így esztergályozhatunk átfogás nélkül



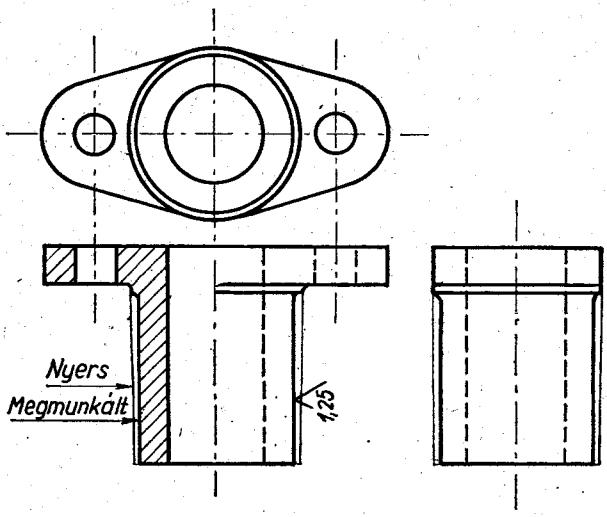
340. ábra. Az ábra szerint is csökkenthetjük az átfogások számát



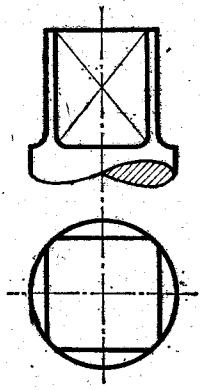
341. ábra. Mindig hagyjunk helyet a késkifutásnak



342. ábra. Késkifutás a zárófelületen belül



344. ábra. Megmunkált felület csatlakozó nyers felülettel lépcsőt eredményez

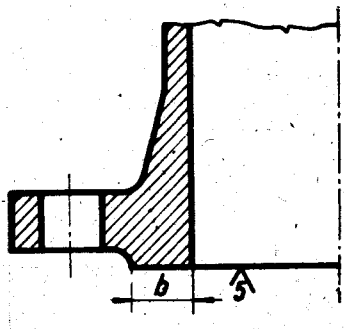


343. ábra. Négyszögletes végződésű orsó

Gondoskodni kell arról, hogy a megmunkálandó helyhez hozzá lehessen férni. A kés kifutására helyet kell biztosítani. Pl. a *341. ábra* szerinti szeleptányér kúpos felfekvésének megmunkálása előtt a bordák tövénél először kimunkáljuk a félkör alakú barázdát, hogy a kúp felületének végigmunkálásánál a szerszám akadály nélkül kifuthasson. Hasonló barázdát kell megrajzolnunk a *342. ábra* szerinti lapos felfekvéseknél is.

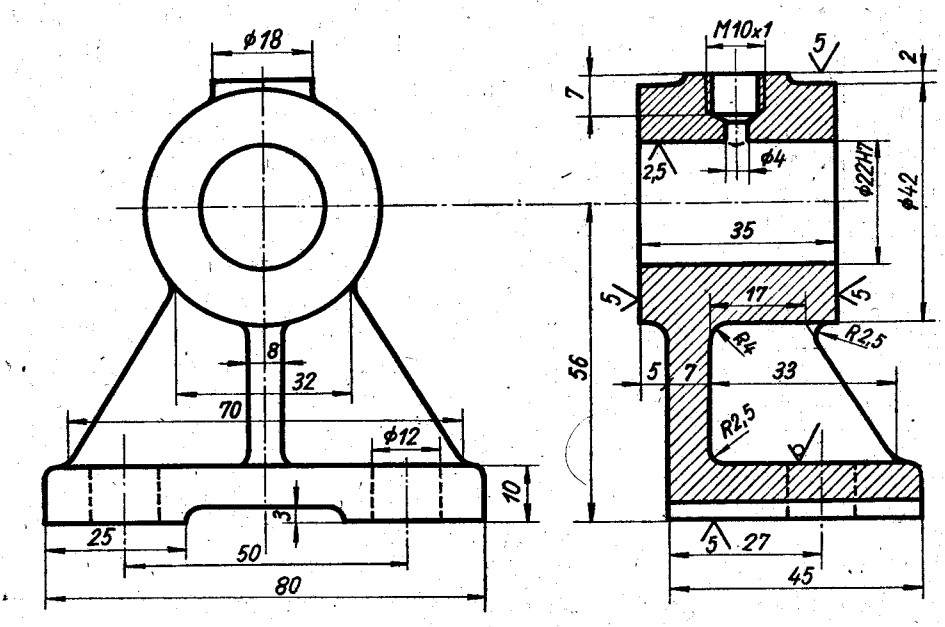
Ha egy orsó végére csavarkulcs vagy kézikerék számára négyszögletes végződést kell rámunkálni *(343. ábra)*, akkor a négyszög laptávolságát úgy választjuk meg, hogy a saroknál maradjon meg az eredeti hengeres felületből egy kis rész. Ezáltal a négyszögletes végződés nem lesz sarkos, azonkívül erősebb négyszöget is kapunk. Adott négyszöglaptáv esetén pedig ezzel a kivitellel a felhasználandó hengeres anyag átmérője lehet kisebb.

A megmunkálással sokszor nem megyünk el egészen a csatlakozó másik nyers felületig, hanem előbb hagyjuk abba a megmunkálást. Ezt a rajzon fel kell tüntetni. Pl. a *344. ábra* szerinti tömítőperselynél a csőtoldat kiindulási nyers öntvénye az ábrán vékony vonallal feltüntetett kúpfelület, hogy a mintát a formából könnyen ki lehessen húzni. A kúpfelület lemunkálásánál nem megyünk be egészen a nyers peremig, emiatt az átmenetnél a sarokban a rajz szerinti lépcső marad.



345. ábra. Munkaléc öntöttvas csőkarimán

Az egymáshoz illeszkedő felületeknél rendszerint nem munkáltatjuk meg az egész felületet, hanem költségkímélés céljából kiemelkedő felületeket, ún. *munkaléceket* öntünk fel, és csak ezeket munkáltatjuk meg. Pl. a karimás öntöttvas csövek kötésénél nem munkáltatjuk meg az egész karima felületét, hanem körül a *b* szélességű munkalécet hagyjuk *(345. ábra)*. Csapágyak talpánál is az alsó felfekvési felületet munkaléccel készítjük. A *346. ábra* vasöntvényből készített csapágyat tüntet fel. Az alsó lap a munkaléceken fekszik fel. A csapágy tete-



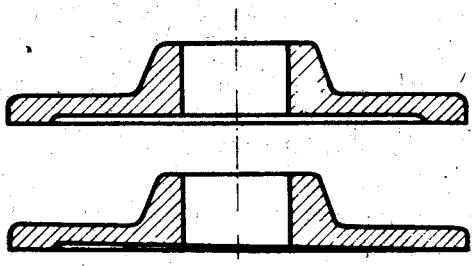
346. ábra. Munkaléc alkalmazása csapágytalpnál

jén levő felöntés kenőszelence számára ad sima felfekvést. Ezt a felöntést a mintán lejáró szemmel valósíthatjuk meg. A felöntésben levő menet a kenőszelence csatlakozására szolgál, a kenőanyagot a menet folytatásában levő kis furaton keresztül vezetjük a tengely felületére.

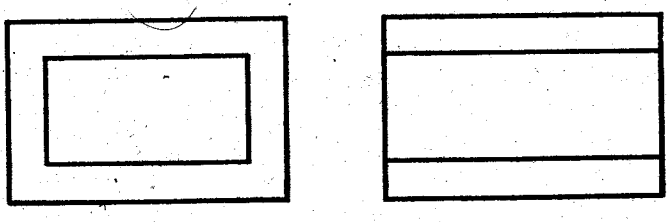
A munkaléc magassága az öntvény nagysága szerint kis öntvénynél 3—5 mm, közepesnél 10—15 mm, nagy öntvényeknél 20—25 mm. Acélöntvényeknél nagyobb érték kell, mint vasöntvényeknél. Nagyobb öntvényeknél azért kell nagyobb értéket

venni, mert a faminta elhúzódásával, részint pontatlan beformálással stb. kell számolni. Ezek miatt kis munkalécnél esetleg nem lesz elegendő a felöntés, és a megmunkálásnál kénytelenek lennénk a nyersen maradó felületet is megdolgozni, miáltal a vastagság ott csökkenne. A *347. ábrán* levő síkfelület mintája pl. könnyen elvetemedhet, ekkor kis munkaléc esetén az alsó kép szerint kénytelenek lennénk a nyersen hagyandó felületből is lemunkálni, ha a megmunkált síkfelületet a függőleges tengelyre merőlegesen akarjuk létrehozni.

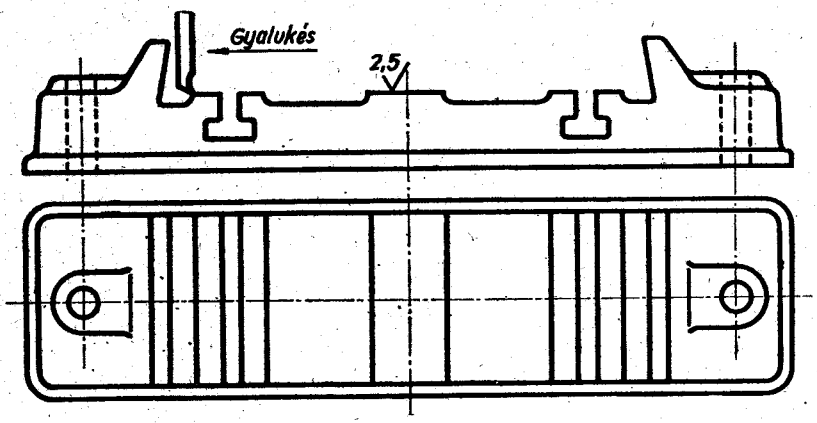
Gyalulandó felületeknél a felület széle mentén körülmenő munkaléccel nincsen költségmegtakarítás (*348. ábra* bal oldala), ha azonban a gyalulás irányához képest úgy vesszük a munkalécet, hogy csak a két szélén haladjon, akkor nagyobb költségmegtakarítást érhetünk el (*348. ábra* jobb oldala).



347. ábra. Alacsony munkaléc hátránya



348. ábra. Gyalulásnál csak a jobb oldali ábra munkaléce ad megtakarítást



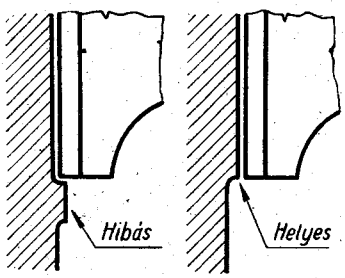
349. ábra. Munkaléc megmunkálásánál gondoljunk a szerszám helyszükségletére

A munkalécek kialakításánál gondolni kell arra is, hogy a felületmegmunkáló szerszámnak legyen helye a bekezdésnél is és a kifutásnál is. Példa erre a *349. ábrán* feltüntetett talplemez felső felülete. A csapágyakat gyakran erősítjük fel ilyen talplemezekre azért, hogy rajta a csapágy tengelyének pontos beállítását könnyebben végezhessük el. Nagyobb talplemezeknél a két végén orrokat képezünk ki, hogy a csapágy helyének megállapítása után az orr és a csapágy vége közé faéket verhessünk be, és ezzel a csapágy elmozdulását megakadályozhassuk. A feltüntetett talplemez felső megmunkált felületénél munkalécet alkalmazunk, a munkaléc kezdetét azonban úgy kell megszabnunk, hogy az orr a gyaluló szerszám szabad bekezdését és kifutását ne akadályozza meg.

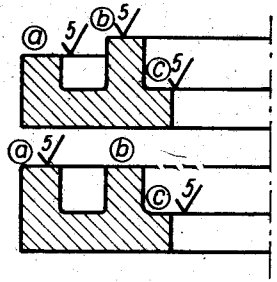
Az ide-oda mozgó alkatrészeknél arra is kell gondolnunk, hogy idővel kikopnak a csúszó felületek, és kopás miatt az elmozdulás határánál váll keletkezhet, pl. a szelepek vezetőbordáinak a végeinél *(350. ábra* bal oldala*)*. Ha után kell állítani az ilyen mozgó alkatrészt, akkor a lefelé való utánállítást megakadályozza a kopás miatt keletkezett váll. Az ilyen váll kiképződése azonban elkerülhető akkor, hogyha a felületből kiemelkedő munkalécet a *350. ábra* jobb oldala szerint az elmozdulás határánál fejezzük be.

A megmunkálási felületeket célszerű egy magasságban elhelyezni, hogy egyszerre lehessen megmunkálni őket. A *351. felső ábrán* a három felületet csak külön-külön szerszámbeállítással lehet megmunkálni. A *351. alsó ábra* szerinti megoldás már helyesebb, mert ennél az *a* és *b* jelű felületeket együtt lehet megmunkálni.

Öntött alkatrészeknél a lyukakat maggal az öntvénybe önthetjük, ezáltal megmunkálási költségeket takarítunk meg, de számolni kell azzal, hogy nem kapunk pontos méretű lyukakat. Sokszor azonban kielégítő az öntéssel elérhető pontosság is. Pl. a *89. ábrán* levő csapforgónál a hosszúkás lyuk az öntés alól készen kerülhet ki, ezáltal megtakaríthatjuk a drágán készíthető hosszúkás lyuk megmunkálási költségét. Csapágytalpaknál a leerősítő csavarok számára sokszor hosszúkás lyukakat alkalmazunk, hogy a beállításnál a csapágy eltolódását lehetővé tegyük. Ezeket a lyukakat is maggal öntjük, mert ezeknél sem kell nagy pontosság. Négyszögletes lyukakat is célszerű maggal önteni.



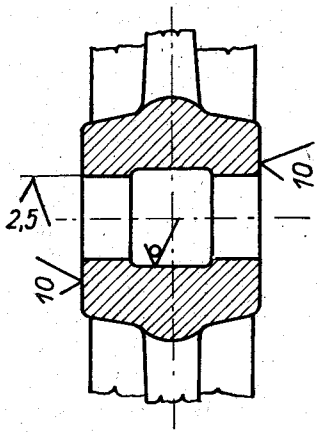
350. ábra. Ide-oda mozgó alkatrész munkaléceit körültekintéssel írjuk elő



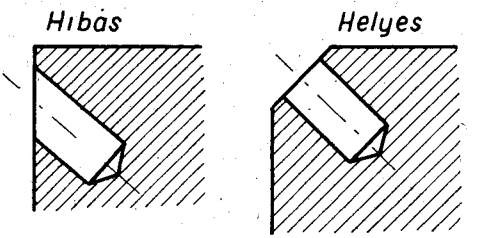
351. ábra. Megmunkálandó felületeket lehetőleg egy magasságra munkáltassunk

Kör keresztmetszetű lyukak esetén tömeggyártásnál 20 mm-es, sorozatgyártásnál 30 mm-es, egyedi gyártásnál 50 mm-es és a fentieknél kisebb átmérőjű lyukakat általában telibe öntünk és fúrással állítunk elő, 50 mm-en felül rendszerint maggal beöntünk egy kisebb átmérőjű lyukat, és annak a felületét munkáltatjuk készre. Nagyobb furatoknál a megmunkálással úgy takarékoskodhatunk, pl. hosszú agyú szíjtárcsáknál vagy fogaskerék, lendkerék agyánál stb., hogy olyan magot alkalmazunk, amellyel az agyfuratba nyersen maradó felületet öntetünk be *(352. ábra)*.

Ferdén menő furatot *(353. ábra)* nehezen készíthetünk el, mert a fúró hegye elvándorol. Csak a fúrót vezető fúrókészülék segítségével tudjuk az ilyen furatokat pontosan elkészíteni. A furat kezdeténél a *353.* jobb oldali *ábra* szerint vagy szemek alkalmazásával célszerű merőleges felületet biztosítani. A furatirány szöge lehetőleg 30, 45, 60, 75° legyen, mert ezeknek a szögeknek megfelelő befogókészülék gyakrabban használatos.



352. ábra. Így is csökkenthetjük a megmunkálási költségeket



353. ábra. Furat kezdeténél biztosítsunk merőleges felületet

III. Rész

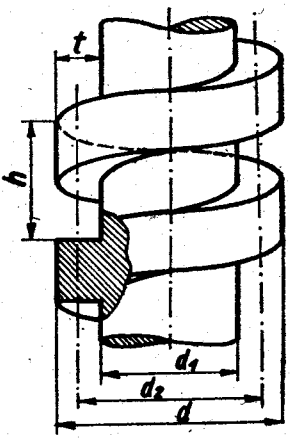
Kötő gépelemek és jelképes ábrázolások

37. Csavarmenetek

Csavarmenet úgy keletkezik, hogy síkidomot, pl. egy négyzetet henger felületén körülviszünk, miközben a hengert tengelye irányában is elmozdítjuk úgy, hogy a forgó és a haladó mozgás sebességének az aránya állandó legyen. A négyzettel így leszármaztatott csavar a *laposmenetű csavar (354. ábra)*. A négyzet csúcsainál keletkező csavarvonalak ebben a vetületben sinusvonalaknak mutatkoznak. A henger d_1 átmérőjét a csavarmenet magátmérőjének nevezzük, a d átmérő a menet külső átmérője vagy röviden *menetátmérője*. A kettő között van a d_2 középátmérő, amely d és d_1 számtani közepe. Azt a h magasságot, amelyre a síkidomot egy körüljárás alkalmával felemeljük, a csavar *menetemelkedésének* nevezzük. A külső és belső átmérők különbségének a fele a t *menetmélység*. Ha a középátmérőnek megfelelő hengerpalástot kiterítjük, akkor egy menetnek derékszögű háromszög felel meg, amelynek az egyik befogója a hengerkerület, a magassága a h menetemelkedés *(355. ábra)*. Az α szöget a csavarmenet *menetemelkedési szögének* nevezzük, amely a középátmérőnél

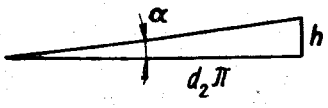
$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{h}{d_2 \cdot \pi} \qquad (37.1)$$

összefüggésből számítható ki. A menetemelkedési szög a magátmérőnek megfelelő hengerpalástnál nagyobb értékű, a külső átmérőnél pedig kisebb értékű, mivel a h menetemelkedés mindenütt ugyanaz.

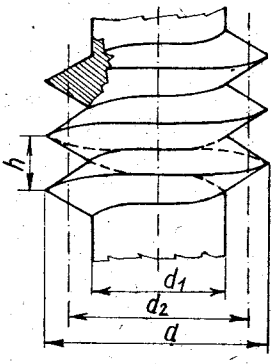


354. ábra. Laposmenetű csavar

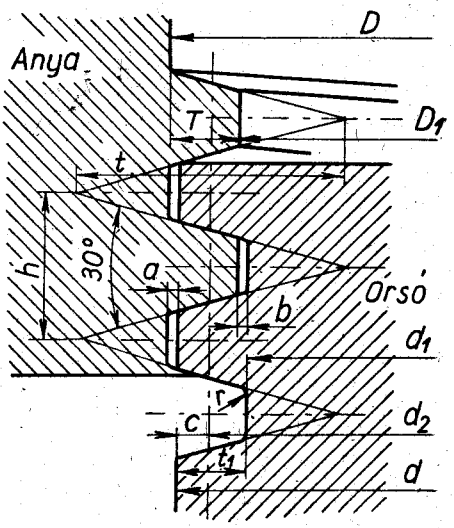
Ha a henger felületén háromszöget viszünk körül, akkor *élesmenetű csavar* keletkezik *(356. ábra)*. Ezeken kívül használatos még a *trapézmenetű* (*357. ábra*, MSZ 207), a *fűrészmenetű (358. ábra*, MSZ 209) és a *zsinórmenetű* csavar (*359. ábra* MSZ 208).



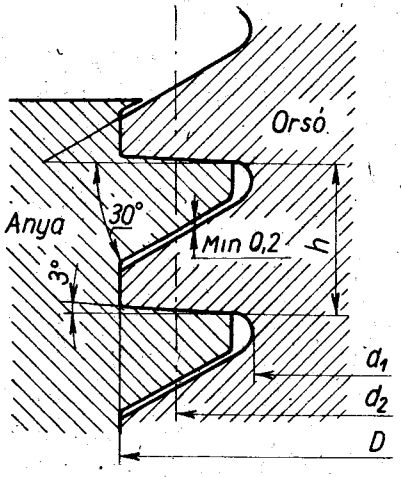
355. ábra. A menetemelkedés szöge



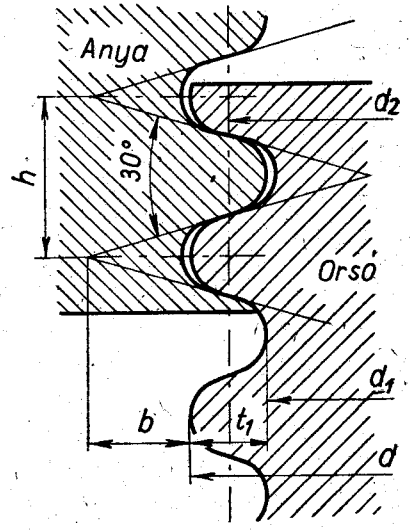
356. *ábra.* Élesmenetű csavar



357. *ábra.* Trapézmenetű csavar



358. *ábra.* Fűrészmenetű csavar



359. *ábra.* Zsinórmenetű csavar

Ha a nézetben a menetek jobbfelé emelkednek, akkor a csavar *jobbmenetű*, ellenkező esetben balmenetű csavarról beszélünk. Ez utóbbi csak kivételesen használatos.

Ha a körülvitt síkidomot egyszeri körüljárás közben kétszeres menetmagasságra emeljük fel, és a megnövekedett hézagba még egy menetet helyezünk, akkor kapjuk a *kétmenetű* vagy *kétbekezdésű csavart*. Hasonlóképpen származtathatunk le kettő-

nél több menetű csavart is. Metszetben a *kétmenetű* és a *páros menetszámú* csavaroknál a két oldal *szimmetrikus*, az egymenetűeknél és a *páratlan menetszámúaknál* pedig *aszimmetrikus*, mert menethézaggal szemben menetemelkedés van.

Ha a síkidomot az előbb említett módon egy henger belső felületén visszük körül, akkor *anyamenetet* kapunk. A csavar és a csavaranya két összetartozó elempár, amelyek együtt a leggyakrabban használt gépelemek közé tartoznak. Ezeket egyrészt mozgások átvitelére, másrészt kötések létesítésére használjuk. Ha valamelyik elempárt bizonyos irányú elmozdulásában megakadályozzuk, akkor a forgások és a tengelyirányú eltolódások révén hatféle mozgásváltozatot nyerhetünk, ezek a következők:

1. Orsó egy helyben áll, anya forog, ekkor az anya tengelyirányban mozdul el (kötőcsavarok).
2. Anya egy helyben áll, orsó forog, ekkor az orsó tengelyirányban mozdul el (emelőbak).
3. Orsó egy helyben forog, anya nem forog, ekkor az anya elmozdul tengelyirányban (autó-kormánykerék).
4. Anya egy helyben forog, orsó nem forog, ekkor az orsó tengelyirányban elmozdul (emelkedő orsós tolózár, kisebb zsilipemelő szerkezet).
5. Anya forgás nélkül tengelyirányban elmozdul, ekkor az orsó feltámaszkodva egy helyben foroghat (pergőfúró, habverő).
6. Orsó tengelyirányban elmozdul forgás nélkül, ekkor az anya oldalt megtámasztva egy helyben forog (pneumatikus fúrókalapács egyik lökete).

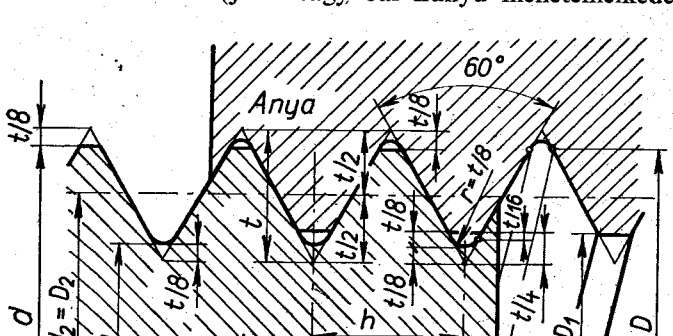
Az anya és az orsó egymásra feszülése következtében a csavarfelületeken súrlódás keletkezik, ami a mozgást akadályozza. Az élesmenetű csavarnál nagyobb a súrlódás, mint a laposmenetűnél, ezért olyan helyen, ahol a kötésnek nem szabad meglazulnia, az élesmenet előnyösebb. Mozgások létrehozásánál viszont, pl. csavaros emelőknél, állító csavarorsóknál, esztergapad-vezetőorsóknál stb., ahol a súrlódási ellenállás hátrányos, a laposmenet volna előnyös, inkább alkalmazunk azonban trapézmenetet, mert a laposmenet gyártása nehéz, és a kopás által okozott méretváltozás utánállítással nem küszöbölhető ki. Trapézmenetnél az utánállítás tengelyirányban két félre osztott anya segítségével valósítható meg. A trapézmenetnél a menet tövében a vastagabb keresztmetszet nagyobb ellenálló képességet ad. Fűrészmenetet akkor alkalmazunk, ha az erőhatás csupán egy irányban működik, pl. hidraulikus préseknél, szűrőpréseknél, emelőknél stb. A zsinórmenet homokos, meszes folyadékot szállító csővezetékek menetének alkalmas, mert a kopás, bemaródás rendszerint a menetek éles sarkait támadja meg. Ilyen éles sarkok a zsinórmenetnél nincsenek. Tűzoltó felszereléseknél, vízvezeték-szerelvényeknél, benzintartályok, automobilhűtők töltőnyílásainál szintén zsinórmenetet használunk. Ez utóbbiaknál a vékony lemezre könnyebben, kevesebb deformációval lehet ráhengerelni az ívekből összetett zsinórmenetprofilt, mint a többi sarkos menetet; azonkívül vasúti kapcsolóknál, fékberendezéseknél is alkalmazzuk a zsinórmenetet, mert a lekerekített menetek nagyobb szilárdsági biztonságot adnak.

38. A kötőcsavarok alapszelvényei

A leggyakrabban használt csavarok a szerkezeti részek összekötésére szolgáló *kötőcsavarok*. A kötés a részek megsérülése nélkül bármikor szétbontható. A kötőcsavarok élesmenettel készülnek, és jellegzetes tömegcikkek, amelyeknél a cserélhetőség végett korán szükséges volt a szabványosítás. Az első csavarszabványt, amely egyúttal az első gépipari szabvány is, 1841-ben J. *WHITWORTH* állította fel.

A Whitworth-csavarmenetszabvány az angol hüvelykméretek ellenére is az egész iparűző világon elterjedt, és nálunk is hamar alkalmazásra talált. A *Whitworth*-méretű csavarokat azonban nálunk 1952. december 31. óta már nem használjuk.

A kötőcsavarok nálunk ma *métermenettel* készülnek. A csavarmenet elméleti szelvényét *alapszelvénynek* nevezzük. Az alapszelvény az orsó és az anya meneteit egymástól elhatárolja, az egyik oldalt az anyamenet, a másik oldalt pedig az orsómenet tölti ki. A csavarmenetet a szelvényén (profilján) kívül az emelkedés nagysága és a csavarodás értelme (jobb vagy bal irányú menetemelkedése) jellemzi.



360. ábra. Métermenet alapszelvénye

A métermenet alapszelvénye (*360. ábra*, MSZ 203. és 204) 60°-os csúcsszöggel készített élesmenet, jellemzője az orsó külső *d* átmérője és a *h* menetemelkedés milliméterben. A menetemelkedések az 1—600 mm átmérőtartományban a következők lehetnek:

0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,45; 0,5; 0,6; 0,7; 0,75; 0,8; 1; 1,25; 1,5; 1,75; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5; 6 mm.

A szabványosított *d* menetátmérők és menetemelkedések a 20. mellékletben találhatók. A menetátmérők három oszlopba vannak sorolva, elsősorban az I. oszlopban levő átmérőket kell alkalmazni, utána a II-at kell előnyben részesíteni a III. oszlopban levő értékekkel szemben.

A 20. melléklet az 5 mm-ig terjedő átmérőkre az ISO/R 68 ajánlásban szereplő átmérőket és emelkedéseket tartalmazza, melyeket a szocialista országok is egységesen elfogadtak.

Ha ugyanannál az átmérőnél kisebb menetemelkedést és ezzel együtt kisebb menetmélységet alkalmazunk, akkor finom menetet kapunk. A métermenetnél a 20. mellékletben feltüntetett több finomsági fokozat van olyan módon, hogy ugyanarra a külső átmérőre többféle menetemelkedés készíthető. Legnagyobb a menetemelkedés a legáltalánosabban használt normál-métermenetnél. Utána a használatra leginkább ajánlott *finom métermenet-emelkedések* a 20. mellékletben 1-től 48 mm átmérőig dőlt számokkal vannak feltüntetve. A 21. melléklet a normál-métermenetű kötőcsavarok méreteit tartalmazza. A melléklet feltünteti a csavarorsóhoz alkalmazható anyának, alátétnek stb. a méreteit.

A métermeneteket a szám elé tett M betűvel jelöljük. A normál-métermenet jelölése az M betű és az átmérő, ehhez menetemelkedést megadni nem szabad. Pl.: M 24. Itt 24 mm a d külső átmérő, a menetemelkedés a táblázat szerint a normál-métermenetnél: $h=3$ mm. A finom menetek jele az M betűhöz és a külső átmérőhöz még $\times$ jellel hozzáfűzött menetemelkedés értéke, pl. M $24\times1{,}5$; ennél finomabb, pl. 0,75 mm emelkedésű menettel: M $24\times0{,}75$.

A *360. ábrán* feltüntetett alapszelvény a normál-métermenetre is és a finom métermenetekre is érvényes. Az orsómenet magátmérője mindig lekerekítéssel készül. Gyakorlatilag az anyamenetszelvény külső átmérője is lekerekítéssel készülhet, úgyhogy a menetcsúcsoknál az orsó és az anya között rés mutatkozik, vagyis *csúcsjátékkal* készülnek, ezért ezek a menetek nem tömítő menetek. Az orsó és az anya menetei az elméleti szelvénynek csak az egyenes részein fekszenek fel, ezáltal elkerülhetjük a csúcson való felfekvést.

A *360. ábrán* levő alapszelvényről levezethetjük az egyes átmérők közötti összefüggéseket. A megszabott h menetemelkedésből félcsúcsszöggel cotangens-összefüggéssel számítható a t elméleti menetmélység:

$$t = \frac{h}{2}\operatorname{ctg} 30^\circ = 0{,}866\,03h \tag{38.1}$$

A d_2 középátmérő a t felében van az orsóra és az anyára vonatkozólag egyaránt, az orsót azonban kívül $t/8$ távolságban egyenessel levágjuk, belül pedig ugyancsak a $t/8$ távolságot érintő lekerekítéssel készítjük. Ez a lekerekítés elméletileg körív, valóban az alakja a megmunkálandó szerszám kopásától függ, és tetszőleges lesz. A középátmérő:

$$d_2 = D_2 = d - \frac{3}{4}t = d - 0{,}649\,52h. \tag{38.2}$$

Az orsó magátmérője:

$$d_1 = d - \frac{3}{2}t = d - 1{,}2990h. \tag{38.3}$$

Az anya D_1 magátmérője ennél az értéknél a $t/8$ részméret kétszeresével nagyobb, vagyis:

$$D_1 = d - \frac{3}{2}t + \frac{t}{4} = d - \frac{5}{4}t = d - 1{,}082\,54h. \tag{38.4}$$

Az anyamenet D_1 belső átmérője az 1958. augusztusában kiadott ISO/R 68 ajánláshoz igazodóan készíthető a t elméleti menetmélység belső csúcsától számított $t/4$ távolságig. A *360. ábrá* szerint az orsómenet egyenes oldalfelülete a

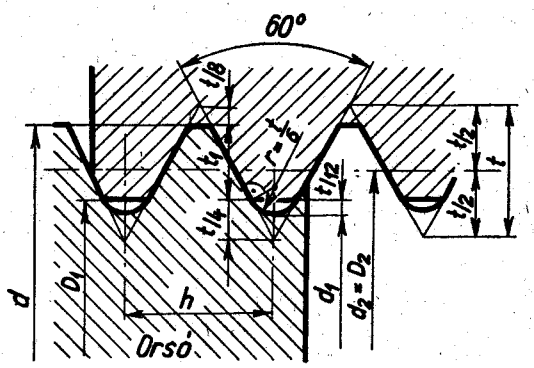
$$d-\frac{11}{8}t = d-1{,}1908h$$

átmérőig terjed, és az anya D_1 magátmérőjétől számítva még $t/16$ távolságban kezdődik csak az

$$r = \frac{t}{8} = 0{,}108\,25h \tag{38.5}$$

sugarú átmeneti lekerekítés.

Fenti megoldás átmenetet képez a *361. ábrán* levő ISO alapszelvényhez, amelynél a lehetséges legnagyobb átmeneti sugár esetében a lekerekítés közvetlenül a $t/4$ távolságban levő D_1 méret sarkainál kezdődhet. Az r lekerekítési sugár középpontja a profil középvonalán ezekbe a sarokpontokba húzott merőlegesek által van meghatározva. A sugár nagysága a 30°-os félcsúcsszöggel számítható abból a derékszögű háromszögből, amelynek egyik befogója a profiloldalra merőlegesen húzott r sugár, a másik befogója pedig a $t/4$-nek megfelelő ferde oldal, vagyis a $\frac{t}{4\cos 30°}$ távolság. Ezekkel:



361. ábra. Métermenet ISO alapszelvénye

$$r = \frac{t}{4\cos 30°}\,\mathrm{tg}\,30°.$$

A tg-érték felbontásával, a $\cos 30° = \frac{\sqrt{3}}{2}$ érték behelyettesítésével és a (38.1) összefüggéssel:

$$r = \frac{t\sin 30°}{4\cos^2 30°} = \frac{4t}{4\cdot 2\cdot 3} = \frac{t}{6} = 0{,}144\,34h. \tag{38.6}$$

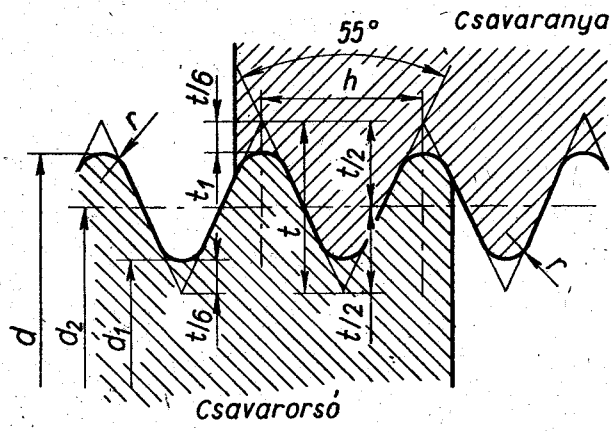
Összehasonlítva a (38.5) képlettel, láthatjuk, hogy az átmeneti sugár nagyobb értékű az ISO-profilnál, ami az orsó szilárdságának a megnövelése szempontjából előnyös. Az orsó magátmérője, ami a D_1 anya-magátmérőtől befelé egy oldalon a

sugár felében, vagyis a $t/12$ távolságban van, szintén megnövekszik, és a következő értékű:

$$d_1 = D_1 - 2\frac{t}{12} = d - \frac{5}{4}t - \frac{t}{6} = d - \frac{17}{12}t = d - 1{,}226\,87h. \qquad (38.7)$$

Ez az érték is nagyobb, mint a (38.3) képletből kiadódó érték.

Fenti előnyök miatt célszerű áttérni a métermenetű csavaroknál a *361. ábra* szerinti ISO-profilra. Az a csavaranya, ami a *360. ábra* szerinti alapszelvénnyel készül, akadálytalanul rá tud menni a *361. ábra* szerinti ISO alapszelvényű orsóra is. Az *MSZ 204* szabvány kimondta, hogy a *360. ábrán* levő régi alapszelvény szerinti gyártásnál használatos gyártási eszközök 1962. január 15-ig voltak felhasználhatók.



362. ábra. Whitworth-menet alapszelvénye

A *Whitworth*-menet alapszelvénye 55°-os csúcsszöggel készített élesmenet (*362. ábra*, MSZ 201). A normál *Whitworth*-menet megnevezése a külső átmérőnek angol hüvelykben való megadásával történik. Az átmérőn kívül meghatározza a szabvány az egy hüvelykre eső menetek számát. Ezzel számítható ki a menetemelkedés, ha ugyanis z menetszám esik egy hüvelykre, akkor a menetemelkedés:

$$h = \frac{25{,}4}{z}\ \text{mm}. \qquad (38.8)$$

Az alapszelvény csúcsai a csúcsok közötti t elméleti menetmélység hatodrészében lekerekítettek, ezáltal a tulajdonképpeni menetmélység a lekerekítési körívek közötti t_1 méret. A t elméleti menetmélység a d_2 csavarmenet-középátmérőre szimmetrikus. Ez a (38.8) képletből számított h értékével a cotangens-összefüggés segítségével határozható meg:

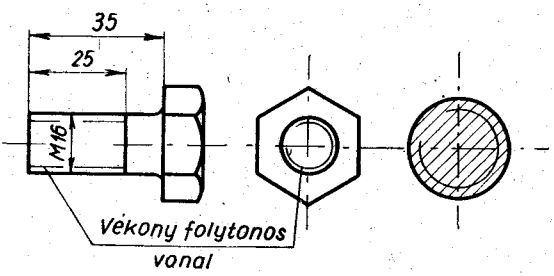
$$t = \frac{h}{2}\operatorname{ctg} 27°30' = \frac{h}{2}\,1{,}920\,98 = 0{,}960\,49h. \qquad (38.9)$$

A *Whitworth*-menet valamivel durvább, mint a normál-métermenet. A *Whitworth*-meneteknél is vannak finom menetek, amelyek megnevezésében a menetemelkedés szerepel, pl. 1½″ külső átmérőjű és 1/8″ emelkedésű *Whitworth*-finommenet megnevezése: W 1½″×1/8″. Ezek a *Whitworth*-finommenetek azonban nálunk nem terjedtek el.

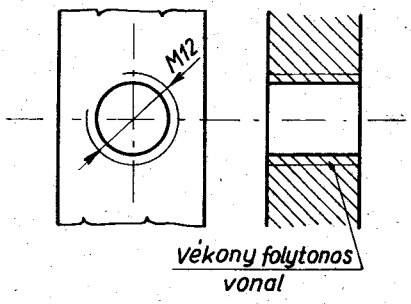
Nagyon elterjedt azonban a *Whitworth*-finommenetek legrégibb minősége, a *Whitworth*-csőmenet (MSZ 202) vagy más néven gázmenet, amit főleg a gázcsövek összekötésére szolgáló menetek számára szabványosítottak (22. melléklet). Ennél a csúcsszög ugyancsak 55°, az alapszelvény is megegyezik a *362. ábrán* levővel, az 1″-ra eső menetek száma azonban több. A megnevezése annak a gázcsőnek angol hüvelykben kifejezett névleges belső átmérőjével történik, amelyikre a menetet alkalmazzuk. A jelölése a méret elé tett C betűvel történik, pl. C ¾″.

39. Csavarok jelképes ábrázolása (MSZ 8)

A gyakran alkalmazott gépalkatrészeknél, mint amilyenek a csavarok, célszerűnek látszik leegyszerűsített ábrázolási módot használni, ezek a *jelképes ábrázolások*. A rúdra vágott menet jelölését a *363. ábrán* levő fejescsavar mutatja. Eszerint a külső átmérőt vastagon húzzuk ki, a magátmérőnek megfelelően pedig vékony, folytonos vonalat húzunk végig. A vékony folytonos menetvonal a vastag vonaltól kb. a menet mélységének távolságában helyezkedjen el, de közöttük még finommenet rajzán is maradjon legalább 0,8 mm hézag. A menetes rész hasznos hosszának végét a menetátmérő vonaláig húzott vastag folytonos vonallal, menethatárvonallal tüntetjük fel. A rúd végének tengelyirányú nézeténél a külső kört vastagon, a magátmérő körét pedig vékony vonallal húzzuk olyan körrel, amelyből tetszőleges helyen egynegyednél valamivel kisebb ívet kihagyunk. Ha ritka esetben keresztmetszetben ábrázoljuk az



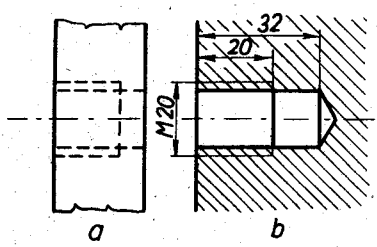
363. ábra. Orsón levő menet jelképes ábrázolása nézetben és metszetben



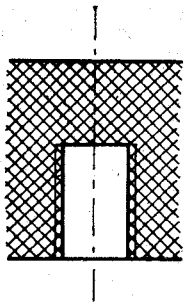
364. ábra. Anyamenet jelképes ábrázolása átmenő lyuknál

orsót, akkor a vonalkázásba rajzoljuk bele a magátmérő körívét vékony kihagyásos vonallal.

Az anyamenetet metszetben a *364. ábra* szerint rajzoljuk: a magátmérőt vastagon, a külső átmérőt vékony folytonos vonallal húzzuk végig. A vonalkázást a magátmérőig készítjük, vagyis a vonalkázás belemegy a menetbe. Az anyamenetet tengelyirányú nézetben úgy tüntetjük fel, hogy a belső átmérőnek megfelelő kört vastagon, a külsőnek megfelelőt pedig vékonyan rajzoljuk és majdnem egynegyed körívrészt kihagyunk. Látjuk tehát, hogy mindig azt a kört rajzoljuk vastagon, amelyik tolómércével könnyen mérhető: az orsómenetnél a külsőt, az anyamenetnél pedig a belsőt. Nézetben rajzolt alkatrésznél a belül levő menetet, ha nem mellőzhető, a *365. ábra* bal oldali képe szerint szaggatott vonallal ábrázoljuk.



365. ábra. Menetjelölés, ha eltakart, vagy nem tart a furat fenekéig

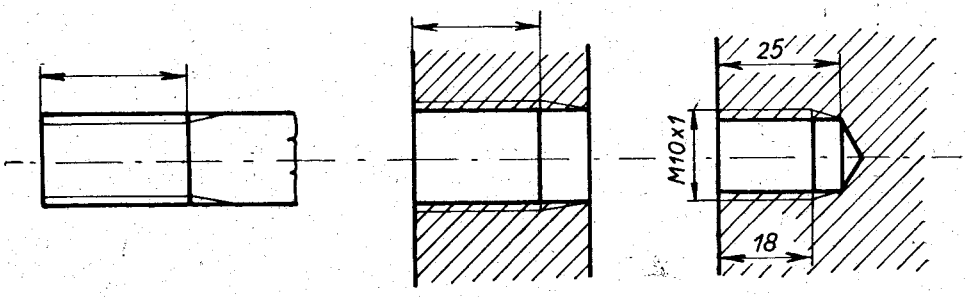


366. ábra. Műanyagban készített menet

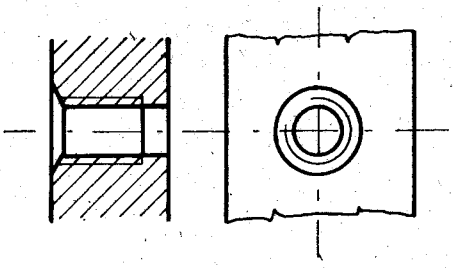
Az anyagba fenékig vágott menetet a *365. ábra* jobb oldali képe szerint jelöljük, a lyukfeneknél 120°-os fenékkúpszöget rajzolunk, függetlenül a fúró csúcsának szögétől. A menetet rendszerint nem tudjuk egészen a furat tövéig elkészíteni. Kivételesen külön fel szoktuk tüntetni a menet befejezését is a furatban *(365. ábra* jobb oldala).

Kicsavarható maggal készített menetes zsáklyukat, pl. műanyagban készített menetet a *366. ábra* szerint rajzolunk meg.

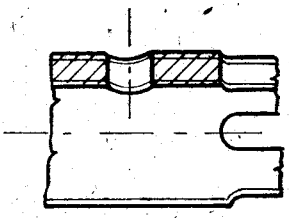
Általában a menetnek csak a kifutás nélküli hasznos hosszát kell feltüntetni kényesebb esetekben a hasznos menethossz megadása esetén is, amit a *367. ábra* szerint 30°-os szögben menő vékony folytonos vonallal eszközlünk.



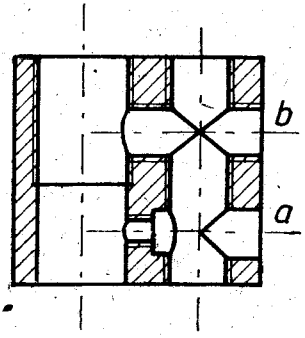
367. ábra. Menetkifutás feltüntetése



368. ábra. Éltompítás megadása



369. ábra. Áthatásnál a menetvonalat meg kell rajzolni



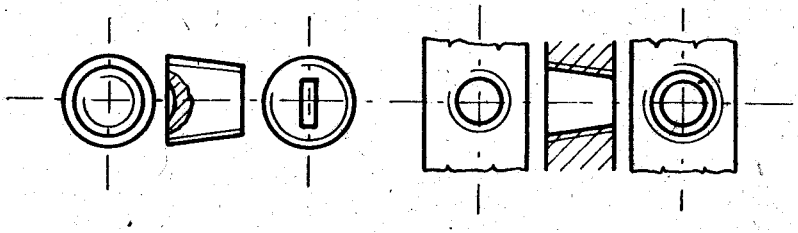
370. ábra. A menetvonalat sokszor elhagyjuk áthatásnál

Menetes furatok éltompítását tengelyirányú nézetben csak akkor kell megrajzolni, ha a tompítás mértéke eltér a menetmélységtől, vagyis az éltompítás külső köre nagyobb, mint a menet külső átmérője *(368. ábra)*.

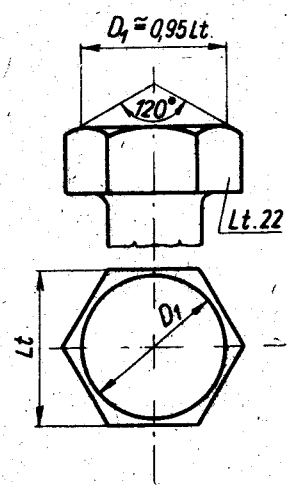
A csavarmenetek menetvonalát áthatásban, ferde nézetben vagy ferde metszetben csak akkor kell megrajzolni, ha a rajz érthetősége ezt megkívánja, és ebben az esetben kb. egyközűen rajzoljuk az áthatási vonallal *(369. ábra)*. A menetvonalat azonban sokszor elhagyjuk *(370/a. ábra)*, menetes furatok egymáson való áthatásában sem rajzoljuk meg a menetvonalat *(370/b. ábra)*.

Kúpos menetek tengelyirányú vetületében a menetvonalat a láthatóság szerinti közelebbi nézetvonalnál kell megrajzolni *(371. ábra)*.

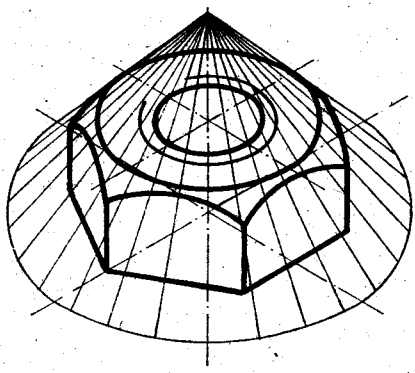
Kötőcsavaroknál az anya és a fej hatszögletesek, hogy meghúzáskor a hatszög laptávának (MSZ 220) megfelelő kulcsnyílású csavarkulccsal jól meg lehessen fogni őket. Az anya magassága (MSZ 221) kb. 0,8 *d*, ahol a *d* a menet külső átmérője, a fej magassága pedig 0,7 *d* körül szokott lenni. Az anya két véglapjánál, továbbá a fej külső lapjánál a sarkokat leesztergályozzuk, hogy az éles sarok ne okozzon sérülést. A sarkok letörését *(372. ábra)* 120°-os kúpalkotó irányában végezzük addig



371. ábra. Kúpos menetek megadása

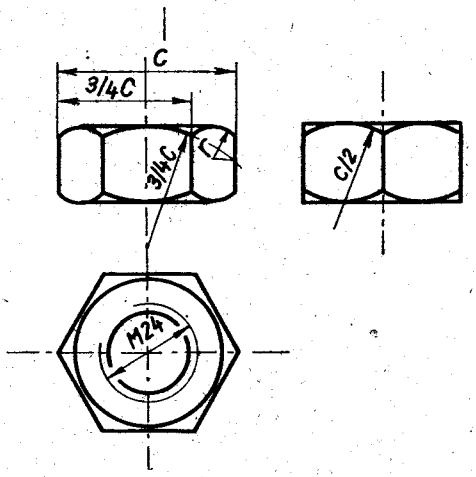


372. ábra. Csavarfejek és anyák éles sarkait kúpfelület helyettesíti



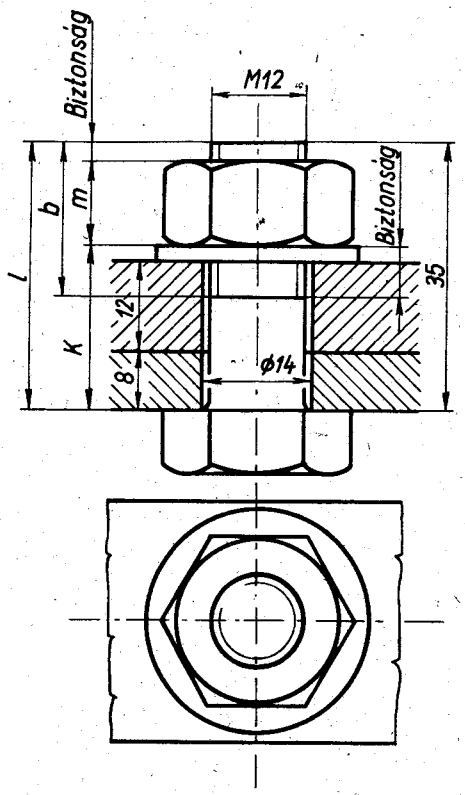
373. ábra. A hatlapú hasáb oldalainak kúppal való áthatása hiperbolákat eredményez

a határig, amíg a véglap a hatszöget belül majdnem érintő kör lesz, mint a kúpnak a tengelyre merőleges síkmetszete. A hatszög oldallapjait a sarokleszedés következtében áthatási vonalak határolják, ezek az áthatási vonalak a kúpfelületnek a tengellyel párhuzamos síkokkal való metszetei, mert a hatszög oldalai párhuzamosak a kúp tengelyével. A kúpfelületnek ilyen metszetei hiperbolák *(373. ábra)*, amelyek pontos megszerkesztését 90°-os kúp esetében a *269. ábrán* szemléltetjük. Az áthatási hiperbolákat azonban a gyakorlatban a *374. ábra* szerinti körívekkel helyettesítjük. Eszerint, ha C a hatszög csúcstávolsága, akkor a szemben levő lapon 3/4 C-vel húzzuk meg az áthatási körívet, és ezt tovább húzzuk, amíg a külső éleket metszi, a metszéspontokat bevetítjük az oldallapok közepére, ezek lesznek azután a szélső, hátrafelé menő oldalaknál az áthatási körívek középpontjai. A harmadik képen $C/2$ sugárral húzzuk meg az áthatási köríveket.



374. ábra. Csavaranya áthatási hiperboláit körívekkel helyettesíthetjük

Kb. 20 mm-nél kisebb átmérőjű csavaroknál a C csúcstáv a gyors rajzolás szempontjából $2d$-nek vehető fel, kivéve a kis laptávú csavarokat.



375. ábra. Két lemez összefogása anyáscsavarral

Kötőcsavart nem szabad metszetben rajzolni. Anyáscsavart összeállításban a *375. ábra* szerint rajzolunk meg, amely ábra két lemez összekötését mutatja. A rajzoláshoz a méreteket szabványlapokból vesszük. A hatlapfejű nyerscsavar (MSZ 2360) és tövig menetes nyerscsavar (MSZ 2363), továbbá a hatlapfejű fényes csavar (MSZ 2461) és tövig menetes fényes csavar (MSZ 2463) — mindegyik szabványos nyersanyával (MSZ 2161) vagy fényes anyával (MSZ 2260) — szolgálnak a leggyakrabban a kötések létesítésére. A szabványos csavarokat a rajzon nem kell kottázni, még az összeállítási rajzokon sem, csupán a csavarátmérő megjelölését és az *l* szerkezeti hosszúságát méretezzük be. A darabjegyzékbe is ezeket vesszük be, pl.: hatlapfejű nyerscsavar M 12×35. A többi méretet nem kell bekottázni, a *b* menetes részt sem kell beméretezni, mert ezt is a szabvány határozza meg az anya *m* magassága és a közrefogás szerint. Az anya alá rendszerint alátétlemezt alkalmazunk, ez is szabványosítva van, ezért nem szükséges beméretezni. A szabványos anyákat és az alátétlemezt is rendszerint nézetben rajzoljuk. A csavar szára mindig lekerekítéssel megy át a fejbe. A csavaranyák a 26. mellékleten találhatók.

A nyers- vagy fényes csavarral és anyával közrefogható *K* szerkezeti méretet *(375. ábra)*, amelybe az alátétlemez vastagságát is bele kell számítani, *közrefogásnak* nevezzük. Ez tehát a csavarfej és az anya felfekvő felületei közötti távolság. A közrefogás K_{max} és K_{min} felső és alsó értékeit a különböző csavaroknak megfelelően szabványok határozzák meg (MSZ 2171, 2172, 2173 és 2174). Ezekben a szabványokban a *b* menetes résznek megfelelően az értékek úgy vannak megállapítva, hogy a K_{max} esetében az orsó az anyából biztonság okából még néhány milliméterrel kiálljon, a K_{min} értéknél pedig az anya alatt marad még néhány milliméter biztonság.

Szabvány hiányában a csavar *l* hosszúságát és a *b* menetes rész méretét úgy vehetjük fel, hogy a méretek lehetőleg 0-ra vagy 5-re végződjenek. A rajz szerint külön gyártandó, nem szabványos csavarokat természetesen teljesen be kell kottázni.

A csavarorsó számára az orsóátmérőnél nagyobb lyukat készítünk, hogy könnyebben lehessen szerelni. A lyuk átmérőjét (MSZ 2177) be kell kottázni. Tájékoztatásul néhány csavar esetében a 12. táblázat mutatja az ajánlott értékeket.

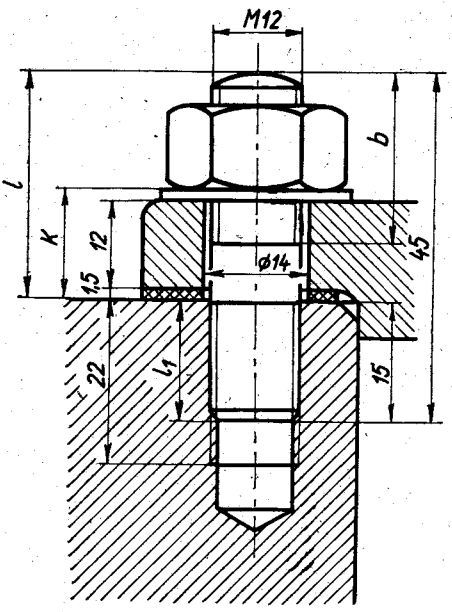
12. táblázat

Lyukátmérők csavarorsók számára

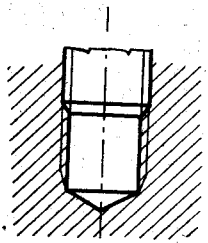
Csavar	Lyukátmérő		
	Finom	Közép	Durva
M 8	8,4	9	10
M 10	10,5	11	12
M 12	13	14	15
M 16	17	18	19
M 20	21	22	24
M 30	31	33	35
M 42	43	45	49

A 12. táblázat finom sorozata a finommechanikában nagy pontosságú szerszám- és gépgyártáshoz, a középsorozat az általános gépgyártáshoz, a durva sorozat pedig az öntött lyukakhoz ajánlatos. A finom sorozat furatait a csavarfej és szár közötti lekerekítés sugarának megfelelően süllyesztéssel kell ellátni.

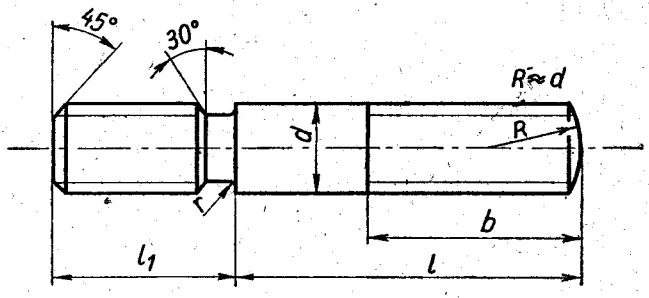
Gyakran fordul elő, hogy nincsen elég hely anyáscsavar elhelyezésére, ilyenkor a *376. ábra* szerinti *tőcsavart*, más néven *ászokcsavart* alkalmazzuk, vagyis menetet vágunk az anyagba, és belecsavarunk egy csavarorsót, amelynek mindkét végén menet van: az egyik végén csupán az agyba való belecsavaráshoz, a másik végén pedig anya elhelyezéséhez szükséges hosszon. A tőcsavar előnye, hogy közel kerülhet a csavar a fal széléhez, vagyis kisebb karimát alkalmazhatunk. A becsavarását egymáshoz szorított két anyával végezzük. Fejes csavart is alkalmazhatnánk az ábránál a felső rész leszorítására, célszerűbb azonban tőcsavart használni, mert szétszereléskor a menetet az alsó anyagban nem kell megbolygatni. Vasöntvénynél vagy egyéb kisebb szilárdságú anyagnál ugyanis a menetek a sok ki- és becsavarás esetén hamar tönkremennének. Az l_1 becsavarási hossz vasöntvénynél: 1,25*d* (MSZ 2402), acélnál és bronznál 1*d* (MSZ 2400), könnyűfémnél 2*d* (MSZ 2404). Becsavart állapotban ábrázolva az orsó menetei az anya menneteit mindenkor eltakarják. A furat néhány milliméterrel hosszabb, mint az l_1 orsómenethossz, ezért az orsó alatt anyamenetet kell feltüntetni. A *376. ábrán* hasznos menetjelöléssel, a *377. ábrán* pedig menetkifutás-jelöléssel van feltüntetve az anyamenet.



376. ábra. Ászokcsavar (tőcsavar)



377. ábra. Tőcsavar anyamenete menetkifutással

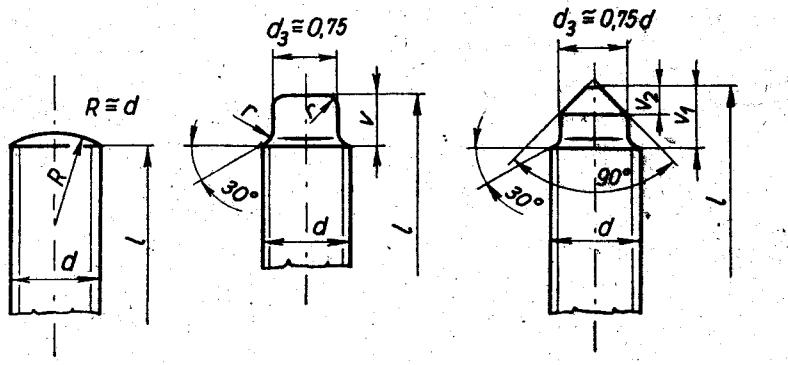


378. ábra. Hornyolt ászokcsavar (befeszülés kiküszöbölésére)

A becsavart hossz átmeneti részénél a nem tiszta menetek miatt káros befeszülési igénybevételek léphetnek fel. Ezek kiküszöbölése, illetve a tehermentesítés céljából készülnek *hornyolt ászokcsavarok* is, mindhárom becsavarási hosszúságnál (*378. ábra*, MSZ 2403 és 2405).

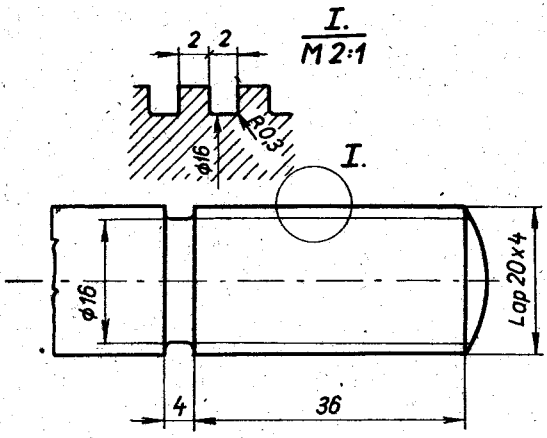
A szabványos ászokcsavaroknál az *l* hosszúság *(376. ábra)* a tövig behajtott csavar kiálló része. A *K* közrefogás annak a testnek a felületétől számít, amelybe a csavart becsavarjuk, egészen az anya felfekvő felületéig.

A csavarorsó vége (MSZ 223) főleg nyerscsavaroknál síkfelülettel van befejezve *(363. és 375. ábrák)*. Használatos végződés még a *376—378. ábrákon* levő sarokletöréses, vagyis tompa végződés, amelynél a külső átmérő 45°-os irányban van lesarkítva bizonyos hosszon, amely általában a normál menetmélységnek, finommeneteknél a menetemelkedésnek felel meg. A *379. ábra* első képe a kis és a nagy csavaroknál egyaránt alkalmazható gömbölyű végződést mutatja, amelynél a sugár a menetátmérővel egyenlő. Kis és közepes csavarnál, M 20-tól M 36-ig alkalmazzuk a *379.* középső *ábrán* levő csapos végződést, amely lehet az ábra szerinti lapos végződésű vagy gömbölyű végződésű és a *379.* jobb oldali *ábra* szerinti kúpos csapos végződésű. A csapok d_3 átmérői kb. 0,75 *d* értékűek. A csavarvégződéseket mindig a fenti ábra szerinti valóságos kivitelüknek megfelelően kell megrajzolni.

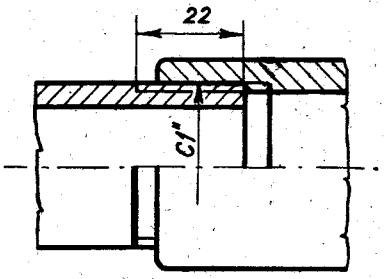


379. ábra. Csavarorsó gömbölyű, lekerekített csapos és kúpos csapos végződése

Laposmenetű, trapézmenetű, fűrészmenetű, zsinórmenetű csavarok jelképes ábrázolását is ugyanolyan módon végezzük, mint az élesmenetű kötőcsavarokét, de megkülönböztetésül a külső átmérő méretszáma elé írott: Lap, Tr, Für, Zs rövidítésekkel adjuk meg a menetprofilt (MSZ 200). Hogy a menetprofil jobban szembetűnjék, főleg nem szabványos profiloknál, szabadkézi elhatárolással, kitöréssel tüntetjük fel a menetes orsó egy részét, és a méreteket ebben a kitörésben adhatjuk meg. A kitörést körrel határoljuk el a főábrán és római számmal látjuk el. Az ábra mellett nagyobb léptékben is felrajzoljuk a kitört részletet a méretek megadása céljából a vonatkozó római számmal, és alatta megadjuk a kitört rész méretarányát *(380. ábra)*. A menetszelvényt megadhatjuk még a főábrán is kitöréssel, ha megfelelő nagyobb léptékben van rajzolva. A nagyobb léptékben megrajzolt kis ábra mellett „Menetszelvény" felirattal ellátott részleten is megadhatjuk. Trapézmenet a 23. mellékleten, fűrészmenet a 24. mellékleten és zsinórmenet a 25. mellékleten található. A mellékleteken a csavarmenetek megnevezéseire vonatkozó példák is fel vannak tüntetve.

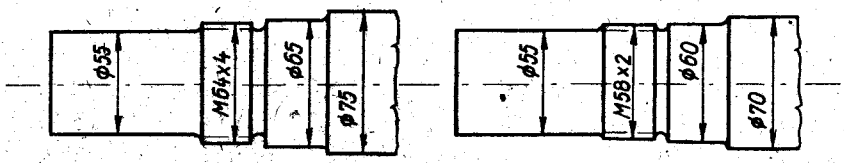


380. ábra. Nem szabványos menetprofilok esetén így adjuk meg a meneteket



381. ábra. Összecsavart csővégeket helyesen így ábrázolunk

A *381. ábrán* csőmenet látható, a csövet felül metszetben, alul nézetben ábrázoltuk. A cső végére a menetet jobb tömítés elérése végett 1:16 kúpossággal is készítik. Csőmenet, gáz- és gőzcsövek a 22. mellékleten találhatók.

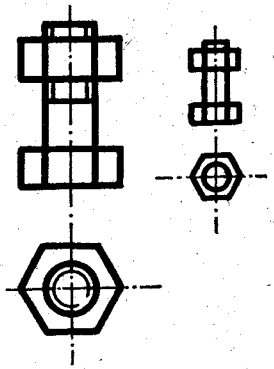


382. ábra. Tengelyvég normálmenettel és finommenettel

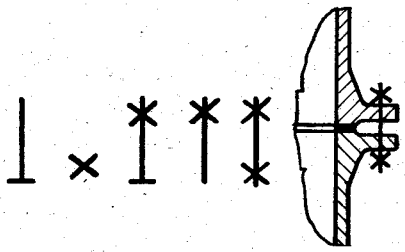
A finommenetek előnye többek között a tengelyméretek megállapításánál mutatkozik. A *382. ábrán* pl. az ∅ 55 tengelycsonk után csavarmenetet kell készíteni. A finom métermenetek közül az M 64-es menetet alkalmazhatnánk, mert ennek a magátmérője 56,206 mm. A külső átmérő 64 mm, úgyhogy a továbbmenő tengely részére csak 65 mm furatú gördülőcsapágyat alkalmazhatunk. A továbbmenő tengely 75 mm-es. A finom métermenetek közül az M 58×2 menetnél $d_1 = 55{,}407$ mm, $d = 58$ mm, úgyhogy a tengely az előbbinél kisebb mérettel, ∅ 60 mm-rel mehet tovább. Az M 58×2 menet alkalmazásával a tengely 58 mm-rel is mehetne tovább, a 60-as tengely mellett azonban még egy lépcsőt is kapunk. Így módunk van a tengely menetes részét vékony lemezzel lefedni akkor, amidőn a 60-as átmérőre a gördülőcsapágyat felszereljük, így a meneteket a sérüléstől megkímélhetjük. Megfelelő gondos szerelés esetén, továbbá mert az 58 mm méretű métermenet a III. sorozatba tartozik, alkalmazhatjuk a II. sorozatból az M 60×2 finommenetet is, amelynél a magátmérő 57,402 mm. Ezekben az esetekben a tengely 70 mm-es lehet.

Csövekre is finommenetet alkalmazunk, hogy a magátmérőn belül legyen még elegendő ép falvastagság. A *Whitworth*-csőmenet is ezért finommenet.

Kisebbített léptékben rajzolt csavaroknál a *383. ábra* szerinti egyszerűsített jelképes ábrázolást alkalmazhatjuk. Igen kis léptékű rajzokon fejes csavart, csavaranyát, anyáscsavart, anyás tőcsavart, kétanyás szegcsavart a *384. ábra* szerint jelölhetünk.

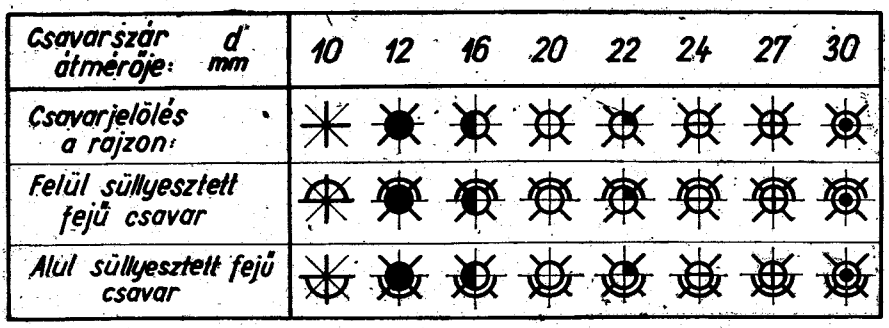


383. ábra. Csavarok egyszerűsített jelképes ábrázolása



384. ábra. Kis léptékű rajzon így jelöljük a különféle csavarokat és anyákat

Acélszerkezetek kis léptékű rajzainál a csavart szintén jelképpel tüntetjük fel, éspedig olyan jelölésekkel, amelyeknél a csavarok szárátmérője szerint van megválasztva a csavar jelölése a *385. ábra* szerint (MSZ 4497). Az ábra alsó két sora a *felül-*, illetve *alulsüllyesztett* fémcsavarokra vonatkozólag tartalmaz csavarjelöléseket. Ezek előírása esetén a jelölések értelmét a rajzon „Jelmagyarázat"-ban fel kell tün-



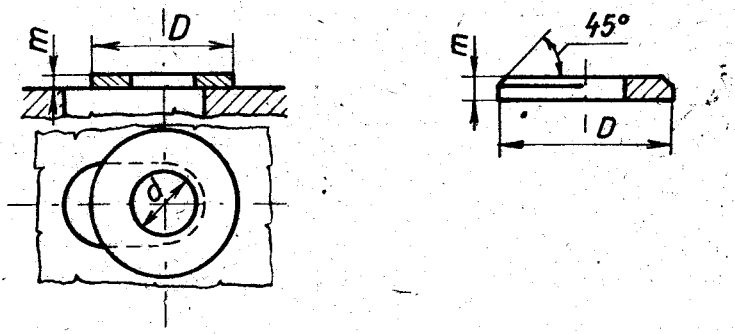
385. ábra. Csavarok jelképei acélszerkezetek rajzain

tetni. Ez utóbbi jelöléseket általában nem célszerű alkalmazni, mert ábrázolásuk körülményes, nehezen ellenőrizhető és sok tévedésre ad alkalmat. Célszerűbb a rajzba szöveggel beírni, pl. *7 db alulsüly.*, vagy *e sor végig sülly.* Ennél a jelölésnél a helyszíni szerelésű csavart 45°-ra dőlő zászlócskával jelezzük a *386. ábra* szerint, amely 10, 20 és 30 mm-es csavarok helyszíni szerelési előírásait mutatja. Szegecselésnél is ezt alkalmazzuk.

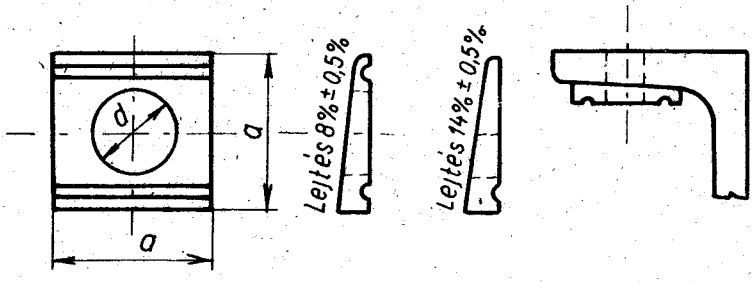
386. ábra. Zászlóval írjuk elő a helyszínen történő szerelést

40. Csavaralátétek (MSZ 2131)

Ha az anya felfekvési felülete nyers, egyenlőtlen, vagy ovális nyílás van alatta, akkor célszerű alátét alkalmazása *(387. ábra)*. A *nyers alátétet* (MSZ 2200, 28. melléklet) lemezből vágjuk ki, és a furatot lyukasztással készítjük. Ezt az alátétet nyerscsavaroknál használjuk. Fényes csavarokhoz *fényes alátétet* (*387. ábra* jobb oldala) (MSZ 2201, 28. melléklet) használunk, amit automataesztergán, rúdból szúrunk le. Ennek felülete mindenütt megmunkált. Ferde felületeknél az anya egyenletes felfekvését négyszögletes alakú, *ferde alátét* alkalmazásával valósíthatjuk meg *(388. ábra)*. Főleg hengerelt idomacélok szárainál alkalmazzuk őket, éspedig U tartókhoz 8% hajlással. (MSZ 2206), I tartóhoz pedig 14% hajlással (MSZ 2207). Ezeknél a ferde alátéteknél a felületükön levő, U tartóknál két, I tartóknál pedig egy barázdával jelöljük meg, hogy milyen tartókhoz alkalmasak.



387. ábra. Nyers és fényes alátétek



388. ábra. Ferde alátétek U és I szelvényhez

41. Acélcsavarok anyagminőségei (MSZ 229)

Az acélcsavarok számára különféle anyagminőségeket használunk, amelyeknél a szilárdsági tulajdonságok az egyes csoportokban jól megegyeznek vagy egymáshoz közeliek. Ezért külön anyagminőséget vezettek be a csavarok számára. Az anyagminőségjel megadása mellett a jelnek megfelelő szilárdsági tulajdonságú anyagot külön táblázatból szabadon választhatja a gyártó üzem. Ezeket az anyagminőségjeleket és a náluk megkívánt szilárdsági tulajdonságokat a 13. táblázat tartalmazza. Az előállító ezeket a szilárdsági tulajdonságokat az anyagminőség jelének a feltüntetésével szavatolja.

A 13. táblázatban szereplő anyagminőségjelekhez használható anyagok tájékoztató összeállítása a 14. táblázatban található.

A 14. táblázatban az MSZ 500 szabvány az ötvözetlen gépacélok, az MSZ 113 szabvány a szegecsacélok szabványa. Az MSZ 61 a betétben edzhető és nemesíthető ötvözetlen acélok szabványa. Az MSZ 1713 a gőzkazánszegecs-acél minőségi előírásait tartalmazza. Az MSZ 4339 szabványból valók az AS2, AS3, és

13. táblázat

Anyagminőségjelek csavaroknál

Az anyagminőség jele	4A	4D	4P	4S	5D	5S	6E	6S	8G	10K
Szakítószilárdság σ_B kp/mm²	34	37			50		60		80	100
Folyáshatár kb.: σ_F kp/mm²	20	21	21	—	28	35	36	48	60	80
Nyúlás δ_5 %	30	25	—	14	21	7	18	8	11	8
Brinell-keménység: *HB* kp/mm²	95	105			140		170		230	285

A Pb jelű automataacélok. A csavarorsók számára alkalmas húzott acélok szállításának műszaki feltételét az MSZ 4369 szabvány tartalmazza, amely szerint a húzott acélok anyagminőségei az MSZ 500 szabvány szerinti hengerelt ötvözetlen szerkezeti acélok és az MSZ 61 szabvány szerinti acélok anyagminőségének felelnek meg. A betűjelölések ezeknél az anyag húzott és a hőben kezelt voltát jelentik az alábbiak szerint:

H = húzott (hidegen alakított),
HG = húzott és teljesen kilágyított,
HV = húzott és nemesített.

Az MSZ 2665 szabvány a nemesíthető krómacél, az MSZ 2658 a mangánacél szabványa.

A csavargyártás céljára gyártott körszelvényű hengerelt ötvözetlen és ötvözött csavaracél szelvénymérete, súlya és tűrése az MSZ 4344 szabványban található.

Csavaralátétek számára az MSZ 2131 szerint a 15. táblázatban levő anyagok használatosak.

14. táblázat

Acélcsavargyártáshoz ajánlott anyagok tájékoztató jegyzéke, MSZ 229

Anyagminőség jele		A felhasználható anyag szabványos jele			Vonatkozó MSZ
csavar	anya	hidegalakításhoz	melegalakításhoz	forgácsoláshoz	
4A		A 34 A 34 HG* C 10 C 10 HG* C 15 HG*	A 34 A 34 Sz C 10 C 15 C 20	—	61 500 113 4369 17 788
4D	—	A 38 C 15 HG* C 20 HG*	A 38 A 42 C 15 C 20 C 25	—	61 500 1743 4369
—	4P	—	Meleganya-acél	—	
4S	—	A 34 HG* A 38 HG* C 15 HG*	—	—	500 61 4369
5D		—	C 25 C 30 C 35 A 50	A 50 HG C 30 HG	61 500 4369
5S		—	—	A S2 H A S3 H A Pb H A 38 H C 15 H C 20 H	4339 4369 500 61
6E	—	C 35 HG	C 35 C 45 A 60 Mn 2	—	61 500 4369 2658
6S		—	—	A Pb H A 50 H A 60 H C 35 H	61 500 4339 4369
8G	—	C 45 HG	C 45 Cr 2 Cr1 CMo2	C 45 C 45 HG Cr2 Cr1	61 2655 2665 4369
10K	—	—	Cr3 CrV3 CMo3	Cr3 CrV3 CMo3	2655 2665 5780

* Utolsó húzás előtt lágyítva

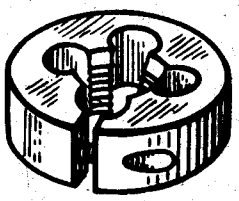
15. táblázat

Acélalátét-gyártáshoz felhasználható anyagok tájékoztató jegyzéke MSZ 2131

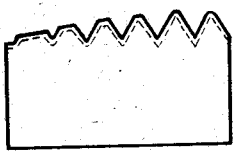
Anyagminőség jele	A felhasználás fő célja	Az anyag		Alkatrészek
		szabványos jele	MSZ száma	
OA	Nyomáselosztás	A O A 38 H lágyacélhuzal.	500 4 369 17 784	Nyers és fényes alátétek, ferde alátétek
OM	Nem rugós csavarbiztosítás	H 2 F M 2 P	23	Biztosítólemezek, orros és fogazott bizt. lemezek
OR	Rugós csavarbiztosítás	50 S C 45 HG	2 666 4 369 61	Rugós alátétek

42. A kötőcsavarok gyártása

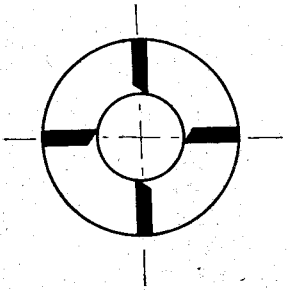
A kötőcsavarok közül az olcsóbb csavarok, az úgynevezett *fekete* vagy *nyerscsavarok* tömeggyártással készülnek. A csavar fejét kis csavaroknál hidegen kovácsolják, illetve sajtolják a csavar külső átmérőjének megfelelő rúdra, a nagyobbaknál pedig melegen történik a fej rákovácsolása. A menetet kézi menetvágás esetén *csavarvágó pofával (389. ábra)* lehet készíteni. Gépi előállítás esetén külön *csavarvágó gépeken* készül a menet. Ezeknél a *fésűszerű* menetvágó kések végzik a menetek kialakítását *(390. ábra)*. A késből négy darabot helyeznek egy pofába, amelyek sugárirányban nyúlnak be *(391. ábra)*. A fésűk profiljai axiális irányban, a menetemelkedésnek megfelelően vannak eltolva. A pofa körülforgatásával a menetet a négy kés a teljes menetmélységben elkészíti. A vágókés kezdeténél, ahol a menet a szárba megy át, nincsen meg a teljes profil, emiatt itt nincsen meg az egész menetmélység



389. ábra. Csavarmenetvágó pofa orsómenethez

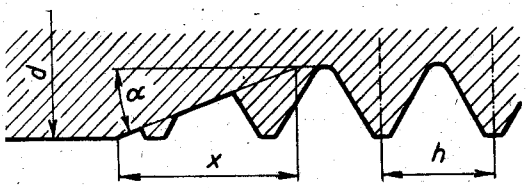


390. ábra. Ilyen a menetfésű

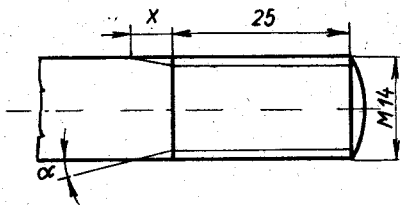


391. ábra. Menetfésűkés szokásos befogása

(392. ábra), s ezekre az utolsó menetekre az anya már nem megy rá. Az *x menetkifutás (393. ábra,* MSZ 224) az a hossz, amelyben a menetek nem tökéletesek. Kényesebb esetekben a szerkesztőnek a tervezésnél ezt a menetkifutást is tekintetbe kell vennie. Az α szög orsómenetnél általában $22^1/_2°$; nagy szilárdságú anyagnál 15°, a menetmetszőnél 30° értékű. Az anyamenetnél az α szög gépi menetfúrónál 10°, kézi menetfúrónál 20—25° szokott lenni. Egyébként a rajzon a menetkifutás nélküli, hasznos menethosszt tüntetjük fel. Ha menetkifutással jelöljük a rajzon a menetet, akkor az α szöget 30°-os vonalzóval rajzolhatjuk meg.



392. ábra. Menetkifutás

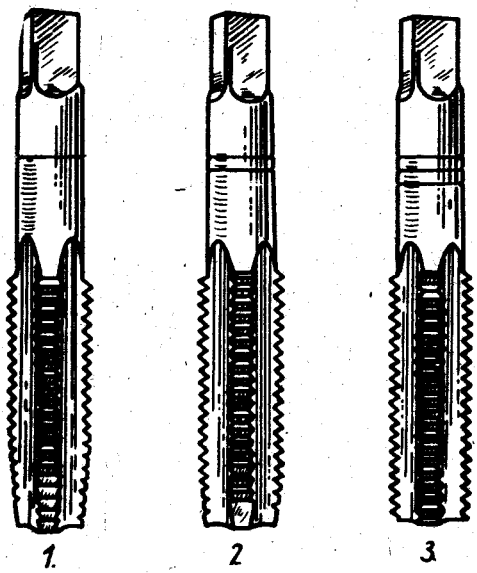


393. ábra. Menetkifutás jelképes ábrázolása

Az anyamenet készítésére *menetfúrók* szolgálnak *(394. ábra)*, amelyek a készítendő anyamenet csavarorsójának felelnek meg, de a felületükön alkotóirányú vágóélek vannak, és a fokozatos forgácsvétel céljából kúposak. Rendszerint egy készletben három darabot használunk, az 1. előfúró, a 2. mélyebben vágja a menetet, a 3. már készre munkálja a menetet. Ezt a számozást a szárukon levő bevágások tüntetik fel.

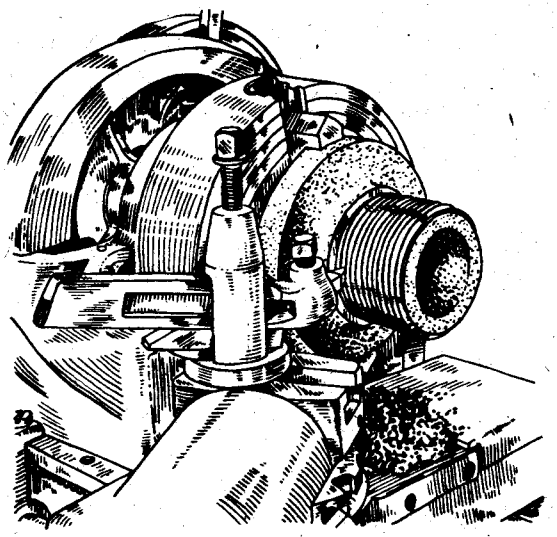
A kisebb *fényes csavarokat* a laptávolságuknak megfelelő hatszögletes rúdból esztergályozással készítjük. A nagyobbakat anyagmegtakarítás céljából először ráhagyással lekovácsoltatjuk a megfelelő nyers méretre és azt munkáltatjuk tovább: a szárat esztergályozással, a hatszög oldallapjait pedig marással. A menet csavarvágó gépen vagy automataesztergán készül.

Esztergán rendszerint olyan esetben készítünk menetet, amikor rudat, tengelyt vagy egyéb

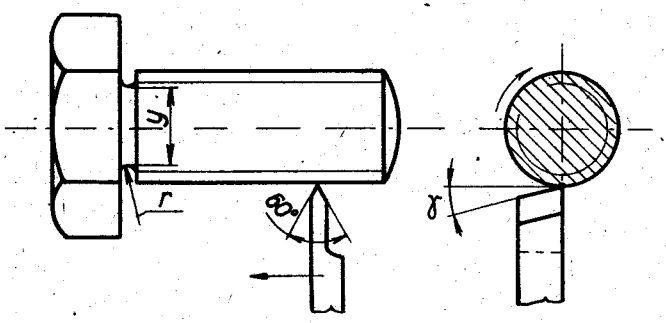


394. ábra. Menetfúrók

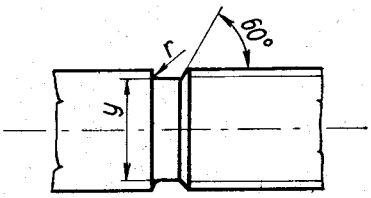
alkatrészt amúgy is esztergán munkálunk meg, és a rajta szükséges menetet ugyanazzal a felfogással készíthetjük el *(395. ábra)*. A menetvágó kést a menetköz profiljára köszörüljük *(396. ábra)*. A kést az eszterga vezetőorsója minden körülfordulásra egy menetmagassággal viszi tovább. A menet mélységére fokozatosan megyünk be, azaz a szerszámot minden végighaladás után kiemeljük, ellenkező forgásiránnyal a kezdő helyzetbe visszavisszük, és újabb forgácsvastagság leszedése céljából közelebb toljuk a forgástengelyhez. A menet végén a kés számára késkifutásról kell gondoskodni (MSZ 224), nehogy a menet nélküli anyagba ütközve letörjön a hegye. Ezért a menet végénél menetvágás előtt *menethornyot* kell beesztergályozni, amibe a kés a menet végén belefut. A menethorony szélessége orsómenetnél kb. 2*h*, az alakja a kisebb csavaroknál (M 8-ig) a *396. ábra* szerinti félkör, nagyobb csavaroknál a *397. ábra* szerinti kiképzésű, az *y* átmérő a magátmérőnél néhány tized milliméterrel kisebb. Ha anyamenetet vágunk menetvágó esztergakéssel, akkor szintén kell gondoskodni menethoronyról *(398. ábra)*. Anyamenetnél a horonyszélesség kis csavaroknál kb. 3*h*, nagy csavaroknál kb. 2*h* értékű, a horony alakja a *399. ábra* szerinti. Az átmérő a menet külső átmérőjénél kis csavaroknál 0,3—0,5 mm-rel nagyobb, közepes és nagy csavaroknál M 12-től M 60-ig 1 mm-rel nagyobb.



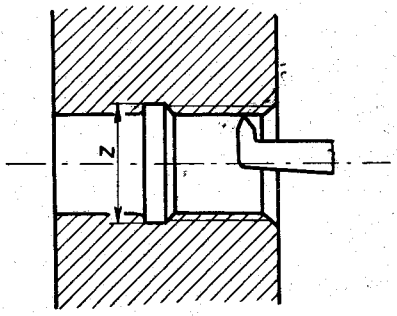
395. ábra. Esztergán is vághatunk menetet



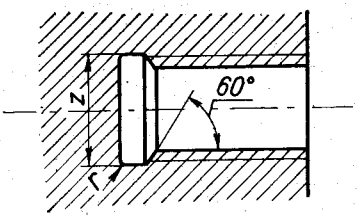
396. ábra. Menetvágó profilkés és menethorony 10 mm-nél kisebb átmérőjű csavaroknál



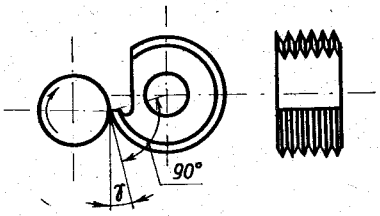
397. ábra. Menethorony alakja 10 mm és nagyobb átmérőjű csavaroknál



398. ábra. Anyamenet készítése esztergán menethoronnyal



399. ábra. Menethorony anyamenet esetén, ha a menet a furat fenekéig ér



400. ábra. Körfésűkés

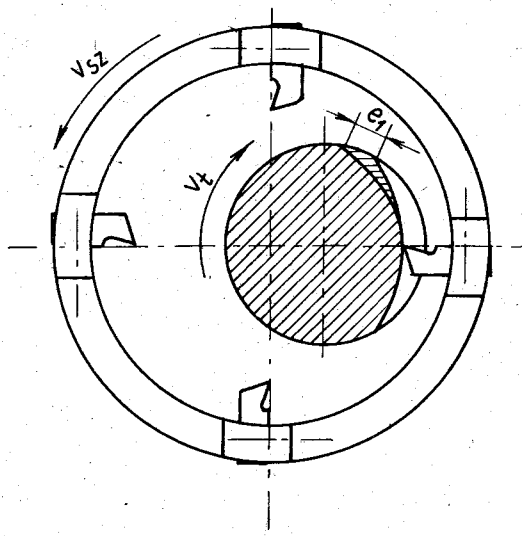
Menethoronnyal, vagyis késkifutással készített menetvágással végig tiszta menetet kapunk. A menethorony nem csökkenti az orsó szilárdságát, ha megvan a kellő lekerekítése, vagyis nem éles szögletű. A tapasztalat és a kísérletek is azt mutatták, hogy az orsó inkább elszakad a meneteknél, mint a menethorony helyénél.

Esztergán kis sebességgel és megfelelő figyelemmel lehet menethorony nélkül is menetet készíteni, azonban kicsi a teljesítmény. Nagyobb teljesítményt fésűszerű szerszámmal érhetünk el, amelynél a legelső csúcsok fokozatosan vannak kialakítva, éppúgy, mint a *390. ábrán* a nyers csavarok menetvágó késeinél. Hosszú ideig használható menetvágó szerszámot úgy kapunk, ha a menetprofilfésűt hengerfelületen visszük körül, és egy helyen vágóélt köszörülünk bele *(400. ábra)*. Ez a *körfésűkés*, amely többször utánaköszörülhető, amíg csak az egész hengerfelület el nem fogy.

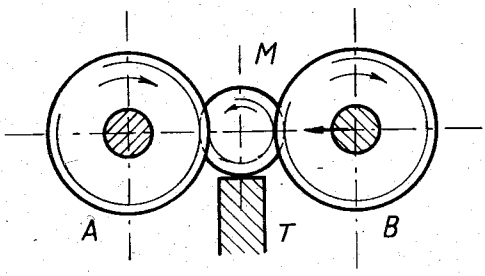
Csavarmeneteket *marással* is készíthetünk. A maró a menethézag profiljával bíró tárcsamaró lehet, amelyet a menetemelkedésnek megfelelő irányban a teljes menetmélységre állítunk be. A tengely lassú körülforgatásával és a tengely egy fordulatára a marónak egy menetemelkedéssel való továbbításával készülhet el az orsómenet. Használhatunk a körfésűkéshez hasonló, egymás mellett több körbemenő vágóéllel bíró marót is, amelynél az orsó egyszeri körülforgatásával és a maró egy menetemelkedésnyi előtolásával elkészül a teljes menet a marónak megfelelő hosszúságban.

Mivel a fényes csavarok menetei gondosabban készülnek, mint a nyerscsavaroké, azért ezeket a nagyobb pontosságú csavarok számára alkalmazzuk. Az anyamenet kezdeténél a *398. ábrán* feltüntetett *kúpos kisüllyesztést* is szoktuk alkalmazni.

Az *örvénylő menetmarás* igen termelékeny menetkészítési eljárás. Alkalmas külső és belső menet készítésére egyaránt. A *401. ábra* külső menet készítését mutatja. A szerszám, ami egy forgófejbe befogott késekből áll, az eszterga szánjára erősíthető. A szerszám is és a munkadarab is forgó mozgást végeznek. Az előtolást a forgófej végzi, amelybe a menetprofilnak megfelelő kések vannak beszerelve. A munkadarab v_t sebessége és a szerszám v_{sz} sebessége lehet egyirányú és ellenirányú. Az e_1 távolság a szerszám fogankénti előtolása.



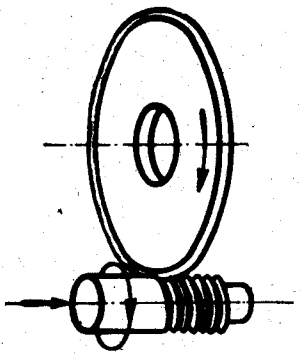
401. ábra. Örvénylő menetmarás



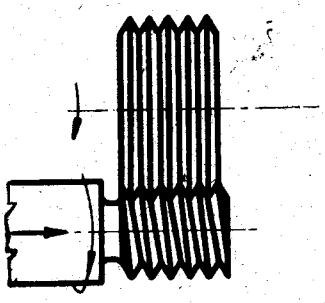
402. ábra. Menethengerlés

Csavarmenetet nem edzett acélanyagból készített orsóra olyan módon is előállíthatunk, hogy két, megfelelően barázdált felületű síklap között mángoroljuk az orsót, vagy pedig menettel ellátott hengerek közé szorítjuk be fokozatosan. Ez utóbbi a *menethengerlés (402. ábra)*. Az *M* munkadarab a *T* alátámasztóra van ráhelyezve, a középpontja néhány tized milliméterrel mélyebben van a hengerek középpontját összekötő vonal alatt. Az *A* jelű henger helyben forog, a *B* hengert közelítjük addig, amíg a készítendő csavar magátmérőjéig be nem hatol a munkadarabba. A két henger kényszerkapcsolatban forog egyező irányban és a munkadarabot ellenkező irányban forgatja. Menethengerléssel az anyag jó tömörítése miatt kedvezőbb szilárdsági tulajdonságokkal bíró csavarokat tudunk előállítani.

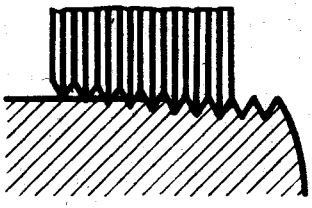
Edzett tengelyek végeire, továbbá nagy szilárdságú és keményre edzett, ötvözött acélból készült alkatrészekre az anyag keménysége miatt nem lehet forgácsolással csavarmenetet készíteni. Ezekre *köszörüléssel készíthetünk menetet. A menetköszörüléssel* pontos méretű menetet lehet készíteni. A köszörűtárcsa szilíciumkarbidból és korundból készül kerámiai úton. Menetköszörüléssel lehet készíteni a menetvágó



403. ábra. Menetköszörülés egy tárcsával



404. ábra. Azonos mélységig dolgozó menetek a köszörűtárcsán



405. ábra. Különböző mélységig dolgozó menetek a kúpos köszörűtárcsán

fúrókat is. A köszörűkő profiljának javítása *gyémánt lehúzókővel* történik, amelynek a kialakítása pontosan a készítendő menetprofilnak felel meg.

A menetköszörülést kisebb teljesítménynél egyetlen tárcsával lehet végezni *(403. ábra)*. A köszörűtárcsa gyorsan forog, mialatt a rúd forgó, és a kő a menetemelkedésnek megfelelően haladó mozgást is végez. Nagyobb teljesítményt több élű tárcsával érünk el. Az egyik eljárásnál az élek egyenlő mélységig dolgoznak, és a tárcsa hosszúsága a csavar menethosszának felel meg. *(404. ábra)*. Ekkor az orsónak egy körülfordulásával és a kőnek egy menetemelkedéssel való továbbításával elkészül a teljes menet. Ennél azonban a köszörűkő számára kifutásról kell gondoskodni. A kifutásra szolgáló horonyra nincs szükség akkor, ha különböző mélységig dolgoznak a köszörűkő fogai, vagyis kúpos köszörűkövet használunk és fokozatosan megyünk végig az orsó mentén *(405. ábra)*. Ez az utóbbi eljárás nem ad végig használható menetet.

Bizonyos átmérőn felüli furatban az anyamenet köszörülését is el lehet végezni.

43. Csavarbiztosítások

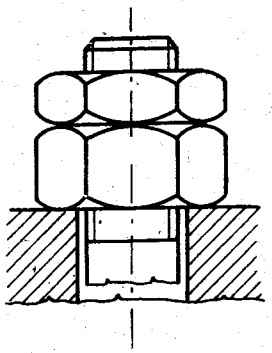
A gépalkatrészek rezgése, mozgása a csavarkötéseknél az anya, illetve az orsó meglazulását, lerázódását okozhatja. Azoknál az anyáknál és csavaroknál, amelyeknek beállítási lehetőséget kell biztosítanunk, az elállítódást meg kell akadályoznunk. Általában a kötőcsavaroknál a legjobb biztosítás az, ha a csavart jól meghúzzuk, így a menetek közt keletkező súrlódás megakadályozza a meglazulást. Sok esetben

azonban ez nem elég, vagy nem valósítható meg. A meglazulás megakadályozására alkalmazott megoldásokat együttesen *csavarbiztosításoknak* nevezzük.

A leggyakrabban alkalmazott csavarbiztosítások a következők:

Kétanyás biztosítás (406. ábra). Kétrészes csapágyaknál, továbbá hajtórúdfejeknél rendszerint nem tudjuk erősen meghúzni az összeszorító csavarokat, mert a persely a tengelycsapot esetleg túlságosan megszorítaná. Ilyen esetekben két anyát helyezünk az orsóra, amelyek közül az alsót gyengén húzzuk meg, amennyire a tengelycsap helyes futásához szükséges, a felsőt pedig erősebben, ezáltal a két anyát egymáshoz feszítjük. Ez adja a biztosítást. Takarékossági okokból a felső anyát félmagasságúra is készíthetjük. (Alacsony nyersanya: MSZ 2162. Alacsony fényes anya: MSZ 2261, 26. melléklet). Az ilyen anya magassága 0,6*d*. Ezt a megoldást nevezik ellenanyás biztosításnak. A félmagasságú anyát célszerű volna alul elhelyezni, mert kisebb magasságával a menetein több erőt tudna átadni a felső, magasabb anyának, a gyakorlatban azonban inkább felül helyezik el.

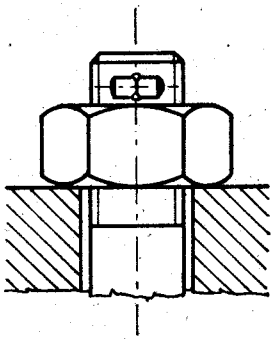
Sasszeges biztosítás. A sasszeg *(407. ábra,* MSZ 2224, 31. melléklet*)* félgömbacélból készül, anyagminőség: 4S. Az élei lekerekítettek, ezáltal a keresztmetszete zsemlye alakú. A végek egyenesen vannak levágva a gyártás egyszerűsítése céljából. Ha egy ilyen félgömbacélt meghajlítunk, úgyhogy a hajlításnál fej keletkezzék, akkor a két egymásra fekvő zsemlyekeresztmetszet körkeresztmetszetet ad, mely kerek furatba könnyen elhelyezhető. A furatbahelyezés után a kiálló részeket széjjelhajlítjuk a kiesés megakadályozására. Hogy a széthajlítást könnyűszerrel elvégezhessük, az egyik szár rövidebbre készül, mint a másik. A sasszeggel való biztosításnak többféle módja ismeretes. Eljárhatunk úgy, hogy az anya meghúzása után a szabadon kiálló orsóvéget kifúrjuk, és ebbe helyezzük el a sasszeget *(408. ábra).* Ebben az esetben a sasszeg ellenére is az anya kismértékű elmozdulása lehetséges.



406. ábra. Kétanyás biztosítás (anya és ellenanya)

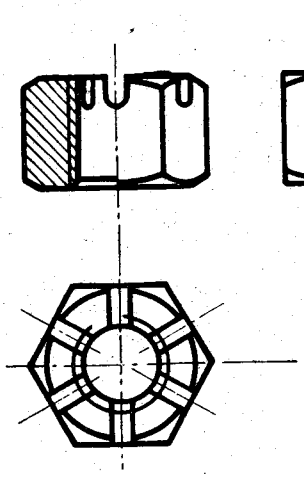
Jobb megoldás a *koronás anya* alkalmazása (27. melléklet). A koronás anya nyers (MSZ 2164) és

407. ábra. Sasszeg

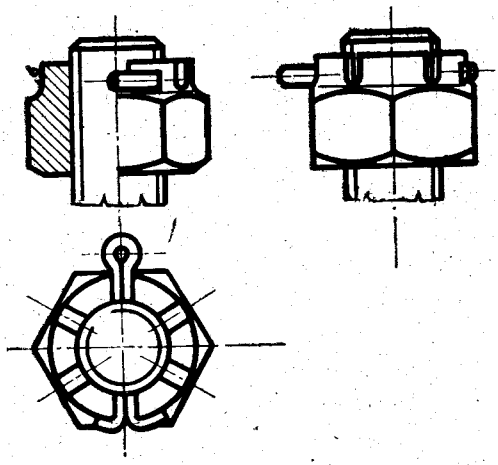


408. ábra. Legegyszerűbb sasszeges biztosítás

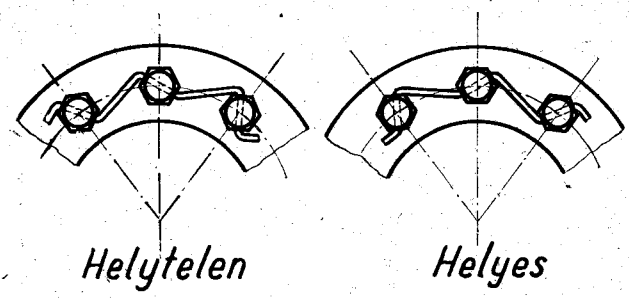
fényes kivitelben (MSZ 2264) készül. Kisebb csavarátmérőknél (M 10-ig) egyszerűen a normálisnál magasabbra gyártott hatszögletes anyán hornyokat készítünk *(409. ábra)*, az ennél nagyobb méretű anyákat hengeres toldattal látjuk el, és ezen marunk be hat, bizonyos átmérőn felül tíz hornyot. A fényes kivitelben használatos a normálisnál kisebb anyamagasság is, ez az ún. *koronás alacsony anya.* Az anya meghúzásakor az orsó furatát az anya egyik hornyával egy vonalba hozzuk, sasszeget dugunk át rajta, amelynek a két szárát széjjelnyitjuk. Ezzel a megoldással nemcsak az anya elfordulását tudjuk megakadályozni, hanem utánállítási lehetőségünk is van, mert 1/6, a nagyobbaknál 1/10-ed körülfordulások után ismét tudunk biztosítani *(410. ábra)*.



409. ábra. Koronás anya kis átmérőjű csavaroknál

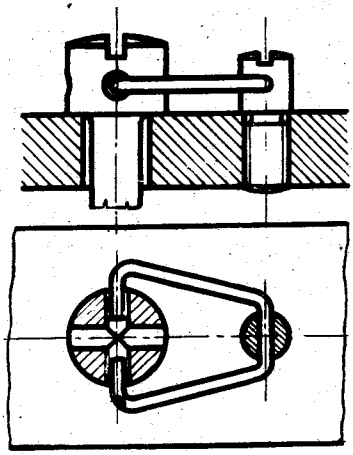


410. ábra. Hengeres toldattal ellátott koronás anya

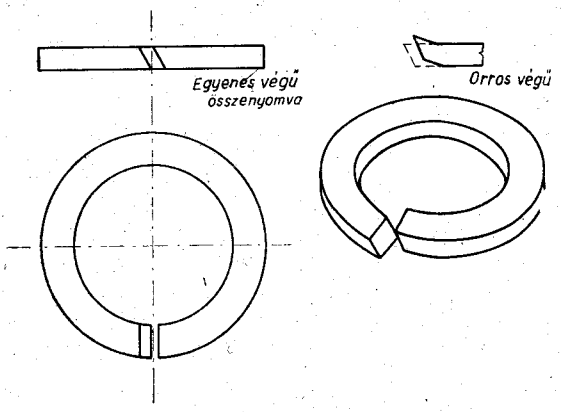


411. ábra. Kisméretű csavarokat huzallal biztosítunk

Huzallal való biztosítás. Az egymáshoz közel álló csavarfejeket, esetleg csavaranyákat is a legegyszerűbben egymáshoz biztosíthatjuk oly módon, hogy a csavarfejeket átfúrjuk és dróthuzalt húzunk át rajtuk *(411. ábra)*, ügyelve arra, hogy jobbmenetű csavarnál a jobb oldali kép szerinti legyen a törésirány. A huzal két végét egymásra fektetve össze kell sodorni. A csavaranyáknál középen keresztülmenő furatot nem készíthetünk a benne levő orsó miatt, hanem a középtől távolabb, a hatszög csúcsainál készítjük a furatokat a huzal számára. Különösen repülőgépépítésben alkalmazzák igen kiterjedten ezt a biztosítási módot, valamint csővezetékek kötéseinél, pl. a kenőolaj-vezetékeknél. Kisebb csavaroknál alkalmazható biztosítási megoldást mutat még a *412. ábra* is, ennél a megoldásnál egy kisebb csavar fejébe erősített rugó két kampós vége fogja meg a nagyobb csavar fejét.



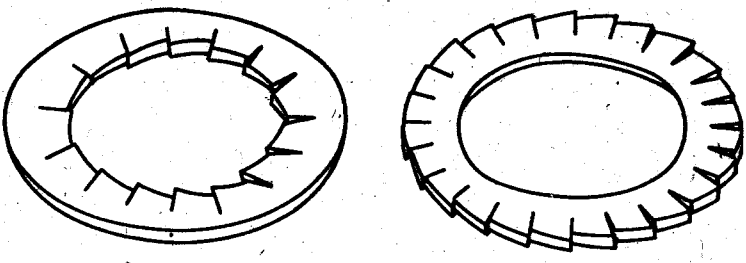
412. ábra. Kisebb csavarokat szokásos két kampós rugóval biztosítani



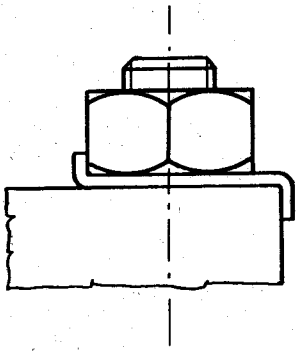
413. ábra. Rugós alátét (*Growe*-gyűrű)

Rugós alátétek (29. melléklet). Ezeknél az anya alá tett különféle alakú rugózó karikák akadályozzák meg a meglazulást. Ilyen a rugós biztosító alátét vagy más néven *Growe*-gyűrű *(413. ábra)*. Rugóacélból (50 S MSZ 2666) készült, egy helyen ferdén felhasított gyűrű, amely a felhasításnál élekkel van ellátva. A felhasítás ferdesége olyan irányú, hogy a meghúzott anya visszafelé való forgatását, vagyis az oldódást akadályozzák a kemény acélélek, amelyek benyomódnak részint az alsó anyagba, részint az anya felfekvési felületébe. A magyar szabvány kétféle rugós alátétet tartalmaz, orros rugós alátétet, amelynél a felhasítási élek kissé felhajlítottak (MSZ 2209) és egyenes végű rugós alátétet (MSZ 2210).

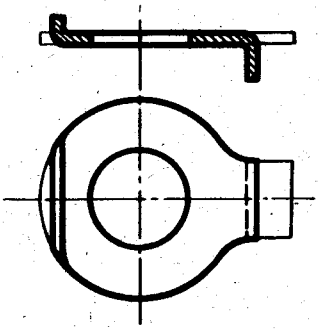
Ugyancsak hasonló a működési elve azoknak az alátétgyűrűknek is, amelyeknek a szélei kívül vagy belül taréjokkal fogazatszerűen vannak kiképezve, és ezek a fogak a síkjukból ki vannak csavarva. Anyaguk jó minőségű acél, jó rugózó tulajdonsággal (C 45 HG MSZ 4369 vagy 50 S MSZ 2666). A *414. ábra* belső (MSZ 2235)



414. ábra. Belső és külső fogazatú alátét



415. ábra. Csavarbiztosítás felhajtott alátétlemezzel



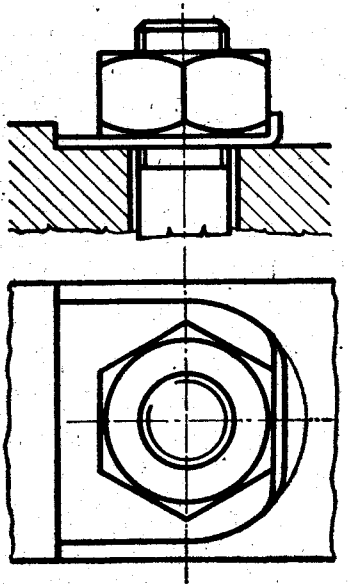
416. ábra. Nyelves biztosító alátét

és külső fogazatú alátétet (MSZ 2236) tüntet fel. A rugós alátétek hátránya, hogy gyakori oldás esetében tönkreteszik az anyát, illetve a csavarfejet.

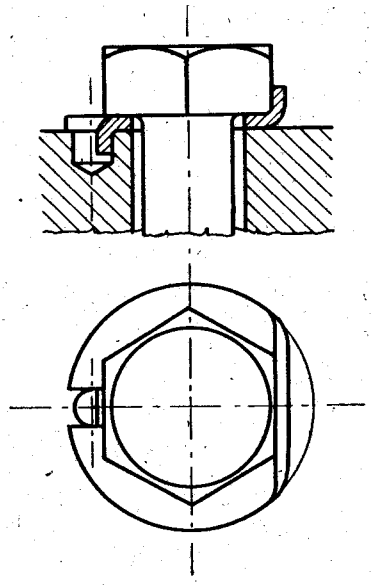
Biztosítás felhajlított alátétlemezzel. Erre a célra 0,5—1,5 mm vastag egyszerű alakú lemezt használhatunk M 2 P MSZ 23 anyagból, amit egyrészt a gépen az anya közelében levő sarokhoz hajlítunk le, másrészt pedig az anya mellé hajlítunk fel *(415. ábra)*. Ilyen célra készített szebb kivitelű lemez a nyelves biztosító alátét *(416. ábra)*. Megfelel azonban az egyszerű téglalap alakú lemez is, amelynek a gyártása olcsóbb (MSZ 2213, 29. melléklet). Ha nincs sarok az anya mellett, hanem lépcsős a tagozódás, akkor ehhez simulhat hozzá a biztosítólemez egyik egyenes széle, a másik szélét az anyához hajlítjuk fel *(417. ábra)*.

Sarok hiányában másik megoldás az orros biztosítólemez alkalmazása (MSZ 2211, *418. ábra*). Ennél az anya vagy fej mellett kis furatot készítünk, és ebbe hajlítjuk bele a lemez nyelvét, hogy az elfordulását megakadályozzuk.

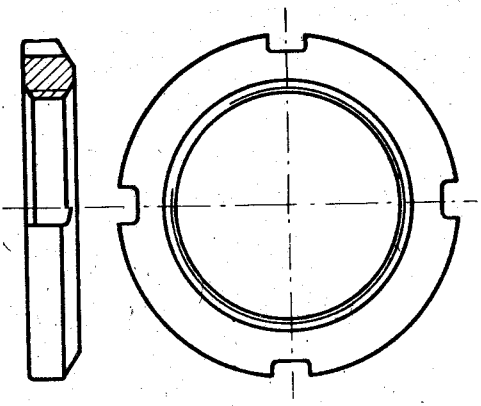
Egymáshoz közel fekvő két csavaranyánál két furattal bíró közös rögzítőlemezt használhatunk, vagyis egymáshoz biztosítjuk az anyákat *(419. ábra)*.

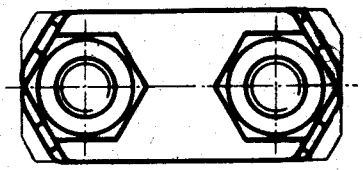


417. ábra. Lépcsős tagozódás esetén így kell biztosítani az anyát



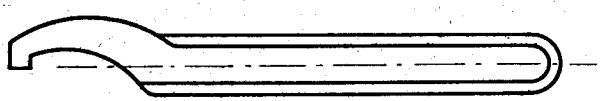
418. ábra. Orros biztosítólemez





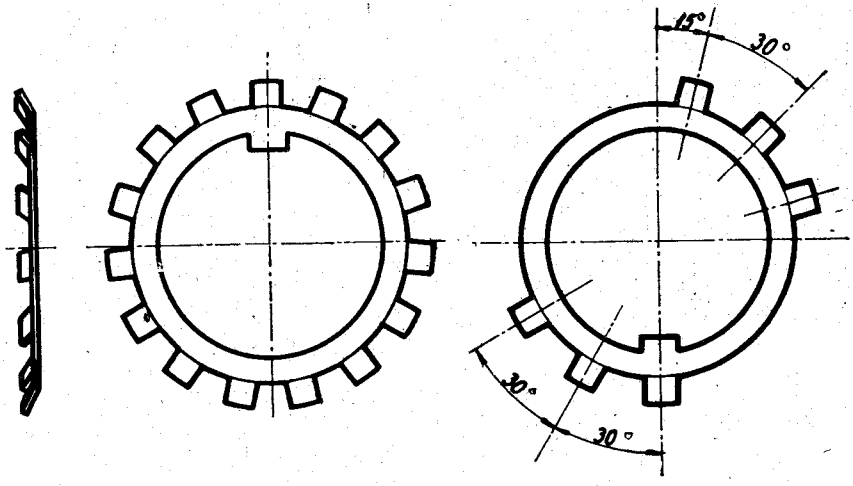
419. ábra. Közel fekvő anyákat közös lemezzel egymáshoz biztosítunk

420. ábra. Hornyos csapágyanya

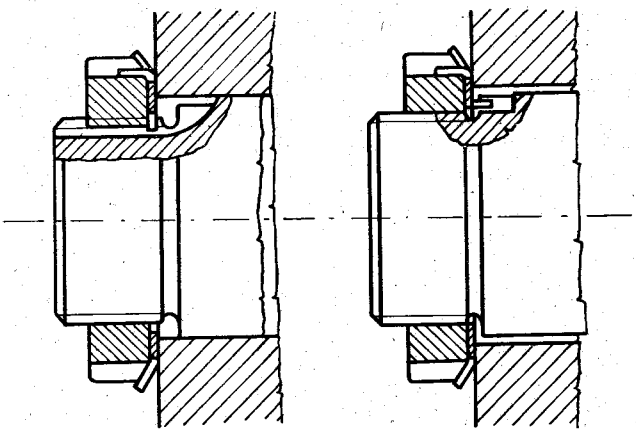


421. ábra. Hornyos hengeres anya meghúzására való kulcs

Kerek anya biztosítási módjai. Ha nincs hely hatlapú anya elhelyezésére, akkor kerek anyát alkalmazunk, különösen forgó gépalkatrészeken. Az anya meghúzását úgy hajtjuk végre, hogy a palást felületére a *420. ábra* (MSZ 7889, 32. melléklet) szerint hornyokat készítünk, és egyikükbe a *421. ábra* szerinti kulcs kis orrát helyezzük el, és ezzel végezzük a forgatást. Ezt az anyát a *422. ábra* bal oldala (MSZ 7890, 33. melléklet) szerinti körtaréjos biztosítólemezzel szokás biztosítani. A lemez furatában benyúló nyelvszerű kiképzés van, ezt a nyelvet a csavarorsón készített horonyba helyezzük el *(423. ábra)*, s ezzel akadályozzuk meg a biztosítólemez elfordulását. A belső nyelvet visszahajlítva a tengely vállánál készített kis horonyba is bele lehet illeszteni a *423. ábra* jobb oldala szerint, így nincsen szükség a meneteken készített

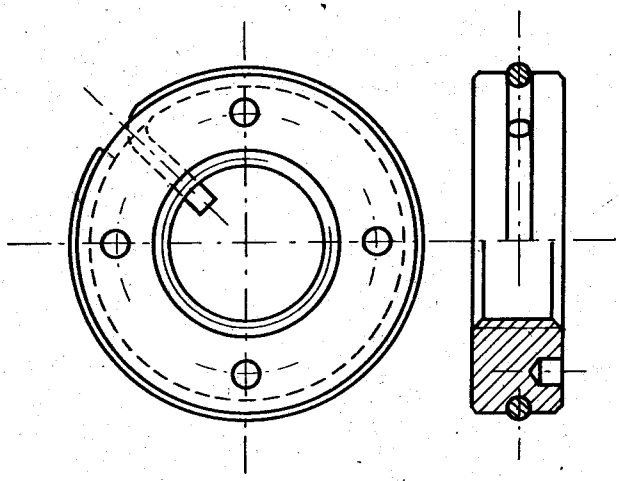


422. ábra. Hengeres anyát biztosító tarélyos és körtarélyos lemez

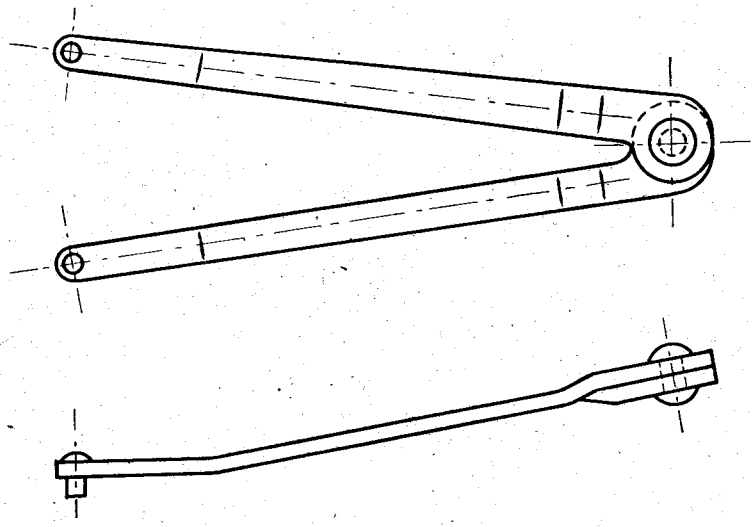


423. ábra. Hengeres anya biztosítása horonnyal és vállba készített horonnyal

mély horonyra. A lemez külső kerületén levő taréjok közül egyet, amelyik egybeesik az anya valamelyik hornyával, belehajlítunk ebbè a horonyba. A biztosítólemezen célszerű a taréjok számát eggyel többre venni, mint az anya horonyszámának az egész számú többszöröse, hogy kis szögelfordulásra is kapjunk biztosítási lehetőséget. Ennek a biztosítólemeznek a *422. ábra* jobb oldalán feltüntetett taréjos alak anyagtakarékosabb kivitele, mert keskenyebb lemezcsíkból sajtolható ki, mint a körtaréjos forma (MSZ 7890, 33. melléklet).

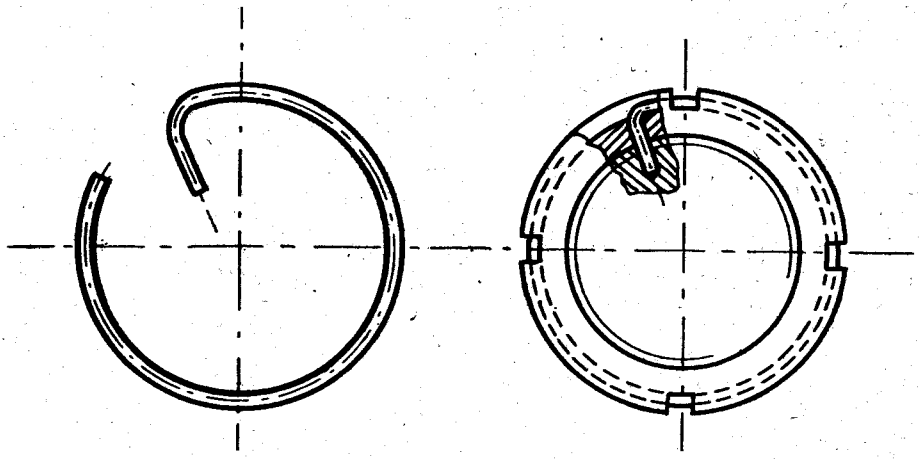


424. ábra. Homlokfuratos kerek anya és biztosítása

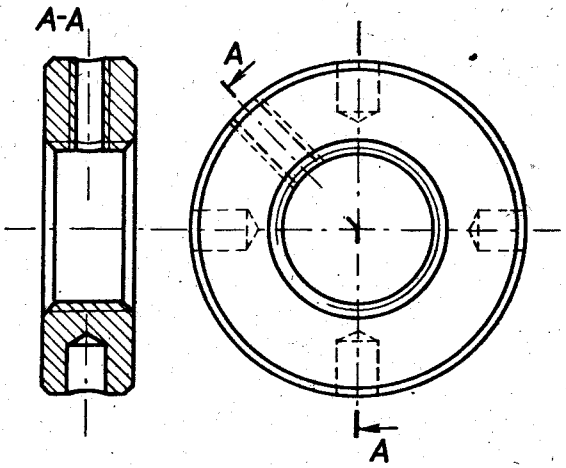


425. ábra. Állítható csapos villás kulcs

Kerek anyákon meghúzás céljából hornyok helyett a palást felületére, illetve a homlokfelületre furatokat is készíthetünk. Ha a furatokat a homlokfelületen helyezzük el, kapjuk a *homlokfuratos kerek anyát* (MSZ 2271, *424. ábra*). Az ilyen kiképzésű kerek anyát a furatokba dugott csapokkal húzhatjuk meg, a csapok egy kinyitható szárú villás kulcs ágaiban lehetnek elhelyezve *(425. ábra)*. Biztosításánál a *426. ábra* szerint kifúrjuk a csavaranyát a tengellyel együtt és a furatba a *426. ábra* bal oldala szerinti *horgos biztosítókarika* benyúló ágát dugjuk be. Az anya palástján körbefutó barázdát készítünk, amelybe a kisebb sugarú ívben meghajlított biztosítókarika rugalmasan belefekszik. Ez a hengeres anya olcsó, de hátránya, hogy a kis furatokkal nem lehet erősen meghúzni. A *426. ábrán* levő horgos biztosítókarikát a palásthornyos kerek anya biztosítására is igen gyakran alkalmazzuk (*426. ábra* jobb oldala).



426. ábra. Hornyos csapágyanya biztosítása horgos biztosítókarikával



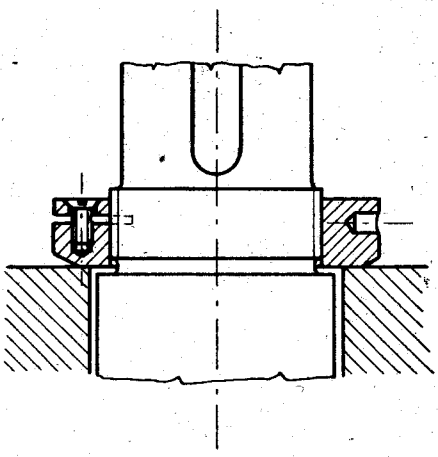
427. ábra. Palástfuratos kerek anya

Az anya palástján is elhelyezhetjük a furatokat, ez a *palástfuratos kerek anya* (*427. ábra*, MSZ 2272). Ennél a biztosítást vagy horgos biztosítókarikával, vagy az ábrán feltüntetett, menetbe becsavart kúpos végű hernyócsavarral oldhatjuk meg.

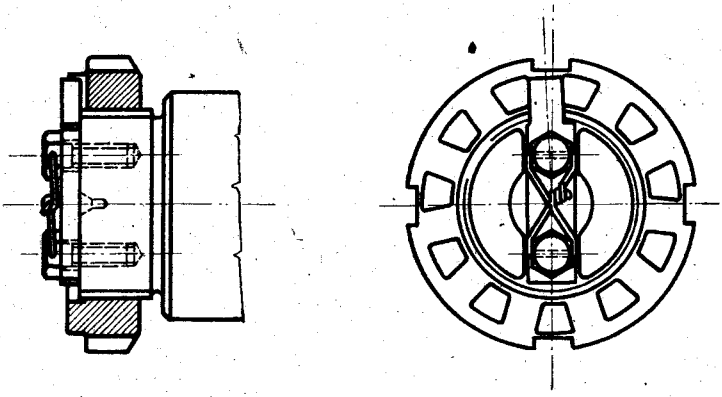
Hasított anyás biztosítás. Az anya és az orsó menetei közti súrlódás megnövelését, tehát a biztosítást nagyobb anyánál úgy is elérhetjük, hogy az

anyát a tengelyre merőlegesen felhasítjuk, befűrészeljük egy darabon, és egy kis csavarral, amelyet a tengellyel párhuzamosan helyezünk el, egymásnak feszítjük a meneteket *(428. ábra)*.

Koronás kerek anya biztosítása. Főleg vasútikocsi-tengelyek gördülőcsapágyazásánál alkalmazzuk a *429. ábrán* feltüntetett kerek anyát, amelynek a homlokfelületén biztosítás céljából egyenletes felosztásban tizenegy horony van kimunkálva. A csavarmentes tengelyvég homlokfelületére is készítünk egy hornyot keresztirányban, ebbe egy laposacélt fektetünk, amelynek a nyelve a koronás anya homlokfelü-



428. ábra. Hasított anyás biztosítás



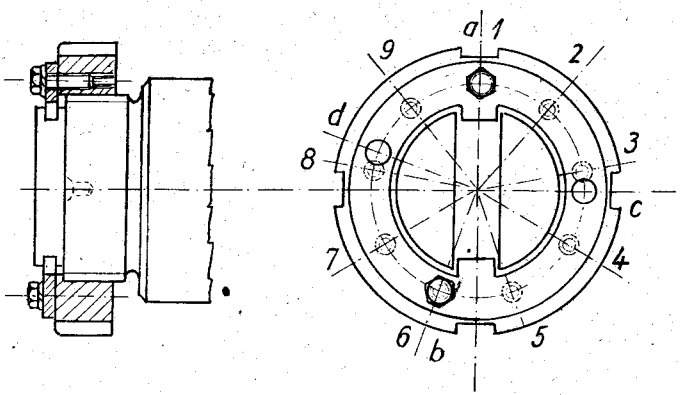
429. ábra. Koronás kerek anya biztosítása

letén levő kiemelkedések közé fekszik. A laposacélt a tengely végére két fejes csavar szorítja le. A fejes csavarokat a fejen át készített furatokon átfűzött és összecsavart acélhuzallal biztosítjuk egymáshoz. A laposacél rögzítőnyelve ferde, hogy átfordítás után szimmetrikus helyzetben is tudjon biztosítani. Így alul és felül, összesen négy helyzetben biztosíthat. A laposacél középvonalától az átfordítási szög felében kell a nyelvnek ferdén kiállni, ez a szög a 11 osztás mellett:

$$\frac{360^\circ}{11 \cdot 4 \cdot 2} = 4{,}091^\circ,$$

vagyis kb. 4°-kal kell ferdíteni a nyelvet, és akkor kb. 8°-onként tudunk biztosítást létrehozni.

A *430. ábra* szerinti csavarbiztosítás ugyancsak vasútikocsi-tengelyek gördülőcsapágyas ágyazásánál használatos. A tengely végére kerülő hornyos csapágyanyán egyenletes elosztásban az ábrán számokkal ellátott kilenc csavarfurat megy végig, ezek tehát egymástól 40°-ra helyezkednek el. Biztosítás céljából a kerek csapágyanya homlokfelületére két csavarral egy olyan *rögzítőkarikát* helyezünk el, amelynek két befelé nyúló nyelve a tengelyvég homlokfelületére készített horonyba nyúlik bele. A rögzítőkarikán a betűkkel ellátott négy furat van. A rögzítőkarikát leerősítő *a* és *b* jelű két csavar a páratlan csavarfuratszám miatt nem egymással szemben,



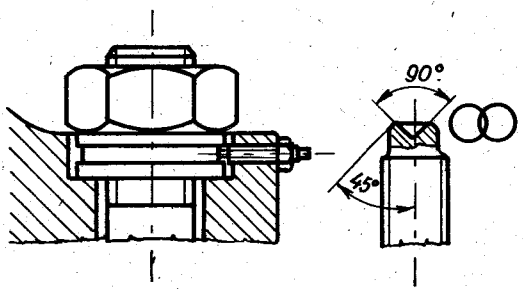
430. ábra. Kerek anya biztosítása rögzítőkarikával

hanem az alsó *b* jelű csavar fél csavarfuratosztással, vagyis 20°-kal eltolva helyezkedik el a függőleges szimmetriától. A rögzítőkarikán levő *c* és *d* furatok a hozzájuk közelebb levő *3*, illetve *8* jelű csavarfuratoktól 10°-ra vannak. Ezért a csapágyanya 10°-kal való elfordítása után a biztosítását ezeken a *c* és *d* furatokon keresztülmenő csavarokkal tudjuk elintézni. További 10°-os, vagyis összesen 20°-os elfordítás után alul az *5* csavar kerül a függőleges középvonalba, felül pedig az *1* és *9* jelű furatok a középvonalhoz képest szimmetrikus helyzetbe kerülnek. Ekkor a rögzítőkarikának a lefordításával tudunk biztosítani olyan módon, hogy az *a* jelű furata alul kerüljön, és az *5* jelzésű furattal tud biztosítani, a *b* furatot pedig felül látjuk el csavarral. Végül 30°-os elfordítás esetén ismét a *c* és *d* lyukakon keresztül tudunk biztosítani a rögzítőkarikának függőleges tengely körüli elfordítása után, mert ekkor a *7* csavarfurat kerül a bal oldali vízszintes középvonalba, erre helyezhető a karima *c* furata, a *d* furat pedig a 30°-kal elfordult *3* számú csavarfurattal kerül fedésbe. Ily módon a kilenc darab csavarfurattal és a rögzítőkarikán levő négy darab eltolt elhelyezkedésű furattal 10°-onként tudunk biztosítást végrehajtani.

A *rögzítőcsavaros (Penn-féle) biztosításnál (431. ábra)* egy nagyobb anya elfordulását úgy akadályozzuk meg, hogy az anya alsó végén készített horony fenekének

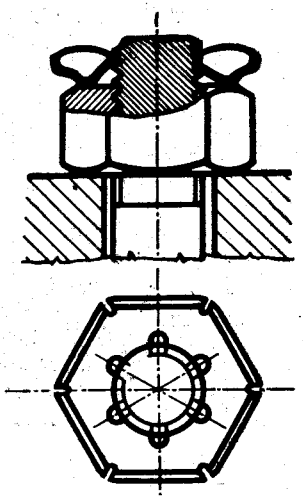
nekiszorítunk egy kisebb rögzítőcsavart. A kis rögzítőcsavarnak tölcséres végződést célszerű készíteni (*431. ábra* jobb oldala, MSZ 223), mert az kisméretű továbbállítás alkalmával is tud rögzíteni, mivel az ábra szerint a kör alakú benyomódások egymás mellett közel is el tudnak helyezkedni. Kúpos végződés esetén a benyomódás is kúp alakú. Ennél kismértékű továbbállítás alkalmával a kúpnak a hegye még nem kerülhet ki az előző helyzetnek megfelelő mélyedés széléből, és a kúpos felületen visszacsúszhat az előbbi helyzetébe, vagyis finom utánállítás nem valósítható meg.

Lemezanyás (Pal-anya) biztosítás (26. melléklet). A kétanyás biztosításhoz hasonló



431. ábra. Penn-féle biztosítás és tölcséres végződésű rögzítő csavarorsó

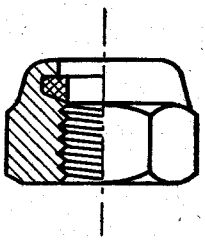
módon fejti ki hatását a *432. ábra* szerinti biztosítás (MSZ 2238), amit nyersanya biztosítására használunk. A második, felső anya hatszögletesen felhajtott széllel, rugalmas, OR jelű csavaralátét-lemezből készül. A lemez belső széle felhajlított bevagdalásokkal van ellátva. Ha ezt az alsó anya fölé felcsavarjuk, a bevagdalások az orsómeneteken megfeszülnek. Az ábrán a menetet a felső képen a jobb érthetőség kedvéért a géprajzi menetábrázolási szabálytól eltérőleg rajzoltuk meg. A *Pal*-anyát főleg híradástechnikai szerkezeteknél és a repülőgépeknél használják.



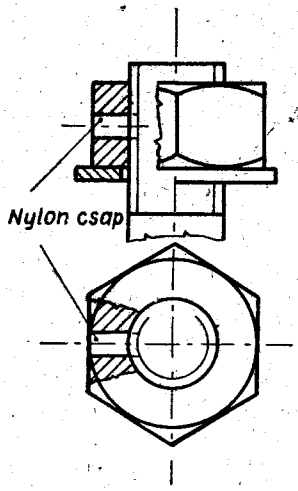
432. ábra. Lemezanyás biztosítás (*Pal*-anya)

Fiberlemezes biztosítás. Ha az anya menetes furatán belül koncentrikus hornyot vágunk, és ebbe a *433. ábra* szerint fiberbetétet helyezünk, akkor a becsavarásnál az orsó a fiberbetétbe menetet vág. Rugalmasságánál fogva a fiber rászorul az orsó meneteire, és az emiatt keletkezett súrlódással biztosítóhatást fejt ki. A menetet ezen az ábrán is a helyes menetábrázolási szabálytól eltérőleg tüntettük fel.

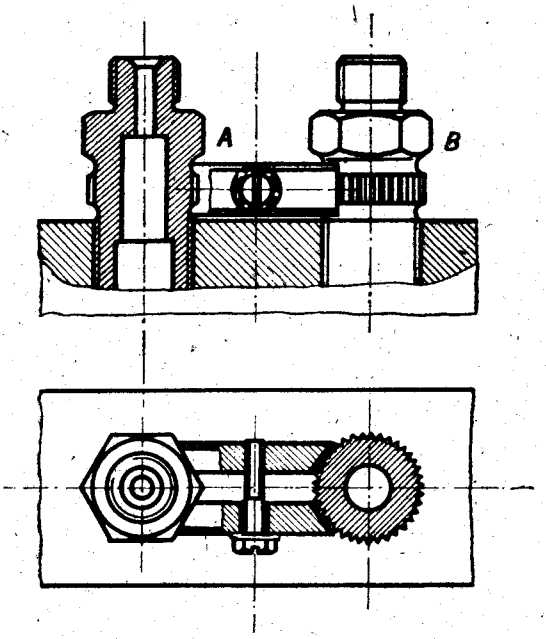
Műanyag (nylon) segítségével közönséges anya biztosítására használatos az a megoldás is, hogy az anya hatszögének egyik oldalánál furatba szorosan illeszkedő műanyag csap megy be egészen az orsó mene-



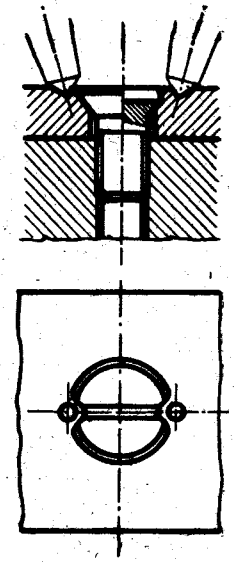
433. ábra
Fiberlemezes biztosítás



434. ábra
Nyloncsapos biztosítás



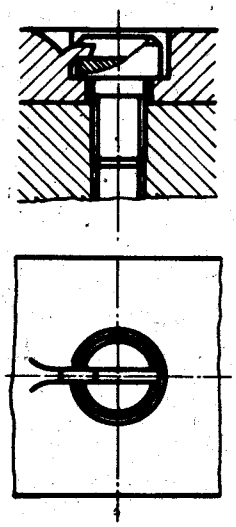
435. ábra
Fogazott biztosítás



436. ábra. Hasított fejű csavarorsó biztosítása pontozóval

téig, becsavaráskor a csavarorsó menetet vág bele *(434. ábra)*. Ily módon azonban csak kisebb csavaranyákat lehet biztosítani. A műanyag csapot el lehet helyezni az orsón is, ez azonban gyengíti az orsót.

Fogazott biztosítás. Az elfordulás ellen biztosítandó orsón vagy anyán fogazásokat készítünk, és ehhez csatlakoztatunk egy rögzítődarabot. A *435. ábrán* csőcsatlakozásnál alkalmazott megoldást látunk, ahol a hatlapfejű rész alatt fogaskoszorút munkálunk ki. Két ilyen fogazott csatlakozódarab közé két, a végén fogakkal ellátott laposacélt helyezünk el, és csavarral összehúzzuk őket. Ezek akadályozzák meg az elfordulást.



437. ábra. Hengeres fejű csavar hasítékába vágóval kényszerített anyag

Az eddig tárgyalt megoldásoknál a biztosítóelemek általában több ízben is használhatók, mert nem megy tönkre oldáskor a biztosítórész. Vannak esetek, amikor a biztosítást csak bizonyos fokú roncsolás által tudjuk megvalósítani. A *436. ábrán* hasított fejű csavarorsó egyik biztosítási módját látjuk, amelyiknél pontozóval duzzasztjuk fel a fej melletti anyagrészt a csavarfej hasítékának két végébe. A *437. ábrán* pedig keskeny vágóval kényszerítünk egy kis anyagrészt a hengeres fejű csavar hasítékába. A csavarok oldása mindhárom esetben a csavarmenet egy részének vagy a biztosítóelemeknek a megsértésével végezhető csupán el.

44. Különféle csavarok és anyák

Az eddig tárgyalt csavarokon kívül különböző üzemi követelmények kielégítésére még számos csavarszerkezet van alkalmazásban, amelyek közül néhány gyakrabban előforduló és szabványosított típus a következő:

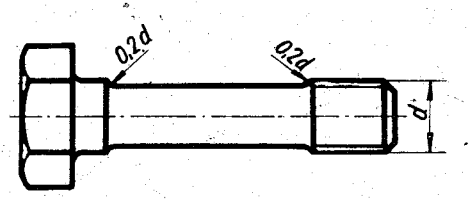
A csavar szárát kedvező nyúlóképesség elérése céljából csökkentjük, sokszor a magátmérőnél is kisebb méretre, a fej mellett esetleg meghagyjuk a nagyobb átmérőt jobb illeszkedés céljából *(438. ábra)*. Az átmeneteknél a nagy sugarú jó lekerekítés igen fontos.

Az alapsíneken továbbcsúsztatható gépek pontos beállítására, pl. villamos motoroknál a szíj megfeszítésére *(439. ábra)*, a motor talpánál *csapos rögzítőcsavar* használatos (MSZ 2466, 34. melléklet). A fejnél anyagmegtakarítás céljából csökkentett kulcsnyílást használunk, ami fejescsavaroknál általában szokásos. Ezek a *kis laptávú nyerscsavarok* és *kis laptávú tövig menetes nyerscsavarok*.

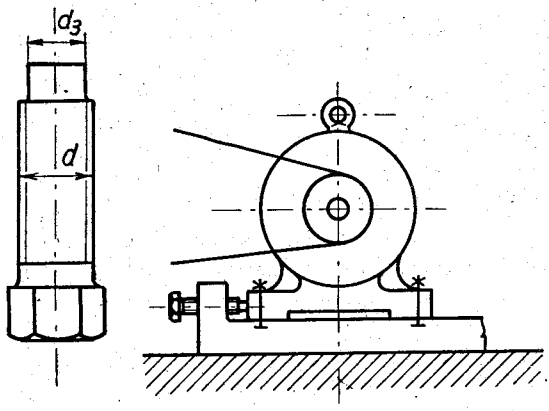
A hatlapfejűn kívül használunk még négylapfejű csavart is (*440. ábra*, MSZ 2441). Ennél a fej oldalfelületei nagyobbak, miáltal biztosabb ellentartást kapunk az anya

meghúzásához a pontatlanul, nyersen öntött mélyedésben vagy nyers felületek mellett elhelyezett csavarfejnél. Négy lappal olcsóbb kivitelben készül csavaranya is, ez a *négylapú* nyersanya (MSZ 2140, 26. melléklet), anyagminősége: 4D.

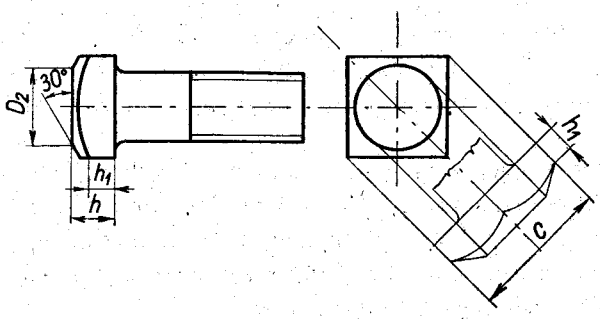
Tengelyen elmozdítható alkatrészeknek, pl. kapcsolófeleknek az elmozdulási úthosszát *állítógyűrűvel* határoljuk. Csúszócsapágy mellé helyezve az állítógyűrű a tengely oldalirányú eltolódását akadályozza meg. Az állítógyűrű lehet osztatlan *(441. ábra)* vagy osztott. Az *osztatlan állítógyűrűnél* van könnyű sorozat és nehéz sorozat. Ez utóbbinál a külső átmérő és a szélesség is nagyobb méretű ugyanannál a furatátmérőnél. Ezeket az állítógyűrűket a tengelyen *kúpos végű hernyócsavarral rögzítjük* (MSZ 2421). A csavar anyaga: 5S. A csavar végének a kúpossága 90°, a hegyénél kis felületet képeztünk ki. Meghúzása a külső végén levő horonyba helyezett csavarhúzóval történik. Az állítógyűrűt $D=70$ mm furatátmérőig elég egy csavarral rögzíteni, ezen felül 200 mm-ig 135° alatt elhelyezett két rögzítőcsavart alkalmazunk. Ahol a tengelyen nem lehet végighúzni szereléskor az állítógyűrűt, ott



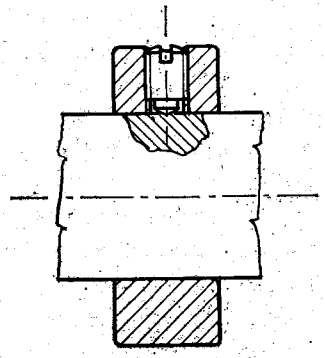
438. ábra. Gyengített szárkeresztmetszetű csavar



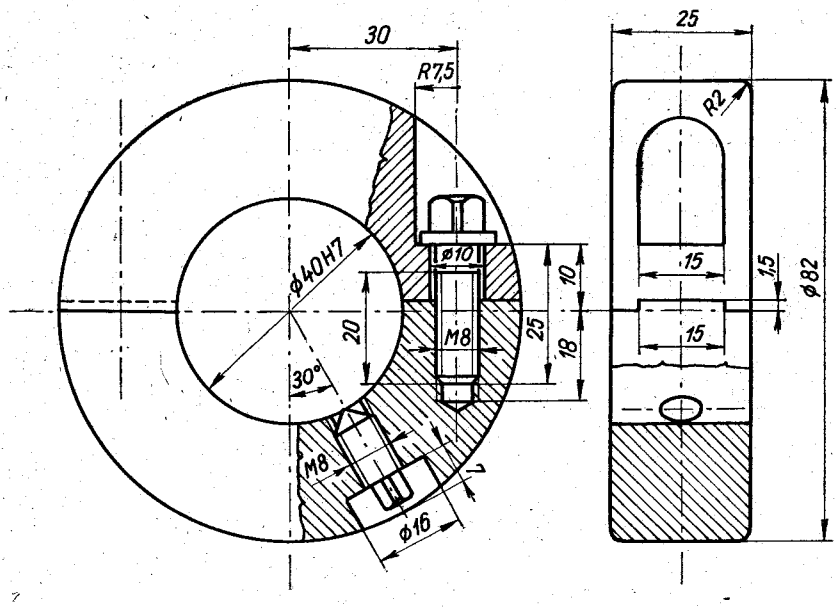
439. ábra. Csapos rögzítőcsavar s alkalmazása szíjfeszítésre



440. ábra. Négylapfejű csavar



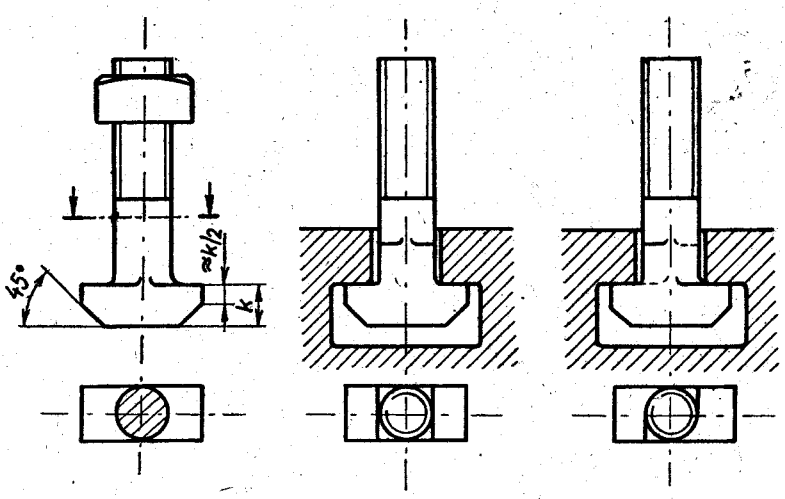
441. ábra. Osztatlan állítógyűrű és rögzítése



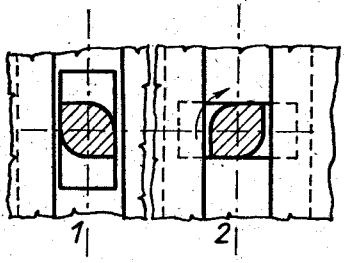
442. ábra. Osztott állítógyűrű

a *442. ábra* szerinti *osztott állítógyűrűt* kell alkalmazni. A két gyűrűfél összeerősítésére rejtetten elhelyezett *négylapfejű peremes* csavarokat használunk (MSZ 2440, 34. melléklet). A rögzítőcsavart jobban meg tudjuk húzni, hogyha az ábra szerinti *négylaptoldattal* készítjük (MSZ 2443, 34. melléklet). Ezt a fejet rejtetten, megfelelő üregben úgy kell elhelyezni, hogy a meghúzásakor hozzá lehessen férni.

Horonyhoz való leerősítések számára pl. gépalapozásoknál használjuk a *kalapácsfejű* csavart (35. melléklet), amelynek a feje kétoldalt, a horony szélében tud megkapaszkodni. Anyagminőségük 4A. A kalapácsfej a hengeres szár végén lehet, ez a kalapácsfejű nyerscsavar (*443. ábra*, MSZ 2327). Célszerű azonban az anya meghúzásához az ellentartást a fejnek a szárba való átmeneténél négyszögletes résszel biztosítani. Ez az átmenet lehet teljes négylap, ez a *kalapácsfejű négylaptövű* nyerscsavar (MSZ 2325, 35. melléklet). Ezt a csavart vagy a horony végénél levő nagyobb nyíláson keresztül lehet beszerelni, vagy pedig a fej alatt kell olyan nagy helyet biztosítani, hogy a csavart le lehessen ereszteni, a hengeres részénél elfordítani és utána felhúzni, hogy a négyszögletes rész a horony szélei között helyezkedjék el. Olyan ún. *ütközőorros kalapácsfejű* csavar is készül (MSZ 2326), amelyiknél a szárnak átellenesen csak a fele négyszögletes, a másik fele pedig hengeres marad, vagyis mintegy két szemben levő orrt készítünk. Ennél a kivitelnél a csavar fejének a horonyba való leeresztését a *444. ábra* 1. képe szerint végezhetjük el, majd 90°-kal elfordítva, az orrok felütközést és megtámasztást adnak a horony széleinél a *444. ábra* 2. képe szerint.



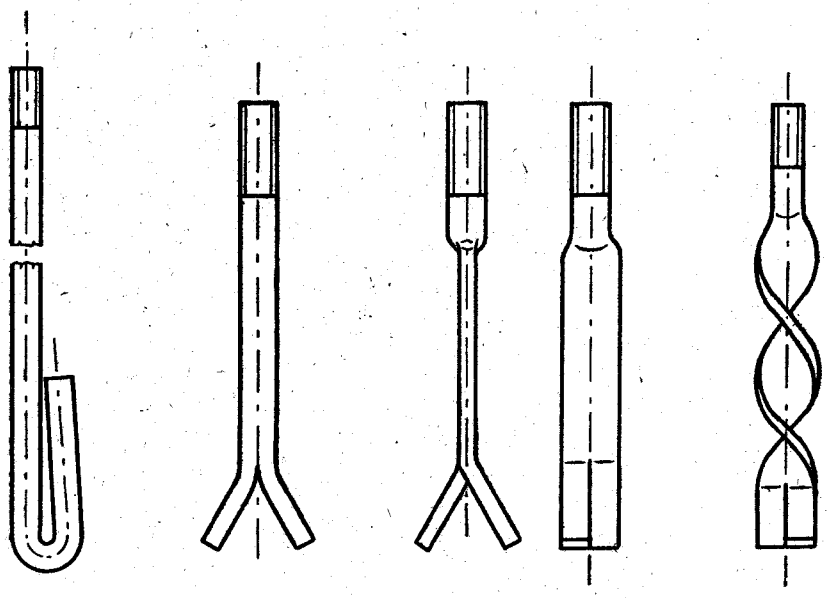
443. ábra. Kalapácsfejű csavarok



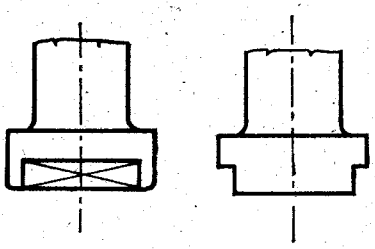
444. ábra. Ütközőorros kalapácsfejű csavar szerelése

Helyhez kötött gépek huzamosabb időre szolgáló alapozásánál rendszerint betonból készített alaptesthez, az alaptestbe belebetonozott *alapcsavarokkal* végezzük a leerősítést *(445. ábra)*. A legegyszerűbb alapcsavart úgy készíthetjük, hogy megfelelő méretű *kerekacél* egyik végét visszahajtjuk, és a másik végére menetet készítünk. Az alapcsavarokat készíthetjük úgy is, hogy egy rudat *alulról befűrészelünk* és *széjjelnyitjuk*, vagy melegen *laposra kalapáljuk* a szárát, amit alulról befűrészelünk vagy vágóval szétvágunk és széjjelhajlítunk. A laposra kalapált szárat, hogy a betonban jól tudjon megkapaszkodni, meg lehet csavarni és alul szétnyitva biztosítani a kapaszkodását.

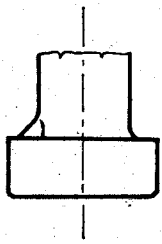
Ahol nincsen hely szögletes csavarfej elhelyezésére, ott *hengeres fejű* csavart alkalmazhatunk. A hengeres fej átmérője rendszerint a hatlapú fej laptávának felel meg. Az anya meghúzásakor ellentartást többféle módon alkalmazhatunk. Kisebb csavaroknál hornyos csavarfejet alkalmazunk. Nagyobb csavaroknál a csavarkulcs számára a *446. ábra* szerint a fejére kétoldalt párhuzamos lapokat marathatunk be. A *447. ábránál* pedig a fej és a szár átmeneténél kis orrt kovácsoltatunk a szárra, a furat szélébe kis hornyot készítünk és az orr ebben kapaszkodik meg. Megmunkált csavaroknál azonban az ilyen orr akadályozná a szár esztergályozását. Ezeknél az ellentartást a *448. ábra* szerint adhatjuk meg oly módon, hogy a szárba hengeres



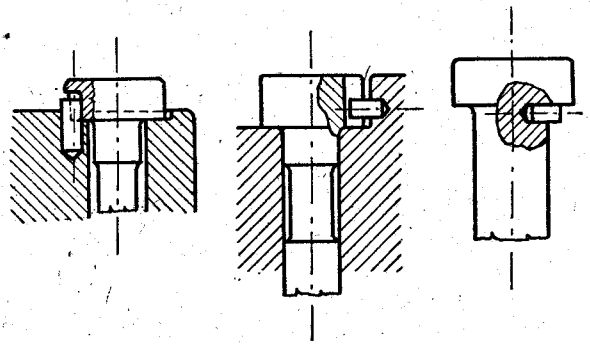
445. ábra. Alapcsavarok



446. ábra. Hengeres fejű csavar két párhuzamos felülettel

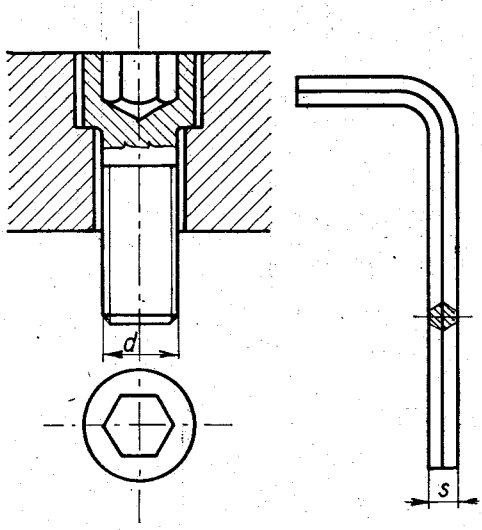


447. ábra. Hengeres fejű csavar ellentartást adó orral



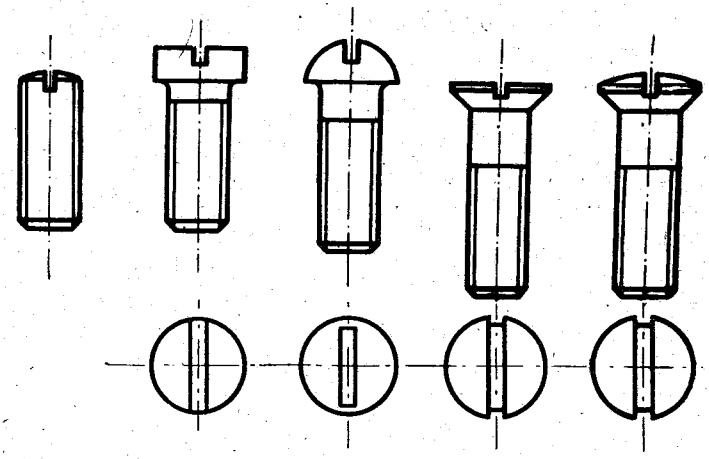
448. ábra. Megmunkált hengeres fejű csavarnál ellentartást kis csappal adhatunk

szeg számára kis furatot vagy kis csavar számára szolgáló csavarmenetet készíthetünk. Az ilyen furatok azonban hátrányosak, mert gyengítik a szár keresztmetszetét, az átmeneti résznél azonkívül helyi feszültségemelkedést is okozhatnak. Ha megvan rá a lehetőség, célszerűbb a kis hengeres szeget a fej mellett levő anyagban elhelyezni és a fejbe készíteni hornyot a hengeres szeg kiálló része számára. Előnyös megoldás még a hengeres csavarfej rögzítésére a hengeres biztosítószeget a hajtórúdfejbe úgy helyezni, hogy fél keresztmetszete a csavarfejbe olyan módon legyen besüllyesztve, hogy a fejben készített bemarás a hengeres biztosítószeg kiesését is megakadályozz.a.



449. ábra. Belső kulcsnyílású csavar

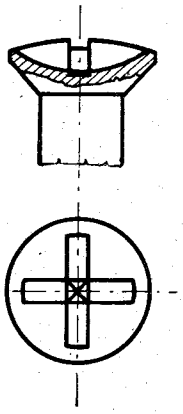
Súlymegtakarítás céljából a hengeres csavarfejet készíthetjük üregesre is. Meghúzás céljából az üreget négyszögletesre vagy inkább hatszögletesre készítjük. Ez a belső kulcsnyílású csavar (*449. ábra*, MSZ 2472, 36. melléklet). Anyagminősége: 8G. Meghúzása az ábra jobb oldala szerinti hatszögletes rúdból pipa alakúra hajlított kulccsal történik. A hengeres fej átmérője csökkentett. Ilyen csavaroknál a fejet mélyedésben helyezhetjük el, miáltal sima felületű, kisebb helyszükségletű szerkezetet nyerünk.



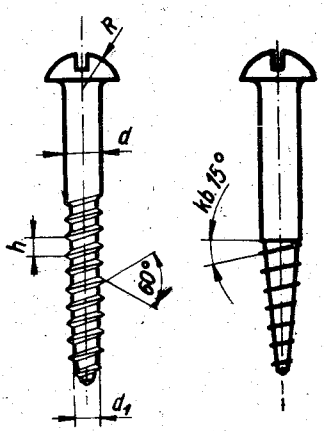
450. ábra. Kisebb átmérőnél használt hornyolt fejű csavarok

Főleg kisebb átmérők esetén használjuk a *450. ábra* szerinti *hornyolt csavarfejeket* (MSZ 222). Anyagminőségük: 4S. Ezek *hernyócsavarok*, mint az ismertetett rögzítőcsavarok, kúpos végződéssel (MSZ 2421), azután a sarokletöréssel készített hernyócsavar (MSZ 2422) vagy *csapos hernyócsavar* (MSZ 2423), *gömbölyű csapos hernyócsavar* (MSZ 2425). A hornyolt csavarfej lehet *hengeres fejű csavar* (MSZ 2469, 2470), *félgömbfejű* (MSZ 2450, 2451), *süllyesztett fejű* (MSZ 2430, 2431), *lencsefejű csavar* (MSZ 2436, 2437). Ezeknek a csavaroknak a becsavarását a csavarfej hornyába elhelyezett csavarhúzóval végezzük el. Erősebb meghúzásnál gyakran előfordul, hogy a hornyolt fej felét letöri a csavarhúzó, vagy a horony szélei nyúzódnak el. Ezért készülnek olyan csavarok is, amelyeknél a csavar fején a *451. ábra* szerinti *kereszt alakú bevágás van,* melynek a meghúzására keresztvégződésű csavarhúzó szükséges.

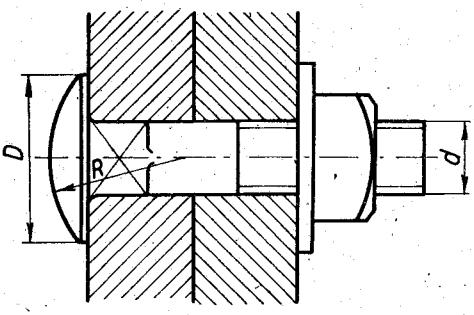
Faanyagok egymással való összeerősítésére, valamint egyéb anyagoknak fához való rögzítésére alkalmas csavarok menete a *452. ábra* szerinti kiképzésű. A menetek élesek, magasabb emelkedésűek, és ritkábban vannak az orsón, hogy a fában jobban meg tudjanak kapaszkodni. A facsavarok anyaga: 4A. Facsavaroknál a menet jelképes ábrázolását kb. 15° alatt emelkedő vonalkázással végezhetjük. A famenetszelvény rövid jele: Fm. A megnevezése (MSZ 2132) a menetes orsó legnagyobb átmérőjével történik, pl. Fm 3,5. A *facsavarok* is általában hornyolt fejjel készülnek, éspedig, *félgömbfejű* (MSZ 2496), *süllyesztett fejű* (MSZ 2497), *lencsefejű* (MSZ 2498) kivitelben. Nagyobb facsavarok hatlapfejűek a vascsavarokhoz hasonlóan, ezek a *hatlapfejű facsavarok* (MSZ 2499).



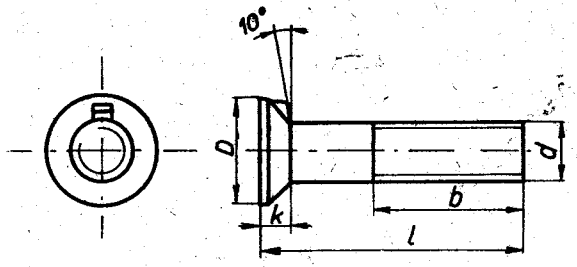
451. ábra. Csavarfej kereszt alakú bevágással



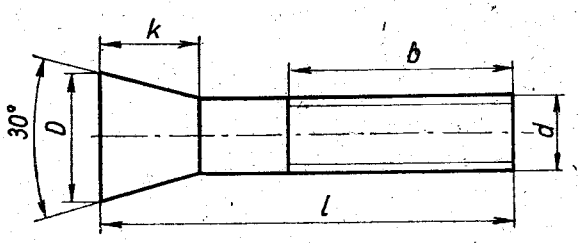
452. ábra. Facsavar jelképes ábrázolása



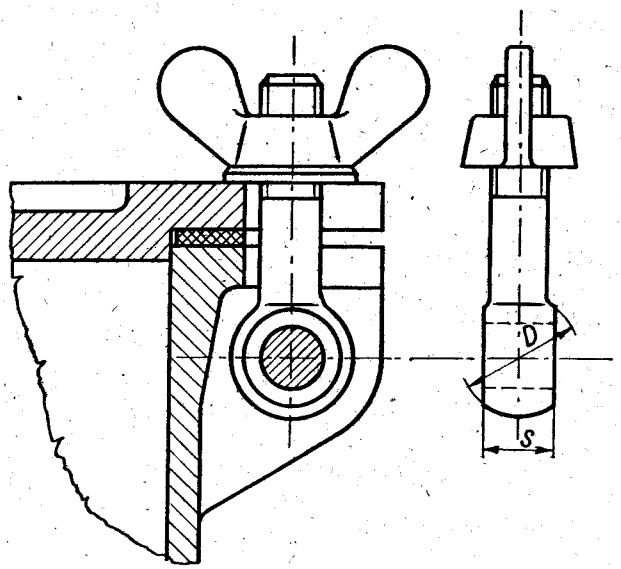
453. ábra. Kapupántcsavar



454. ábra. Süllyesztett fejű orros nyerscsavar



455. ábra. Kúpos fejű csavar



456. ábra. Szemes csavar szárnyas anyával

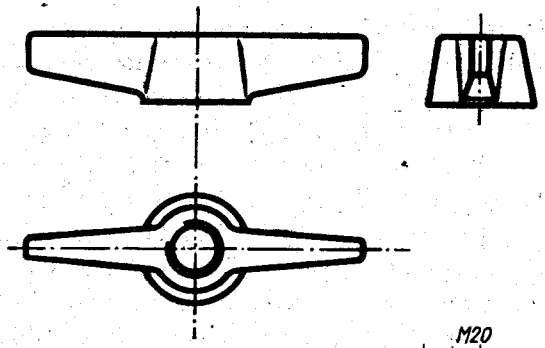
Fa alkatrészek anyáscsavarral eszközölt csavarkötésénél nagyobb felfekvési felület szükséges, mint a vas alkatrészeknél, mivel a fa puhább. A csavar fejének nagy felületű gömbsüveg kiképzést adunk *(453. ábra)*. Az ellentartást a szár négyszögletes átmenetével valósíthatjuk meg. A csavar számára a furatot a csavar külső átmérőjével megegyező mérettel készítjük, és ebbe kalapáljuk bele a csavart. Az orsó négyszögletes része a puha faanyagban helyet csinál magának, és megadja az anya meghúzásakor az ellentartást. Ezek a *kapupántcsavarok* (MSZ 2356, 36. melléklet). Az anyaguk: 4A. Az anya lehet négylapú vagy hatlapú. A fa alkarészeknél az alátét (MSZ 2204) a vasanyagoknál használt alátétnél nagyobb átmérőjű. Fánál használunk még négyszögletes nyers alátétet is (MSZ 2205), amelynél a négyszög oldala kb. *3d*.

A süllyesztett fejű orros nyerscsavar (*454. ábra*, MSZ 2330), főleg kisebb átmérőknél használatos olyan esetben, amikor az egyik oldalon fontos, hogy a fej ne álljon ki, pl. az ekék kormánylemezeire az ekevas felerősítéséhez ezt a csavart használjuk. Az orsót elfordulás ellen a kúpos fejnél levő orr biztosítja, ami a furat besüllyesztésében levő horonyba illeszkedik. Kisebb kúposságú fej esetében a behúzott fej súrlódása megadja az ellentartást a meghúzáshoz, és nem kell orr. Ezek a *kúpos fejű* csavarok (*455. ábra*).

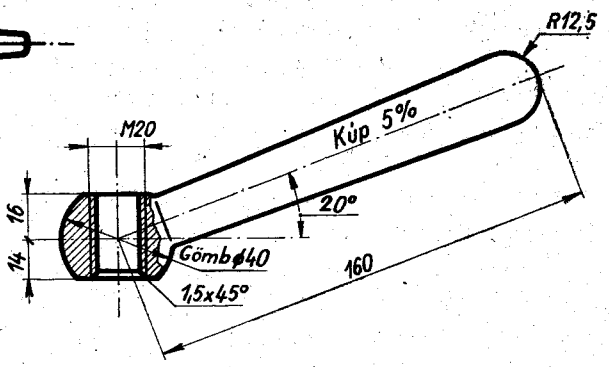
Tartályok fedelének lezárásához *szemes csavart* használunk (*456. ábra*, MSZ 2479, 36. melléklet), amelynél a csavarorsó végére a *D* átmérőjű gömböt esztergályoztatjuk, és a gömböt *S* szélességben párhuzamosan kétoldalt lemunkáltatjuk. Anyaga: 5S. A tartály fedelének levételekor a fej furatán keresztüldugott csapszeg körül le lehet fordítani a csavarorsót. Az ábra a csavarorsón *szárnyas anyát* tüntet fel (MSZ 2183, 37. melléklet), amit olyankor alkalmazunk, amikor kézzel könnyen bontható csavarkötésre van szükség. Nagyobb erőhatás kifejtésére a *457. ábra* szerinti *füles anya* (MSZ 2182) alkalmas, vagy pedig a *fogantyús anyát* használjuk (*458. ábra*), amely úgy készül, mint a szemes csavar, vagyis a fogantyúra gömböt esztergályoztatunk. A fogantyú az ábra szerinti 20°-os ferde elhelyezésű vagy vízszintes irányú lehet.

Kézzel bonthatók a rovátkolt csavarok *(459. ábra)*. Ilyen a *rovátkolt fejes csavar* (MSZ 2480) és az *alacsony rovátkolt fejű csavar* (MSZ 2481), a kézzel meghúzható csavaranyák, éspedig a *rovátkolt anya* (MSZ 2280, 37. melléklet) és a *alacsony rovátkolt anya* (MSZ 2281, 37. melléklet). Rovátkolás helyett lehet recézést is alkalmazni. Anyagminőségük: 5S.

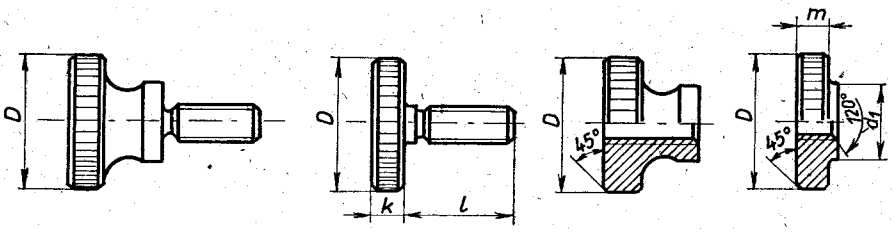
Súlyosabb gépek daruval való felemelését a gép tetejére vagy két oldalára elhelyezett szemekbe csavart *gyűrűs csavarral* segítjük elő *(460. ábra)*. A gyűrű az emelőkötél áthúzására szolgál. A fej jó felfekvését a menetkifutásoknak nem szabad megzavarni. Ez a követelmény kétféle megoldást hozott létre. Az egyiknél a fokozatos átmenetet a fejbe belevitt lekerekítéssel valósítjuk meg, amelynél a kés is kifuthat a menet végénél. A másik kivitelnél (MSZ 2381, 38. melléklet) az átmeneti lekerekítés és a menetkifutás elhelyezésére a furat kezdeténél nagy kisüllyesztést készítünk. Ezenkívül használunk még *gyűrűs anyát* is (MSZ 2181, 38. melléklet), amelynél



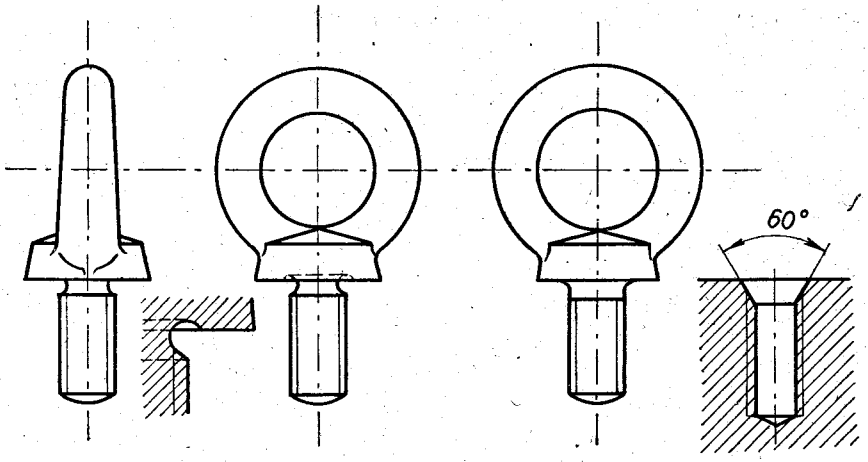
457. ábra. Füles anya



458. ábra. Fogantyús anya



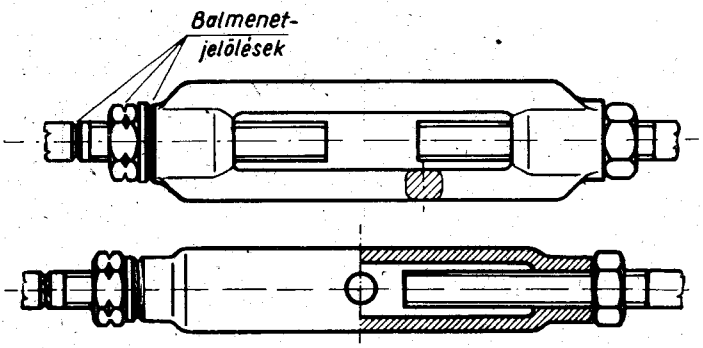
459. ábra. Rovátkolt fejű csavarok és anyák



460. ábra. Gyűrűs csavar menetkifutással és anélkül

nem csavarorsóval, hanem anyamenettel van ellátva a gyűrűfej kiinduló tárcsája, amit azután ászokcsavarra lehet rácsavarni.

Húzásra *(461. ábra)* igénybe vett rudak két végének összefeszítésére a *feszítőcsavart* alkalmazzuk. Az egyik rúd végére jobbmenetű, a másikra balmenetű csavart vágunk, és jobb-bal menettel ellátott feszítőanyával húzzuk össze őket. A *461.* felső *ábra* olcsóbb kivitelű, *nyitott feszítőanyát* (MSZ 2186) tüntet fel, ellenanyával. Anyaga: 4A. Használatos még a *zárt feszítőanya* (*461.* alsó *ábra*, MSZ 2185), amelyiknél a meghúzást a középen levő furatba keresztben átdugott tüskével eszközölhetjük.

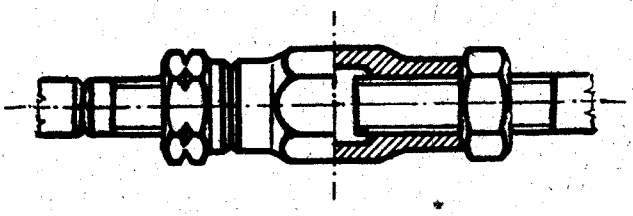


461. ábra. Nyitott és zárt ellenanyás feszítőanyák

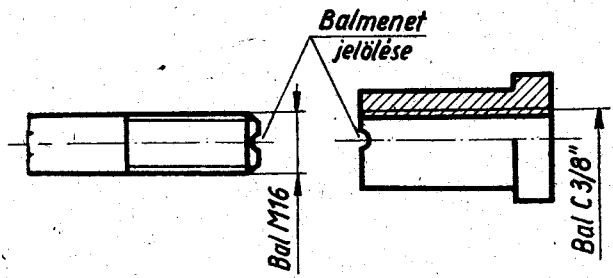
A *462. ábrán* levő *hatlapú feszítőanyánál* (MSZ 2187) egy középütt hatszögletes résszel bíró cső két végére készítünk jobb- és balmenetet. Anyaguk: 5S.

A *461.* és *462. ábrák* bal oldali részénél a *balmenetjelölést* is feltüntettük (MSZ 782). Eszerint csavaranyán és csavarfejen a hatszög élein levő *csekély mélységű rovátkolással*, hengeres orsónál pedig csekély mélységű *beszúrással* jelöljük a balmenetet. Ha az orsón való elhelyezésre nincsen mód, akkor a balmenetet az orsó homloklapján átmérőirányú rovátkával jelöljük *(463. ábra)*. Ugyanezt a jelölést alkalmazzuk a belső kulcsnyílású csavarnál is, a csavarfej homloklapján *(464. ábra)*. Hornyolt fejű csavaroknál a balmenetet a csavarhúzó számára készített horonnyal párhuzamosan két csekély mélységű rovátkával jelöljük *(465. ábra)*. Az előző ábrákon ismertetett balmenetjelöléseket magukon a munkadarabokon is feltüntetjük. A méretmegadásnál a szelvény rövid jele elé a Bal M 16, csőmenetnél: Bal $C^3/_4''$, trapézmenetnél: Bal Tr 48×8.

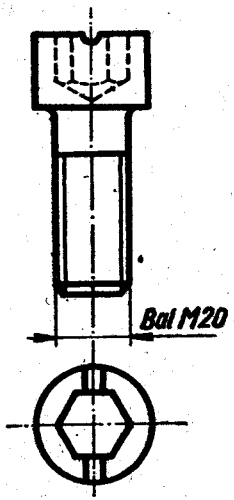
Több bekezdésű jobb vagy bal csavarmenetnél a szelvény rövid jele elé kiírjuk a bekezdések számát, pl. 2 bek. M 20×1 vagy 3 bek. Tr 48×8. Több bekezdésű bal csavarmenetnél közbeírjuk a „Bal" szót, pl. 2 bek. Bal C 2″ vagy 3 bek. Bal Tr 48×8. A több bekezdésű menetjelölésben a megadott menetemelkedés az egyes menetek emelkedését jelenti, tehát az egymás mellett levő csúcsok egymástól való távolsága a menetemelkedéseknek a bekezdések számával való osztásával adódik.



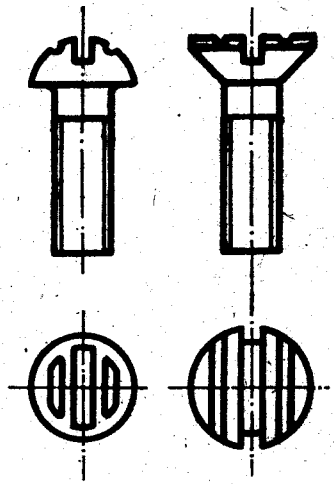
462. ábra. Hatlapú feszítőanya balmenetjelöléssel



463. ábra. Balmenet jelölése csavarorsón és csőanyán

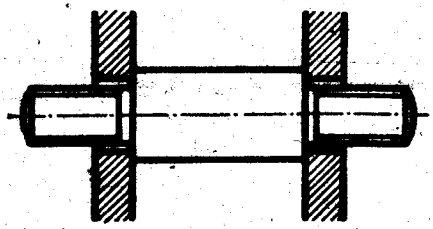


464. ábra. Balmenet jelölése belső kulcsnyílású csavarnál

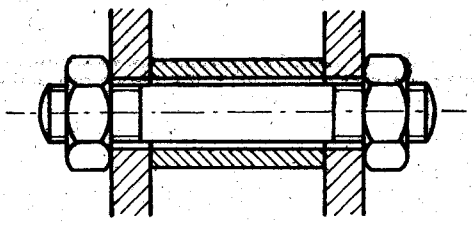


465. ábra. Hornyolt fejű csavaroknál a horonnyal párhuzamos két vonallal jelöljük a balmenetet

Két lemeznek egymástól bizonyos távolságban való tartását a következő módszerekkel valósíthatjuk meg. A *466. ábra* szerint a két lemezt az orsó vállai tartják meg a szükséges távolságban. Ennél azonban a szétszereléskor az egyik alkatrészt el kell távolítani. A *467. ábránál* közbehelyezett támasztócsövet alkalmazunk, és két végén menettel ellátott ún. *szegcsavarral* fogjuk össze a lemezeket. Ennél a

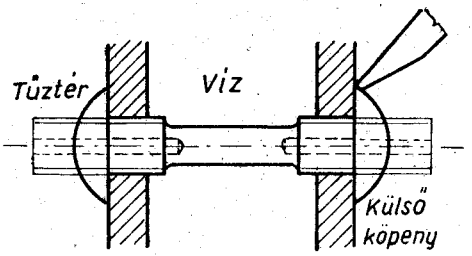


466. ábra. Távolságtartó csavar



467. ábra. Távolságtartás szegcsavarral és csődarabbal

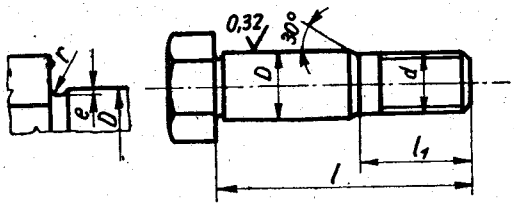
csavar kihúzható a cső kiszerelése végett, azonban a belső részhez hozzá kell tudni férni. Szegcsavarnál az anyák meghúzásakor az orsó elfordulása nehézséget okozhat. Az elfordulás megakadályozására az orsó egyik végén hasítást vagy belső kulcsnyílást készíthetünk. Az orsóvég egy oldalon lehet négylapú, esetleg kétlapú toldattal is ellátva ellentartás céljából. A *468. ábra* a tartályoknál, melegítőknél alkalmazott *támcsavart* tünteti fel. Itt az egyik fal a tűztér fala, a másik pedig a külső köpeny, közöttük van a víztér. A két lemezbe menetet készítünk, és ebbe csavarjuk bele zárt anya segítségével a támcsavart. A belső túlnyomással szemben a támcsavar meréviti ki a két falat, azonkívül a tömör zárásról is gondoskodni kell. A csavarmenet általában nem ad jó tömítést. A támcsavaroknál azonban igyekszünk arra, hogy a menetek is jól szoruljanak és tömítsenek, azonkívül a két végén hosszabb menettel van ellátva, középütt pedig a magra van legyengítve. A kiálló végeket szegecsfejjé kalapáljuk le. A szegecsfejeket a szélei közelében köröskörül tompa élű, vágóhoz hasonló tömörítőszerszámmal hozzátömörítjük az alul levő lemezhez, és ez a tömörítés is elősegíti a jó zárást. A támcsavarok rendszerint vörösrézből készülnek, mivel a vörösréz jobban tudja követni a tartály hőmérsékletén a két lemez egyenlőtlen hőtágulásából származó elmozdulásokat. Mindamellett gyakran fordul elő támcsavarszakadás. Hogy a kezelő ezt észre tudja venni, az orsót a két végén kifúrjuk, és szakadáskor a furaton keresztül a víz kiszivárog. A fej kialakításánál figyelni kell arra, hogy a furat ne tömődjék be.



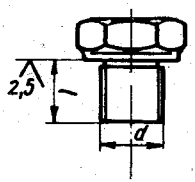
468. ábra. Támcsavar

A csavar szárát néha a furatban pontosan kell illeszteni, hogy a pontos illesztés az oldalirányú lazulást kizárja. Ilyen eset pl. a tengelykapcsoló-tárcsák összekötő csavarainál fordul elő. Erre a célra az *illesztőcsavarok* szolgálnak (*469. ábra*, MSZ

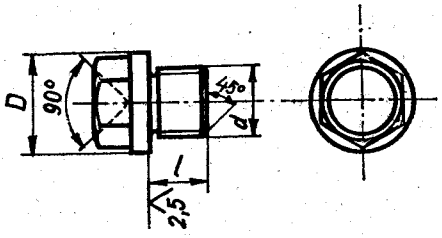
2460). Ezeknél a szárat vastagabb mérettel készítjük, hogy köszörüléssel pontos illeszkedésre munkálhassuk meg. A köszörűkő kifutása céljából a fejnél kifutási barázdát kell hagyni. Az illesztőcsavarok furatait általában dörzsárral munkáljuk a pontos méretre.



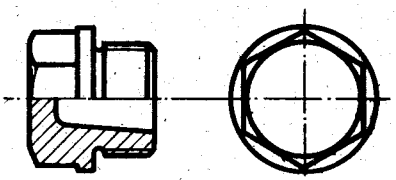
469. ábra. Illesztőcsavar



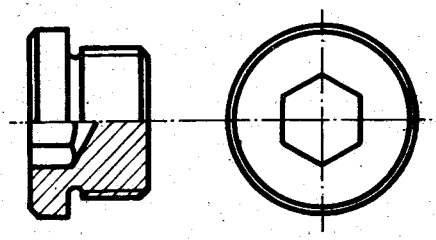
470. ábra. Zárócsavar



471. ábra. Peremes zárócsavar



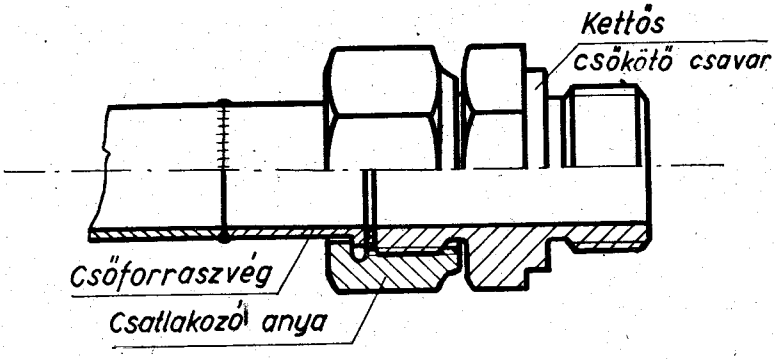
472. ábra. Öntött kivitelű üreges zárócsavar



473. ábra. Belső kulcsnyílású zárócsavar

Csővégek vagy egyéb lyukak lezárására az előzőkben említett maglyukdugókon kívül olyan zárócsavarokat is használunk, amelyeknél a fej alsó része hengeresre készül, hogy tömítőgyűrűt lehessen alálehelyezni. A közönséges *zárócsavar* (*470. ábra*, MSZ 2459) hatszögfeje olyan nagy, hogy a hatszög alatt lehet elhelyezni a tömítőkarimát. A *peremes zárócsavarnál* (*471. ábra*, MSZ 2458) a hatszög kisebb méretű. A fej könnyítés céljából 90°-os kúposságú besüllyesztéssel látható el. Ezeket a zárócsavarokat súlycsökkentés és anyagtakarékosság végett öntött kivitelben a *472. ábra* szerint úgy is készítjük, hogy belül üregesek legyenek. A zárócsavar becsavarását nagyobb méretnél a *473. ábra* szerint készített belső kulcsnyílással is eszközöljük.

Kisebb átmérőjű csövek kötéséhez a cső végére a *474. ábra* szerinti *csőforrasz-véget* hegesztjük fel, ami a *csatlakozóanya* furatán megy keresztül. A csatlakozóanyát *hollandi anyának* is nevezzük. A hollandi anya az ábra szerint egy *kettős cső-*

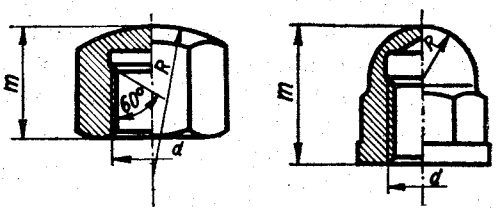


474. ábra. Kettős csőkötőcsavar hollandi anyával

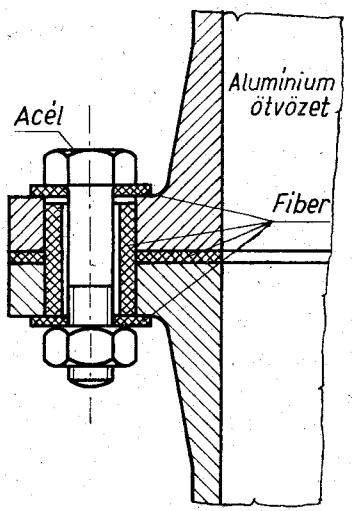
kötőcsavar menetes végére csavarható fel, és a peremnél fogva szorítja le a csőforraszvéget a homlokfelületére helyezett tömítőkarikához.

Folyadékokkal érintkező csavarkötéseknél gondolni kell az összerozsdásodás megakadályozására is. Rendszerint külön fémből készítjük az orsót és az anyát, mégpedig acélorsóra bronzból készített anyát helyezünk el, vagy az orsót készítjük húzott sárgarézből vagy foszforbronzból. A csavarorsó végét és az anyában a meneteket úgy is védhetjük, hogy *zárt anyát* alkalmazunk (*475. ábra*, MSZ 2268), ami lehet magasabb kupolával és peremmel is ellátott *peremes zárt anya* (*475. ábra* jobb oldala, MSZ 2269). Ezeket az anyákat sokszor esztétikai szempontból is alkalmazzák vagy balesetvédelmi szempontból, hogy a kiálló menetes orsóvég sérülést ne okozzon.

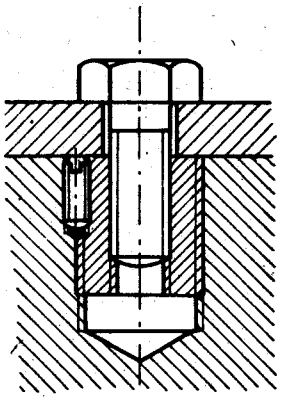
Rozsdásodás ellen az acélcsavarokat úgy is védhetjük, hogy *kadmiummal* vonjuk be őket. Olcsóbb bevonás a horganyozás. Közönséges csavarokat melegen lehet horganyozni, de edzett csavarokat célszerű galvanikus úton horganyozni, hogy ki ne lágyuljanak.



475. ábra. Zárt anya perem nélkül és peremmel



476. ábra. Könnyűfém és acélcsavar közé fiber szigetelést építsünk be



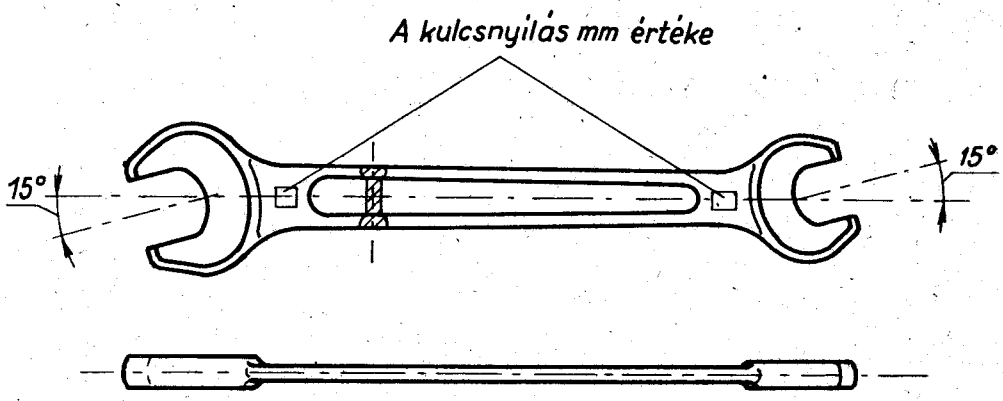
477. ábra. Sokszor bontott csavarkötés kivitele könnyűfémben

Ahol két olyan fém érintkezik, amelyek az elektrokémiai feszültségsorozatban nagyon messze állnak egymástól, ott erős korrózió veszélye lép fel. Ezeknél nedvesség hatására az érintkezésnél áram keletkezik, aminek következtében az egyik fém erősen korrodeál. Ez az eset lép fel pl. akkor, ha alumínium vagy egyéb könnyűfém részeket kell összefogni acélcsavarokkal. Ekkor a csavart el kell szigetelni a könnyűfém részektől. Erre gyakran kielégítő a csavar és a részek egyszerű lakkfestékkel való bevonása. Gondosabb kivitelnél azonban fiber betétcsődarabot és szigetelőlapokat helyezünk közbe *(476. ábra)*.

A könnyűfémekben a menet könnyen tönkremegy. Ezért könnyűfémbe lehetőleg durva meneteket kell alkalmazni. Gyakrabban bontott csavaroknál pedig a *477. ábra* szerint járhatunk el, vagyis a könnyűfémbe bronzperselyt csavarunk, amelyet hernyócsavarral rögzítünk és a fejes csavart ebbe csavarjuk bele.

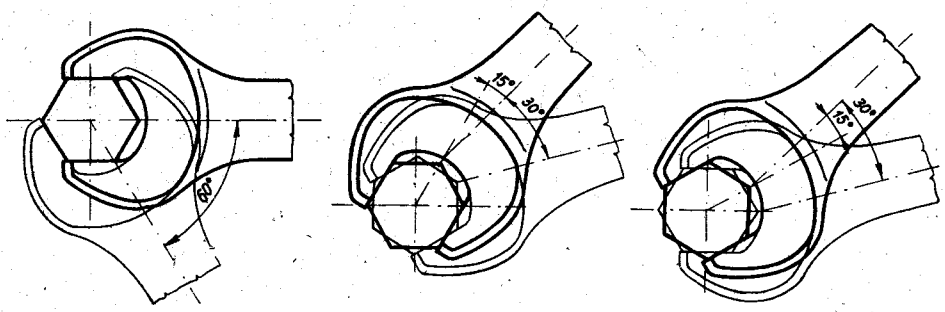
45. Csavarkulcsok

A csavaranya meghúzására különböző kivitelben készülő csavarkulcsok szolgálnak. Jobbmenetű csavaranya meghúzása és jobbmenetű orsó *becsavarása az óramutató járásával megegyező* értelemben történik. Hatszögletes anyánál a villás kulcsot használjuk, amelynek rendszerint mindkét végére készítünk különböző nagyságú villákat (*478. ábra*, MSZ 1151). A fejrész, különösen a kulcsnyílás keményre edzett. A szerelőkulcsok (MSZ 1155) egyszerűbb kivitelben, ovális szárkeresztmet-

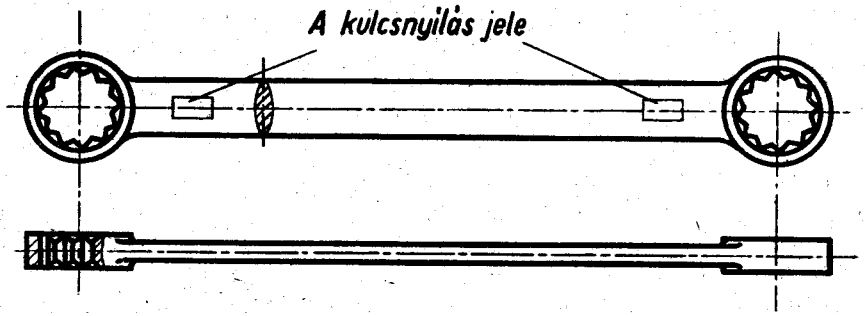


478. ábra. Villás kulcs

szettel készülnek. A szár hossza a csavar nagyságával növekszik. Az irányát úgy kell megválasztani, hogy minél kisebb helyen lehessen a csavart meghúzni. Egyenes kulcsnál ugyanis a *479. ábra* szerint 60°-os elfordítás volna szükséges, hogy új hatszöglapra helyezhessük a kulcsot. A szabványos 15°-os szárelhelyezés mellett a csavarkulcs átfordításával 30°-ot nyerünk, úgyhogy ezzel a kulccsal elméletileg csupán 30° elfordulási lehetőség kell az anya meghúzásakor, vagyis kisebb az elmozdulási helyszükséglete a kulcsnak. Ugyanez az eset állna fenn a 45°-os szárelhelyezés mellett is. A csavarok egymástól való távolságát, továbbá a szomszédos felületektől való távolságát úgy kell felvenni, hogy a villás kulcs a fentieknek megfelelően elférjen (MSZ 2279).

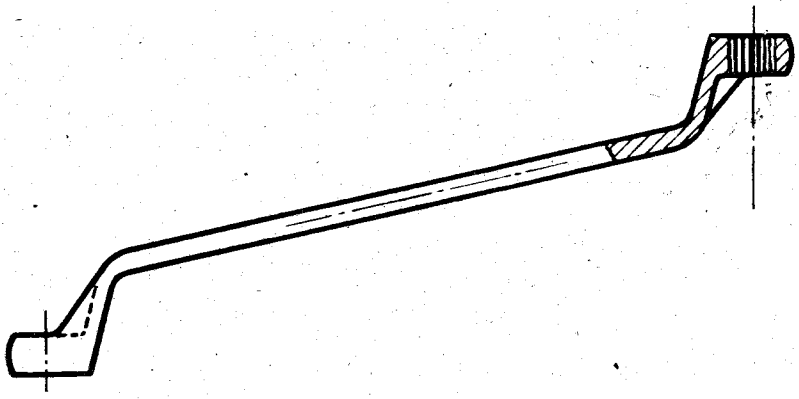


479. ábra. Szögelfordulás egyenes és 15°-os villáskulcsnál

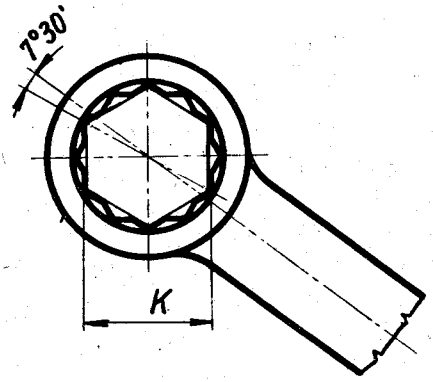


480/a) ábra. Egyenes szárú csillagkulcs

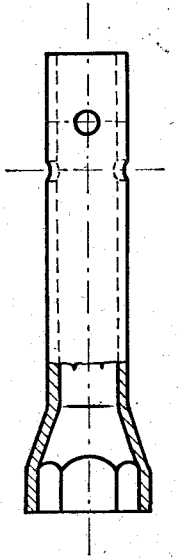
Az elmozdítási helyszükséglet csökkentése és a csavar hatszögletére való gyors ráhelyezés biztosítása céljából készítjük a *csillagkulcsot (480. ábra)*. Ezek zárt fejében tizenkétszög van kialakítva csillag alakúan. Az *egyenes csillagkulcson* kívül inkább a *hajlított csillagkulcsok* használatosak (MSZ 1154), amelyekkel nehezebben hozzáférhető helyen levő csavarok szerelését is elvégezhetjük.



480/b) ábra. Hajlított szárú csillagkulcs



480/c) ábra. Csillagkulcs illeszkedése a csavaranyára



481. ábra. Csőkulcs

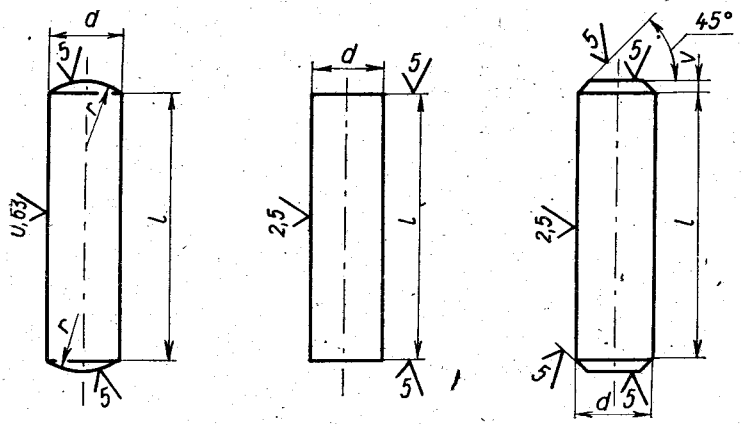
Mélyedésben elhelyezett csavarok meghúzására a hatszögletes végződésű csőkulcsok szolgálnak *(481. ábra)*. A csőkulcs végén levő furatokon hengeres tüskét dugunk keresztül, és ezzel fordítjuk el a csavaranyát. Tervezésnél az anya körül biztosítani kell annyi helyet, amennyi a csőkulcs számára szükséges.

46. Kisebb rögzítőelemek

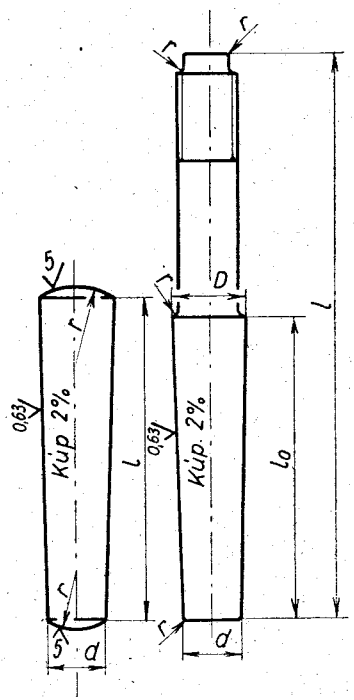
Rögzítőelemként használhatjuk a *482. ábra* szerinti *illesztőszeget* (MSZ 2218, 28. melléklet), a *szegecsszeget,* amelynek két vége sima, sorjamentes és elszegecselésre alkalmas (MSZ 2219), a *rögzítőszeget,* amely szoros illeszkedésű, úgyhogy bekalapálással szerelhető (MSZ 2220), továbbá a *483. ábra* szerinti *kúposszeget* (MSZ

2221, 31. melléklet) és a *menetes kúposszeget* (MSZ 2222). Ezeket a rögzítőelemeket akkor használjuk, amikor valamilyen illeszkedő alkatrészt elmozdulás vagy elfordulás ellen akarunk biztosítani.

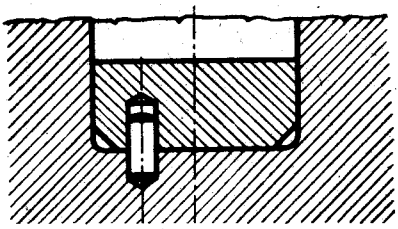
Illesztőszeggel határozhatjuk meg pl. egy furatba bekerülő kisebb alkatrész helyzetét, és megakadályozhatjuk azt, hogy a kis alkatrész ebből a helyzetből elforduljon *(484. ábra)*. Csapágyfedelek, fogaskerékszekrény-fedelek és egyéb szekrények, bur-



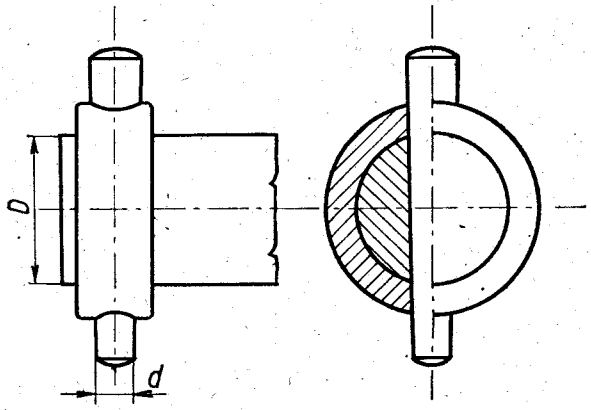
482. ábra. Illesztőszeg, szegecsszeg, rögzítőszeg



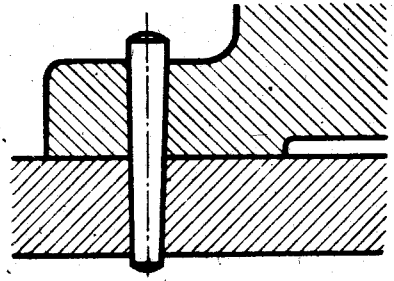
483. ábra. Kúposszeg és menetes kúposszeg



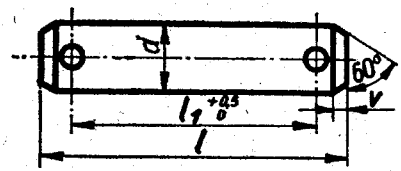
484. ábra. Illesztőszeg alkalmazása



485. ábra. Kúposszeg felhasználása



486. ábra. Kúposszeg alkalmazása csapágytalpnál



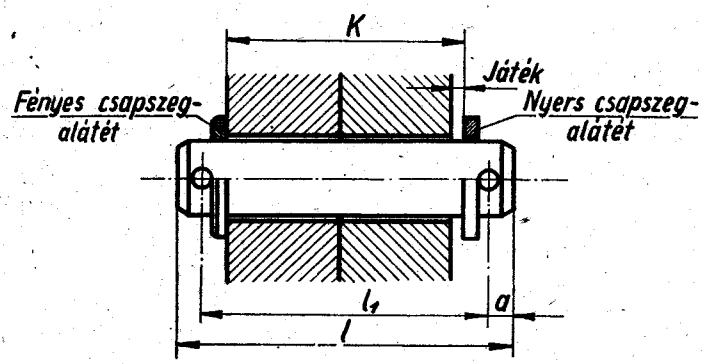
487. ábra. Csapszeg

kolatok részleteinek szerelés utáni pontos helyét szintén illesztőszeggel biztosítjuk. A *485. ábrán* a kúposszeg alkalmazása látható (MSZ 2175), amint gyűrűt egy rúd végére rögzít.

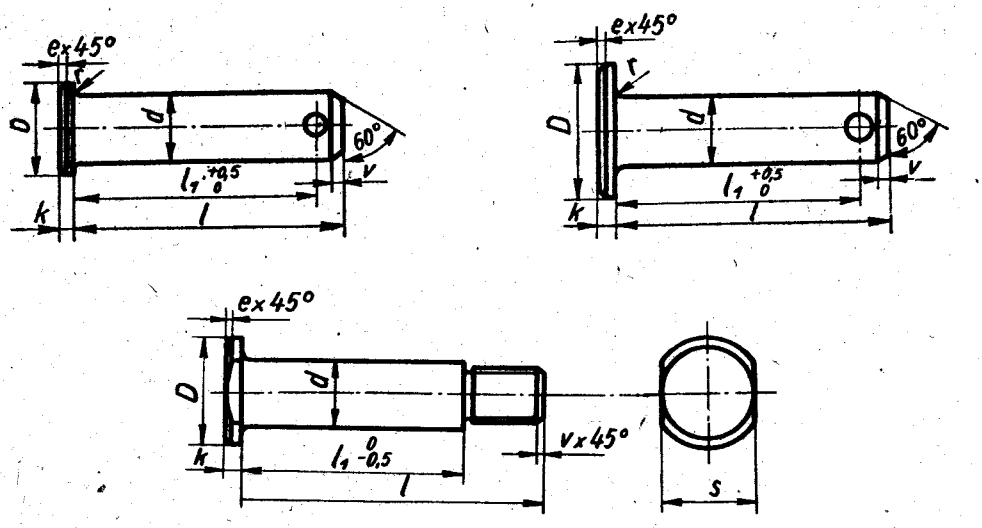
Ha két alkatrésznél szereléskor a pontos helyzetet egyszer már megállapítottuk, pl. egy csapágynak a helyét a talplemezen vagy más géprészen, akkor, hogy ne kelljen újabb szerelésnél ismét keresgélni a pontos helyét, a két alkatrészt együtt kifúrjuk, a furatot dörzsárral kúposra dörzsöljük, és beleütünk egy kúposszeget *(486. ábra)*. Csapágytalpaknál egy átló végénél levő két sarokban helyezünk el egy-egy kúposszeget. Ha a kúposszeg alsó végéhez nem tudunk hozzáférni, akkor a kiszerelés megkönnyítésére alkalmazzuk a felül menettel ellátott menetes kúposszeget. Ennél ugyanis a menetre helyezett anyával a kihúzást elősegítjük.

Ezeknek a rögzítőelemeknek a jelölése az átmérővel és a hosszúsággal történik. A rögzítőszegeket az MSZ 229 szabványban (13. táblázat) előírt nagyobb szilárdságú anyagminőségekből kell készíteni, éspedig a következő jelű anyagok használatosak:

5D, 5S, 6E, 6S.

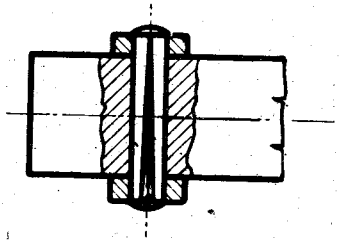


488. ábra. Csapszeg alkalmazása

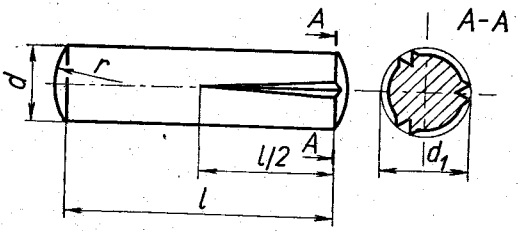


489. ábra. Kis fejű csapszeg, fejes csapszeg és menetes csapszeg

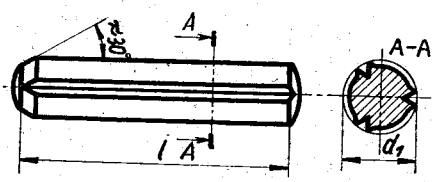
Ezeket az anyagokat használhatjuk csapszegek számára is. A csapszegek olyankor használatosak, amikor két alkatrészt lazán, játékkal kell egymáshoz kötni. A legegyszerűbb *csapszeg* (*487. ábra*, MSZ 2227) két végén sasszeg számára szolgáló furattal készített, saroklétöréssel ellátott hengeres rúd. A *488. ábra* szerint alkalmazzuk oly módon, hogy mindkét végére alátétlemezt és sasszeget teszünk. A hozzátartozó alátét lehet fényes *csapszegalátét* (MSZ 2233) vagy *nyers csapszegalátét* (MSZ 2234, 30. melléklet). Ezeknek az alátéteknek a magassága megegyezik a csavaralátétek magasságával, furatuk csak kissé tér el, külső átmérőjük azonban kisebb. A csapszeg l hosszméretének a megválasztásánál a K közrefogásba bizonyos kis játékot is bele kell számítani. Az a_{min} a sasszegfurat legkisebb megengedett távol-



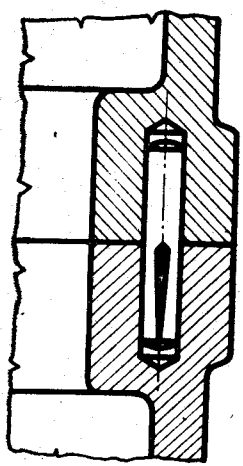
490. ábra. Csökkenő hasítással ellátott hasított szeg



491. ábra. Hásított illesztőszeg



492. ábra. Hasított rögzítőszeg

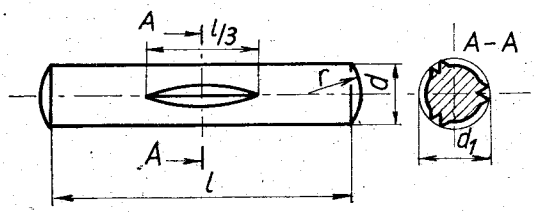


493. ábra. Hasított csapszeg

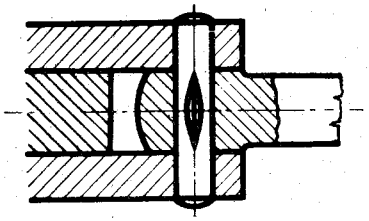
ága a csapszeg végétől az MSZ 2175 szerint (lásd 30. mellékleten). Egyirányú beszereléshez a *489. ábra* szerinti *kisfejű csapszeget* (MSZ 2228) vagy a *fejes csapszeget* (MSZ 2229, 30. melléklet) alkalmazzuk, amelyeket az egyik végüknél kell alátéttel ellátni. A menetes csapszeg (MSZ 2231) anyával és csavaralátéttel szolgál alkatrészek összekötésére. Az alátét alatt ennél nincsen játék.

A kisebb rögzítőelemeknél a szoros kötéseket úgy is elősegíthetjük, hogy a hengeres felületen behasításokat készítünk olyan módon, hogy az anyag eredeti *d* átmérője a behasítás sarkainál duzzadjon ki d_1 átmérőre. Ezek a *hasított szegek*, amelyeket olyan kötéseknél használunk, ahol elegendő a furatoknak csigafúróval való készítése, további dörzsölés nélkül. Főleg olyan kötéseknél használhatjuk, ahol a kötést nem kell gyakran szétbontani. Fánál és könnyűfémnél használatuk kerülendő.

A folyton csökkenő hasítással ellátott szeg (*490. ábra,* MSZ 2241) alkalmazható pl. rudakra az illesztőgyűrű rögzítésére. A *hasított illesztőszeg* (*491. ábra,* MSZ 2242) csak a középig van felhasítva, eddig üthető furatba, és a kiálló hengeres része ütközőcsapnak szolgálhat. A *hasított rögzítőszeget* (*492. ábra,* MSZ 2243) végig felhasítják. Felhasználható kézikerekek, kisebb fogaskerekek tengelyre való rögzítésére, korlátalkatrészek összeerősítésére. A *hasított csapszegek* (*493. ábra,* MSZ 2244) lehúzható fedelek pontos illeszkedésének biztosítására alkal-



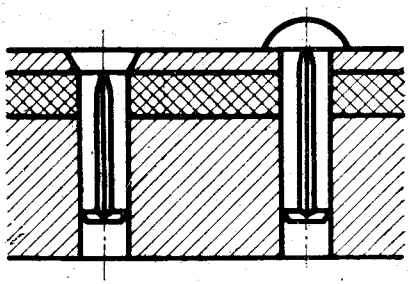
494. ábra. Hasított kétcsapos szeg



495. ábra. Hasított kétcsapos szeg mint lengőkar tengelye

masak. A felhasítás középen nagyobb mértékű. A *hasított kétcsapos szeg* (*494. ábra*, MSZ 2245), középen tud rögzíteni szorosan, ezért alkalmas forgó vagy lengő alkatrészekhez tengely céljára is (*495. ábra*). A *496. ábrán* levő *hasított félgömbfejű szeg* (MSZ 2246) és hasított *süllyesztett fejű szeg* (MSZ 2247) alkalmas gépszámtáblák felerősítésére, kisebb csőbilincsek, lemezek, tömítések, kerekek felerősítésére (MSZ 2249).

A hasított szegek, illesztőszegek, csapszegek anyagminősége: 6S, a hasított félgömbfejű és süllyesztett fejű szegeké pedig 4D.

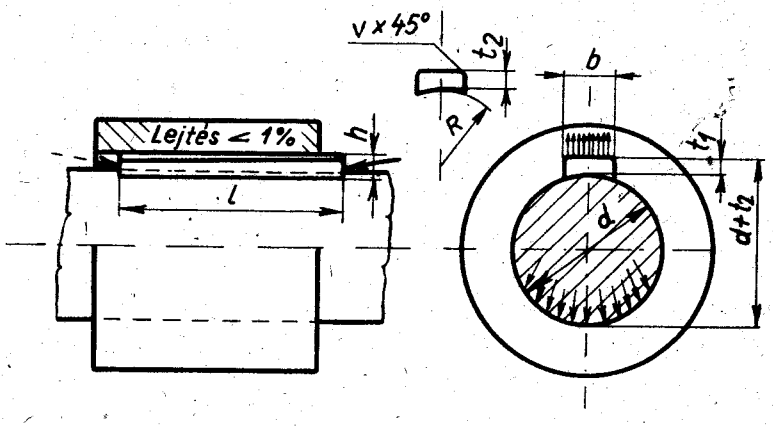


496. ábra. Hasított süllyesztett fejű és félgömbfejű szeg

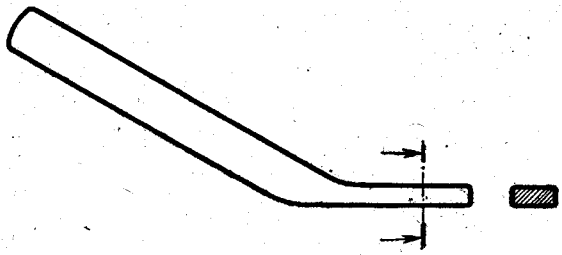
47. Ékek és reteszek

A tengellyel együtt forgó szíjtárcsák, fogaskerekek, lendítőkerekek, kapcsolótárcsák stb. tengelyre erősítése céljából az agy furatában hornyot készítünk (*497. ábra*). A horony kottázásakor az agynál a b szélességet és a mélységnél mérhető $d+t_2$ méretet adjuk meg. A tengelyen legegyszerűbben úgy rögzíthetjük az agyat, hogy a horonyba kis lejtéssel bíró éket kalapálunk bele, amelynek feszítőhatására az agy és a tárcsa hengerfelületei egymáshoz szorulnak. A forgatónyomaték átvitelére ebből a felületi nyomásból származó súrlódás szolgál.

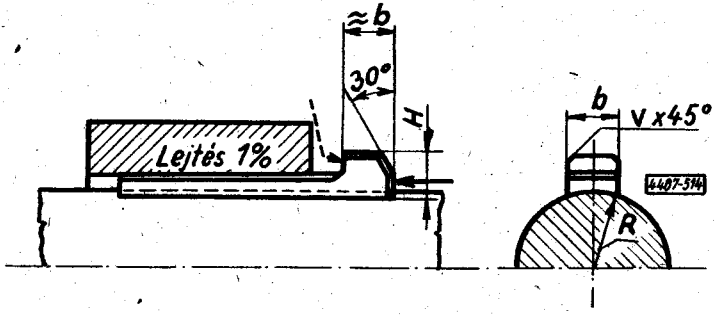
A *497. ábra* szerinti éket régebben használták, ennél a tengelyen való felfekvési területet íveltnek készítették, ez a *nyerges ék*. A lejtése 1%. Az ék beszerelését kalapácsütésekkel a teljes vonalú nyíl irányában az egyik végénél, a kiszerelését pedig a szakadozott nyíl irányában a másik végénél lehet végezni, a *498. ábrán* feltüntetett *ékűző* szerszám segítségével, amelynek lapos végét toljuk a horony alá az ék keskenyebb végéhez.



497. ábra. Nyerges ékkötés és kottázása



498. ábra. Ékűző szerszám

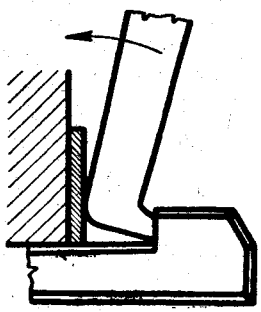


499. ábra. Orros ék

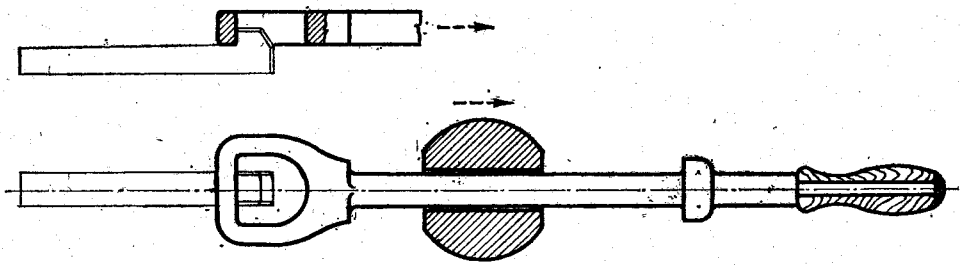
Ha a kiszerelés céljából nem tudunk hozzáférni az ék vékonyabb végéhez, akkor *orros éket* alkalmazunk *(499. ábra)*, amelynél az ék eltávolítását az orrnál fogva hajtjuk végre az *500. ábrán* levő feszítőszerszámmal. A szerszám mögé megfelelő vastagságú betétlapot kell elhelyezni. Nagyobb erőhatást lehet azonban kifejteni az orros ék kihúzására ütögetéssel az *501. ábrán* feltüntetett kengyeles ékhúzó szerszámmal. Ennek a kengyelét beakasztjuk az orros ék orrába, a fafogantyúval tartjuk, és a szárán levő gömb alakú súly kilódítgatásával fejtünk ki ütögető erőhatást a kengyelen keresztül az ékre. Az orros éknél gondosan kell ügyelni arra, hogy a közel-

ben foglalatoskodónak a ruhája bele ne akadhasson. Ezért inkább csak zárt helyen alkalmazzuk: nyitott helyen, különösen gyorsan forgó tengelyeknél az orrt fagyűrűvel vagy lemezből készített burkolattal kell lefedni. Hosszú agynál az agyhoronynak 1%-os lejtése is előírható. Ez esetben a megadott $d+t_2$ a max. horonyfenéktávolságot jelenti.

A nyerges ék célszerűen használható szíjtárcsák felerősítésére, mert a tengelyen semmiféle megmunkálás sem szükséges. A nyerges ék azonban csak kis erők esetén alkalmazható, mert csupán a súrlódás szolgál a



500. ábra. Feszítőszerszám orros ék eltávolítására

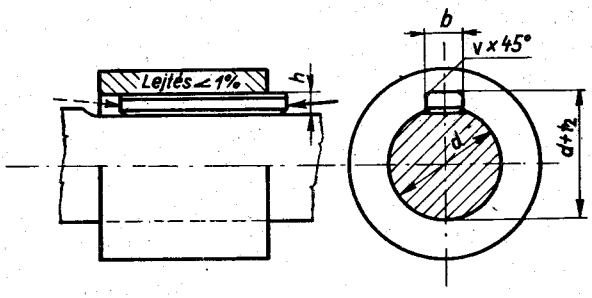


501. ábra. Kengyeles ékhúzó

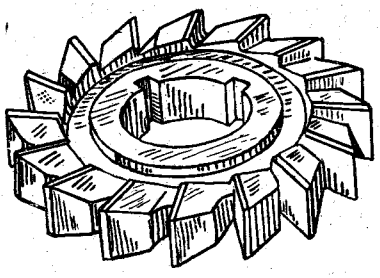
forgatónyomaték átvitelére. Azonkívül forgácsolással megmunkált éknél a homorú kiképzés drága.

A *lapos ék (502. ábra)* szintén nincsen szabványosítva. Ennél a tengely felületét az ék felfekvésénél laposra munkáljuk le. Itt is használhatunk *orros lapos éket.* A lapos éket is csak olyankor használjuk, amikor a tengelyről nem a tengely egész keresztmetszetének megfelelő forgatónyomatékot, hanem csak annál kisebb nyomatékot akarunk levenni.

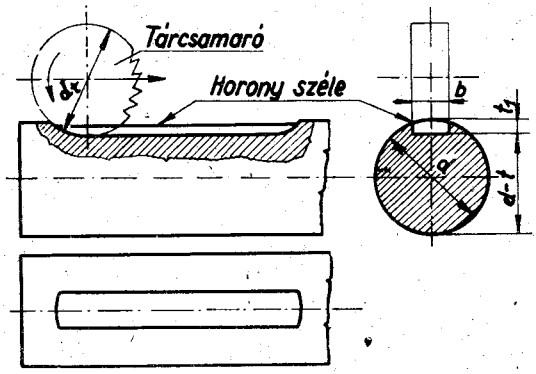
Nagyobb nyomaték esetén a tengely felületén is készítünk ékhornyot. A hornyot készíthetjük *tárcsamaróval* vagy *ujjmaróval.* A tárcsamaró *(503. ábra)* szélessége a horony szélességének felel meg *(504. ábra).* A maró kezdő állását vékony folytonos vonallal fel kell tüntetni, és a külső átmérőjét be kell méretezni. A második képsíkon a horony feneke a maró sugarának megfelelő görbületekkel végződik. Ezen a képsíkon az ékhornyot szabadkézi elhatárolással készített metszettel tüntetjük fel. A horony szélét a harmadik képről átvetítéssel nyerjük. Ez a vonal mélyebben van, mint az ép tengelyrész körvonala. A felülnézetben a horony áthatási vonallal végződik, amelynek a szélső pontjai a második képsíkon levő pontok levetítésével határozhatók meg, a gyakorlatban azonban a felülnézeten egyszerűen egyenes vonallal fejezzük be a horony végeit.



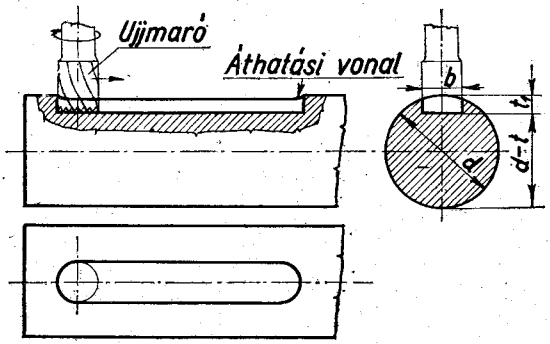
502. ábra. Lapos ék



503. ábra. Tárcsamaró



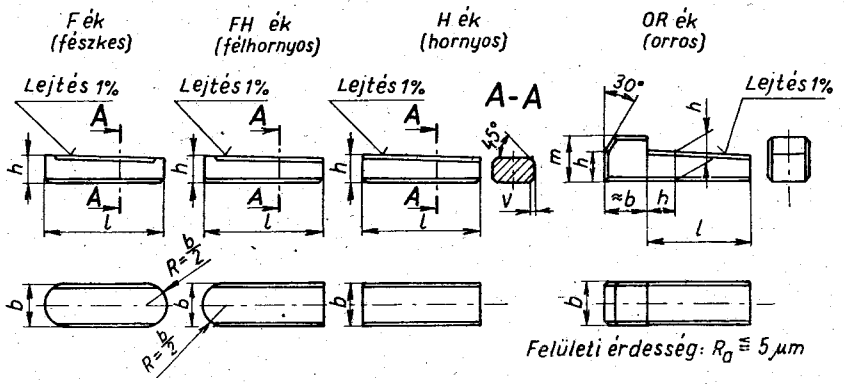
504. ábra. Így működik a tárcsamaró



505. ábra. Az ujjmaró ilyen hornyot készít

506. ábra.
Ujjmaró

Az *505. ábra* henger alakú *ujjmaróval* készített hornyot tüntet fel. Az ujjmaró *(506. ábra)* az alsó homloklapján és a palástján van metszőélekkel ellátva. Maráskor forgatva a horony mélységéig eresztjük le, azután tovább visszük a horony hosszúságának megfelelően. Felülnézetben a horony végei félkör alakúak, az elölnézetben a horony széleit feltüntető vonal két vége ennek a félkörnek megfelelő hosszúságban áthatási vonallal csatlakozik az ép tengelyrész körvonalához. Az ékhorony készítésénél ügyelni kell arra, hogy a horonyfenék sarkai lekerekítéssel készüljenek, vagyis a maró ne legyen sarkos.

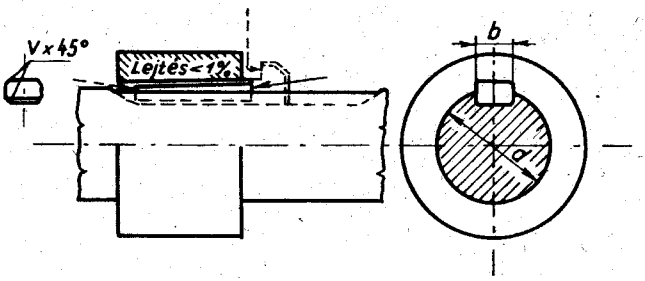


507. ábra. Fészkes, félhornyos, hornyos és orros ékek

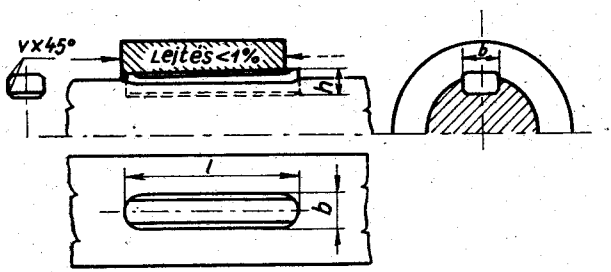
A tárcsamaróval vagy ujjmaróval készített horonyba az *507. ábra* szerinti fészkes, félhornyos, hornyos, orros ékeket alkalmazzuk. Az ábra az ékek betűjelzéseit is tartalmazza (MSZ 2303). Hornyos ékhez a hornyot olyan hosszúra kell készíteni *(508. ábra)*, hogy az éket a felerősítendő agyon kívül lehessen fektetni és onnan belekalapálni az agy és a tengely közé. Az ujjmaróval készített horonyba a két végén félkör alakban végződő *fészkes éket* használunk, amit a horonyba mint egy fészekbe süllyesztünk be *(509. ábra)*. Az ék ferde felületére a felszerelendő gépalkatrész agyát kell felkalapálni. Az orros, hornyos és fészkes ékek a 39. mellékletben találhatók.

Ezek az ékek a tengely egész nyomatékának az átvitelére alkalmasak. Ezeknél az ék nyíróellenállása is szerepet játszik a nyomaték átvitelénél, különösen ha lazulás áll elő. 1% értékű lejtős felülettel készülnek, ezért az alkatrészeket egymásnak feszítik. Konstrukciós szempontok, pl. csőtengely, vékony agy stb. megkívánhatják kisebb *h* magasságú ék alkalmazását is. Erre a célra az MSZ 2303 szabvány tartalmaz kisebb, kb. 70%-os ékmagasságú táblázatot is.

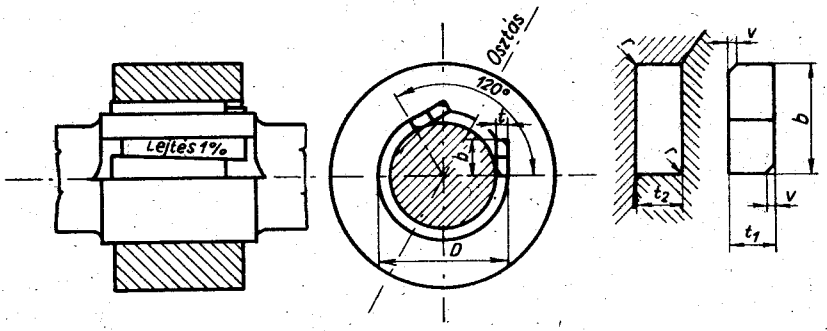
Az érintős ék (tangenciális ék) esetében (MSZ 308, 40. melléklet) 120°-ra helyezünk el két-két éket *(510. ábra)*. Az egyes ékpároknál mindegyik ék 1% lejtősséggel készül, és a horonyba kétoldalról belekalapálva érintőleges feszítőhatást fejt ki, mert az egyik oldalon a tengely horonyoldalának, a másikon pedig az agy horonyoldalá-



508. ábra. Horonyhossz hornyos ékhez



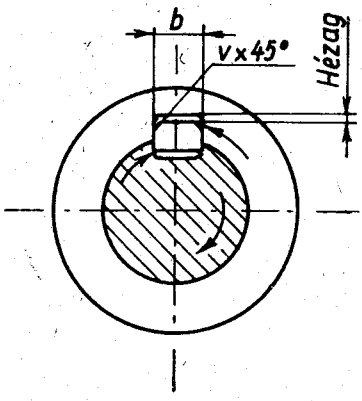
509. ábra. Fészkes ék



510. ábra. Érintős ék (tangenciális ék)

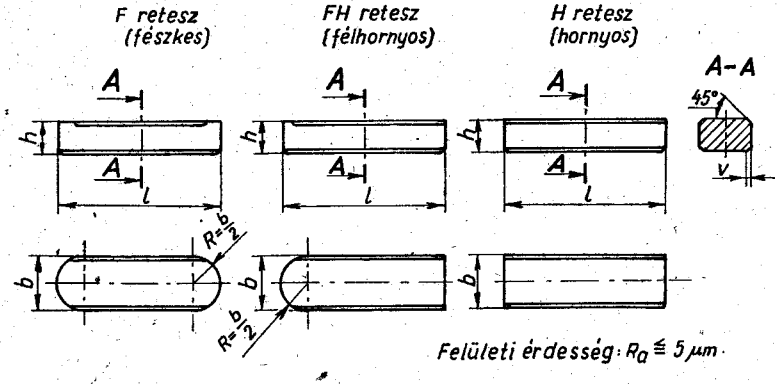
nak fekszik neki. A tengelyen és az agyban levő horonyoldalak párhuzamosak. Ezt az ékkötést olyankor használjuk, amikor nagy értékű és váltakozó irányú forgatónyomatékot kell átvinni, pl. a lendítőkerekek ékkötésénél. A két ellentétes irányú érintőleges befeszülés lökésszerű terhelések esetén is megfelelő megtámasztást ad az agynak. Osztott tárcsáknál az osztás síkját a két ékpár szögfelezőjében kell elhelyezni. Az ábra a tengely olyan kivitelezését mutatja, amikor a tengelyt az ékkötés helyénél megvastagítjuk, hogy az éket kétoldalról lehessen belekalapálni.

Az ékeknél előadódhat az a hiba, hogy túlságos befeszítésnél a tárcsa elferdül. Azonkívül a felékelt alkatrész helye tengelyirányban nincs pontosan meghatározva, mert a lejtős felületű éken az agy megszorulása bizonytalan helyen következhet be. Ha a tengelyirányú elmozdulás ellen másképpen támasztjuk meg a felerősítendő géprészt, pl. azáltal, hogy a tengelyen csavaranyával vállnak szorítjuk neki, akkor a kötésnél csupán a forgatónyomaték átvitelére van szükség. Ilyenkor párhuzamos oldalakkal bíró hasábot, reteszt helyezünk a horonyba *(511. ábra)*, amelyik csak nyíró ellenállásával, vagyis az oldalfelületeivel viszi át a nyomatékot, a felső lapjánál hézag marad. Alkalmazása akkor is célszerű, ha az ék beütögetése nem engedhető meg, pl. gördülőcsapágyas tengelyvégnél, vagy ahol helyszűke miatt ék nem fér el. Az ujjmaróval készített fészekbe a fészkes reteszt, a tárcsamaróval készült horonyba pedig a félhornyos vagy hornyos reteszt (*512. ábra*, MSZ 2305) helyezzük el. Ezek a reteszek a 41. mellékletben találhatók. Vékony falú agyakhoz, csőtengelyekhez a kisebb *h* magasságú vékony reteszeket (MSZ 2305) lehet alkalmazni, amelyeknél 60—70%-os a retesz magassága.

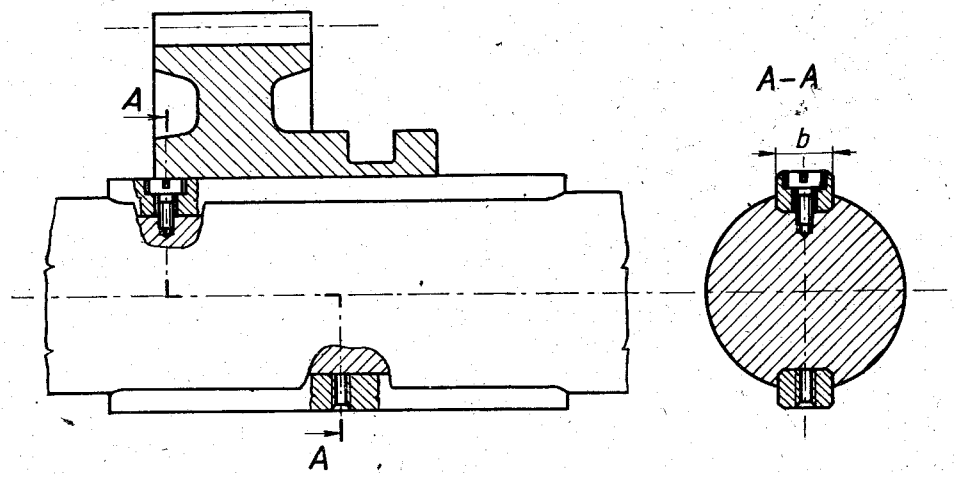


511. ábra. Retesz és igénybevétele

Ha valamilyen gépalkatrészt úgy kell a tengelyen elhelyezni, hogy a forgatónyomaték átvitele mellett még a tengely irányában el is lehessen tolni, akkor ujjmaróval készített fészekbe $l < 5b$ esetén egy csavarral, $l \geqq 5b$ esetén két csavarral beerősített *fészkes siklóreteszt* alkalmazunk (*513. ábra,* MSZ 2305, 42. melléklet). A két csavarral felerősített siklóretesz kiemelésére a retesz közepén csavarfuratot készítünk, és az ebbe csavart csavarorsó segítségével emelhetjük ki a reteszt a horonyból. A siklóreteszből célszerű a tengelyen egymással szemben két darabot elhelyezni, hogy a nyomaték átvitele szimmetrikusan történjék.



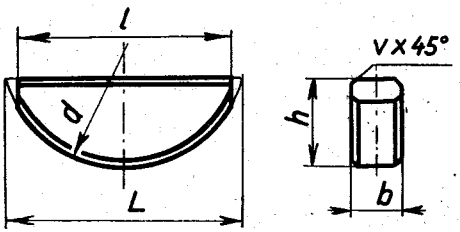
512. ábra. Hornyos retesz



513. ábra. Fészkes siklóretesz

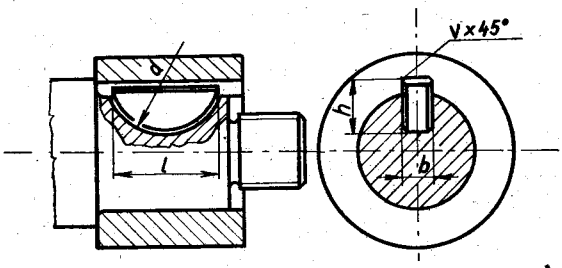
Kisebb forgatónyomaték átvitelére rövid agynál használjuk az *íves reteszt* (*514. ábra*, MSZ 311, 43. melléklet), aminek a fészke *(515. ábra)* tárcsamaróval könnyen elkészíthető.

Az ékek és a reteszek számára bizonyos mérettűréssel készített reteszacélt használunk (MSZ 314), amelyből kevés utánmunkálással tudjuk elkészíteni őket. Az orros éknél legyalulással állítjuk elő az orrt. Az ékek anyaga leginkább folytacél, húzott kivitelnél A 50 H (MSZ 4369), köszörült kivitelnél A 60 (MSZ 500) acélok. Használunk azonban más minőségű acélból készült ékeket és reteszeket is.



514. ábra. Íves retesz

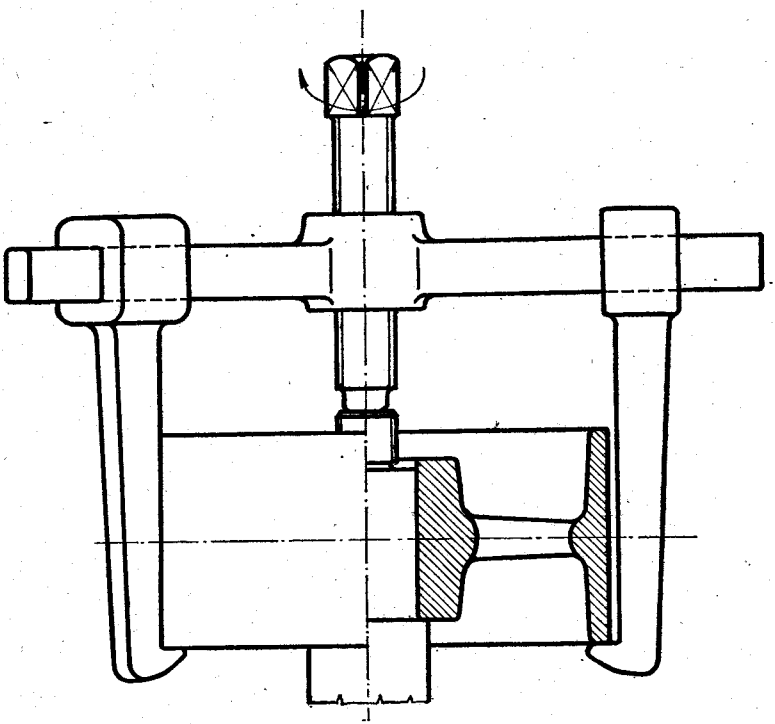
Szereléskor az ékeket és a reteszeket pontosan kell illeszteni (MSZ 2318). Ha üzem közben kissé meglazultak, kiverődtek, akkor azonnal gondoskodnunk kell új darabokról, mert a lazulás rohamosan fokozódik. A reteszek könnyebben verődnek ki, mint az ékek.



515. ábra. Íves retesz tengelyvégre szerelve

A tengelyen is és az agyban levő horonysarkoknál is lekerekítéseket kell alkalmaznunk. A

tengely törése ugyanis leggyakrabban ezekből a sarokpontokból kiinduló repedések következtében áll elő. Az ékek és reteszek széleit emiatt 45°-os sarokletöréssel kell készítenünk. Az ábrákon a sarokletöréseket *v* betűvel jelöltük.



516. ábra. Tárcsalehúzó

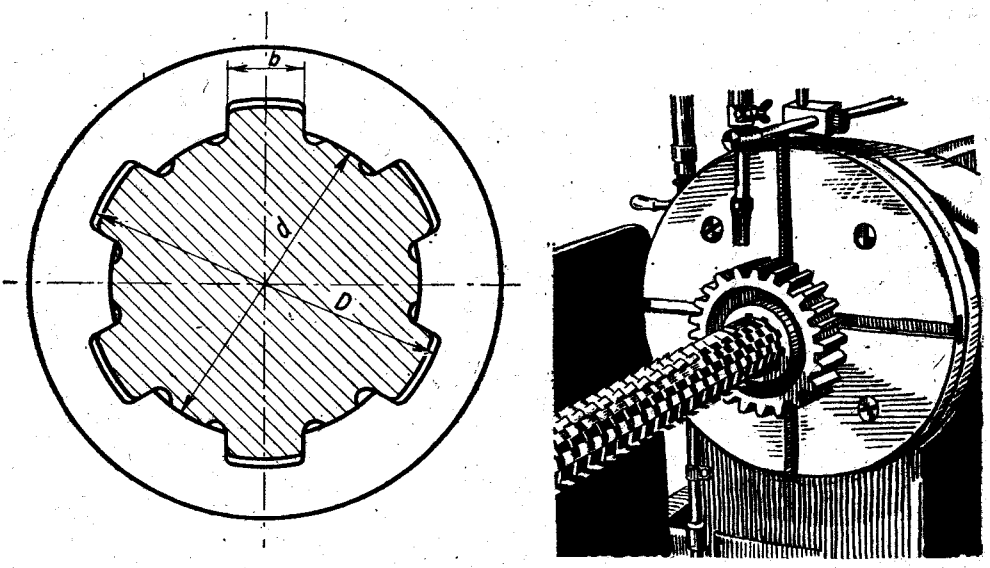
Ékkötéseknél és reteszeknél a tengelyre szerelt alkatrész leszerelését kíméletesen az *516. ábrán* feltüntetett *lehúzószerszámmal* végezhetjük el. A szerszám felső része vízszintes emelő, a róla lelógó rudak végei kampós kiképzésűek. Ezeket a kampókat akasztjuk bele a szíjtárcsa, lendítőkerék stb. koszorújába. Az ábrán a bal oldali kar kissé elfordítva, térlátóan van feltüntetve. A felső emelő közepén levő csavarorsót a végével a tengelyvégződésnek támasztjuk. Az orsó forgatásával az emelő felfelé emelkedik, és felfelé húzza a rajta levő kampós rudakat, amelyek az alkatrészt lehúzzák a tengelyről.

48. Bordás tengelykötés jelképes ábrázolása (MSZ 7843)

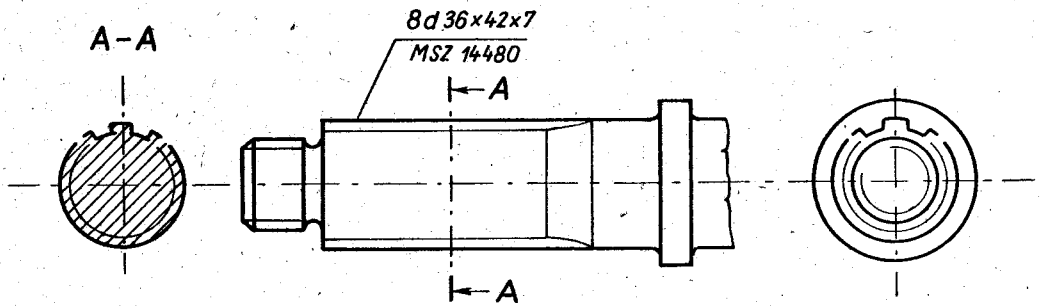
Nagy terhelések esetén, pl. fogaskerekeknél nagyobb felfekvési felületet az *517. ábra* szerinti *bordás tengely* és agy alkalmazásával nyerünk (MSZ 14480). A bordás tengelyen az alkatrész illeszkedése lehet feszes vagy lazább, ha a tengelyen elcsúsztatható alkatrészt kell elhelyezni. Leggyakrabban a tengely belső *d* átmérőjén vezetjük az agyat finom illesztéssel, a külső átmérőn goromba illesztést alkalmazhatunk, de fordítva is eljárhatunk. A tengelyt marással készítjük, az agyban a bordákat húzópadon, fogazott, kúpos húzótüskével (*517. ábra* jobb oldala) állítjuk elő. A húzótüske kezdete a *d* átmérőnek megfelelő sima felületű, utána hosszában fokozatosan kiemelkedő fogazások vannak, ezek végzik a forgácsolást. A tüske végén a fogazat *D* átmérőre emelkedik ki, úgyhogy egyszeri áthúzással a teljes agyfurat elkészül. Korszerű gyártásnál az ékek és reteszek számára szükséges egy darab agyhornyot is ilyen húzótüskével állítjuk elő, amelyen azonban csak egy helyen vannak a horonynak megfelelő *b* szélességben a fokozatosan kiemelkedő forgácsoló vágóélek.

Kopással szemben ellenállóvá a bordás tengelyt és agyat úgy tesszük, hogy betétben edzzük a felületeket. Ekkor az agy furatát és hornyainak oldalfelületeit köszörüljük is. A bordás tengelyt ilyen esetben szintén köszörülni kell.

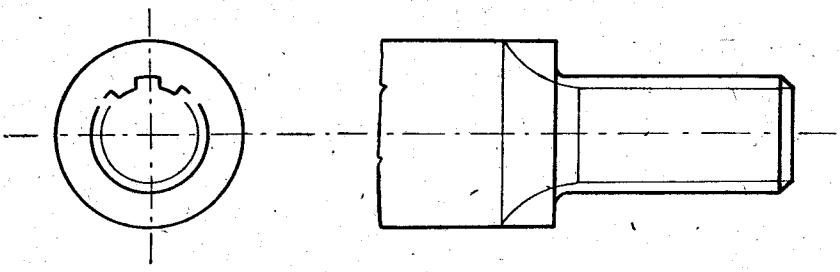
A géprajzi ábrázolásnál a bordás tengelykötés bordáinak időt rabló kirajzolása helyett jelképes ábrázolást alkalmazunk (MSZ 7843). Bordás tengelyt az *518. ábrán* láthatunk. A bordázat külső átmérőjének megfelelő körvonalat vastag folytonos



517. ábra. Bordás tengely és bordás agy, ez utóbbi készítése húzótüskével



518. ábra. Bordás tengely jelképes ábrázolása

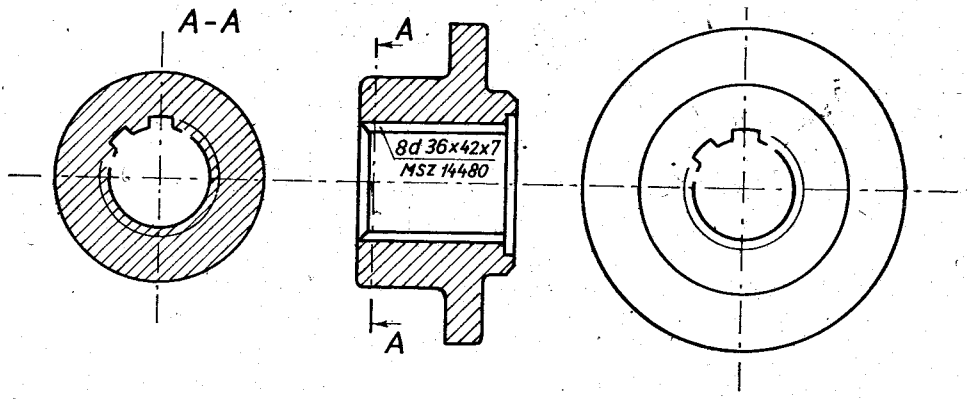


519. ábra. Szerszámkifutás bordás tengelyek rajzán

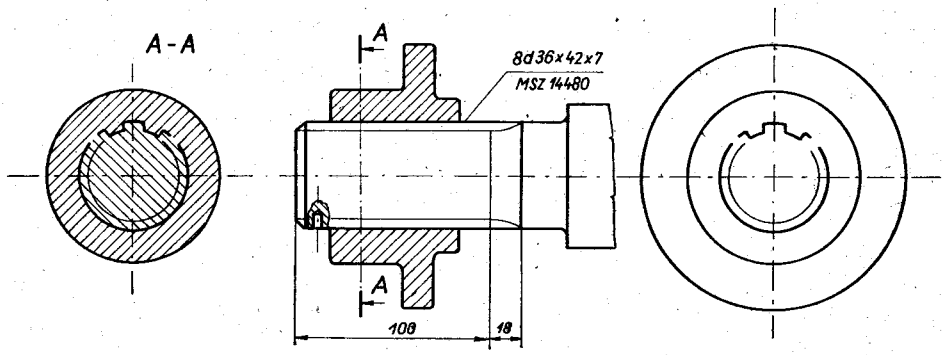
vonallal, a belső átmérőnek megfelelő vonalat, és ha szükséges, ennek folytatásában a szerszámkifutást is vékony folytonos vonallal rajzoljuk meg. A tengelyirányú nézetben kirajzolunk két egymást követő hornyot, és a kerület fennmaradó részén a külső átmérőnek megfelelő folytonos vonalú kört rajzolunk vastag folytonos vonallal, a belső átmérőnél pedig vékony folytonos vonallal. A körívek végei és a megrajzolt hornyok között kis hézagot hagyunk. Szerszámkifutást csak a hosszanti vetületben rajzolunk, a forgástengelyre merőleges képsíkban szerszámkifutást nem rajzolunk *(519. ábra)*.

Bordás furatú agyat az *520. ábra* szerint tüntetünk fel. Ennél a hosszmetszeti ábrán megrajzoljuk a hornyolás külső és belső átmérőjének megfelelő vonalakat, vastag, folytonos vonallal. A tengelyirányú nézeten szintén csak két, egymást követő hornyot rajzolunk meg, és a kerület fennmaradó részén a belső átmérőnek megfelelően vastag folytonos vonalú kört, a bordás furat külső átmérőjének megfelelő kört pedig vékony folytonos vonallal rajzoljuk meg: a körök végeinél ekkor is kis hézagot hagyunk.

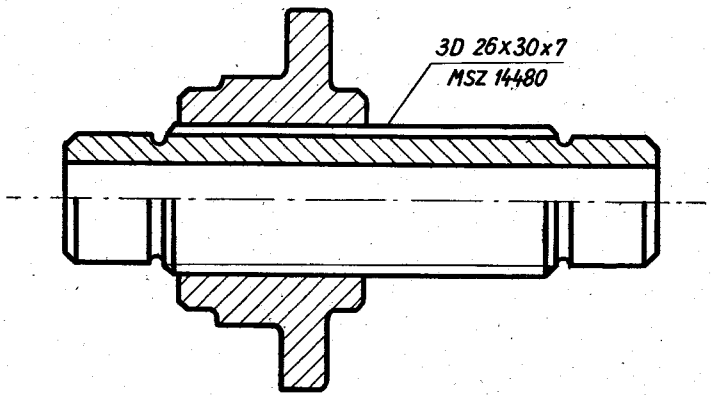
Összeszerelt bordás tengelykötést az *521. ábra* mutat be, láthatóság szempontjából a tengely bordái takarják a bordás furat hornyait. A tengelyen levő kisebb tagozódást, pl. az ábrán a tengely bal alsó részén levő kis furatot kitöréssel tüntetjük



520. ábra. Bordás agy jelképes ábrázolása



521. ábra. Összeszerelt bordás tengelykötés

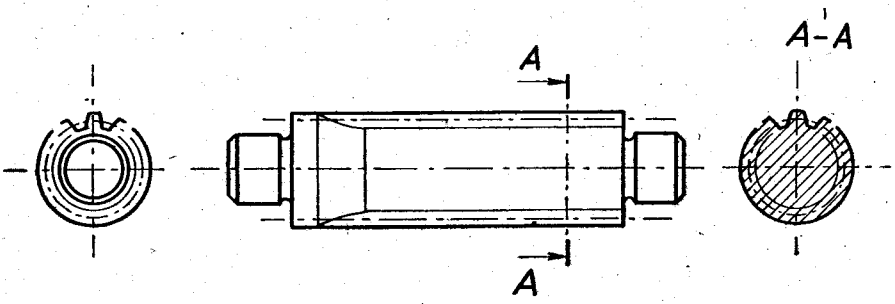


522. ábra. Üreges bordás tengely ábrázolása metszetben

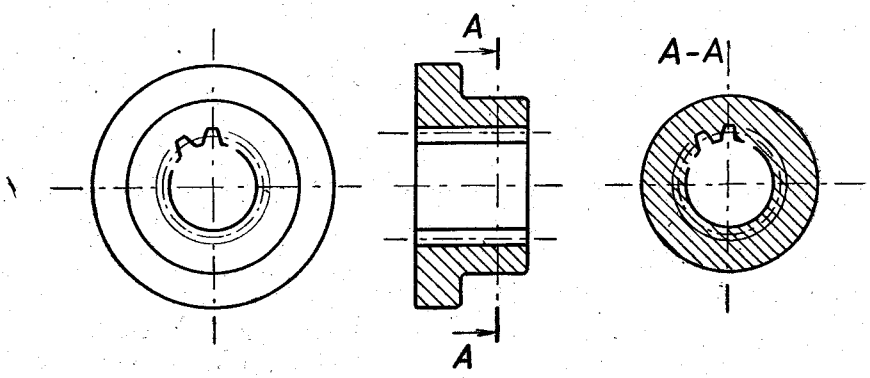
fel. Ha a tengelynél vagy a furatnál olyan élletörést alkalmazunk, melynek az egyik köre a tengelyirányú nézeten egybeesne a jelképes ábrázolás valamelyik körével, akkor az élletörés körét nem rajzoljuk meg. Ha ritka esetben a tengelyt vagy az agyat a tengelyre merőleges metszetben kell ábrázolni, akkor a metszeti vonalkázást a tengelynél a külső, a furatnál a belső átmérőig húzzuk meg. Összeszerelt állapotban a tengely ekkor is takarja a bordás furatot.

Üreges bordás tengely metszetben való ábrázolásakor az *522. ábra* szerint járunk el olyan módon, hogy a hosszmetszetnél a bordát mindkét átmérőjénél vastag folytonos vonallal tüntetjük fel, a tengelyirányú nézetnél azonban a belső átmérőn vékony folytonos vonalat rajzolunk meg. Hézagot jelképes ábrázolásban nem rajzolunk.

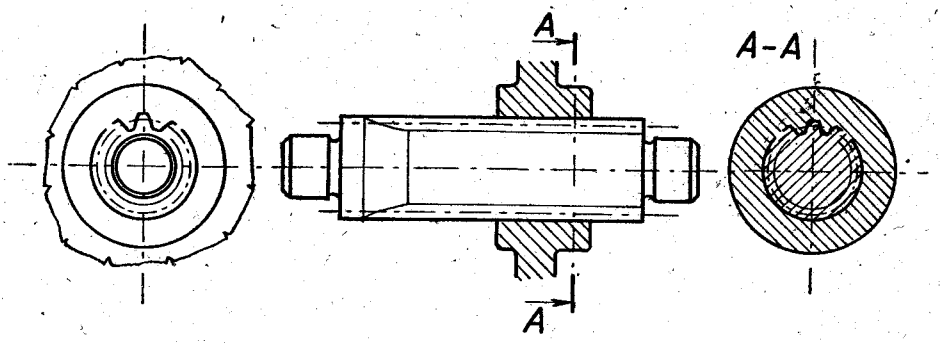
Ha a bordás tengelykötés ábrázolásán kívül a bordákra vonatkozó főbb adatokra is szükség van, akkor azokat mutatóvonalon adjuk meg oly módon, hogy feltüntetjük a bordaszámot, utána az átmérőt, amelyen az agy vezetése történik, majd a tengely átmérőit és a borda profiljának *b* szélességét adjuk meg. Pl. az *518. ábrán* az MSZ 14480 szabvány szerinti 8 bordás, a *d* belső átmérőn vezetett, 36 mm belső, 42 mm külső átmérőjű, 7 mm széles bordájú tengelykötés megjelölése van feltüntetve. A többi méretet, pl. a bordázat hasznos hosszát, a horonykifutást, a rajzokon méretháló zattal és méretszámokkal kell megadni.



523. ábra. Evolvens profilú bordás tengely



524. ábra. Evolvens profilú bordás furat



525. ábra. Összeszerelt evolvens profilú bordás tengelykötés

Evolvens profilú bordás tengelykötés jelképes ábráin az osztóhengernek megfelelő osztókört, illetve osztóvonalat is fel kell tüntetni vékony pontvonallal. Az *523. ábra* a bordás tengelyt, az *524. ábra* bordás furatot tüntet fel, az *525. ábra* pedig evolvens profilú összeszerelt bordás tengelykötést mutat.

Műhelyrajzokon a jelképes megadás nem pótolja az egyértelmű, teljes méretmegadást és adatelőírást, ezért a jelképes ábrázolást is ennek megfelelően ki kell rajzolni.

49. Szegecskötések ábrázolása

A szegecs a *nem oldható kötő gépelemek* közé tartozik. A szegecseléseket a megvalósítandó feladat szerint három csoportba sorolhatjuk.

1. Csak *erőhatással* szemben kell szilárdságot adni, ez az acélszerkezetben használt szegecskötés.

2. A szilárdságon kívül még a *tömör zárást* is biztosítani kell, pl. a kazánok, tartályok, edények szegecskötésénél.

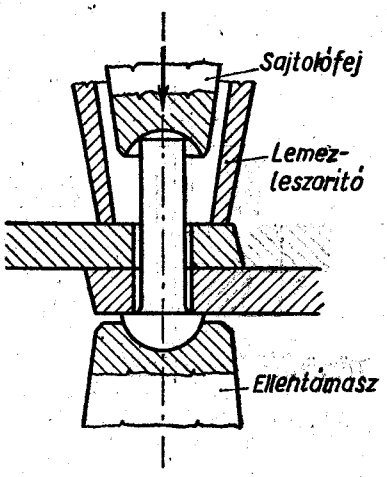
3. *Csak tömör zárást adó kötés,* hogyha nincsen jelentős belső túlnyomás, ez a tömítőszegecselés.

A leggyakrabban használt szegecsalak a *félgömbfejű* szegecs (*526. ábra,* MSZ 4254., 44. melléklet). A szegecselés készítésénél a két alkatrészt kifúrjuk, kisebb szegecseknél, alárendeltebb célra szolgáló kötéseknél esetleg kilyukasztjuk, a szegecset a lyukba helyezzük, a fej alá megfelelő ellenszerszámot helyezünk, az első műveletnél a lemezeket összehúzatjuk egy csővel, az ún. szegecshúzóval, és csak azután kezdjük meg a kiálló szár lekalapálását kézi vagy gépi (pneumatikus) kalapáccsal: a végső művelet a fejezőszerszámmal a *zárófej* pontos kialakítása. A gépi szegecselésnél lehet a szegecs fejét légnyomásos vagy víznyomásos sajtolószerszámmal

a szár összesajtolásával is előállítani. Nagyobb szegecselőgépek a sajtolófej körül cső alakú lemezleszorítóval is el vannak látva.

A szegecseket 6—8 mm szegecsátmérőig rendszerint hidegen, ennél nagyobbakat azonban már melegen kell szegecselni. Ennél a szegecselést mindaddig kell folytatni, ameddig csak meleg a szegecs. A szegecs a kihűléskor összehúzódik, az összehúzódással a szárban húzófeszültség marad. Az így adódó erőhatás összeszorítja a lemezeket, és a lemezek érintkező felületén súrlódást ébreszt. Ez a súrlódás segíti elő a kötés jóságát.

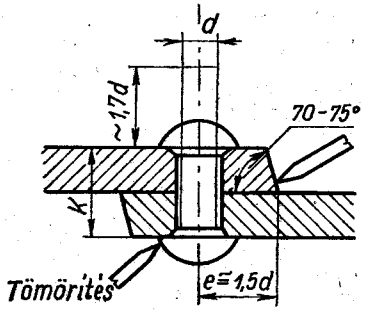
A gépi szegecselés általában megbízhatóbb, mint a kézi, mert a szegecselés egyöntetűen, mindegyik szegecsnél egyforma erővel és a legkedvezőbb hűlési folyamatú állapotban végezhető.



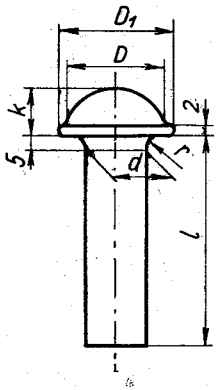
526. ábra. Félgömbfejű szegecs szegecselési technikája

Ha a lemezeken a szegecsfuratokat külön-külön készítjük, akkor az előírtnál kisebb átmérőre kell őket előfúratni, és a szereléskor dörzsárral hozzuk a két furatot megegyező pontos méretre. Csak lényegtelen igénybevételű vasszerkezeteknél és kis nyomású tartályoknál lehet a szegecselés furatait külön-külön kész méretre fúrni. Ilyen kisebb fontossággal bíró szerkezeteknél a lemezeket lyukasztani is lehet: egyébként a lyukasztás kerülendő, mert erősen deformálja, gyengíti a lyukszéleket, gyakran kedző repedések is maradnak a lyukasztás után. Hogy az izzó szegecset a szegecsfuratokba könnyebben lehessen belehelyezni, a furat nagyobb a szegecsátmérőnél, éspedig kb. 4 mm-es szegecsátmérőig 0,3 mm-rel, 6 mm-ig 0,5 mm-rel, ezen felül pedig 1 mm-rel. Az átmenet a félgömbfejű szegecsfej és a szár között mindig legömbölyített, ezért a lyuk szélét kissé süllyeszteni kell. A szegecsszár gyártási okból gyengén kúpos: részint emiatt, részint a fejnél levő r lekerekítés miatt a d szegecsátmérőt a fejtől bizonyos meghatározott távolságban kell mérni. Ez a távolság d=4 mm-es, és ennél nagyobb szegecseknél általában 5 mm.

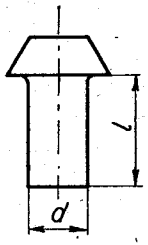
A belső túlnyomással szemben a tömör zárást nagyon elősegíti az a művelet, hogy a szegecselés után a szegecsfej széleit hozzáidomuló, ív alakú, tompa élű szerszámmal, az ún. *tömörítőszerszámmal*, körös-körül kalapácsütésekkel *hozzátömítjük* az alatta levő lemez felületéhez. *(527. ábra)*. A szegecsfej mérete a kazánoknál és a tartályoknál alkalmazott kazánszegecseknél (MSZ 4255) éppen ezért nagyobb, mint az acélszerkezeteknél alkalmazott félgömbfejű szegecseknél, hogy a széleket jól le lehessen tömöríteni. A lemezek széleit is tömörítjük. Ezért a lemezek széleit kb. 70—75°-on (1:3—1:4 lejtéssel) leélezzük, és kívül-belül egyenes élű szerszámmal tömörítjük. A tömörítésnél ügyelni kell arra, hogy a lemezek sérülést ne szenvedjenek.



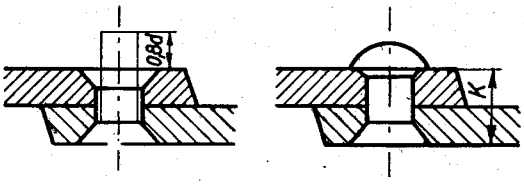
527. ábra. Tömörítés félgömbfejű szegecsnél



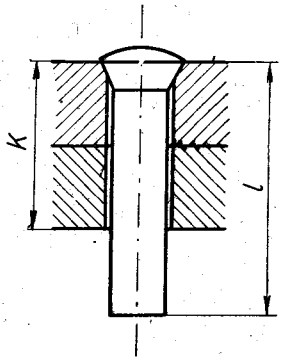
528. ábra. Peremes szegecs



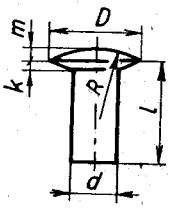
529. ábra. Trapézfejű szegecs



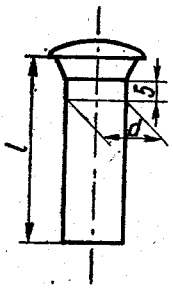
530. ábra. Különféle süllyesztett fejű szegecsek



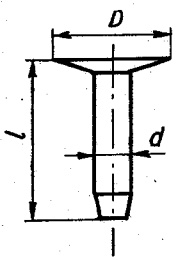
531. ábra. Lencsefejű szegecs



532. ábra. Tartályszegecs



533. ábra. Lemezszegecs



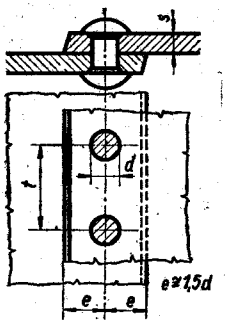
534. ábra. Szíjszegecs

A félgömbfejű szegecseken kívül használunk *peremes szegecset* is (*528. ábra*, MSZ 4259. 44. melléklet), amelynél 2 mm vastag és a fejátmérőnél 2—2,5 mm-rel nagyobb átmérőjű perem van a felfekvési felületnél a félgömbfejre rákovácsolva. Főleg hajóépítésnél használjuk a *trapézfejű szegecset* is (*529. ábra*, MSZ 277). Ott pedig, ahol nem szabad kiállni a szegecsfejnek, *süllyesztett fejű szegecset* alkalmazunk (*530. ábra*, MSZ 4256, 44. melléklet), vagy a félgömbfejű stb. szegecseknél a zárófejet süllyesztve készítjük el, ha a félgömbfej csak az egyik oldalon van útban. Süllyesztve helyezzük el a *lencsefejű szegecset* is (*531. ábra*, MSZ 4257, 44. melléklet), vagy pedig a félgömbfejű, a kazán- és peremes szegecseket készítjük lencse zárófejjel. A *tartályszegecsnél* (*532. ábra*, MSZ 4258) a fej egy része szintén süllyesztve van, a tömörítés elősegítésére azonban még gombaszerű toldattal is el van látva. Néhány milliméter vastag lemeznél a *lemezszegecseket* alkalmazzuk (*533. ábra*, MSZ 4261). Csak 2...7 mm közötti átmérőknél készülnek, és az egyes átmérőkhöz rendszerint csak 3, esetleg 4 méretben gyártanak szárhosszúságot. Jellemzi az aránylag nagy fejátmérő, hogy a vékony lemezen a felületi nyomás kis értékű lehessen. A szíjszegecsnél (*534. ábra*, MSZ 4266), amit hajtószíjvégek összeerősítsére használunk, szintén nagy átmérőjű fejet alkalmazunk. Ez utóbbi anyaga általában alumínium.

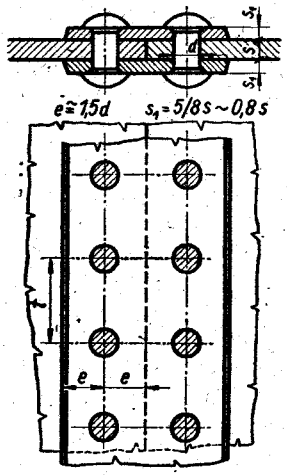
A lemezek furatába elhelyezett szegecs kiálló részét akkorára kell venni, hogy részint a fej térfogatát adja ki, részint hogy a szár körül levő nagyobb furatot is teljesen kitöltse. Ez utóbbi miatt nagyobb *K* közrefogásánál *(531. ábra)* a kiálló résznek nagyobbnak kell lennie, mint a kisebbnél. Vékonyabb szegecsnél is nagyobb résznek kell kiállnia, mint vastagnál. A 10 mm és ennél nagyobb átmérőjű szegecseknél a *K* közrefogáshoz szükséges szegecshosszúságokat a különböző szegecsekre vonatkozólag az MSZ 4462—4469 szabványok adják meg. Hozzávetőlegesen számítva a furatban elhelyezett szegecs kiálló részét félgömbölyű zárófejjel $1{,}4d$, kazánzárófejjel 1,7 d, süllyesztett zárófejjel 0,8 d, lencsezárófejjel 0,9 d értékűre lehet venni.

Tartályok szegecselésénél (MSZ 1758) a lemezek lehetnek egymás fölé helyezve, ez az *átlapolt szegecselés*, ami lehet *egysoros (535. ábra)*, *kétsoros (536. ábra)*, és *háromsoros átlapolt* szegecselés. A két és háromsoros szegecselésnél az egyes szegecssorokban levő szegecseket fél osztással eltolva helyezzük el.

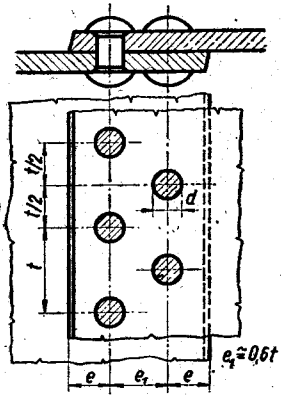
Használatos szegecselési mód az *egyhevederes kötés (537. ábra)*, amelynél egy oldalon elhelyezett lemezsávval közvetítjük a kötést a lemezszélek között. Inkább alkalmazunk azonban hevederlemezt mindkét oldalon. Ennek a két oldali hevederlemeznek az s_1 vastagsága egyenként az s lemezvastagság 5/8 s és 0,8 s értéke között választható. A *hevederkötés* lehet *egysoros hevederes szegecselés (538. ábra)*, *kétsoros hevederes szegecselés (539. ábra)* és *háromsoros hevederes szegecselés (540. ábra)*. A háromsoros hevederes szegecselésnél a szegecsek osztása lehet minden sorban ugyanakkora, vagy a szélső sorban kétszer akkora, mint a többi sorban, ez a *kihagyásos hevederes szegecselés*. A kihagyásos hevederes szegecselésnél a heveder széleit *hullámosan* szoktuk kiképezni, hogy a széleit közelebb hozzuk a beljebb



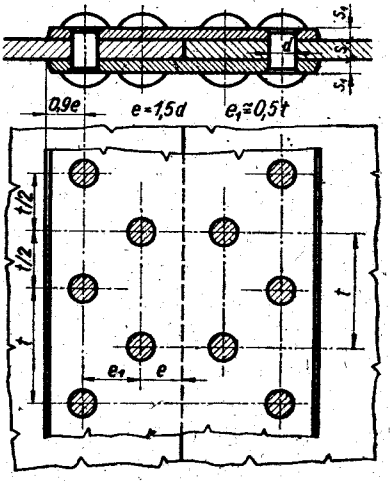
535. ábra.
Egysoros átlapolás

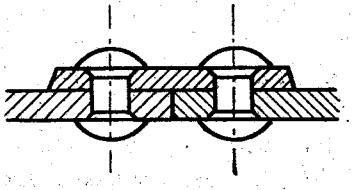


538. ábra. Egysoros hevederes szegecselés



536. ábra. Kétsoros átlapolás

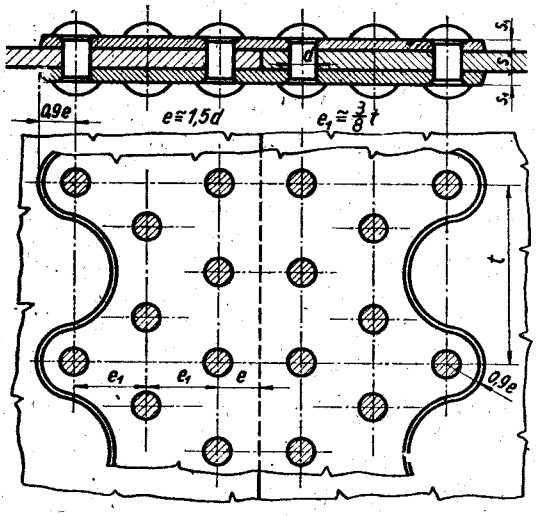




537. ábra. Egyhevederes szegecselés

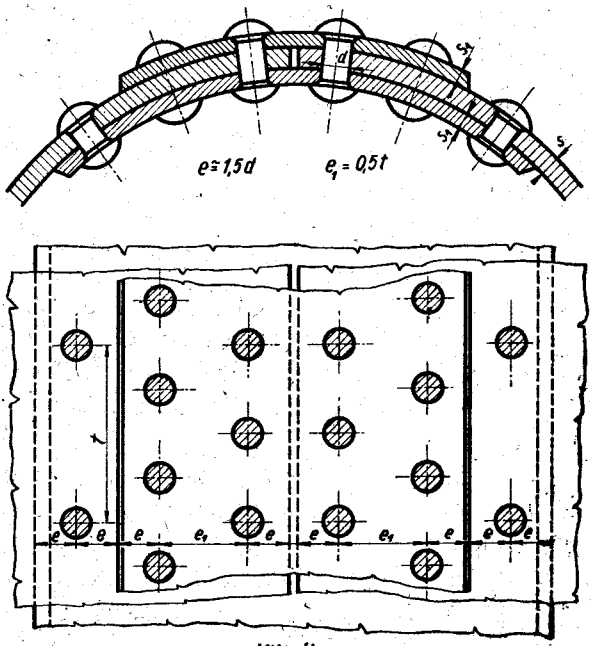
539. ábra. Kétsoros hevederes szegecselés

fekvő szegecsekhez, mert ezáltal a tömörített lemezszél jobban ráfekszik az alatta levő felületre, és biztosabban zár. A kihagyást azért alkalmazzuk, hogy az erőhatást fokozatosan származtassuk át a kihagyásos szegecssor után a többi sorban levő szegecsekre.



540. ábra. Háromsoros kihagyásos hevederes szegecselés

A hevederes szegecselést készítjük úgy is, hogy a hevederek nem egyforma szélesek *(541. ábra)*, éspedig a külsőt szoktuk keskenyebbre készíteni egy-egy szegecssorral. Ez is lehet kétsoros hevederes szegecselés, amikor a külső lemezt csak egy szegecssor, a belsőt pedig két szegecssor köti, vagy háromsoros, amelynél a külső lemezt két sor köti. A szegecsosztás is lehet minden sorban egyforma, vagy pedig a szélső sorban kétszer akkora, mint a többi sorban. Az *(541. ábrán)* ez utóbbi van feltüntetve.



541. ábra. Különböző szélességű hevederes szegecselés

A szegecsek anyaga általában A 34 Sz MSZ 113-as acél, azonban rendelhető jobb minőségű szegecsacél is, pl. az A 34 SzK, és A 44 SzK. Könnyűfém tárgyak szegecselésére alumíniumötvözetből készült szegecset használunk, éspedig az Al Mg Si MSZ 3714 anyagot. Rézszegecsek számára pedig a Cu C MSZ 64 anyagot alkalmazzuk.

Tartály szegecselésénél (MSZ 1758) a szegecs d átmérőjét általában a

$$d = \sqrt{50s} - a$$

képlettel számítjuk, ahol s jelenti a lemez vastagságát milliméterben, a d érték is milliméterben adódik, az a értéke pedig a szegecselési mód szerint választandó:

egysoros, kétsoros, háromsoros átlapolt szegecselésnél	$a = 4$ mm,
egysoros hevederes szegecselésnél	$a = 5$ mm,
kétsoros hevederes szegecselésnél	$a = 6$ mm,
háromsoros hevederes szegecselésnél	$a = 7$ mm.

A képlettel kiszámított értéket azonban össze kell hasonlítani a szegecsek szabványában megállapított szegecsátmérő-értékekkel, és onnan kell kiválasztani a közvetlenül nagyobb átmérőt.

A szegecsek egymástól való t távolságára szintén tapasztalati képleteket használunk:

egysoros átlapolt szegecselésnél	$t = 2d + 8$ mm,
kétsoros átlapolt szegecselésnél	$t = 2{,}6d + 15$ mm,
háromsoros átlapolt szegecselésnél	$t = 3d + 22$ mm,
egysoros hevederes szegecselésnél	$t = 2{,}6d + 10$ mm,
kétsoros hevederes szegecselésnél	$t = 3{,}5d + 15$ mm,
kétsoros kihagyásos (különböző hevederlemez-szélességnél)	$t = 5d + 15$ mm,
háromsoros hevederes szegecselés	$t = 3d + 10$ mm,
háromsoros kihagyásos szegecselés	$t = 6d + 20$ mm,

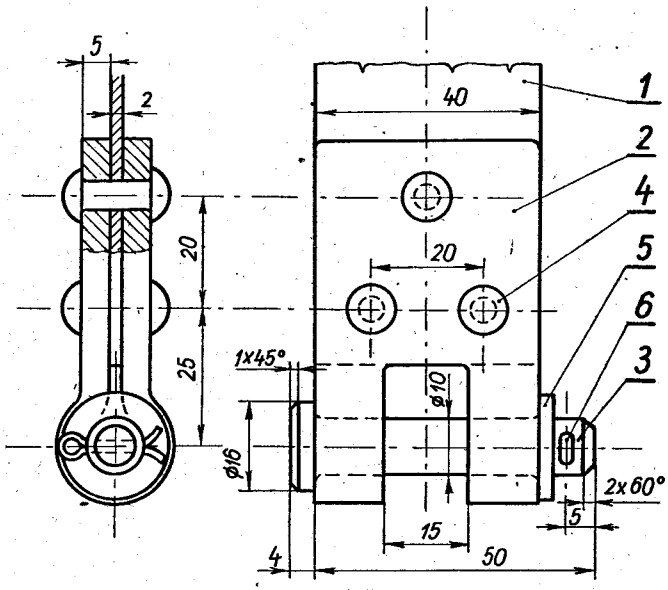
A képletekbe a d milliméterben helyettesítendő, és a t érték is milliméterben adódik. A szegecsosztás felső határát megszabja az a körülmény, hogy a lemez szélét jól kell tudni tömöríteni. Nagyobb szegecsosztásnál az a veszély fenyegethet, hogy a lemez széle rugózik, és a tömörítésnél felhajlik. Ezek elkerülésére a t felső határául a $t_{max} = 8d$ értéket vehetjük fel.

A szegecssornak a lemez szélétől való távolsága általában $1{,}5d$, többsoros szegecselésnél a soroknak egymástól való távolsága, továbbá a hevederlemez vastagsága a rajzokon beírt adatok szerint veendő.

Az idomszelvényekből összeszegecselt acélszerketeknél a hengerelt szelvények egymáshoz erősítése vagy közvetlenül, vagy csomóponti lemezek közvetítésével történik (lásd *86. ábrán*). Acélszerkezetek léptékben feltüntetett rajzainál a szegecsek jelölésére olyan rajzjeleket alkalmazunk, amelyek a szegecsátmérők szerint külön-

Szegecsátmérő: d	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30
Mindkét oldalon félgömbölyű fej										
Felül süllyesztett										
Alul süllyesztett										
Mindkét oldalon süllyesztett										

542. ábra. Különféle szegecsek jelképes ábrázolása



6	2	sasszeg	2,5 x 15	MSZ 2224	4S	
5	2	Nyers csapszegalátét	ø10	MSZ 2234	OA	
4	6	Szegecs	5 x 18	MSZ 4254	A34Sz	
3	2	Fejes csapszeg	10x50x45	MSZ 2229	5S	
2	2	Bilincs	40x5x140	MSZ 500	A38	
1	1	Szalag	40 x 2x750	MSZ 2666	60SM2	
Tétel szám	Db	Megnevezés	Méret	Szabv.szám	Anyag	Megjegyzés

Név, dátum	Aláírás	Fékszalag-felerősítés		
Szerkesztő				
Rajzoló			Tömeg:	
Ellenőr				
Ov.főkonstr. jóváhagyás			Méretarány	Rajzszám:

543. ábra. Fékszalag felerősítése

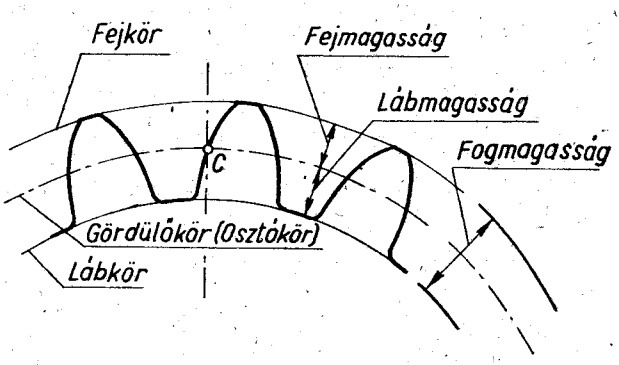
böznek *(542. ábra)*. Ezeknél a rajzjeleknél néha a szegecselés kivitelére is adunk utasítást az ábra szerinti jelöléssel, vagyis felső félkörívvel a felülsüllyesztett, alsóval az alulsüllyesztett, és teljes körrel a mindkét oldalon süllyesztett szegecselésre. Ezek előírása esetén a jelölések értelmét a rajzon „Jelmagyarázat"-ban célszerű feltüntetni. Ezek a jelölések sok tévedésre adhatnak alkalmat, ennek elkerülésére helyettük célszerűbb a rajzba szöveggel beírni az utasítást, pl. „7 db alulsüllyl." vagy „e sor mindkét oldalon süllyl."

A helyszínen végzendő szegecselést 45°-ra dőlő zászlócskával jelezhetjük a *386. ábra* szerint.

A szegecskötés alkalmazására példa fékszalagok felerősítése az *543. ábra* szerint. A fékszalag kopása után cserélése a szegecsek kiütésével végezhető el.

50. Jelképes ábrázolások fogaskerék-fogazatoknál

A fogaskerekek forgó mozgást átvivő gépelemek, a forgást az egymásba kapcsolódó fogak segítségével visszük át. Különböző fogszámok esetén fordulatszámmódosítást adnak. A fogaskerekek fogait *(544. ábra)* kívül a *fejkör*, belül a *lábkör* határolja. Közöttük van a *gördülőkör*, ami mint *osztókör* sokszor a fogak egymástól való *távolságának* a megadására is szolgál. Két egymásba kapcsolódó fogaskeréknél a gördülőkörökön egyenlő ívek gördülnek le egymáson. A gördülőkör, illetve az osztókör a fog magasságát két részre osztja, a *fejmagasságra* és a *lábmagasságra*.



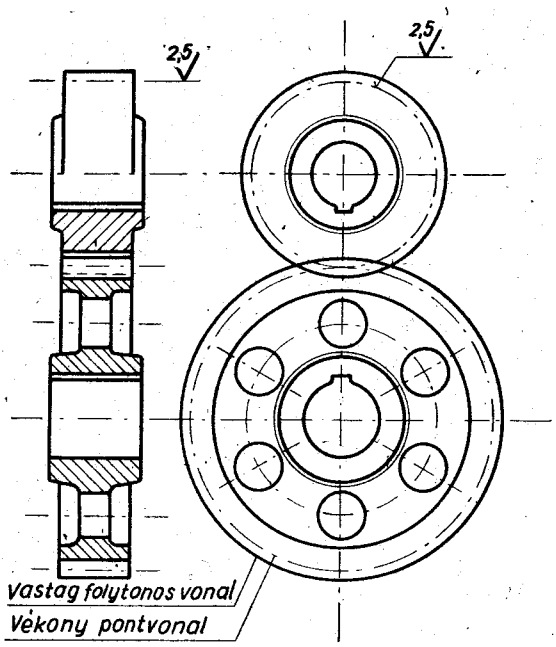
544. ábra. Fogaskerék elnevezései

A fogazatot készíthetjük hengeres felületre egyenes vagy ferde irányban. Ezek a *hengeres kerekek, egyenes* vagy *ferde* fogazattal. Ha két irányban ferde a fogazat, akkor *nyíltfogazatról* beszélünk. Hengeres kerekeknél a tengelyek párhuzamosak. Szögben eltérő tengelyeknél, ha a tengelyek metszik egymást, *kúpkerekeket* alkalmazunk. Ezeknél a leggyakoribb a 90°-os *tengelyhajlásszög*. Kúpkerekeknél kúp-

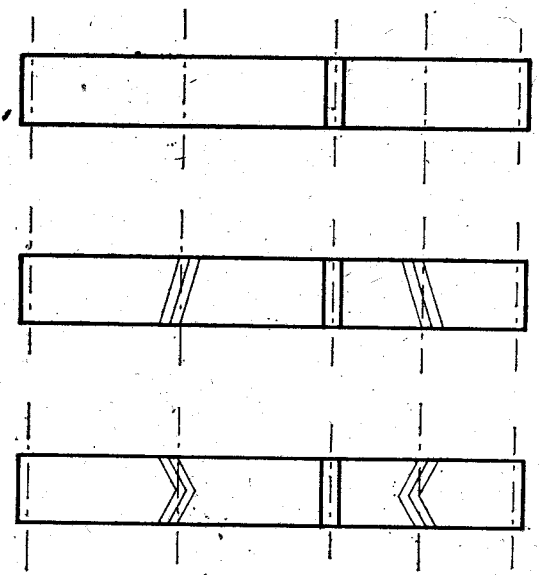
felületre készítjük a fogazatot *egyenesen* vagy *ferde* irányban, a ferde kúpfogazat helyett azonban inkább *ívelt* fogazatot készítünk. Nagyobb fordulatszámmódosítást *csigahajtással* tudunk létrehozni, amelynél az egyik tengelyre csavarmenetet, csigát készítünk, ennek menetei közé nyúlnak be a csigakerék fogai, amelyeket ezért nem hengeres, hanem homorú felületen képezünk ki. Ha forgás átvitelét lánccal végezzük, akkor alkalmazzuk a *lánckerekeket*. A *kilincskerekek* egy pecekkel mint kilinccsel megtámasztva, csak egyirányú forgás átvitelére alkalmasak.

A következőkben részletesebben csupán a fogazat jelképes ábrázolása szempontjából foglalkozunk a fogaskerekekkel.

A fogaskerekek fogait ugyanis nem rajzoljuk ki a géprajzokon, hanem jelképes ábrázolást alkalmazunk (*545. ábra*, MSZ 9). A fejkört vastag folytonos vonallal, a gördülőkört, illetve osztókört vékony pontvonallal kell feltüntetni. A lábkör megjelölése nem kötelező, indokolt esetben vékony folytonos vonallal történhet. Egymással kapcsolódó kerekek rajzán a fejkörök vastag folytonos vonallal rajzolandók meg. A helyszükségletet megadó ábrázolásnál csak a kontúrvonalat és a gördülő kört jelöljük. A fogazat minőségét egyenes, ferde és nyílfogazatnál az *546. ábra* szerint jelöljük. A fogirányt nézetben rajzolt fogazatnál a tengelyvonalnak



545. ábra. Fogaskerekek fogazatának jelképes ábrázolása



546. ábra. Így jelöljük egyenes, ferde és nyílfogazat esetén a fogazatot

a közelében, a fogiránynak megfelelően néhány ferde, illetve ívelt, párhuzamos vékony folytonos vonallal jelöljük, vagy tengelymetszetben ábrázolt műhelyrajzon külön kis magyarázó ábrát rajzolunk.

A fog felületének minőségét az *545. ábra* szerint érdességi jellel az osztókörön adjuk meg, éspedig vagy a nézeten, vagy a metszeten.

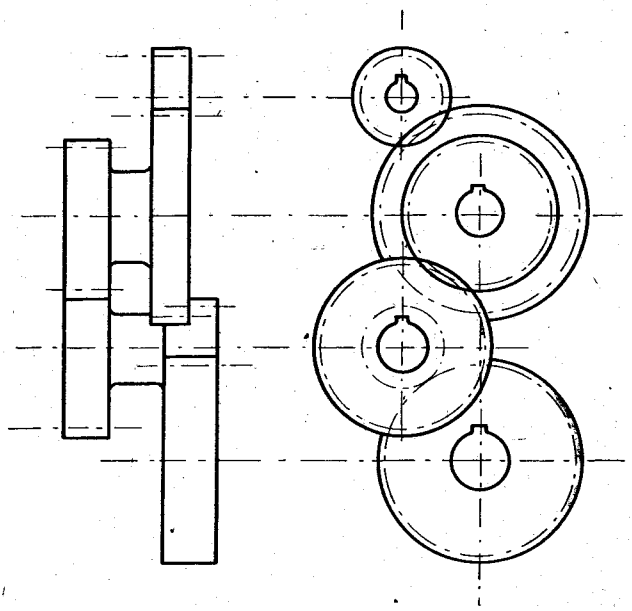
Több fokozatú fogaskerékhajtásnál a helyszükséglet megállapítására az *547. ábra* szerinti vagy az *548. ábra* szerinti egyszerű jelölést alkalmazzuk, amelyeken ferde és nyílfogazatnál vékony folytonos vonallal jelöljük a fogirányt.

Belső fogazatnál ugyanazt a jelölést használjuk, mint a külső fogazatnál *(549. ábra)*, a leegyszerűsített jelölésnél is csak az osztóköröket rajzoljuk meg *(550. ábra)*.

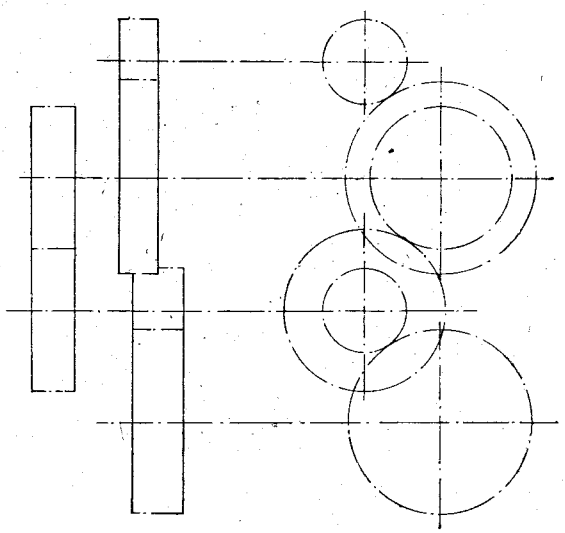
Fogasléc ábrázolásánál néhány fogat ki kell rajzolnunk *(551. ábra)* még a leegyszerűsített ábrázolásnál is *(552. ábra)*: legcélszerűbb a szélső fogakat feltüntetni, ezt a módszert alkalmazzuk a fogasívnél is *(553. ábra)*.

A kúpkerékpárnál az osztókúpalkotókat és az osztóköröket meg kell rajzolni *(554. ábra)*, a fejkúpokat egymást fedő értelemnek megfelelően teljes vonallal rajzoljuk meg. A fogirány jelölése: egyenes, ferde és ívelt fogazatnál az *555. ábra* szerint lehet eljárni. Legegyszerűbb jelölés az *556. ábra* szerinti.

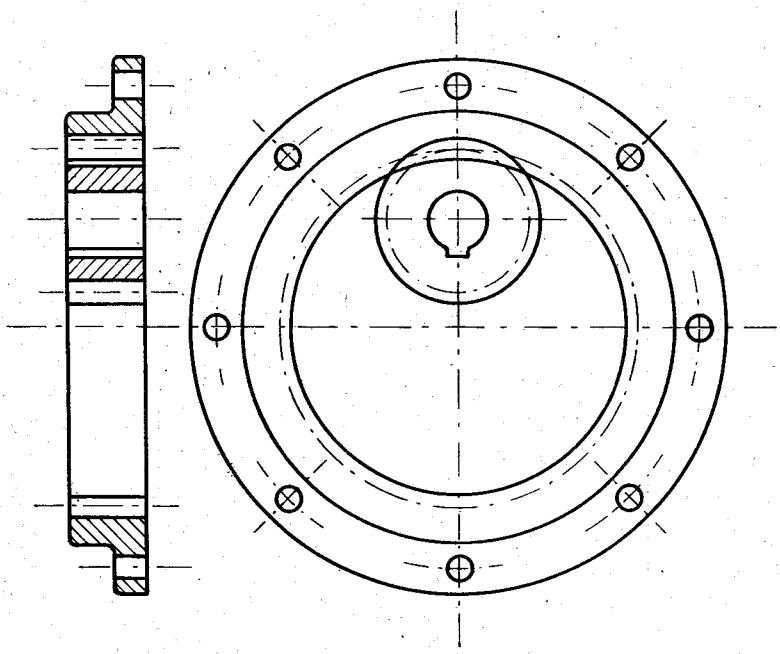
Kitérő tengelyű ferde fogazatú fogaskerekek a *csavarkerekek*. Ezeknél a fejköröket vastag folytonos vonallal rajzoljuk meg az *557. ábra* szerint. A fogferdeséget vékony folytonos vonallal kell jelölni. Helyszükséglet kijelölésénél az egymásba nyúló vonalak természetesen elhagyhatók. A forgásirányt nyíllal fel kell tüntetni *(558. ábra)*, éspedig mindig a hajtó fogaskeréknél. A fog ferdeségét is fel kell tüntetni, mégpedig az *558. ábra* szerinti legegyszerűbb csavarkerékjelkép esetében is.



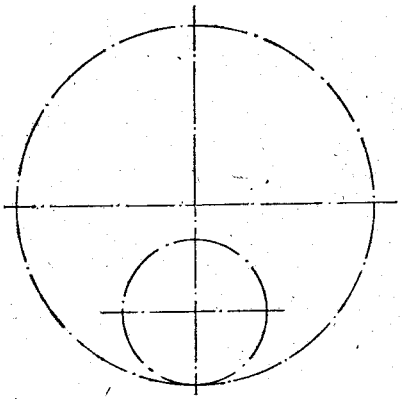
547. ábra. Több fokozatú fogaskerékhajtás jelképes ábrázolás



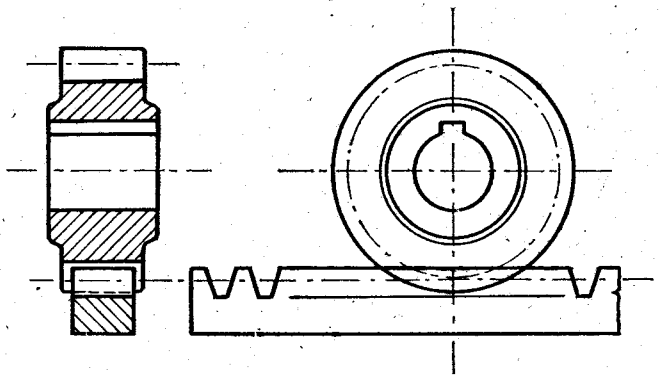
548. ábra. Több fokozatú fogaskerékhajtás egyszerűsített jelképes ábrázolása



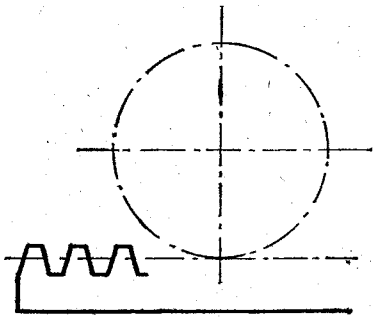
549. ábra. Belső fogazat jelképes ábrázolása



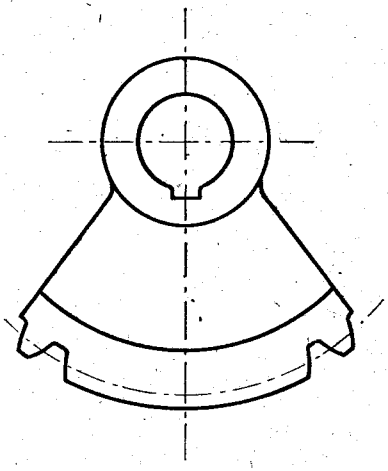
550. ábra. Belső és külső fogazatú kerekek egyszerűsített ábrázolása



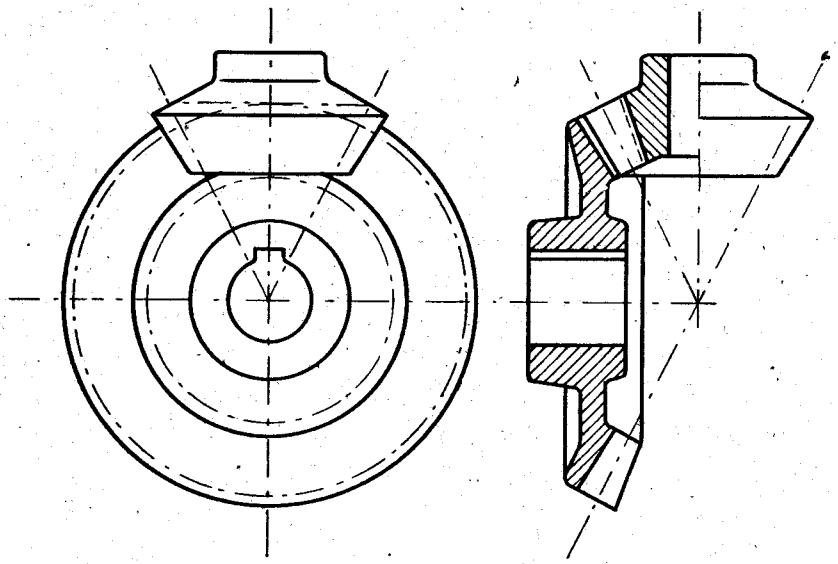
551. ábra. Fogasléc jelképes ábrázolása



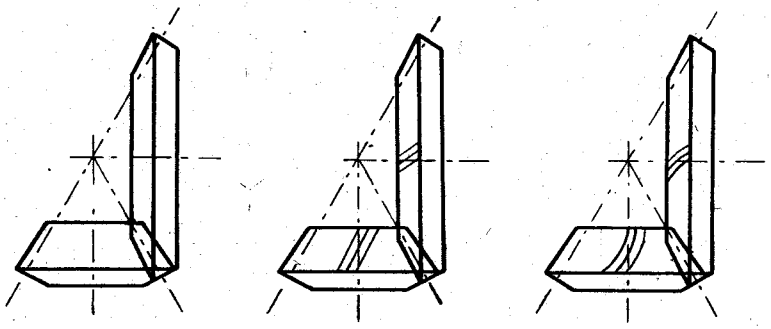
552. ábra. Fogaslécről készült egyszerűsített jelképes rajz



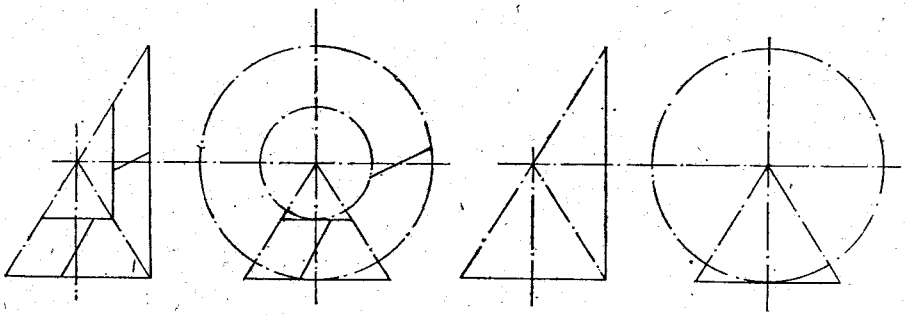
553. ábra. Fogasív jelképes ábrázolása



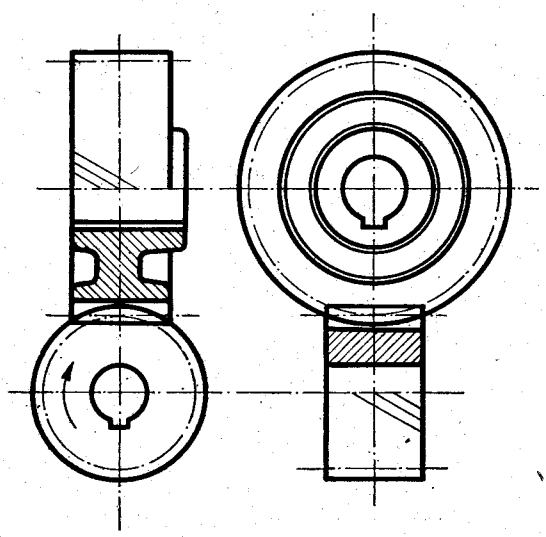
554. ábra. Kúpkerekek jelképes rajza



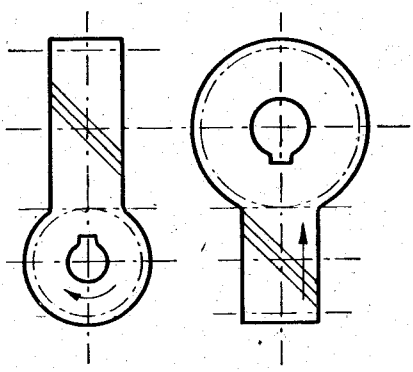
555. ábra. Egyenes, ferde és ívelt fogazatú kúpkerekek



556. ábra. Leegyszerűsített jelképes ábrázolású egyenes és ferde fogazatú kúpkerékpár

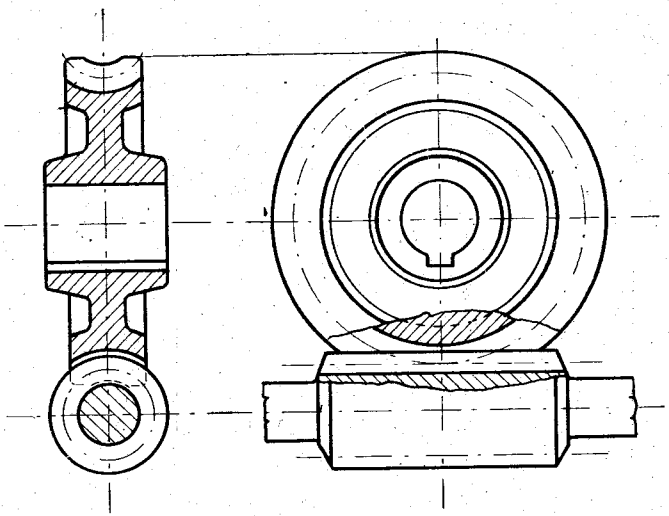


557. ábra. Csavarkerekek jelképes ábrázolása

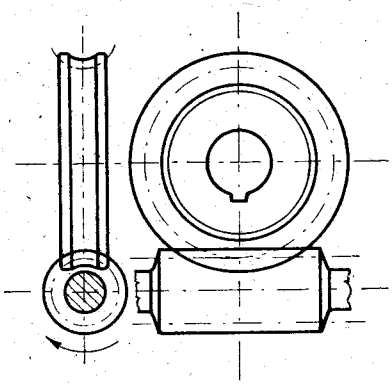


558. ábra. Csavarkerekek forgásirányát mindig a hajtókerék vetületein tüntetjük fel

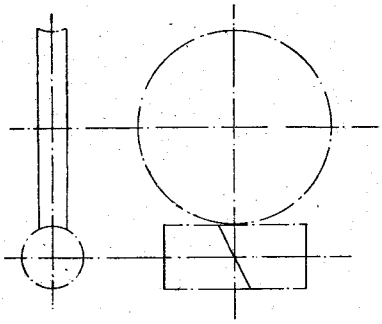
Csigahajtásnál a kerék oldalnézetén az osztókört a szimmetriasíkból vetítjük át, a fejkör vonalát azonban nem a szimmetriasíkból vesszük, hanem a legkülső vonalnak megfelelő kört rajzoljuk meg *(559. ábra)*. A csigánál az emelkedések irányát vékony folytonos vonallal csak az osztókörön belül rajzoljuk meg. Metszetben a csiga fogazata takarja a csigakerék fogazatát. Az *560. ábra* csak a helyszükségletet megadó jelölés, az *561. ábra* a legegyszerűbb vázlatot mutatja.



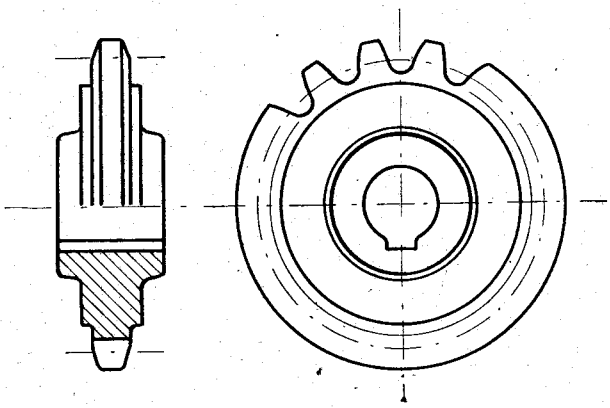
559. ábra. Csigahajtás jelképes ábrázolása



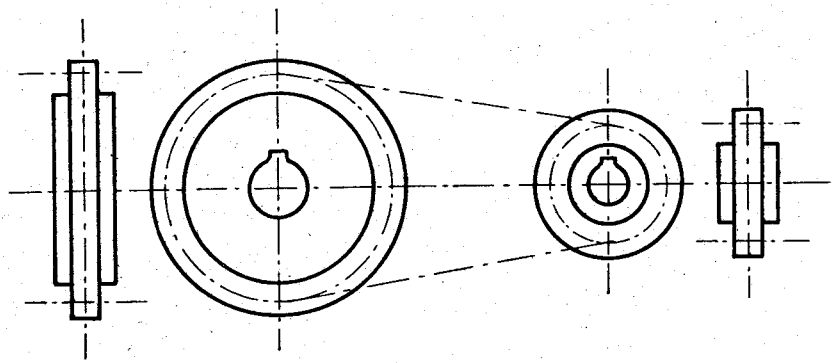
560. ábra. Csigahajtás helyszükségletét így adjuk meg



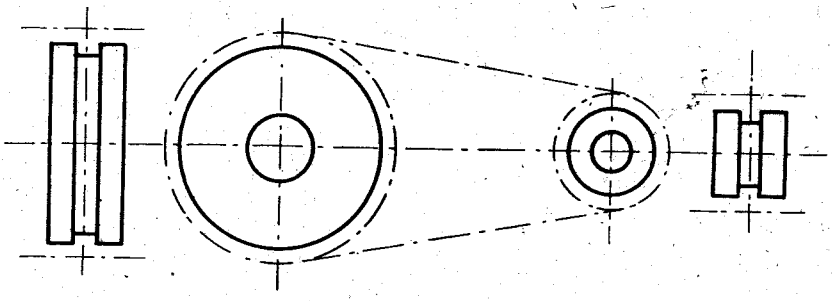
561. ábra. Csigahajtás legegyszerűbb ábrázolása



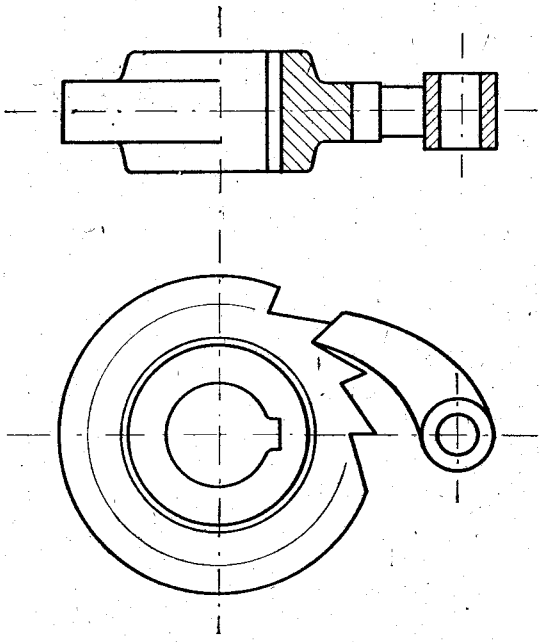
662. ábra. Lánckerék jelképes rajzolása



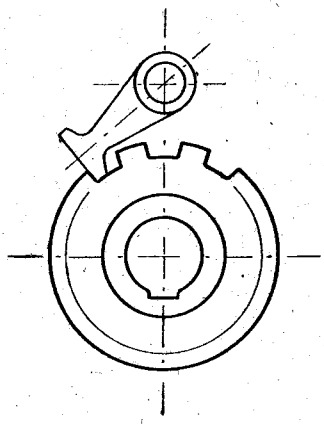
563. ábra. Lánckerék egyszerűsített jelképes ábrázolása



564. ábra. Láncкerék helyszükségletét így ábrázoljuk



565. ábra. Kilincskerekek jelképes rajzolása



566. ábra. Kilincskerekek egyszerűsített jelképes ábrázolása

Lánckeréknél szintén a hengeres fogaskerekek ábrázolása szerinti eljárást alkalmazzuk, de a fog alakjának megadására néhány fogat műhelyrajzban mindig célszerű kirajzolni *(562. ábra)*. Leegyszerűsített jelölést az *563.* és az *564. ábra* mutat. Kilincskerék műhelyrajzánál is *(565. ábra)* ki kell rajzolni néhány fogat, még az *566. ábrán* levő egyszerűsített, jelképes ábrázolásnál is. Kilincskeréknél nincs osztókör. Ha a fogazat nem terjed ki a palást teljes kerületére, akkor célszerű minden fogat kirajzolni.

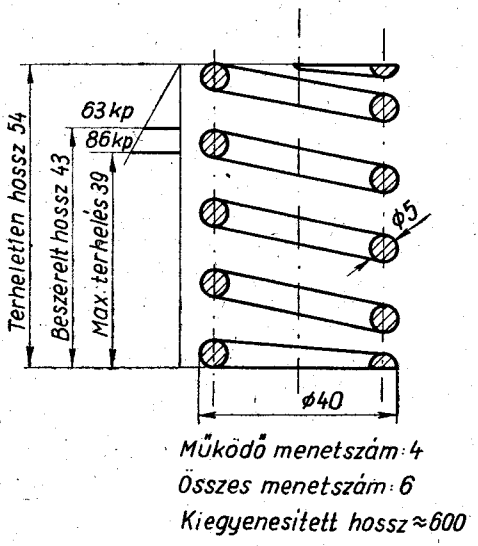
Fogaskerekek műhelyrajzainál azokat az adatokat, amelyek a fogazat elkészítéséhez, a fogazógép beállításához szükségesek, az ábra mellett táblázatban kell megadni (MSZ 549).

51. Rugók, láncok, gördülőcsapágyak jelképes ábrázolása

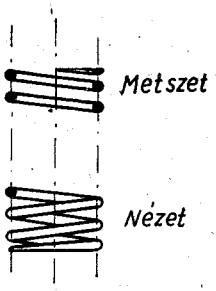
A csavarrugók ábrázolásánál (MSZ 531/1, MSZ 7840) szigorúan véve sinusvonal mentén végigvezetett rugókeresztmetszet burkológörbéjét kellene megrajzolnunk. Ehelyett egyszerűen egyenes vonalakkal ábrázoljuk a rugó meneteit. A rugóhuzal irányában menő középvonalakat nem rajzoljuk meg. Képies ábrát metszetben való feltüntetéssel nyerünk az *567. ábra* szerint, amelyiken nyomó csavarrugót tüntettünk fel. A rajzon megadjuk a huzal átmérőjét, nem körszelvényű huzal esetén a szelvényméreteket, a rugó külső átmérőjét, esetleg a belső átmérőjét a külső átmérő helyett, a menetszámot, és a kiegyenesített huzal körülbelüli hosszát. A rugó megkívánt felületi kezelését a rajzon elő kell írni, pl. „Sörétezve", „Krómozva", „Nikkelezve", „... színű festéssel megjelölve", „Homokfúvással tisztítva" stb.

A rugó anyagának felületi érdességét szabványos rugóacélhuzal előírása esetén a rajzon nem kell külön előírni. Köszörült nyomórugók esetében a köszörülés felületi minőségét elő kell írni, ha az $R_a = 5$-nél finomabb.

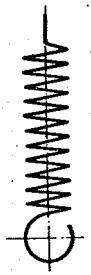
Balmenetű rugónál a „Balmenet" szöveget is fel kell írni az ábra mellett. A menetek közül a végeknél, a feltámaszkodásnál levő menetek nem vesznek részt a rugózási összenyomódásban. Az összes menetszámból ezen felfekvő menetek levonásával adódik a működő menetek száma. A rugó mellett szokás még megrajzolni a rugó összenyomódásának a függvényében a rugó diagramját is. Az ábra szerinti nyomott rugónál a rugódiagramban a következő hosszakat, illetve a hozzájuk tartozó terheléseket célszerű feltüntetni: a rugó terheletlen hosszát, a rugó hosszát beszerelt állapotban és az ehhez a hosszhoz tartozó előfeszítési terhelést, a rugó hosszát az üzemi maximális terhelőerő alatt a hozzá tartozó erővel együtt. Szükség esetén megadhatjuk azt a hosszúságot és a hozzá tartozó legnagyobb értékű próbaterhelést, amit a rugó maradó deformáció nélkül még elbír. A rugót ajánlatos úgy szerkeszteni, hogy a menetek felfekvéséig összenyomható legyen. Teljesen összenyomott állapotban a terhelés megadását kerüljük, mert a rugó már nem leng, és emiatt a rugó mérése bizonytalan. A legnagyobb mérhető rugóerőt csak olyan rugóhosszra szabad megadni, amelynél a menetek között hidegen alakított rugónál 0,1 d, melegen alakított rugónál pedig 0,2 d hézag marad. Ha a karakterisztika szűk tűrésekkel van megadva, ak-



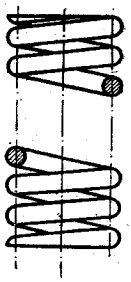
567. ábra. Hengeres csavarrugó egyszerűsített képies rajza és kottázása



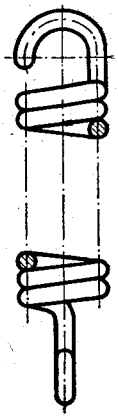
568. ábra. Rugószelvény jelölése keresztmetszete befeketítésével



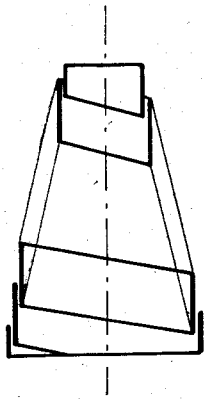
569. ábra Befeketített rugószelvény



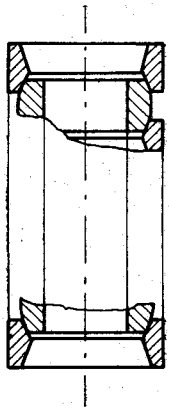
570. ábra. Elegendő a zárómenetek mentén egy-két menet kirajzolása



571. ábra. Ki nem rajzolt rugószakaszt pontvonallal jelölünk



572. ábra. A ki nem rajzolt rugórészt kontúrvonalával jelöljük



573. ábra. A rugószelvény által elfoglalt területet vékony folytonos vonallal tüntetjük fel

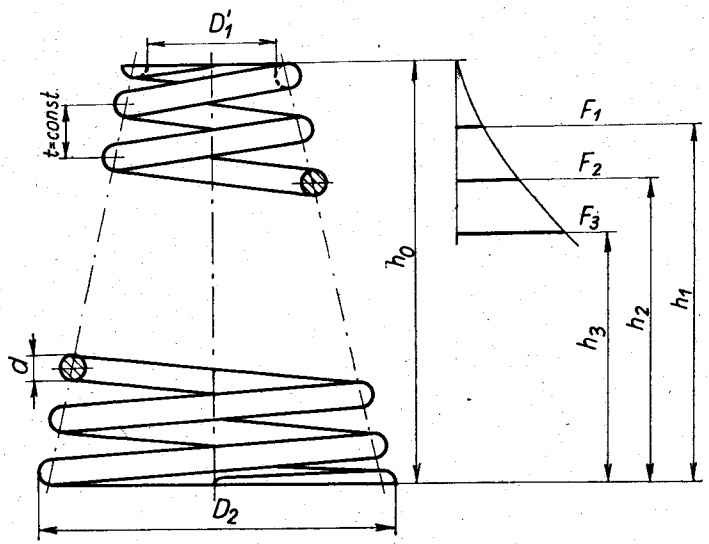
kor a tervezőnek meg kell adnia, hogy a karakterisztika betartása érdekében milyen adattól, pl. menetszámtól, rugóátmérőtől stb. lehet a gyártáskor szükség szerint eltérni.

2,5 mm-nél kisebb átmérőjű vagy 2 mm-nél vékonyabb rugószelvény esetében a szelvényt nem vonalkázzuk, hanem befeketítjük *(568. ábra)*. Kisebb rugókat vonalasan ábrázolhatunk *(569. ábra)*. Négy vagy kevesebb működő menetű csavar- és tekercsrugó minden menetét meg kell rajzolni. Ennél több menetű rugó esetében

elegendő a végeknél a zárómenetek mellett egy- két menetet kirajzolni *(570. ábra)*. Gyűrűs és tányérrugó esetében is hasonló módon kell eljárni. A ki nem rajzolt rugószakasz helyett hengeres csavarrugónak *(571. ábra)* és körszelvényű kúpos rugónak vagy egyéb, pl. hordós rugónak az ábráján helyettesítő vonalként csak a szelvények középpontjait összekötő és a rugó teljes hosszán végighúzott vékony pontvonalakat rajzolunk meg. Kúpos tekercsrugók, gyűrűs rugók, tányérrugók stb. ábráján a ki nem rajzolt rész kontúrját burkoló, a szelvények által elfoglalható területet jelképező vékony folytonos vonalakat rajzolunk meg *(572. és 573. ábrák)*.

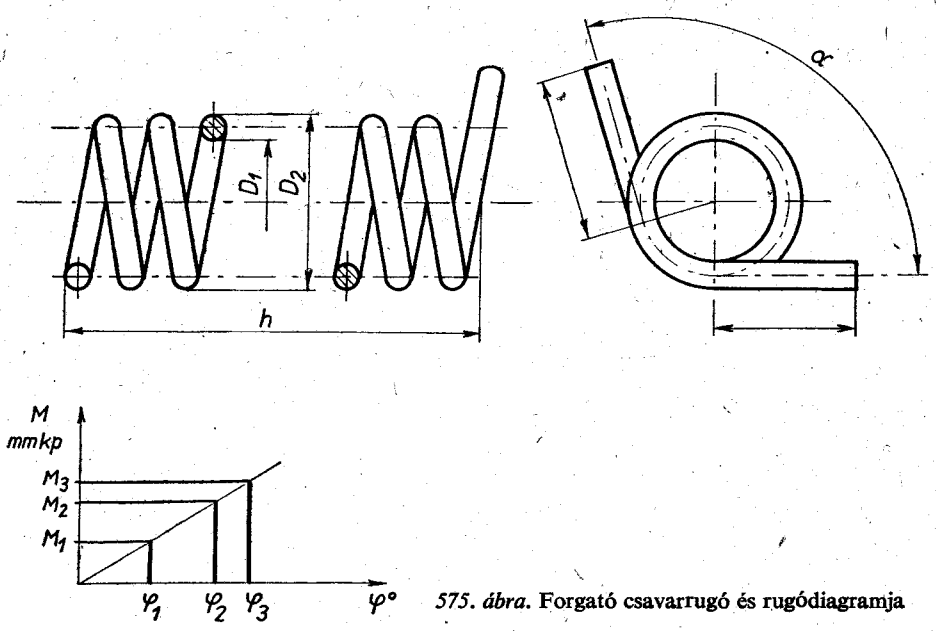
Húzott csavarrugónál az utolsó meneteket mindig nézetben rajzoljuk meg *(571. ábra)*. A rugó diagramját a nyomott rugó diagramjához hasonlóan adhatjuk meg az ábra mellett. Húzó csavarrugó esetében a maradó alakváltozás nélkül megengedett maximális próbaterhelést adjuk meg.

Kúpos nyomó csavarrugónál a rugódiagram nem lineáris *(574. ábra)*, a rugókarakterisztika megrajzolásához ki kell mérni az egyes pontokat. A műhelyrajzon meg kell adni a legkisebb belső rugóátmérőt, a legnagyobb külső átmérőt, a szabad hosszt stb., melyek a hengeres nyomó csavarrugónál vannak előírva, megadjuk azonkívül a t menetemelkedést is. A menetemelkedés egy helyen való megadása azt jelenti, hogy a terheletlen rugó maradó meneteinek menetemelkedése állandó, az emelkedés mértékét azonban nem írjuk elő, hanem a menetszám határozza meg



574. ábra. Kúpos nyomó csavarrugó és rugódiagramja

A *forgató* csavarrugót *(575. ábra)*, ami csavart (torziós) rugó, annyi képen kell megrajzolni, hogy a szárak állása, kiképzése egyértelműen ábrázolható legyen. Egy hossz- és egy tengelyirányú nézet megrajzolása általában kötelező. A rugódiagramot az ábrához közvetlenül kapcsolódó poláris diagram helyett derékszögű koordinátarendszerben kell rajzolni. A függőleges tengelyre a nyomaték, a vízszintesre pedig a φ elcsavarodási szög értékeit kell felvinni. A műhelyrajzon az eddig ismert adatokon kívül még meg kell adni a szárak egymással bezárt szögét a rugó terheletlen állapotában, a szárak alakját és a helyzetét meghatározó egyéb méreteket is.

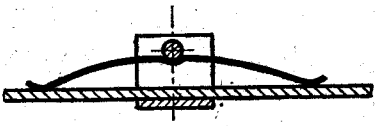


575. ábra. Forgató csavarrugó és rugódiagramja

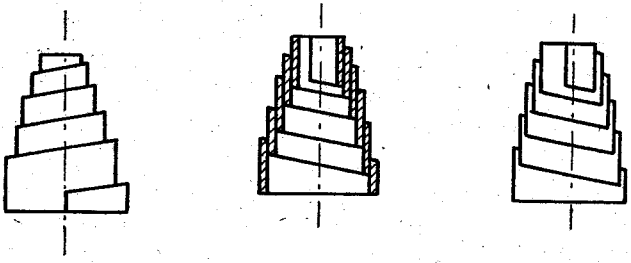
Vékony lemezrugó ábráján a rugólapot nézetben is vonalasan, azaz egyetlen vastagabb vonallal rajzoljuk *(576. ábra)*.

Az *577. ábra tekercsrugót* tüntet fel nézetben, metszetben és egyszerű jelképes ábrázolásban. Az *578. ábra* pedig *tányérrugót* mutat be ugyanezekben az ábrázolásokban. Az *579. ábra lemezrugó* vagy huzalrugó nézeti és egyszerű jelképes ábráját szemlélteti.

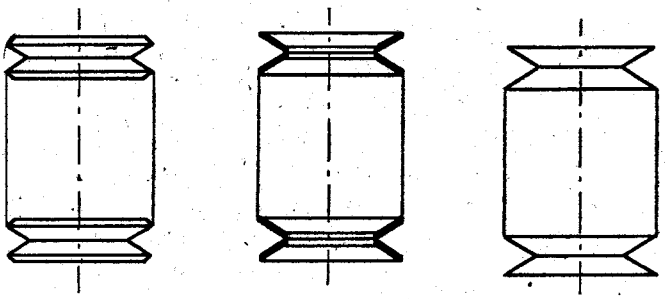
Összeállítási rajznál, ha nézetet rajzolunk meg, akkor a rugót is nézetben ábrázoljuk, de ha metszetben rajzoljuk a csatlakozó részeket, akkor a rugót is metszetben rajzoljuk. Kis léptékben rajzolt metszetnél a rugók kontúrvonalainak megrajzolását el lehet hagyni *(580. ábra)*. Kisméretű húzott vagy nyomott rugó jelölésére összeállításban is az *569. ábrán* feltüntetett vonalas vázlatot alkalmazhatjuk.



576. ábra. Vékony lemezrugót egyetlen vastagabb vonallal tüntetünk fel

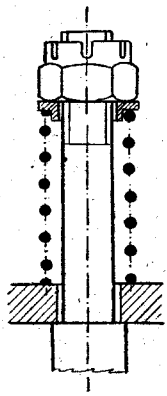


577. ábra. Tekercsrugó nézetben, metszetben és jelképes ábrázolásban

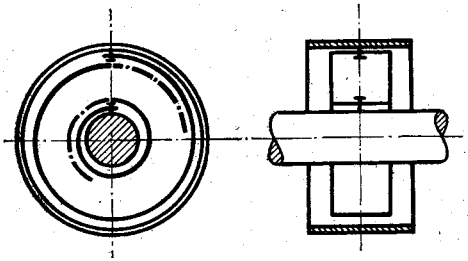


578. ábra. Tányérrugó nézetben, metszetben és jelképes ábrázolásban

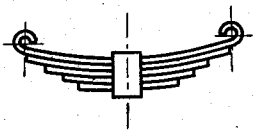
579. ábra. Lemezrugó (huzalrugó) nézetben és jelképes ábrázolásban



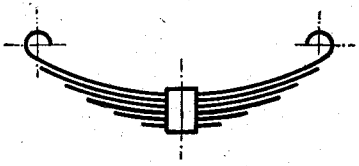
580. ábra. Kis léptékben a kontúrvonalat is el lehet hagyni



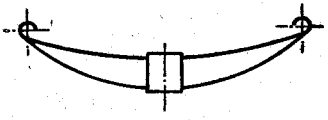
581. ábra. Spirálrugó egyszerű ábrázolása



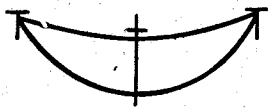
582. ábra. Lemezrugók ábrázolása a rugólapok kirajzolásával



583. ábra. Vastag folytonos vonallal ábrázolt rugólapok



584. ábra. Lemezrugókötegnél csak a szélső lemezek kontúrjait tüntetjük fel



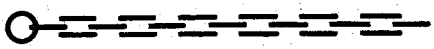
585. ábra
Lemezrugók kontúrjai

Spirálrugó ábrázolásánál kirajzolható a negyed- vagy félkörívből összetett teljes spirál, elegendő azonban a kezdeti és befejező menet kirajzolása is *(581. ábra), továbbá azok folytatásaként egy további kis rész vastag pont-vonallal.*

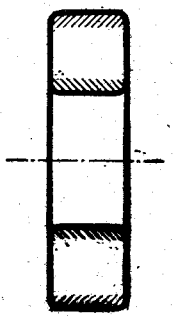
Lemezrugók ábrázolásánál a rugólapokat kirajzolhatjuk *(582. ábra)*, vagy csak egyetlen vastag folytonos vonallal ábrázoljuk őket *(583. ábra)*. Sok esetben elegendő a lemezrugóköteg körvonalának megadása az *584. ábra* szerint vagy az *585. ábra* szerint.

Szemes láncoknál a kis léptékű rajzokon a láncszemeket az *586. ábra* szerint ábrázoljuk jelképes ábrázolással.

Radiális gördülőcsapágyaknál a belső szerkezet kirajzolása mellőzhető, és az *587. ábra* szerinti jelöléssel csak a belső, külső átmérőket és a szélességet feltüntető, az illeszkedő felületeknél vonalkázással ellátott ábrát rajzolunk meg. Ebbe a jelképes ábrázolásba a tengelyre merőleges középvonalat nem szabad belerajzolni.



586. ábra. Szemes lánc jelképes ábrázolása



587. ábra. Radiális gördülőcsapágy jelképes rajzolása

52. Hegesztési módok és a hegesztés jelölése (MSZ 694, 4291, 4292, 4302, 4304)

A legrégibb hegesztési mód a *tűzben való hegesztés*, amikor a hegesztésre alkalmas anyagból készített darabokat kovácstűzben fehéren izzó, képlékeny állapotra felmelegítik, és az összehegesztendő végeket kalapácsütéssel vagy sajtolással egymáshoz szorítják. Az izzó anyagrészek a nyomás hatására kohéziós kapcsolatba jutnak. Ez a *sajtolóhegesztés*.

A másik hegesztési mód az *ömlesztőhegesztés*. Ennek egyik változata a *gázhegesztés*. Ennél éghető gázt, leginkább *acetiléngázt* használunk, amelynek égését oxigénnel tápláljuk. Az acetiléngázt vagy házi gázfejlesztőből nyerjük, vagy acélpalackból, amelyben 15—20 atm-ra összesűrítve és lyukacsos anyagban levő acetonban oldva hozzák forgalomba, mint dissousgázt. Az oxigén szintén palackban, 150 atm nyomásra összesűrítve kerül forgalomba. Az éghető gázt és az oxigént nyomáscsökkentő szelepeken keresztül külön-külön vezetjük a hegesztőpisztolyhoz, amelynek lángja felmelegíti az összehegesztendő részeket. A lángba hegesztőpálcát tartunk, amelynek anyaga, az ún. *hozaganyag* megolvad, és a részek közé befolyva adja a hegesztési varratot és köti össze a részeket. A gázlánggal darabolást is végezhetünk úgy, hogy a pisztoly lángjához még egy külön harmadik csövön keresztül oxigént vezetünk, ami a láng által felolvasztott anyagot oxidálja és kifújja a résből. Az autogénvágásra külön, kis gördülőkerékkel alátámasztott *vágópisztoly* használatos.

Az ömlesztő hegesztés másik változata a *villamos ívhegesztés*, amelynél a hálózati áramot *transzformátorban* átalakítjuk kisfeszültségű és nagy áramerősségű árammá, vagy külön hegesztő motordinamóban *egyenáramot* fejlesztünk. Az egyik pólust a hegesztendő tárgyhoz erősítjük, a másikat pedig ahhoz a fogóhoz vezetjük, amelyet a hegesztő tart a kezében. Ebben a fogóban van a hegesztőpálca mint elektróda. A fogóval az elektródát a hegesztendő géprészhez érintjük, és utána kissé eltávolítjuk, miáltal ívfény keletkezik, amelyben felmelegszik a kötendő két alkatrész, és megolvad a pálca anyaga is.

Villamos árammal a hegesztést a villamos ellenállás hőhatásával is végezhetjük. Ez az *ellenálláshegesztés*, amelynél a két munkadarabot elektródák között tartva tompán összeérintjük és összeszorítjuk. A hegesztési hőmérséklet elérése után a nyomás következtében az érintkezési felületek összehegednek, a hegesztési hely megduzzad, ezért *zömítő tompakötésnek* nevezzük. Leolvasztó *tompakötésnél* viszont ismételten összeérintjük és széthúzzuk a munkadarabokat, így közöttük ív keletkezik, ez megolvasztja a felületeket, végül ebben az állapotban ütésszerűen összesajtoljuk őket. A hegesztési hely körül sorja keletkezik.

Vékonyabb lemezeknél villamos árammal ellenálláshegesztést még úgy is végezhetünk, hogy a két összehegesztendő alkatrészt csúcsok között összeszorítjuk, és a csúcsokon mint elektródákon keresztül áramot bocsátunk át, ami a közbefogott lemezeket a csúcsok közötti részen izzásig felhevíti, miáltal azok a tűzben való he-

gesztéshez hasonlóan összehegednek. Ez a *ponthegesztés*, amit célszerűen használhatunk szegecskötés helyett.

Dudorhegesztésnél az egyik hegesztendő helyein dudorokat képezünk ki, hogy kis helyre csökkentsük az érintkezést, majd nagyobb felületű elektródák közé helyezve a lemezeket, a pontszerű érintkezési helyeken megtörténik a hegedés, miközben a dudorok is laposra nyomódnak. Ha az elektródák számára nem csúcsokat, hanem tompa élű görgőket használunk, s közöttük az összehegesztendő tárgyakat egymás fölé helyezve áthúzzuk, akkor a hegesztés vonal mentén történik. Ez a *görgős hegesztés*, amit *vonalhegesztésnek* is nevezünk. A pont-, dudor- és a görgős hegesztés szintén sajtoló hegesztések.

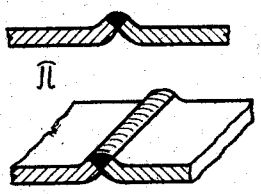
Ha hegesztőpálcával történik a hegesztés, akkor ennek anyagát a hegesztendő tárgyak anyagának megfelelően kell megválasztanunk, hogy az egyöntetű szilárdság biztosítva legyen. A részek között egyenletes, kohéziós kapcsolatot kell létrehozni, amit a nagy hőmérsékleten keletkező oxidok leronthatnak, ha a varratba kerülnek, mint zárodmányok. Ezeket az oxidokat fel kell oldani, erre az ún. *bevonatos hegesztőpálcákat* használjuk. Ezeknek a felülete olyan anyaggal van bevonva, amelyek a magas hőfokon megolvadva, az oxidokkal egyesülnek, és könnyű fajsúlyú, hígfolyós salakot adnak, ami a felolvadt vas tetején helyezkedik el, és oldalt el tud folyni.

Az egyes szerkezeti anyagok nem hegednek egyformán. A kis széntartalmú acél hegeszthető a legkönnyebben, ezt bevonat nélküli pálcával hegesztjük. Az öntött vas nehezebben hegeszthető, hegesztéskor nagy felületet kell felmelegíteni, hogy a lehülésnél nagy felületen, egyenletesen történjék az összehúzódás, és ne legyen repedés a rideg és törékeny anyagnál. Az acélöntés könnyebben hegeszthető. A gázhegesztés nagyobb felületet melegít fel, mint az ívhegesztés, ezért a lehülésnél nagyobb elhúzódások keletkezhetnek.

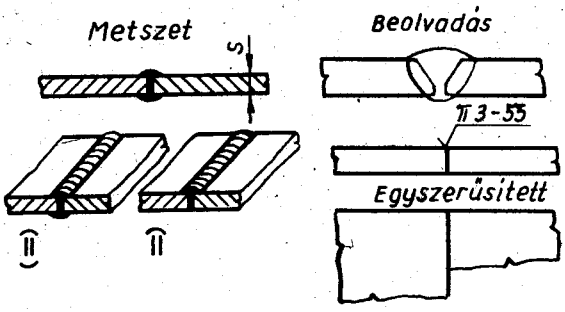
Különböző vastagságú alkatrészek egymáshoz hegesztésére az ívhegesztés alkalmasabb, mert gázhegesztésnél a vékonyabb alkatrész már esetleg eléghet akkor, amikor a vastagabb anyag még nem melegedett fel a kellő hőmérsékletre. A gázhegesztésnél tehát inkább arra kell törekednünk, hogy a falak egyenlő vastagok legyenek.

Bizonyos könnyen oxidálódó acélok hegesztésénél a levegőt kizárjuk a hegesztőív környezeténél. Automatikus ívhegesztésnél ezt fedőpor alatti hegesztéssel végezhetjük, vagy argon, CO_2, esetleg kevert védőgázas hegesztéssel tudjuk eszközölni.

Vékony lemezeket, kb. 3 mm lemezvastagságig a peremük felhajlításával hegesztünk össze, ez a *peremvarrat (588. ábra)*. A felhajlítás végeredményben sík felületté olvad össze. Egyébként vékony alkatrészeket előkészítés nélkül *tompán* lehet összehegeszteni *(589. ábra)*. Ez az I varrat. A tompakötést az élkiképzés kirajzolása nélkül, egyszerűsítve nézetben és metszetben is vastag folytonos vonallal rajzoljuk meg. A tompakötést alul-felül elhelyezett vékony fóliával segíthetjük elő. Vastagabb tárgynál a varrat számára leélezést kell készíteni. Egyoldalú leélezéssel készül a V varrat kb. 4—20 mm lemezvastagságoknál *(590. ábra)*. Az 1/2 V varratnál pedig csak az egyik lemez szélét élezzük le. Ha az egyik lemez szélénél nem egyenesen,



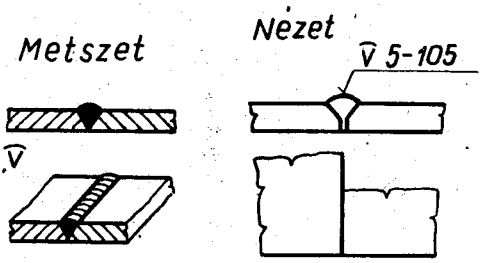
588. ábra. Peremvarrat



589. ábra. Tompahegesztés: I varrat

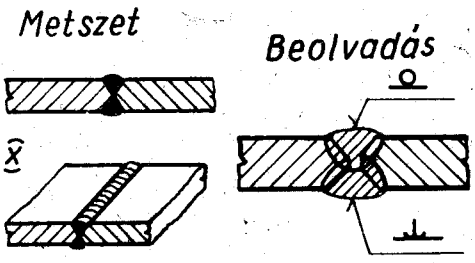
hanem ívelten van a varrat, akkor ezt J varratnak nevezzük. Az egy oldalon való hegesztésnél a megömlesztett anyag a másik oldalra szabálytalanul folyik át. Ezt a részt *gyökoldalnak* nevezzük. A hegesztett kötés jóságát úgy növelhetjük meg, hogy ezen a gyökoldalon vágóval lefaragjuk az egyenetlenségeket, kis barázdát készítünk, és vékony varrattal utánhegesztjük a gyökoldalt.

Nagyobb lemezvastagságnál, kb. 12 mm felett mindkét oldalon leélezzük a tárgyat, és X varratot készítünk *(591. ábra)*. Az X varratnál a vetemedések kisebbek, mint a V varratnál, hátrányos azonban abból a szempontból, hogy a gyökoldal utánhegesztését nem tudjuk elvégezni. Ezért helyette alkalmazunk U varratot is *(592. ábra)*. Vastag anyagnál, kb. 40 mm-en felül alkalmazunk kettős U varratot is. Ha a csatlakozó lemezek közül csak az egyiknek szedjük le az éleit mindkét oldalon, akkor az így készített kötést egyenes lemunkálásnál K varratnak, két oldalt ívelt alakban menő lemunkálásnál kettős J varratnak nevezzük.

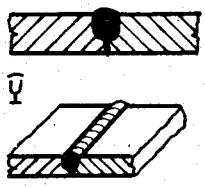


590. ábra. V varrat

Derékszögben csatlakozó alkatrészeknél a sarokban helyezhetjük el a varratot, általában lemunkálás nélkül *(593. ábra)*. Ez a kötés belső nyomásra nem alkalmas. Ha a függőleges lemez alját lemunkáljuk, akkor sarok 1/2 V varrattal, sarok J varrattal vagy sarok K varrattal eszközölhetjük a kötést. Az *593. ábra* alsó harmadik képe élvarratot mutat, amelynél a varrat az egymáshoz illesztett élek között helyezkedik el. Az



591. ábra. X varrat

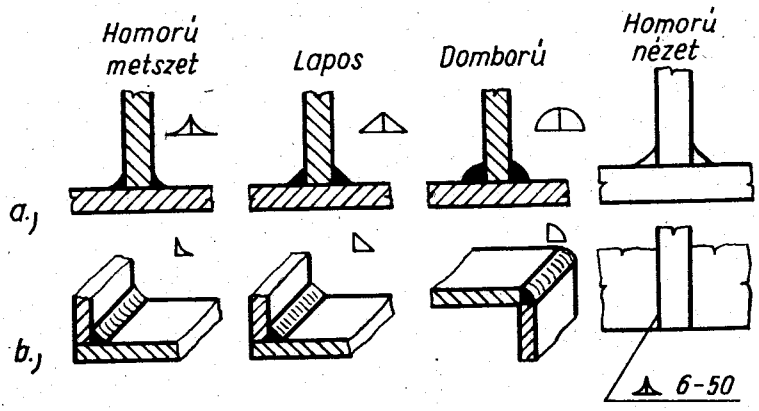


592. ábra. U varrat

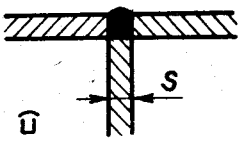
éleket nem kell előmunkálni. Ez a kötés csak csekély terhelésre alkalmas. A varrat hosszirányú igénybevétele esetén a belső sarokban is meghegesztjük. Ez a külső-belső sarokvarrat.

Három lemez találkozásánál, amelyek általában derékszöget zárnak be, szintén leélezés nélkül alkalmazzuk a háromlemez- vagy T varratot *(594. ábra)*.

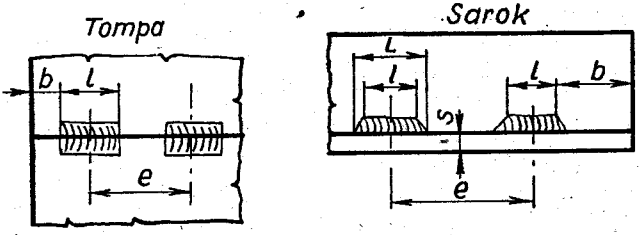
A hegesztési varrat képies ábrázolására a következő módszert használjuk: ha a varrat végét látjuk nézetben, akkor az élkiképzés vastag folytonos vonallal rajzolható, de szabad, mint gyártás közbeni alakot, vékony folytonos vonallal is rajzolni *(589. ábra)*. Ha a varrat keresztmetszetét látjuk, akkor a varratkeresztmetszet befeketítésével történik az ábrázolás. Oldalnézetben a varratot nem jelöljük, ha a varrat *folytonos*. Ha tömör zárást kell biztosítani, akkor csakis folytonos varrat alkalmazható. Ha kisebb szilárdságú kötés is megfelel, pl. bizonyos acélszerkezeti hegesztéseknél, akkor *szakaszos* hegesztést alkalmazunk *(595. ábra)*. A szakaszos varratot vékony folytonos vonallal határoljuk, ezen belül szabad kézzel készítünk varratjelző vonalkázást, ami egyenes vagy kissé ívelt lehet. Az *l* varrathosszúság a varratnak az



593. ábra. Különféle sarokvarratok



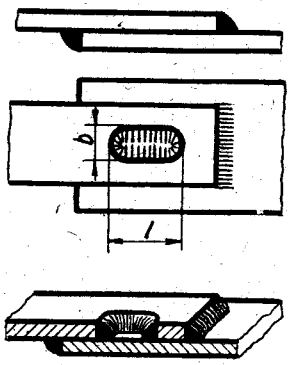
594. ábra. T varrat (3 lemezvarrat)



595. ábra. Szakaszos tompa- és sarokhegesztés oldalnézete

a része, amely a megkívánt teljes ép keresztmetszetet mutatja, azaz az ép varrathosszúságot. Az *L* varrathosszúság a teljes ép varrathossz, a krátervégződésekkel megnövelve. A szakaszos varratnál egy lemez két oldalán szemben álló vagy váltakozó szakaszos varrat lehet. Szakaszos hegesztésnél a középvonalainak *e* távolságát, valamint a lemez szélétől való *b* távolságát is meg kell adni.

Két egymáson fekvő tárgyat lyuk- vagy horonyvarrattal kötünk össze az *596. ábra* szerint. Az ábra a lemezek végeinél alkalmazott szélvarratokat is feltünteti. Szakaszos hegesztésnél, lyukvarratnál, illetve horonyvarratnál *n* a hegesztési helyek száma, *e* a közepek távolsága.



596. ábra. Lyuk-, horony- és szélvarrat

A hegesztési varratoknak vonalakkal, vagyis szőrözéssel való jelölése a szakaszos hegesztésnél szükséges. Folytonos varratnál a jelképes ábrázolásokat alkalmazzuk, számokkal, betűkkel együtt, amelyek feleslegessé teszik a vonalakkal való ábrázolásokat. A jelképes ábrázolást már az előző ábrákon is feltüntettük. Összefoglalva, varattal bíró ömlesztőhegesztésekre az MSZ 4302 szerint az *597. ábra* tünteti fel a jelöléseket. Az ellenálláshegesztésre pedig az MSZ 4291 szerint az *598. ábra* tartalmazza a jelképeket.

A jelöléseket általában a varraton kívül meghúzott, de a varratra mutató vonatkozási vonalon tüntetjük fel. A mutatóvonal feletti adatok a mellső, az alatta levő adatok a hátsó varratra vonatkoznak.

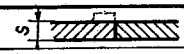
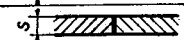
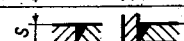
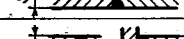
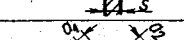
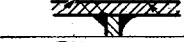
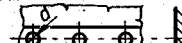
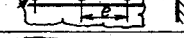
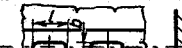
A lemezszélek lemunkálásával keletkezett barázda vagy a sarokba helyezett varratoknál a varrat felszíne lehet sík, ez a *lapos* varrat, jelölése egyenes vonallal történik. Lehet befelé ívelő *homorú* vagy kifelé *boltozott, domború* varrat. Jelölésük a megfelelő értelmű ívekkel történik. A gyökoldalon az utánhegesztés is végezhető laposan, jele kis egyenes vonal, vagy domborúan, illetve homorúan, ezek jelei kisebb ívek.

A tompavarratok általában domborúak, ha nyersen maradnak. Szilárdabb kötést ad a lemunkált felületű varrat. Ha a varratdudort a lemez síkjáig kell lemunkálni, akkor erre a „síkra munkálva" jelet alkalmazzuk (*599. ábra* 4. része). Ha ezen a követelményen túlmenően a hegesztés szegélyeit is simára kell munkálni, akkor a „szélköszörülve" jelet alkalmazzuk (*599. ábra* 5. része, MSZ 694). A sarokvarratok általában laposak. A végigmenő folytonos varratot a megfelelő jelkép vízszintes áthúzásával hangsúlyozzuk ki az *599. ábra* felső része szerint.

A kettős varratnál kétoldalt különböző lehet a varratforma, homorú, domború K varrat, egyenes, homorú kettős J varrat (*599. ábra* 2. része). A helyszíni szerelésnél készítendő varratot zászlóval jelöljük meg (*599. ábra* 3. része).

A rajzon a hegesztési varrat méretét is megadjuk egy mutatóvonalon. Tompahegesztésnél megadjuk a lemez vastagságával egyenlőnek vett varratvastagságot. A sarokvarratnál a varrat *a* jelű vastagságát adjuk meg, amely egyenlő a *600. ábrán*

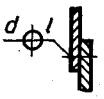
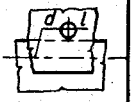
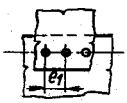
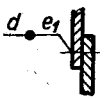
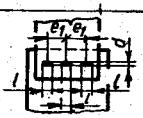
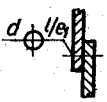
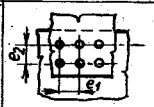
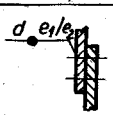
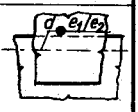
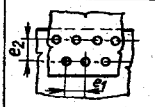
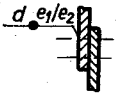
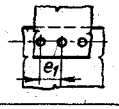
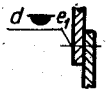
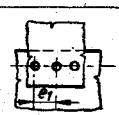
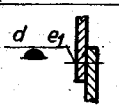
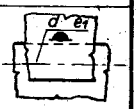
Jelölések ömlesztő hegesztéseknél (MSZ 4302)

Megnevezés	Hegesztési alak	Jelképek: Lapos	Homorú	Domború	Gyökoldal utánhegesztve	Méretjelölési példák betükkel
Perem varrat: egyes						
Perem varrat: kettős						
I varrat						
V varrat						
X varrat						
U varrat						
J varrat						
½ V varrat						
Kettős U varrat						
Kettős J varrat						
K varrat						
Sarok- vagy élvarrat						
Háromlemez (T) varrat						
Kettős sarokvarrat						
Lyukvarrat						
Horonyvarrat						
Szakaszosvarrat						
Szembenálló szakaszosvarrat						
Váltakozó szakaszosvarrat						

597. ábra. Ömlesztő hegesztések jelképes jelölései

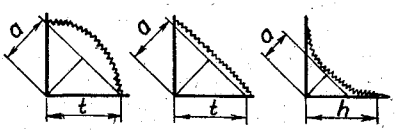
598. ábra. Sajtoló hegesztések jelképes jelölései →

Ellenálláshegesztésnél a kötések típusai és jelölésük a rajzokon (MSZ 4291)

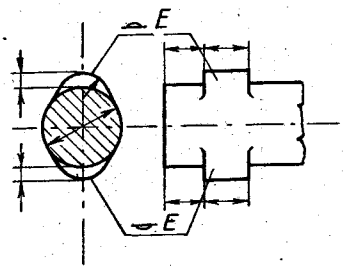
A kötés megnevezése	A kötés alakja			A kötés jele	Jelölés	
	Hegesztés előtt	Hegesztés után			Metszet	Felülnézet
		Metszet	Felülnézet			
Leolvasztó tompakötés				‡		
Zömítő tompakötés				I		
Kötés alátéteken a szélek zömítésével						
Síkban sajtolt átlapolt kötés						
Pontsoros és vonalvarratos kötés						
Szaggatott pontsoros és vonalvarratos kötés						
Egysoros pontvarratos átlapolt kötés×						
Kétsoros pontvarratos átlapolt kötés						
Sakktábla elrendezésű pontvarratos átlapolt kötés						
Dudorvarratos átlapolt kötés. Domborulat felső lemezen						
Dudorvarratos átlapolt kötés Domborulat az alsó lemezen						

×Egyoldalas ponthegesztés alkalmazása esetén ⌐○ és ⌐□ hegesztési kötésjeleket kell alkalmazni.

599. ábra. Így jelöljük a folytonos, a felemás és a helyszíni hegesztés varratait



600. ábra. Ez a sarokvarrat vastagsága



601. ábra. Így jelöljük a hegesztéssel történő feltöltést

jelölt *a* háromszögmagassággal. *t* a varratba beírható egyenlő szárú háromszög oldalhosszúsága, *h* a homorú varrat oldalhosszúsága. Lyukvarratnál a *d* lyukátmérőt, horonyvarratnál a *b* szélességet és *l* hosszúságot *(597. ábra)*, ponthegesztésnél a hegesztőpont *d* átmérőjét és a pontok egymástól vett e_1 távolságát, kétsoros szemben levő ponthegesztésnél, illetve eltolva készített, ún. váltakozó ponthegesztésnél a pontsorok egymástól való e_2 távolságát adjuk meg.

A hegesztési eljárásokat a következő betűkkel jelöljük:

G — gázhegesztés,
E — villamos ívhegesztés,
A — automatikus,
FA — félautomatikus,
EA — villamos automatikus ívhegesztés.

Azonos hegesztési eljárás helyenkénti megjelölése elmaradhat, ha az eljárást a rajzra minden helyre vonatkozólag egyszer külön rávezetjük.

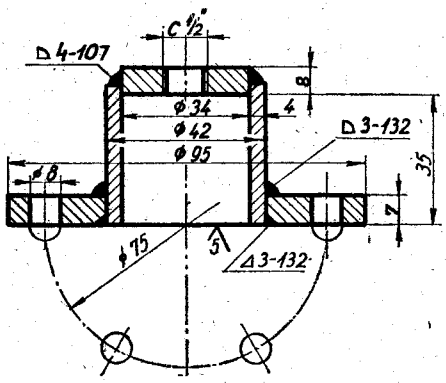
Ha a szerkezetnél szemeket, bütyköket vagy felületeket kell hegesztéssel feltölteni, akkor ezt a rajzon körszelet jellel jelöljük meg *(601. ábra)*.

Az *597.* és *598. ábrák* utolsó oszlopai a varratjelölésekben a jelek sorrendjét tüntetik fel. Szakaszos hegesztésnél az *n* és *l* közé szorzójelet, *l* és *e* közé törtvonalat vagy váltakozó szakaszos varratoknál Z alakú jelet teszünk. Ha egy lemezt kétoldalt különböző vastagságú varrattal hegesztünk, akkor a mutatóvonal fölé és alá írjuk a kétoldali különböző méreteket.

A *602. ábrán* csődarabból és lemezből összehegesztett csővégzárót láthatunk.

Kis darabszámnál hegesztéssel az öntött vassal szemben nagy költségmegtakarítást érhetünk el, mert egyrészt elesik a mintaköltség, azonkívül kisebb súllyal, vékonyabb fallal lehet elkészíteni a tárgyakat, mert a hegesztett szerkezeteknél az

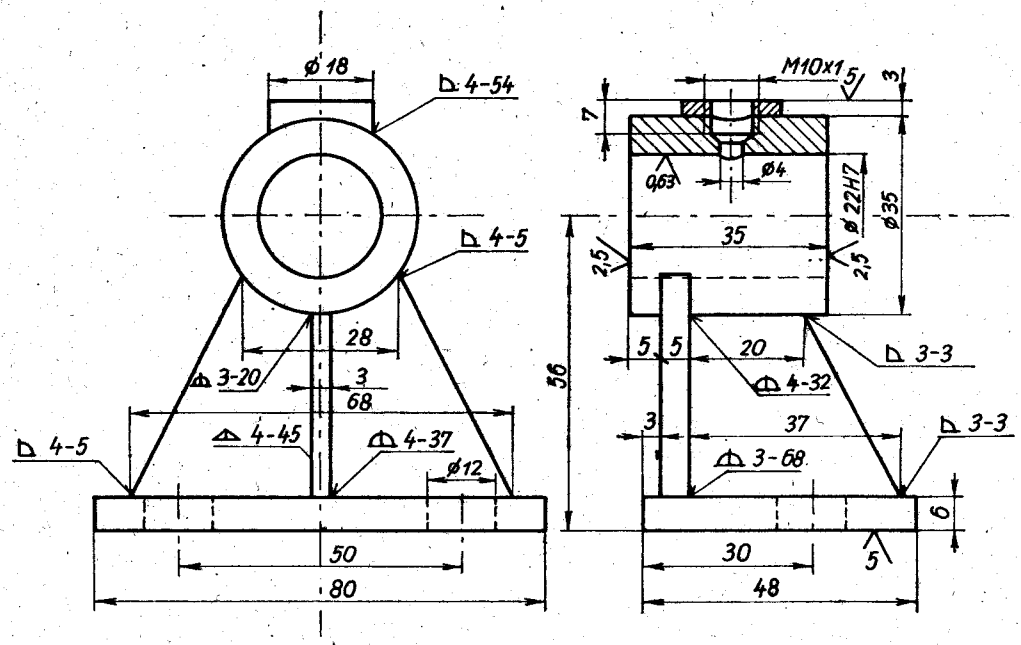
öntött vasnál nagyobb szilárdságú folytacél anyagot használhatunk. Tervezésnél az építőidomra való bontás szerint határozzuk meg az alkatrész egyes darabjait, amelyeket azután lemezből, rúdvasból, idomvasból, csőből valósítunk meg. Gyártásnál a műveleti sorrend általában az, hogy ezekből az építő idomokból hegesztéssel elkészítjük a munkadarabot, és utólag munkáljuk meg a kívánt felületeket.



602. ábra. Hegesztett munkadarab műhelyrajza

A lemezből és a csőből hegesztéssel előállított munkadaraboknál a lemez kiszabásához szükséges kirajzolni a kiterített lemez alakját, mert a kiszabás eszerint történik. Az illeszkedő daraboknál az áthatási vonal helyes kiterítése szükséges. A térbeli idomok palástjainak kiterítése az ábrázoló mértanban tanult szerkesztések szerint végzendő el.

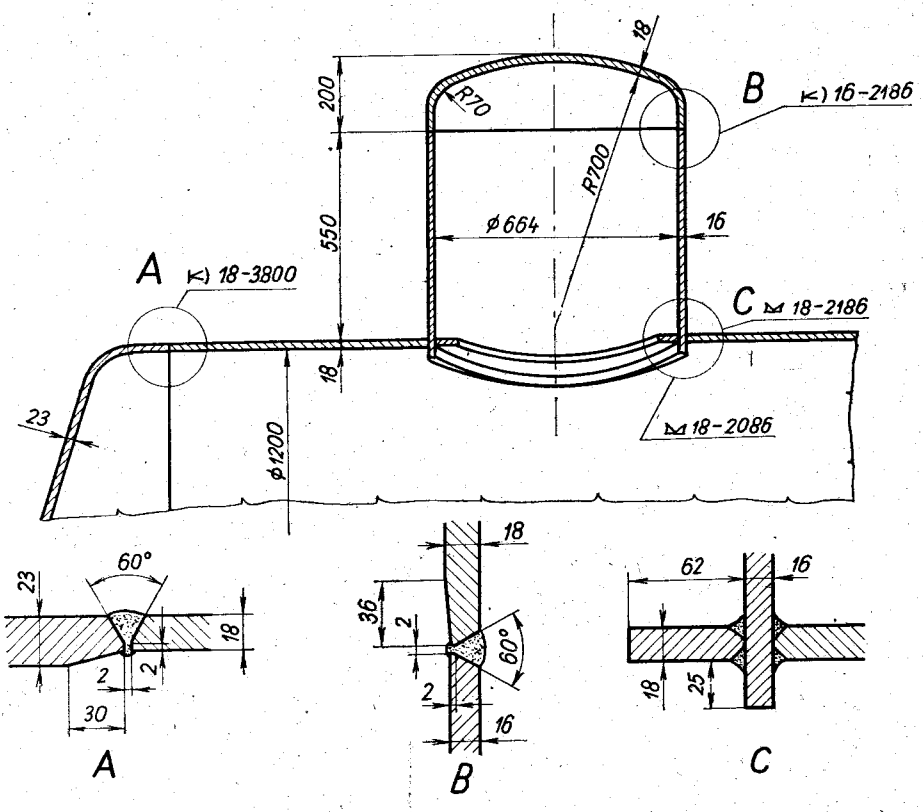
A *346. ábrán* öntéssel előállított szemcsapágy helyett hegesztéssel a *603. ábra* szerinti megoldást alkalmazhatjuk. Az egyes részeket rúdvasból és különböző vastagságú lemezből készítjük elő, összehegesztjük, és hegesztés után munkáljuk készre



603. ábra. Hegesztett szemcsapágy

az érdességi jellel ellátott felületeken. Az egyes darabok csatlakozásánál szegleteket kell hagynunk, mert a varratot a szegletben előmunkálás nélkül lehet elhelyezni.

A hegesztett szerkezetet összehasonlítva az öntéssel készített szerkezettel, az előbbit az egyes darabok sarkos alakja jellemzi, ami az ollóval vagy a vágópisztollyal való darabolás után adódik. Erősen kisebbített méretarányban feltüntetett rajzoknál, pl. a *604. ábrán* levő gőzdómos tartály rajzánál az egyes részletek csatlakozását nagyobb léptékben rajzolt mellékábrákon adhatjuk meg.



604. ábra. Az erősen kicsinyített rajzok mellé rajzoljunk mellékábrát

IV. Rész

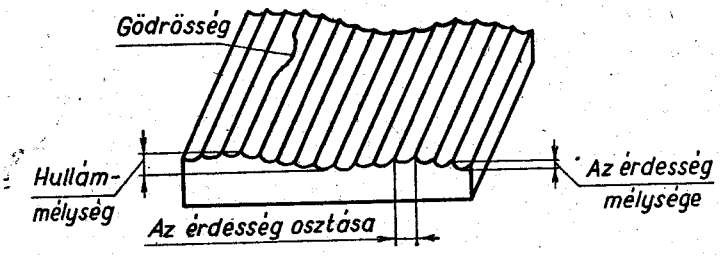
Felületi érdesség és tűrések

53. Felületi érdesség (MSZ 4721/1-től 4721/4 -ig)

A gyártmányokon, géprészeken levő felületek, bármilyen technológiai eljárással készülnek is, még a legnagyobb simaságot eredményező megmunkálási módnál sem egyenletesek. Nagyító alatt ugyanis megfigyelhető, hogy a megmunkáló szerszám éle nem teljesen szabályos vonal, hanem *szabálytalanul elhelyezkedő anyagkristálycsoportok* adják a szerszám élét. A megmunkálás alkalmával a szerszám a megmunkálandó anyag felületéből is anyagrészeket, kristálycsoportokat szakít ki. Mindezek miatt a megmunkált felületeken kisebb-nagyobb kiemelkedések és bemélyedések váltakoznak, amelyek a felületet hullámossá és érdessé teszik.

A valóságos (reális) felület a munkadarabot határoló felület, ami az anyagot a környezettől elválasztja. *A mértani (ideális geometriai) felülettől* eltérő nagyobb szabálytalanságok a munkadarab valóságos felületén kiterjedhetnek annak egészére vagy annak nagy részére. Ezek *alakhibák*, amelyeket *makrogeometriai* eltéréseknek is nevezünk. Ilyenek pl. az elő nem irányzott *kúposság, ovalitás, sokszögűség, horpadás*. Ezeket az alakhibákat hossz- és szögméréssel, valamint különféle idomszeres méretellenőrzéssel tudjuk megállapítani.

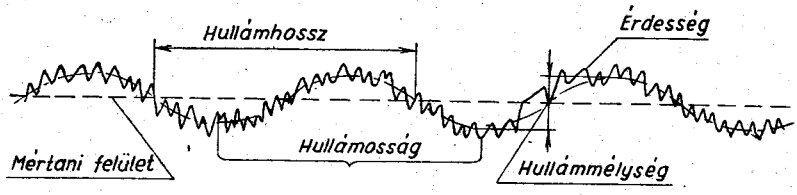
Az egyes munkadarabok *valóságos felületei* tulajdonképpen háromdimenziós rétegnek tekinthetők, amelyeken bizonyos kisebb, szabályosan és szabálytalanul ismétlődő bemélyedések és kiemelkedések is találhatók *(605. ábra)*. Az egyenetlenségeknek számszerű jellemzése, a problémát térben kezelve, nehézségbe ütközik, számos felületi érdességet érzékelő módszerrel kísérletezett a tudomány. Ezek közül



605. ábra. Felületi egyenetlenségek elnevezései

a gyakorlatban a *mértani* felületre, vagyis az *ideális geometriai* felületre merőleges sík által kimetszett *profil* vizsgálata felelt meg leginkább. A valóságos felületet, illetve az annak átmetszésével adódó *valóságos profilt* azonban pontosan megállapítani nincsen módunkban, hanem csak az azt megközelítő, ún. *észlelt* (regisztrált, effektív) *felületet*, illetve *észlelt profilt* tudjuk műszerrel leképezni.

A felület átmetszésével adódó általános profilgörbét a *606. ábra* tünteti fel. A felületen aránylag nagyobb, ismétlődő egyenetlenségek, ún. *hullámosságok* találhatók, amelyek rendszerint a megmunkáló szerszám durva előtolásából vagy a megmunkálás közben fellépő lengésekből származnak. Erre a hullámosságra finomabb, kisebb egyenetlenségek, *érdességek* helyeződnek rá, amelyek a megmunkáló kés élének egyenlőtlenségéből, kopásából erednek, vagy a megmunkált felületen mutatkozó anyagkitöredezéseknek a következményei.



606. ábra. Megmunkált felület erősen nagyított szelvénye

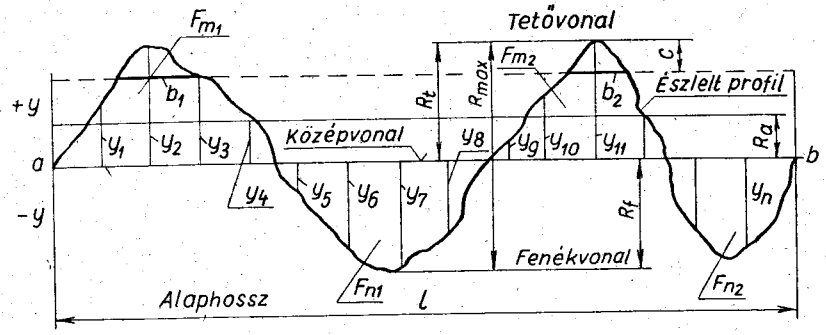
A *hullámosságok* és *érdességek* rendszerint a megmunkálással összefüggően bizonyos irányban haladnak a felületen, és a felületi mintázaton egy határozottan kijelölhető uralkodó irányt mutatnak. Ez a *barázdairány*. A felületi érdességet rendszerint erre merőlegesen vizsgáljuk. Ha nincsen a felületi érdesség mérésére irány előírva, akkor azt abban az irányban kell mérni, amely a legnagyobb értékeket adja.

A *hullámosság* viszonylag nagy térközű ismétlődő felületi egyenetlenség, amelynek hullámmélysége (amplitúdója) a hullámhosszhoz képest kicsi. A hullámosság mérésére általában a hosszmérő eszközök alkalmassak, bizonyos esetekben azonban az *érdességmérő műszerek* is használhatók.

Az *érdesség* a munkadarab valóságos felületének kis térközű, különféle jellegzetes mintázatot mutató ismétlődő *egyenetlensége*. Ezek vizsgálatát *mikrogeometriai* vizsgálatnak nevezzük. Az egyenetlenségeknek ilyen kis térközű nagyságrendje, ami az érdesség fogalmába tartozik, a nem forgácsolt felületeken is lehetséges.

A felületek érdességét számértékkel a következőképpen lehet kifejezni. Az észlelt profilgörbén *(607. ábra)* kijelöljük az érdesség értékelésére alkalmas *l alaphosszúságot, bázishosszúságot*, amelyen az érdesség az egyébfajta szabálytalanságok nélkül értékelhető. Ezen a hosszúságon egy olyan középvonalat határozhatunk meg, amelynek jellemzője, hogy két oldalán, vagyis a hegy- és a völgyoldalon levő területek összege egyenlő, azaz

$$F_{m1}+F_{m2}+\ldots = F_{n1}+F_{n2}+\ldots$$



607. ábra. Felületérdesség mérésének elvi vázlata

A középvonalon vízszintesen egyenlő közeli távolságokban lemérjük az $y_1, y_2, \dots y_n$ ordináták hosszát mikrométerekben (μm), és az ordinátákat algebrai előjelük figyelembevétele nélkül, vagyis az abszolút értékeiket átlagoljuk. Az így kiszámítható R_a jelű *átlagos érdességi mérőszámot* (átlagos aritmetikai eltérést), röviden az *érdességet,* mikrométer egységben a következő képletből határozhatjuk meg:

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} |y_i|. \tag{53.1}$$

Pontosabban integrálással határozható meg az érdességi mérőszám végtelen kis dx távolságban vett y metszékek esetén, vagyis ha ismertnek tételezzük fel a profilgörbe egyenletét, akkor

$$R_a = \frac{1}{l} \int_a^b |y| \, dx. \tag{53.2}$$

A munkadarabok felületi érdességének számszerű kifejezésére régebben nem az előzőkben ismertetett R_a algebrai átlagos érdességi mérőszámot használták, hanem az ordináták *négyzeteiből alkotott számtani középérték négyzetgyöke* szolgált mérőszámul, amit h_q *simasági mérőszámnak* neveztek. Képletben kifejezve

$$h_q = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} y_i^2}, \tag{53.3}$$

vagy pontosabban integrálással

$$h_q = \sqrt{\frac{1}{l} \int_a^b y^2 \, dx}. \tag{53.4}$$

Ez a simasági mérőszám a *négyzetek középértékének gyöke.* A h_q simasági mérőszám csak kevéssé különbözik az R_a átlagos érdességtől, éspedig $R_a = 50—0{,}1$ μm tartományon belül

$$R_a \approx 0{,}9 \, h_q. \tag{53.5}$$

Ezen kis különbség miatt nem kényes esetekben a két mérőszámérték felcserélhető.

Az észlelt profilgörbén *(607. ábra)* a tetővonal és fenékvonal egymástól való távolsága az R_{max} jelű *maximális egyenetlenség*.

$$R_{max}=R_f+R_t. \tag{53.6}$$

Ennek ismerete sok esetben szükséges, pl. a siklócsapágyak méretezésénél.

A maximális egyenetlenségnél jellemzőbb átlagértéket szolgáltat az érdesség legnagyobb értékére vonatkozólag az ún. R_z *egyenetlenségmagasság*, amit úgy számítunk ki, hogy az alaphosszon belül az észlelt profil 5 legkiállóbb csúcsának az 5 legmélyebb gödörtől való távolságainak átlagát vesszük, vagyis:

$$R_z=\frac{h_1+h_3+h_5+h_7+h_9-(h_2+h_4+h_6+h_8+h_{10})}{5}, \tag{53.7}$$

ahol a h_1, h_3, h_5, h_7, h_9 a csúcsok magassága egy alapvonaltól, h_2, h_4, h_6, h_8, h_{10} a gödrök magassága ugyanattól az alapvonaltól. Az egyenetlenségmagasságot mikrométerben kell megadni. Az R_z kiszámításához a profilközépvonal nem szükséges.

A géprajzokra az R_a átlagos érdességet és esetenként az R_z egyenetlenségmagasságot szoktuk rávezetni, $R_a=50$—$0{,}1$ μm tartományon belül kielégítő jó közelítés:

$$R_z\approx 4\,R_a \ldots 5\,R_a \tag{53.8}$$

A felületek *mikrogeometriájában* az említett számértékeken kívül még egyéb értékeket is használunk, amelyek az észlelt profilszelvényből határozhatók meg. Ezek az értékek a következők:

A *profilteljességi tényező:* K_h, ami kifejezi az alaphosszon belül az *anyag által kitöltött terület* viszonyát a tetővonal és a fenékvonal által bezárt területhez. A középvonal ismerete esetén ez a szám a középvonaltól mért R_f egyenetlenségmélység viszonya a maximális érdességhez, vagyis

$$K_h=\frac{R_f}{R_{max}}<1. \tag{53.9}$$

A *profilűrtényező:* K_p, ami az *üres terület viszonya* a tetővonal és a fenékvonal által bezárt területhez. Ez az érték az R_t egyenetlenségmagasság segítségével fejezhető ki a következőképpen:

$$K_p=\frac{R_t}{R_{max}}<1. \tag{53.10}$$

A profilteljességi tényező és profilűrtényező között az összefüggés:

$$K_p=1-K_h.$$

A *hordozóhossz:* b, ami az alaphosszon belül a középvonallal párhuzamosan, a tetővonaltól adott c mélységben meghúzott vonal által a profilból kimetszett b_1, b_2,...b_n vonalszakaszoknak az összege, vagyis

$$b=\sum_{i=1}^{n} b_i. \tag{53.12}$$

A c távolság általában a maximális egyenetlenség 0,1-e szokott lenni. A hordozóhossz értéke egymással érintkező alkatrészeknél az érintkezési hordfelületeknek a kiszámítására használható érték.

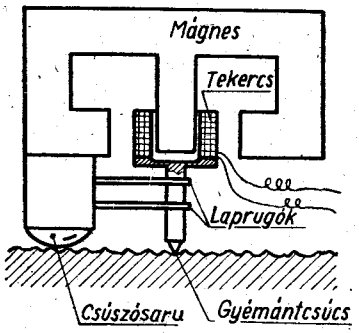
A *hordozóhossz-viszonyszám:* t_p a hordozóhossz és az alaphossz aránya:

$$t_p = \frac{b}{l}. \tag{53.13}$$

A felületi érdesség számszerű méréséhez különleges műszerekre van szükség (MSZ 4721/4; helyettesíti a 9656-ot). A felületi érdesség és hullámosság vizsgálatára szolgáló műszerek különféle fizikai elven épülnek fel, vannak *optikai, mechanikai, elektronikus* stb. készülékek.

A szovjet gyártmányú *Schmalz—Linnik*-rendszerű fénymetsző kettős mikroszkópnál nagyon keskeny fénycsík vetődik ferdén a felületre. A keskeny *fénycsík*, vagyis fényvonal a felületi egyenetlenségeken helyezkedik el, vagyis mélyebben és magasabban halad. Ezt a fénycsíkot azután ferde mikroszkópon keresztül lehet megfigyelni, és a mikroszkópon keresztül nagyítva szemlélhető. A mikroszkópon át a nagyítás ismeretében méréssel meg lehet állapítani az érdességi mélységet.

Tisztán mechanikus felépítésű a *Maag*-féle *érdességvizsgáló*, amely gyémánt tapintócsúcsot húz végig a vizsgált felületen, és a csúcsnak az egyenetlenségek miatti függőleges kitéréseit áttételes szerkezettel, ezerszeres nagyításban rajzolja fel diagrampapírra.

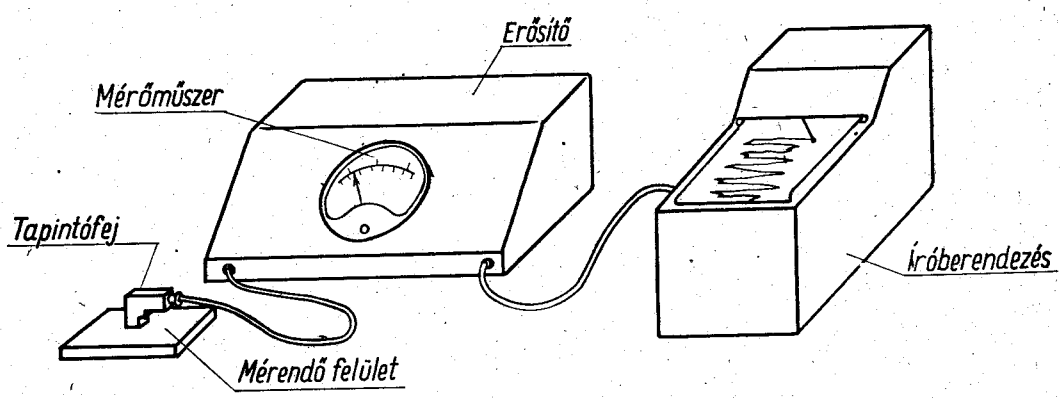


608. ábra. Profilométer-tapintófej működési vázlata

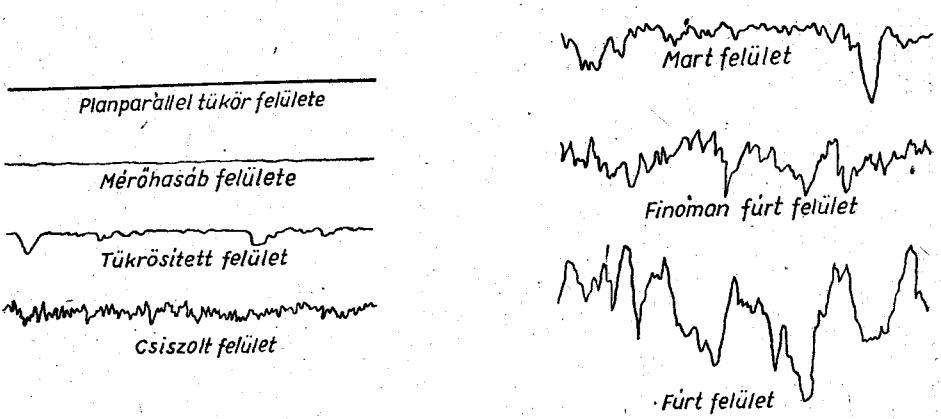
Gyakorlatilag jól használható érdességvizsgáló műszerek a *profilométerek*. Az egyik profilométer tapintófejének a szerkezetét a *608. ábra* mutatja. A tapintófejben van a tapintócsúcs, ami elsősorban gyémánt, másodsorban műkorund (rubin, zafír). Alakja körkúp, kúpszögének névleges értéke és tűrése :$60°^{+10}_{-5}$. $90°^{+5}_{-10}$. A csúcs lekerekítési sugarának értékei és tűrései: $2 \pm 0{,}5$; 5 ± 1; $10 \pm 2{,}5$ µm lehetnek. A különböző lekerekítési sugarú tapintócsúcsokkal a műszerek ugyanazon felületről más-más mérési eredményt adnak. Vas és acéliparon kívüli felületvizsgálatokra nagyobb, pl. 100, 125 µm görbületi sugarú, nem szabványos csúcsok is használhatók. A 10 µm-es csúcson ható sztatikus mérőerő nem lehet több 1,6 pondnál. A többinél kisebb mérőerőt alkalmaznak. A mérőerő ahhoz szükséges, hogy a maximális egyenetlenség esetén a tapintócsúcs az alkalmazott vontatási sebesség mellett a mérendő felületet ne hagyja el. A tapintófejet leggyakrabban magán a mérendő darabon haladó csúszósaru vezeti. A tapintófejet kézzel vagy külön kis villanymotorral vontatva egyenletes sebességgel húzzuk végig a felületen. A felület érdességét kö-

vetve, a gyémántcsúcs fel-le rezeg. A csúcsot tartó tűre felül kis tekercs van erősítve, amely permanens mágnes sarkai között helyezkedik el. Mozgatáskor a kis tekercsben a mágneses tér hatására áram indukálódik. A keletkezett áramot elektroncsöves erősítőberendezésben *(609. ábra)* felerősítjük, a műszer elektronikus úton az (53.2), illetve (53.4) képletek szerinti integrálást elvégezve, közvetlenül kiértékeli az R_a számértékét és mutató mutatja a műszer skáláján.

Sok esetben a felület profiljának a képére is szükség van. Ilyenkor a műszerre közvetlenül az erősítőberendezés után írószerkezetet is kapcsolhatunk, ami a felület képét erősen felnagyított léptékben, írótű alatt elhaladó papírra lerajzolja. Az így



609. ábra. Profilométer vázlatos rajza



610. ábra. Különféle finomságú felületek 500-szoros nagyítása

lerajzolt felületen integrálással ellenőrizhető a műszer által mutatott R_a érték, vagy értékelhetők a felületi érdesség egyéb jellemző adatai is. A *610. ábrán* 500-szoros függőleges nagyításban mutatunk be különféle profilszelvényeket a nagyságrendi összehasonlítás céljából.

A felületi érdesség összehasonlítással történő értékelésére célszerűen használhatók a felületi érdesség etalonok (MSZ 9654). Ez az etalon megbízható alapot akkor ad, ha a munkadarab és az etalon elkészítési technológiájának jellemzői azonosak. Ezért a munkadarab felületét ugyanolyan technológiával készült ún. *munkaetalonokkal* kell összehasonlítani közvetlen ránézéssel, körömmel, ujjal való megtapintással, esetleg mikroszkóppal vagy szemlélés útján. Természetesen ezek az összehasonlítások nem eredményezhetnek pontos számértékeket. Az összehasonlítás megbízhatóságát fokozza, ha az etalon sík, homorú vagy domború alakja hasonló a munkadarabéhoz. A munkaetalonok értékelőfelületei forgácsolással vagy galvanoplasztikus, esetleg termoplasztikus úton sokszorosítva készülhetnek, forgácsolással készített mesteretalonok után. Az etalonokat korrózióálló és kopásálló anyagból kell készíteni.

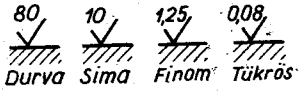
Értékelésnél olyan felületi etalont kell használni, mint a munkadarab, pl. gyalult felületnél a sík, esztergált a domború, és furat esetében a belső, homorú palástú etalont kell használni. Különleges célra más értékelőfelületű etalonok, pl. kúp, gömb és gyűrű is alkalmazhatók.

Az értékelőfelületeket rögtön az elkészítés után savmentes zsiradékkal kell bevonni korrózió elleni védelem céljából. Az etalonsorozatok bélelt dobozokban tárolandók.

Gyakran úgy járnak el, hogy egy megfelelően sikerült kész alkatrészt vagy annak bizonyos felületét munkaetalont helyettesítő érdességi etalonnak minősítenek. Az ilyen különleges etalonok használata előnyös, mert az érdesség összehasonlító megítélésénél a személyi hibák lehetősége csökken, mivel a darab mértani alakjának és méretének a befolyása kiküszöbölődik.

54. A felületi érdesség és a felületjelek megadása (MSZ 4722, 4723, 4724, MSZ 15)

A felületi érdesség mérőszámát ráhagyás nélküli és ráhagyással készült felületeknél is a legegyszerűbben a felületre mutató nyitott érdességi jelen adjuk meg *(611. ábra)*. Ha szükséges, használhatunk azonban olyan érdességi jeleket is, amelyek a ráhagyás nélkül gyártott felületeket, illetve ráhagyás leforgácsolásával készült felületeket egymástól megkülönböztetik *(223. és 224. ábrák)*.



611. ábra. A felületi érdesség mérőszámának megadása

A 20. pontban már láttuk, hogy a géprajzokon azokra a felületekre, amelyek ráhagyás nélkül készülnek, és az öntés, a kovácsolás vagy hengerlés után nyersen maradhatnak, általában nem teszünk semmiféle felületjelet. A kiszúrás, darabolás, fűrészelés, autogénvágás útján nyert felületeket sem kell külön jelzéssel ellátni. A „gondos készítés" körös nyitott ék jelét tesszük a ráhagyás nélkül *gondos készítésre* kijelölt felületekre, pl. a gondos öntés, sajtolt öntés, simítókovácsolás, autogénvágás, reszelővel, köszörűvel való egyengetés, húzás, sajtolás útján nyert felületekre. A körös nyitott ék tehát azt írja elő, hogy a felületeknek egy megelőző gyártási folyamatból eredő szállítási állapotban kell maradnia, akár forgácsolással, akár forgács nélküli alakítással készült ez a felület. Ilyen esetben a felületi érdesség számértékét is meg kell adnunk, esetleg az érdességi mérőszámot a felületjel kivetített meghosszabbítására írjuk rá.

Az érdességi jelekkel jelölt felületek érdességeit a 16. táblázat tünteti fel. Megengedett a felületi érdességnek ugyanazon mértékegységben való ábrázolása valamennyi felületi minőségnél. Az MSZ 4722. szabvány az R_a átlagos érdességre és az R_z egyenetlenségmagasságra a 16. táblázatban levő, előnyben részesítendő számértékeken kívül még további finomítást lehetővé tevő, közben levő számértékeket is tartalmaz. Az érdesség mérésekor nem számítandók bele a felület egyedi hibái, pl. a karcok, gödrök stb. A táblázat utolsó oszlopa tartalmazza azokat a főleg különféle forgácsoló megmunkálásokat, amelyekkel az egyes érdességek megvalósíthatók (MSZ 4724).

A felületi érdesség értékelésekor a táblázatban megadott l alaphossz az a hosszúság, amelyen az illető felületi érdesség elsősorban értékelhető. Az R_a 80 felett, illetve az R_z 320 felett az alaphossz 25 mm. A mérést általában az alaphossz többszörösén, lehetőleg az alaphossz ötszörösénél hosszabb szakaszon végezzük.

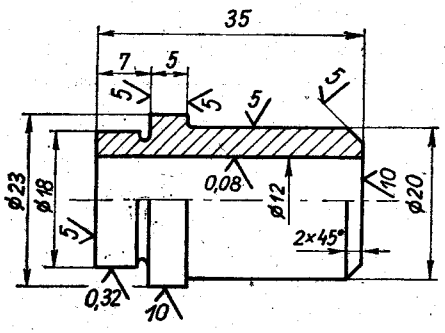
A Szovjetunióban korábban a 16. táblázat 1. oszlopában levő érdességi osztályokat használták az érdesség megadására olyan módon, hogy a szám elé egy háromszöget rajzoltak. Honosítás esetén a számnak megfelelő, a 16. táblázatban levő R_a, illetve R_z értékek alkalmazhatók.

Az érdességi mérőszámokat a rajzon alkalmazott méretszámmal megegyező nagy-

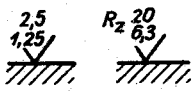
16. táblázat

Felületek R_a és R_z érdességei és megmunkálási példák

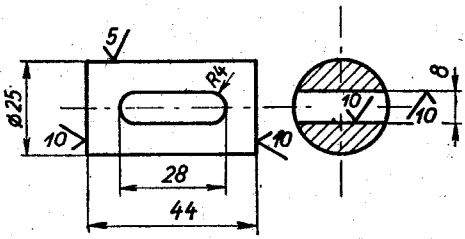
Érdességi osztály	Átlagos érdesség: mérőszáma R_a µm	Átlagos érdesség: alaphossza l mm	Egyenetlenségmagasság: mérőszáma R_z µm	Egyenetlenségmagasság: alaphossza l mm	Megmunkálási példák	
1	80		320		Igen durván nagyolt felület	Fűrészelés
2	40	8	160	8	Durván nagyolt felület	Esztergálás Gyalulás Fúrás
3	20		80		Nagyolt felület	Marás
4	10	2,5	40	2,5	*Egyengető simítás:* esztergálás, gyalulás, marás, fúrás, üregelés, előköszörülés	
5	5		20		*Simítás:* esztergálás, gyalulás, fúrás, marás, üregelés, előköszörülés, nagyoló hántolás	
6	2,5	0,8	10	0,8	*Gondos simítás:* esztergálás, felfúrás, marás, finom gyalulás, dörzsölés, köszörülés, nagyoló hántolás	
7	1,25		6,3		*Finom megmunkálás:* finom esztergálás és fúrás, finom marás, köszörülés, utódörzsölés, tüskézés, hántolás, üregelés	
8	0,63		3,2		*Finomabb megmunkálás*; finomabb esztergálás és fúrás gyémánttal vagy keményfémmel, finomabb csiszolás, finomabb dörzsölés, előrdörzsölés, simító hántolás	
9	0,32	0,25	1,0	0,25	*Igen finom megmunkálás:* dörzscsiszolás, hónolás, különleges finom köszörülés, felülethengerlés, fenés	
10	0,16		0,8		*Tükrös megmunkálás:* hántolás, tükrösítés, (leppolás), utódörzsölés	
11	0,08		0,4		*Tükörsimítás* (szuperfinis) tükrösítés (leppelés)	
12	0,04		0,2		*Finom hántolás:* finom dörzscsiszolás	
13	0,02	0,08	0,1	0,08	*Polírozás:* porral, vászonnal	
14	0,01		0,04		*Finom tükrösítés*; fényesítés, finom tükörsimítás (szuperfinis)	



612. ábra. A megadott mérőszám a legnagyobb megengedett érték



613. ábra. Az alsó határ megadása



614. ábra. Az érdességi jel a munkadarab egyenes vagy ívelt körvonalán

ságú, szabványos alakú számjegyekkel kell felírni. Az érdességi jelképek vonalvastagsága a rajzon alkalmazott méretszámok vastagsága legyen. Az érdességi jelek méreteit a *223. ábra* tünteti fel.

A megadott mérőszám az átlagos érdességnek az illető felületre megengedett legnagyobb értékét jelenti *(612. ábra)*. Ha az érdesség alsó határát is meg kell adni, akkor ezt a *613. ábra* szerint adjuk meg. Ha az átlagos érdességtől eltérő érdességi jellemzőt adunk meg a rajzon, akkor a mérőszám előtt az érdességi jellemző vonatkozó betűjelét is fel kell tüntetni, pl. R_z 20. Ilyenkor a rajzon a szövegmező mellett vagy külön mellékletben kell megadni a felületértékelés módját.

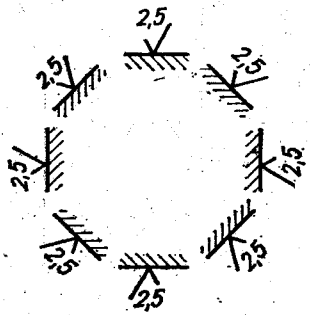
Az előírt érdességek ellenőrzésére a műhelynek rendelkezésére kell állnia felületi érdességmérő műszernek vagy legalább összehasonlító *etalonoknak*.

A felületjellel nem adjuk meg a megmunkálás módját, hanem csupán a felület minőségét írjuk elő. A szerkesztőnek természetesen tudnia kell, hogy milyen megmunkálógépen lehet előállítani a megkívánt felületminőséget. Ugyanaz az érdességmérték különböző megmunkálási eljárásokkal is elérhető.

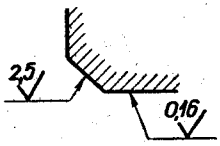
Az érdességi jelet a munkadarab egyenes vagy ívelt körvonalára írjuk *(614. ábra)*, ha ott nincsen hely, akkor a körvonal meghosszabbítására vagy a méretvonalra, illetve a méretsegédvonalra úgy, hogy a jel csúcsa a felületre mutasson.

Az érdességi jelet csak egyszer tüntetjük fel, mégpedig ott, ahol a méretet is megadtuk: a jelet a kották közelében kell beírni. Az érdességi mérőszámot úgy kell elhelyezni, hogy az lehetőleg a rajz elfordítása nélkül legyen olvasható *(615. ábra)*. Ha az érdességi jel elhelyezését helyszűke, vagy egyéb ok, pl. a mérőszám olvashatósága nem teszi lehetővé, akkor a jelet *nyílvégű* mutatóval vízszintes vagy a felülettel párhuzamos szakaszán helyezzük el *(616. ábra)*.

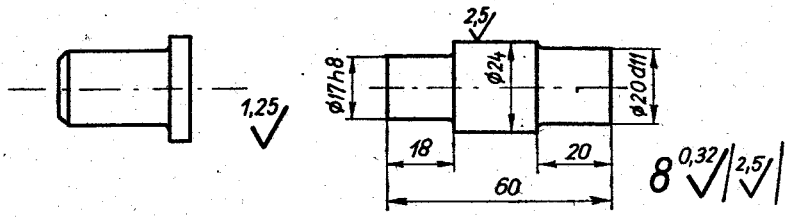
Eltakart felületeket jelző szaggatott vonalon érdességi jelet lehetőleg ne alkalmazunk. Az érdességi jel és szám mellett a vonalkázást, méretvonalat és egyéb vonalat is meg kell szakítani.



615. ábra. Az érdességi mérőszámot a rajz elfordítása nélkül lehessen olvasni



616. ábra. A mutatóval vízszintesen vagy felülettel párhuzamos szakaszán levő érdességi mérőszám



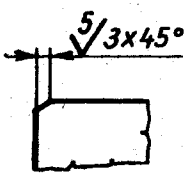
617. ábra. Az érdességi jelet az ábra mellett csupán egyszer adjuk meg

Forgásfelületnél elég csak az egyik alkotóra kiírni az érdességi jelet. Ha a munkadarab valamennyi felületét egyforma minőségű megmunkálással kell ellátnunk, akkor elegendő az érdességi jelet az ábra mellett csupán egyszer megadni a *617. ábra* bal oldala szerint. Úgy is eljárhatunk, hogy gyűjtőrajzon a kiemelt érdességjelet az ábraszám mellé írjuk ki (*617. ábra* jobb oldala). Mindenütt megmunkált felülettel általában csak kisebb, teli anyagból kimunkált gépalkatrészek készülnek.

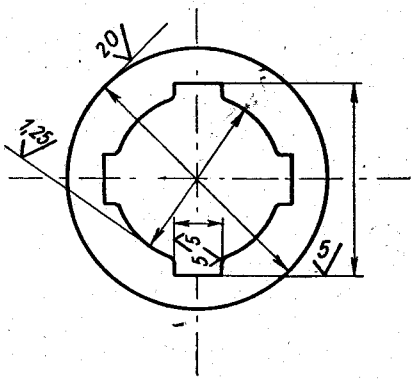
Az ábra, illetve az ábraszám mellett megadott, minden felületre érvényes kiemelt *érdességi jelet* célszerű kb. kétszeres nagyításban vastagabb vonallal megrajzolni. Az egy alkatrészes rajzokon a feliratmező felett jobbra rajzolhatjuk meg azt a kiemelt érdességi jelet. A szövegmező feletti kiemelt, nagyobb és vastagabb vonallal kihúzott érdességi jel mellett zárójelben megadjuk a többi, ritkábban előforduló érdességi jeleket is. Ezeket az érdességi jeleket a feliratmezőtől és a rajzkerettől 5—10 mm távolságban kell elhelyezni.

Élek 45°-os tompításának méretmegadásakor az érdesség jelét, ha a csatlakozó felületek érdességét is ellenőrizni kell, a méret előtt kell megadni *(618. ábra)*.

Az érdességi jeleknek körív mentén való elhelyezését kerülni kell, helyette lehetőleg a méretvonalra a nyílnál merőlegesen húzott segédvonalra helyezzük el a jelet



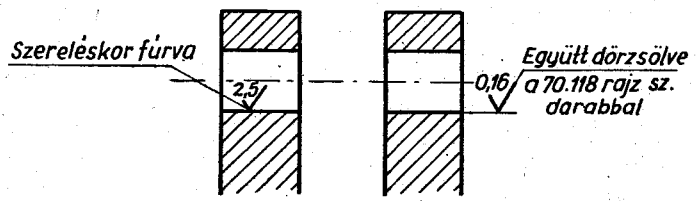
618. ábra. Élek tompításának megadásánál az érdességi jelet a méret előtt kell megadni



619. ábra. Körív helyett méretsegédvonalra helyezzük el az érdességi jelet

(619. ábra). A nagyobb sugarú íveknél, éspedig a 300 mm-nél nagyobb sugárral rajzolt köríveknél azonban az érdességi jel az érintő helyett magán az íven helyezhető el.

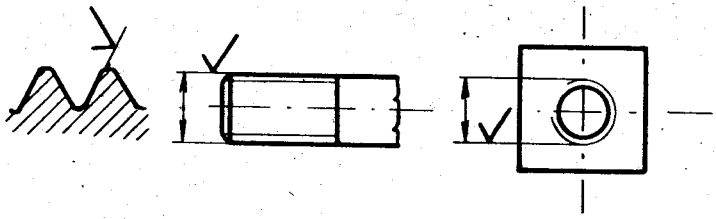
Fúrt lyukaknál vagy lyukasztással előállított lyukaknál — mivel a gyártás természetéből folyik, hogy csak megmunkálással állíthatók elő — nem szükséges az érdességi jelet kitenni. Csak akkor teszünk érdességi jelet a furatnál, ha további utánmunkálása szükséges, esetleg felírással is figyelmeztetünk rá, pl. ha a pontos illeszkedést a szereléskor végzett fúrással akarjuk biztosítani *(620. ábra)*. Illesztési utánmunkálást igénylő munkadaraboknál az utánmunkálási szójel mellé a hozzá tartozó munkadarab rajzszámát is meg kell adni *(620. ábra)*.



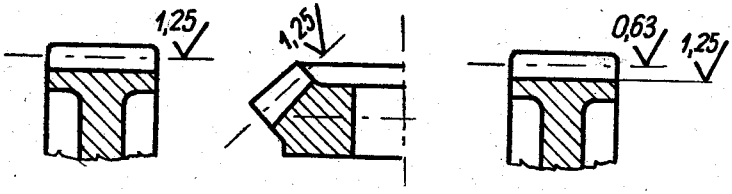
620. ábra. Utánmunkált darabnál az illesztett darab rajzszámát is meg kell adni

Ékhornyokat nem kell megmunkálási jellel ellátni, mert szintén természetes, hogy csak megmunkálással állíthatók elő.

Csavarmeneteket nem látunk el érdességi jellel. Ha erre kivételesen mégis szükség van, pl. menetfurónál, idomszernél, menetoldalnál, a felületi érdességet a szelvény rajzán vagy szabványos menetábrázolásban a menetátmérő méreténél kell megadni *(621. ábra)*.



621. ábra. Menetábrán a menetátmérő méreténél adjuk meg az érdességi jelet



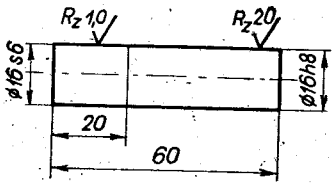
622. ábra. Fogazaton az osztókörön adjuk meg az érdességi jelet

Fogazatokon a működő fogfelületek érdességi jelét az osztókörön, illetve az ennek megfelelő alkotón kell megadni *(622. ábra)*. Ha a fenékszalag és a hozzácsatlakozó fogtő felületi érdességét meg kell adni, akkor a lábkört jelölő vonalon vagy segédvonalon lehet előírni.

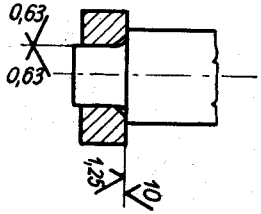
A darabolás vagy leszúrás útján nyert felületeket csak abban az esetben látjuk el érdességi jellel, ha utánmunkálásuk szükséges.

Ha ugyanannál a méretnél különböző felületminőségeket kell alkalmaznunk, akkor a határt vékony folytonos vonallal jelöljük be a *623. ábra* szerint. Az ábrán az $R_z = 1{,}0$ értékű köszörülés határát a vékony vonal jelöli; eddig a vonalig az esztergályos az $R_z = 20$ értéknek megfelelő átmérőt pontosan elkészíti, az 1,0-val jelölt felületnél pedig néhány tizedmilliméter köszörülési ráhagyással esztergályozza meg a felületet, amit azután a köszörűgépen munkálunk le a pontos méretre. Ez a jelképes vonal csak látható felületszakaszokon rajzolható.

Méretezett összeállítási rajzokon az érdességi jeleket úgy alkalmazzuk, hogy az érintkező felületekre, vagy ahol hely nincsen, a meghosszabbításukban rajzolt segédvonalakra az egyes felületekre vonatkozó jeleket a csúcsukkal a



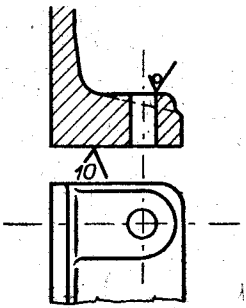
623. ábra. Különböző felületminőségeket vékony pontvonallal határolunk



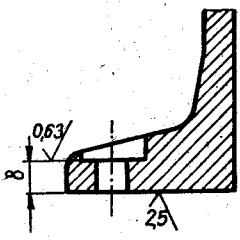
624. ábra. Összerajzolt felületeknél csúcsukkal szemben adjuk meg az érdességi jelet

kérdéses felület felé fordítva rajzoljuk *(624. ábra)*. Így járunk el akkor is, ha az érintkező felületeknek a minősége megegyező.

Az öntött alkatrészeknél az érdességi jelek figyelmeztetik a mintaasztalost arra, hogy hol kell a mintát ráhagyással készítenie. Az előzetes ármegállapítás, az ún. *előkalkuláció* szempontjából is fontos az érdességi jelek felrakása. Egy alkatrész előállítási költségében a legnagyobb tétel rendszerint a megmunkálás és a megmunkálással együttjáró műhelyköltségek. A megmunkálandó felületekkel való takarékoskodás csökkenti ezeket a költségeket. Pl. a géptalpak ferde felületeinél a leerősítő csavaranya egyenletes felfekvését sík felöntéssel biztosítjuk *(625. ábra)*. Ezt a



625. ábra. Simára öntés bejelölése



626. ábra. Felöntés helyett besüllyesztést is alkalmazunk

felöntést rendszerint megmunkáltatjuk. Olcsóbb gépeknél azonban kielégítő a nyers felület. Ekkor azonban meg kell adni a felületen a „simára önteni" karikával ellátott jelét, nehogy a műhely azt gondolja, hogy kifelejtettük az érdességi jelet. A mintaasztalost is figyelmezteti ez a jel arra, hogy nem kell ráhagyással készítenie a mintát. Ha a felöntés széle közel van a fal széléhez, akkor a felöntést beljebb kell elhelyezni a *625. ábra* alsó képe szerint, hogy ne essen egybe a felöntés széle az öntvénytalp szélével. A talp éle ugyanis lekerekített, és a beljebb helyezett felöntés nem zavarja ennek a lekerekítésnek a folytonosságát.

A csavaranya sima felfekvését a géptalpakon felöntés nélkül, az agyba való bemunkálással is megvalósíthatjuk *(626. ábra)*.

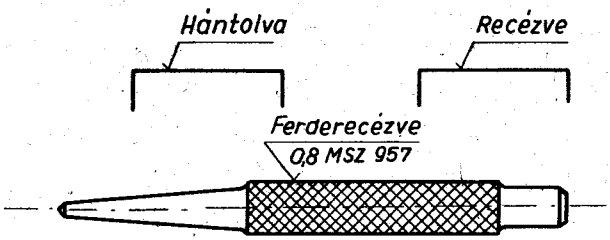
A régebbi rajzokon mérőszám nélkül egy vagy több háromszögjellel adtuk meg a megmunkálásokat. Ezeknek a helyettesítésénél a műszaki és gazdasági megfontolásoknak kell érvényesülniük. Ha a mérőszámos előírás ilyen megfontolásokat nem igényel, akkor a következő helyettesítések ajánlhatók mint legnagyobb érdességek:

Jel:	R_a µm
∇	80
∇∇	10
∇∇∇	1,25
∇∇∇∇	0,16

Ez a legnagyobb érdességérték az esetek többségében azért engedhető meg, mert a háromszögekkel jelölt felületek általában nem készíthetők olyan érdesre, mint ami a csoport legdurvább mérőszáma alapján megengedhető volna.

55. Különleges megmunkálások megadása

Különleges megmunkálásokat, különleges kezeléseket, festést, futtatást, nikkelezést stb. vagy hőkezelést, pl. cementálást, helyi edzést stb. szójelekkel kell megadni a rajzon (*627. ábra*, MSZ 4723). A szójelek az elkészítés utáni állapotot fejezzék ki.



627. ábra. Különleges megmunkálásokat szójelekkel adunk meg

A szöveget mutatóvonallal kell a vonatkozó felülethez kapcsolni. Szaggatott vonalhoz mutatóvonalat lehetőleg ne kapcsoljunk. Néhány szójel a következő lehet.

Megmunkálás:

Homokkal lefúva
Revétlenítve
Koptatva
Autogénnel vágva
Ollóval vágva
Lyukasztva
Fűrészelve
Zömítve
Tömörítve
Kiöntve

Kötések:

Lágyan forrasztva
Keményen forrasztva
Melegen felhúzva
Behengerelve

Hőkezelés:

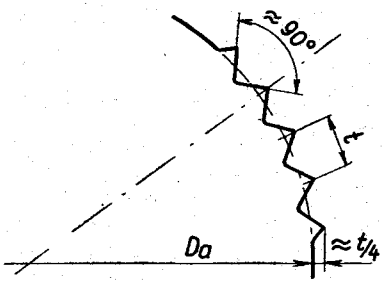
Kilágyítva
Kiizzítva
Betétben edzve
Javítva, nemesítve
Megeresztve
Domborítva
Telítve (impregnálva)
Nitridálva

Bevonatok:

Mázolva
Fényezve, lakkozva
Ónozva, stb.
Zománcozva
Barnítva

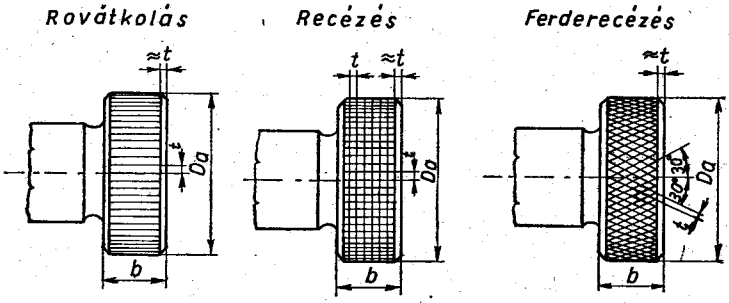
Kikészítés, csinozás:

Hántolva
Sorjázva
Leélezve
Reszelővel tisztítva
Csiszolóvászonnal tisztítva
Rovátkolva
Recézve
Ferdén recézve
Kifényesítve
Pácolva
Maratva

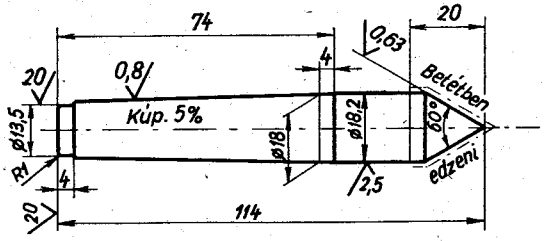


628. ábra. A felület mintázata rovátkolásnál és recézésnél

A rovátkolással, recézéssel, és ferde recézéssel (MSZ 957) a hengeres felületeket érdesítjük azért, hogy kézzel erősebben legyenek megfoghatók. Alkalmazzuk kézzel meghúzható csavaranyáknál, továbbá fogantyúknál, pl. a *627. ábrán* levő ferderecézett pontozónál. A D_a átmérőre esztergályozott felületre esztergagépen bemélyedésekkel ellátott görgőt szorítunk hozzá, ami a felületet benyomja és a mintázatot elkészíti *(628. ábra)*. A rovátkolással az alkotó mentén készítjük a kis barázdákat, a recézésnél két irányban mennek a barázdák, a ferde recézésnél ferdén keresztezik egymást a barázdák *(629. ábra)*. Az alkalmazható t osztásokat az egyes D_a alapátmérőkhöz és b szélességekhez a 17. táblázat adja meg. $b=6$ mm szélességig a leélezés kisebb, mint a t osztás. A leélezés helyett lekerekítés is alkalmazható. A *627. ábra* szerint a rovátkolással, recézéssel stb. előállított érdességet *mutatóvonalon* adjuk meg, ahol a méretet a t osztás méretével jellemezzük.



629. ábra. Rovátkolás, recézés és ferde recézés



630. ábra. Vékony pontvonal a különleges kezelés megadásánál

Ha a különleges kezelési utasítások a tárgynak csak egy részére vonatkoznak, akkor azoknak helyét vékony pontvonallal lehet meghatározni a *630. ábrán* levő nyeregszeg csúcsa szerint; a határt méretsegédvonallal adhatjuk meg.

17. táblázat

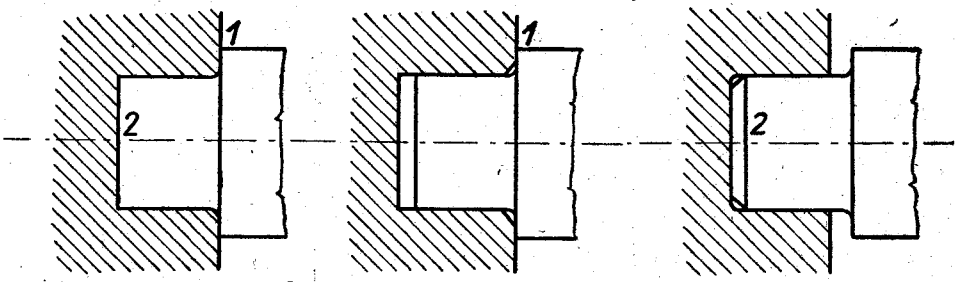
Rovátkolásnál és recézésnél a *t* osztások ajánlott értékei (MSZ 957) Méretek mm-ben

Használható alkalmazás	Rovátkolás bármely anyagra					Recézés csak keménygumira és műanyagra				Ferderecézés							
										Könnyűfémre, sárgarézre, fiberre				Acélra			
D_a / b	2-ig	2 fel. 6-ig	6 fel. 16-ig	16 fel. 32-ig	32 felett	6-ig	6 fel. 16-ig	16 fel. 32-ig	32 fel.	6-ig	6 fel. 16-ig	16 fel. 32-ig	32 fel.	6-ig	6 fel. 16-ig	16 fel. 32-ig	32 felett
8-ig	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
8 felett 16-ig	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8
16 felett 32-ig	0,5	0,6	0,8	0,8	0,8	0,6	0,8	0,8	0,8	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	1	1	1
32 felett 63-ig	0,6	0,6	0,8	1	1	0,6	0,8	1	1	0,6	0,8	1	1	0,8	1	1,2	1,2
63 felett 100-ig	0,8	0,8	0,8	1	1,2	0,8	0,8	1	1,2	0,8	0,8	1	1,2	0,8	1	1,2	1,6
100 felett	0,8	1	1	1	1,2	0,8	1	1,2	1,6	0,8	1	1,2	1,6	1	1,2	1,6	1,6

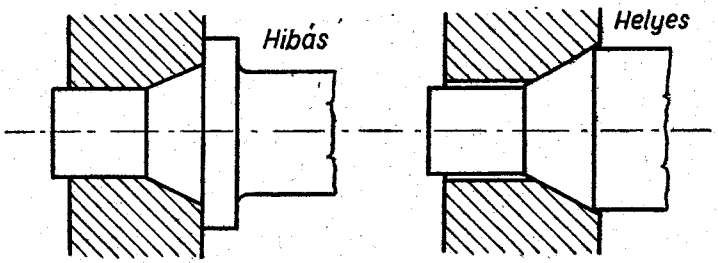
56. Alkatrészek csatlakozása

Egymásba szerelendő vagy egymás mellett fekvő alkatrészeknél a következőket kell a szerkesztőnek szem előtt tartania. Két alkatrész találkozásánál egy bizonyos irányban általában az egyik alkatrésznek csak egy felülete lehet a másik alkatrésznek ugyancsak egy felületével érintkezésben, mert több felületen a támaszkodás az anyagok merev volta miatt nem valósítható meg. Ha két vagy több felületpár érintkezését kívánnánk meg, akkor *túlhatározott* volna az érintkezésük, ami csak igen pontos, drága műhelymunkával volna megvalósítható. Ilyen *túlhatározottság* gyakran elkövetett hiba a kezdő tervezőknél. A *631. ábrán* pl. a furatba helyezett tengelycsapnál az *1* és *2* jelű felületeknél egyszerre nem lehet felfekvés. A helyes megoldás vagy a középső ábra szerinti, ahol a felfekvés az *1* jelű felületen történik, vagy a jobb szélső, ahol a *2* felületnél van biztosítva a felfekvés. Hasonló túlhatározottság van a *632. ábrán* is, ahol a kúpfelület is és a perem is felfekszik. Elég a felfekvést a kúpfelületnél biztosítani az ábra jobb oldali képe szerint.

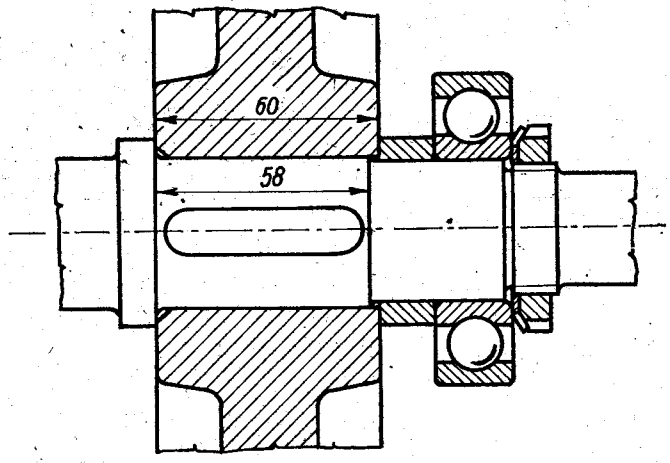
Tengelyre felszerelt alkatrészek tengelyirányú helyzetét lépcsős tengely alkalmazásával, a tengelyen készített vállakkal biztosítjuk, és oldalirányú elmozdulás ellen



631. ábra. Túlhatározottság és helyes illeszkedések



632. ábra. Túlhatározottság

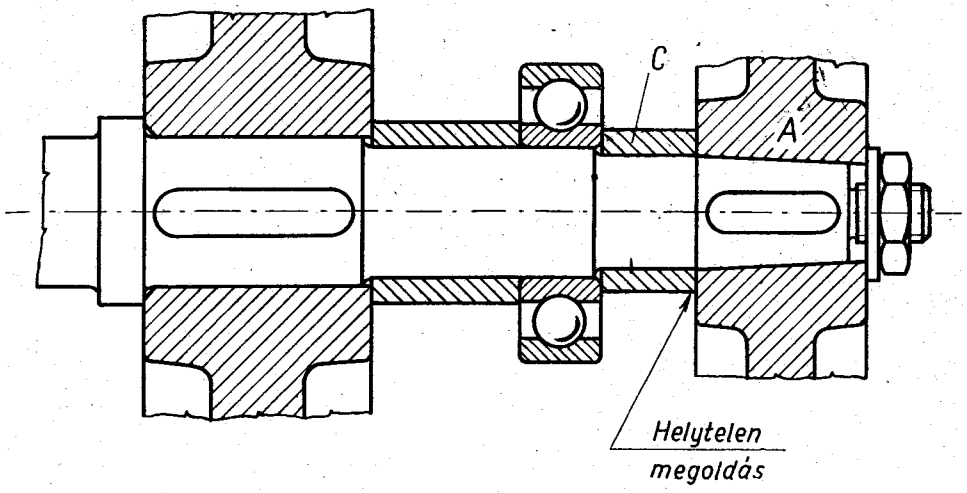


633. ábra. Távolságtartó csődarab használata

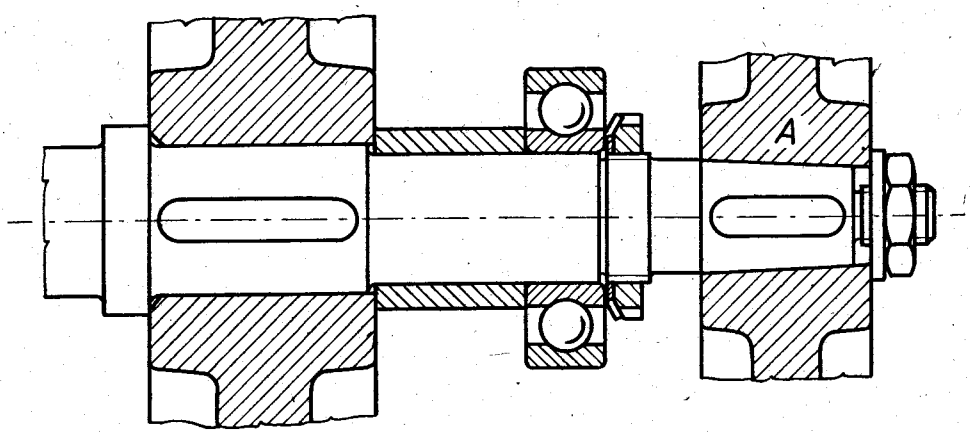
csavaranyákkal rögzítjük. Több alkatrész tengelyre fűzése esetén a *633. ábra* szerint úgy járhatunk el, hogy az egyes alkatrészek között *távolságtartó csődarab vagy gyűrű* közbeszerelésével biztosítjuk, hogy a tengely végénél levő anya egyszerre több alkatrészt rögzítsen a helyén. Ilyenkor a tengely lépcsőzésének a hosszúságát kisebbre kell venni, mint a rajta levő alkatrész agyhossza, hogy a távolságtartó cső ne a tengely vállának, hanem valóban a beszorítandó alkatrész agyának támaszkodjék neki. A *633. ábrán* pl. az agyhossz 60 mm és a tengelyen ugyanitt a hosszúság 58 mm.

A *632. ábra* szerint a *kúpos felfekvés már meghatározza az alkatrész tengelyirányú helyét.* Ezért tengelyre felfűzött alkatrészeknél a *634. ábra* szerint hibás volna a kúpos furatú alkatrész *A* agyához támasztatni a távolságtartó gyűrűt. Az ábrán a *C* jelű gyűrűvel nem lehet beszorítani a gördülőcsapágyat és a beljebb levő alkatrészeket, mert rövid *C* gyűrű esetén az *A* agy előbb fekszik meg a kúpos tengelyvégen, és a gyűrű kotyogna a többi alkatrésszel együtt. Ha pedig hosszabb a *C* gyűrű, akkor a kúpos tengelyvégen nem illeszkednék jól a rászerelt alkatrész agya, mert a *C* gyűrű távolabb tartja. E hibás megoldás helyett a *635. ábra* szerint közben levő anya alkalmazásával külön kell választani a gördülőcsapágy és a többi alkatrész beszorítását, a kúpos tengelyvégre csupán az *A* agyat lehet felszorítani a tengely végén levő csavaranyával.

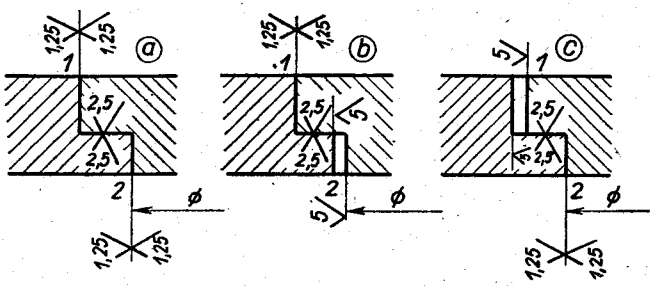
Hengerfelületeknél a *636. ábra a* változata szerint az *1* és *2*-nél a felfekvés csak pontos és költséges munkával volna végrehajtható. Ez a két különböző átmérőn való pontos felfekvés azonban rendszerint felesleges. Az első javítás az lehet, hogy 2-nél játékot hagyunk a *b* változat szerint. Ez is drága, mert a nagyobb alkatrésznél csak drágább megmunkálással lehet előállítani a felfekvést. Legjobb megoldás a *c* változat szerinti, amikor a kisebb átmérőnél fektetjük fel, mert ekkor a megmunkálás a legkönnyebben végezhető el.



634. ábra. Kúpos csatlakozásnál nem szabad távolságtartó betétet alkalmazni

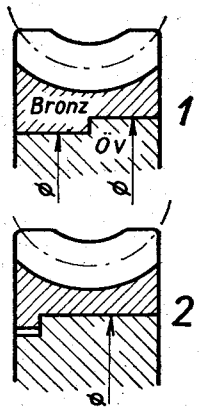


635. ábra. Az előbbi szerkezet helyes megoldása

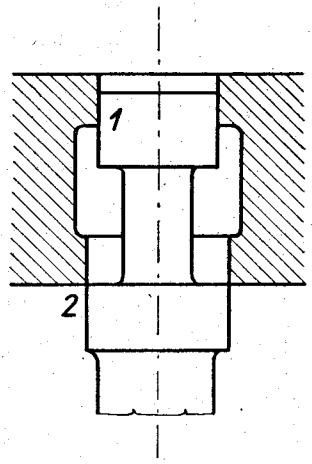


636. ábra. Hengerfelületek hibás és helyes csatlakozása

Fogaskerekeknél, továbbá csigahajtás-kerékkoszorúknál a jobb minőségű anyagból készített kerékkoszorút öntöttvas belső agyra szokás felerősíteni. Ha a *637. ábra 1* képe szerint akarnánk az illesztési felületeket elkészíteni, akkor ezen a két felületen nehéz volna biztosítani a jó felfekvést. E helyett a *637. ábra 2* képe szerint csak egy felületen valósítjuk meg az illeszkedést, és a lépcsőt csupán oldalirányú megtámasztásra, kisebb méretekben alkalmazzuk.



637. ábra. Fogazott koszorú hibás és helyes felerősítése

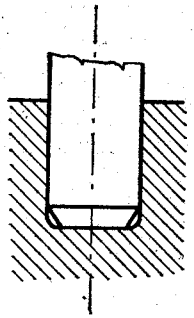


638. ábra. Tagozott alkatrész furatba helyezésének helyes módja

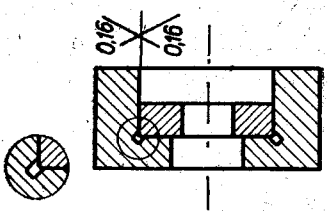
Tagozott alkatrészeknél a *furatba való beszerelés* megkönnyítésére a *638. ábrán* feltüntetett módon célszerű eljárni. Eszerint a hengeres részek egymásba szerelését úgy könnyíthetjük meg, hogy az *1* és *2* jelű felületek nem egyszerre érkeznek a lyuk széleihez, hanem az *1*-nél már bent van a furatban a hengeres rész, amikor *2*-nél találkozik a két felület.

Az egymáshoz illeszkedő alkatrészeknél a *saroklekerekítésnek* helyet kell biztosítani. A *639. ábra* szerint a furatba illeszkedő rúd végét kúposan letörjük, hogy ne a furat fenekénél levő saroklekerekítésnél támaszkodjék fel. Ritkábban alkalmazzuk a *640. ábra* szerinti megoldást, amikor a furat sarkainál *befelé visszük a lekerekítést,* hogy a bele kerülő alkatrész sarka elférjen. Ez a megoldás drágább, a belső felületeknek és a bele kerülő alkatrésznek az egyszerűbb elkészítését teszi azonban lehetővé, pl. ha köszörüljük a felületeket. A furatban a belső felületek köszörülését akadálytalanul végezhetjük el ennek a befelé menő lekerekítésnek az alkalmazásával.

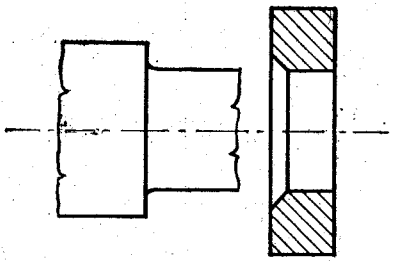
Ha állítógyűrű vagy valamilyen más gépalkatrész tengelynek a vállánál fekszik fel, akkor a furat sarkait rendszerint 45°-on leszedjük, hogy a váll lekerekítése



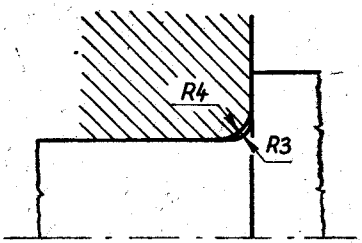
639. ábra. Saroklekerekítésnek helyet kell biztosítani sarokletöréssel



640. ábra. Saroklekerekítés befelé készített változata



641. ábra. Váll lekerekítésének süllyesztéssel biztosítunk helyet

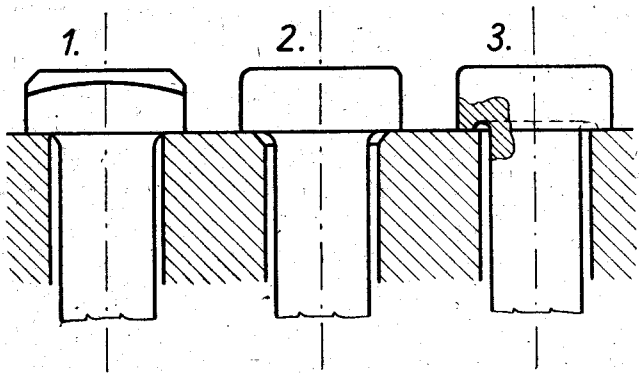


642. ábra. Ügyeljünk a lekerekítési sugarak méreteire

elférjen *(641. ábra)*. A csapágyperselynél is meg kell akadályozni a sarokba való felfekvést, mert a sarkokban üzem közben nagy felületi nyomások léphetnek fel. Ezt úgy akadályozzuk meg, hogy a persely lekerekítési sugarát nagyobbra vesszük, mint a tengely lekerekítését. Ezeket a lekerekítési sugarakat a rajzba gondosan be kell írni *(642. ábra)*.

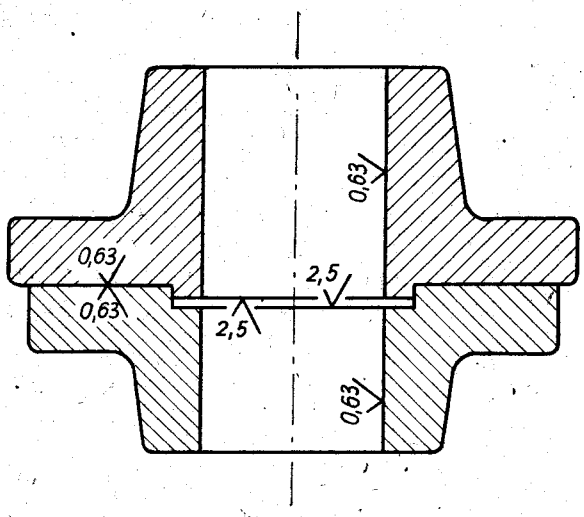
Csapfejeknél, rúdfejeknél, csavarfejeknél stb. mindig lekerekítéssel kell átmenni a szárba, hogy az éles szögletet elkerüljük. Nyers csavarfejeknél a lekerekítés rendszerint elfér a furatban (*643. ábra 1* képe), nagyobb húzó igénybevételnél azonban nagyobb lekerekítést kell alkalmazni, amelynél a furat szélét ki kell süllyeszteni. Nagyon erős igénybevétel, főleg lökésszerű terhelések esetén a fejleszakadás kevésbé következik be, hogyha a *643. ábra 3* képe szerint a lekerekítést belevisszük a fejbe.

Két egymáson fekvő alkatrésznél a középvonalaik egybeesését a szerelés számára úgy biztosítjuk, hogy az egyik alkatrészbe a központos vezetés céljából gyűrűt esztergályoztatunk, a másikra pedig kiálló makkrészt készíttetünk a *644. ábra* szerint. A két rész hosszúsága nem egyenlő, hanem a gyűrű mélyebb, hogy a felfekvés csupán kívül legyen, vagyis ne legyen túlhatározottság.



643. ábra. Különféle igénybevételű csavarfejek átmeneti lekerekítése

Ha a *644. ábra* szerinti két nyers felületű karima van egymás mellett, akkor az egyiket célszerű nagyobbra és ívelt széllel készíteni. Ezzel a megoldással ugyanis a nyers felületeknél levő pontatlanságot kevésbé vesszük észre, mintha a két átmérőt egyformára vettük volna. Ha a két alkatrész tengelye függőleges, akkor a nézők szeménél mélyebben fekvő alkatrészeknél a nagyobbik karimát tegyük felül, hogy fedje el a kisebbiket. Magasabban fekvő alkatrészeknél fordítva kell eljárnunk.



644. ábra. Központosítás

57. Az előnyös számok és méretek (MSZ 1700)

A szerkesztéskor sok esetben, pl. sorozatos méretnagyságok megállapításakor, nem célszerű az egyenletesen következő folyamatos számok sorrendjét követni, hanem kezdetben sűrűbben, később fokozatosan ritkábban, vagyis valamilyen mértani számsor szerint előnyös venni az alkalmazandó méretek sorrendjét. Ilyen eset pl. a tengelyátmérők sorozatának felépítése, hogy a gördülőcsapágyak furatméreteit vagy szíjtárcsák, fogaskerekek, tengelykapcsolók méreteit is a furatsorozatnak megfelelően állapíthassuk meg. Lépcsőzött tengelynél sem volna célszerű a lépcsőzést tört milliméteres méretekben elkészíteni. A gépek tengelymagasságait is mértani sor szerint állapítjuk meg. Csavarátmérők, szegecsátmérők sorozatainak a felépítésénél is mértani sort célszerű követni. Tengelytávolságok is kezdetben kis lépcsőzésekben, nagyobb értékeknél pedig a mértani sor nagyobb lépcsőzései szerint lehetnek megállapítva.

A mértani sorok tényezőit úgy kaphatjuk meg, hogy a 10-nek vesszük valamilyen gyökét. A használt egyes gyökértékek a következők:

$$\sqrt[5]{10}=1{,}6 \quad \sqrt[10]{10}=1{,}25\,; \quad \sqrt[20]{10}=1{,}12\,; \quad \sqrt[40]{10}=1{,}06 \quad \text{és} \quad \sqrt[80]{10}=1{,}03\,.$$

Az így kapott számoknak 0 kitevőjű hatványaival, továbbá a pozitív vagy negatív egész számú hatványkitevőkre való emelésükkel alkotjuk meg az előnyös *számsorokat*. Ezeket a számsorokat először *Renard* francia mérnök alkalmazta, ezért *Renard-soroknak* is nevezzük őket. A jelölésük *Renard* emlékére az *R* betűvel és a gyökkitevő számértékével történik, pl. *R* 5, *R* 10 stb. sorok.

Az *R* 5 sor egyes értékei az 1—10 határok között a következőképpen adódnak:

$$(\sqrt[5]{10})^0=1;\ (\sqrt[5]{10})^1=1{,}6;\ (\sqrt[5]{10})^2=2{,}5;\ (\sqrt[5]{10})^3=4;\ (\sqrt[5]{10})^4=6{,}3;\ (\sqrt[5]{10})^5=10.$$

18. táblázat

Előnyös számsorok

Előnyös számok értékei			Előnyös számok értékei		
R 5	R 10	R 20	R 5	R 10	R 20
1,00	1,00	1,00		3,15	3,15
		1,12			3,55
	1,25	1,25	4,00	4,00	4,00
		1,40			4,50
1,60	1,60	1,60		5,00	5,00
		1,80			5,60
	2,00	2,00	6,30	6,30	6,30
		2,24			7,10
2,50	2,50	2,50		8,00	8,00
		2,80			9,00
			10,00	10,00	10,00

A Renard-sorok így képezett értékeit a 18. táblázat tartalmazza az *R* 5, *R* 10 és *R* 20 soroknál. A 10-nél nagyobb előnyös számok a további kitevőkkel a következő számítás alapján adódnak:

$$(\sqrt[5]{10})^6 = (\sqrt[5]{10})^5 \cdot \sqrt[5]{10} = 10 \cdot \sqrt[5]{10} = 10 \cdot 1{,}6 = 16,$$

vagyis a 10-nél nagyobb előnyös számokat úgy kapjuk, hogy a táblázat számértékeit 10-nek pozitív vagy negatív egész számú hatványaival szorozzuk.

A táblázat értékei kissé kikerekített értékek. Elsősorban az *R* 5 értékei részesítendők előnyben, azután az *R* 10 stb. Az *R* 80 sort csak kivételes esetben használjuk.

A 18. táblázat oszlopaiban levő sorokat a táblázatban fel nem tüntetett *R* 40 sorozattal együtt *alapsorozatnak* hívjuk. *Származtatott sorozat* ezekből úgy keletkezik, hogy az alapsorozatnak minden 2. vagy 3. (és így tovább) tagjait tartjuk csak meg. Jele az alapsorozat jele, ezt törtvonal követi, ami után a 2, 3,... áll.

A szocialista országok szabványegységesítési tárgyalásai során lineáris mértékre (átmérőkre és hosszértékekre) a 45. mellékleten levő méreteket állapították meg. Tervezésnél ezeket a méreteket kell irányadóul venni. Tengelyátmérők, a hozzájuk tartozó agyfuratok és más lineáris méretek megállapításánál ezeknek a méreteknek az alkalmazása csökkenti az iparban szükséges szerszámok és mérőeszközök számát, leegyszerűsíti a cserélhető alkatrészek gyártását. Szabvány megalkotásánál tekintetbe kell venni ezeket a méretsorokat.

A 45. melléklet alkalmazásakor elsősorban a ritkább sorozatokat kell venni. Megindokolt kivételes esetekben a melléklet megjegyzésében előírt rendelkezések betartásával lehet választani a táblázat értékei között levő méreteket is.

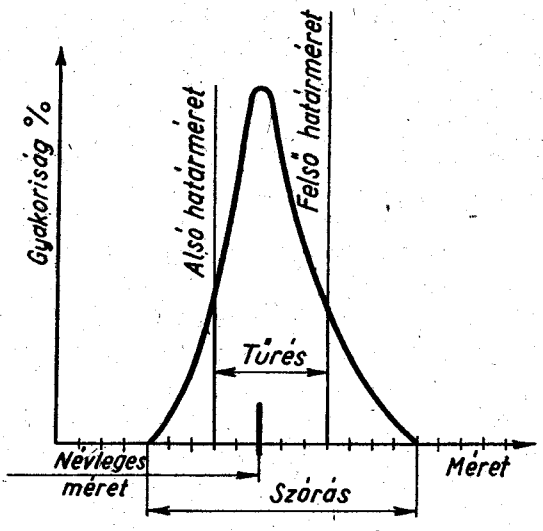
Átmérők értékeinek megválasztásánál a következő sorrend szerinti kiválasztás ajánlható:

elsősorban	a 0-ra végződő átmérők,
másodsorban	a 0-ra és 5-re végződő átmérők,
harmadsorban	a 0-ra, 2-re, 5-re és 8-ra végződő átmérők választandók.

Különleges esetben, éspedig a finommechanikában, a gördülőcsapágyaknál vagy métermeneteknél különösen fontos az átmérőméretek célszerű megválasztása.

58. Tűrések és illesztések (MSZ 180)

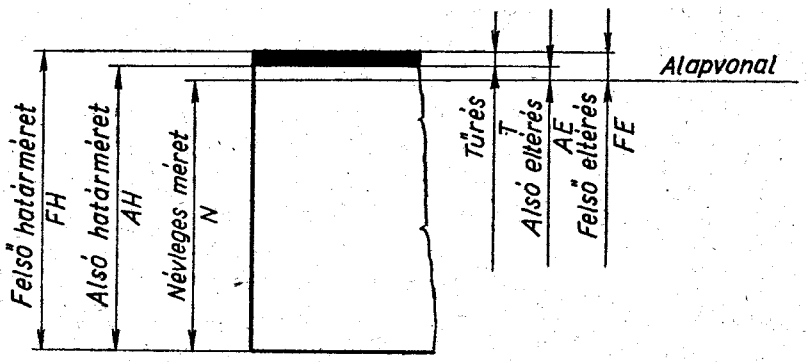
A rajzon előírt méretek nem készülnek tökéletes geometriai pontossággal, hanem a munkadarab valóságos méreteiben a gyártástól függően kisebb-nagyobb szóródás mindig mutatkozik. Éppen ezért a munkadarab nagyságrendjének jellemzésére szolgáló *alapméretet* csak *névleges méretnek* nevezzük. Az alkatrész készítésénél a gép pontossága, a szerszám kopása, a fellépő deformáció stb. azt eredményezi, hogy az előírt névleges méret azonos gépbeállítás mellett sem készül el minden darabnál



645. ábra. Gyakorisági görbe

pontosan egyformára. Ha a legyártott alkatrészeknél a megvalósított méreteket pontosan lemérjük, utána nagyság szerint csoportosítjuk a lemért értékekben a gyakoriságot, és diagramba rakjuk fel, akkor a *645. ábra* szerinti görbét kapjuk, amelynek az alakja általában nem lesz szimmetrikus. Alárendeltebb célra, nem illeszkedő alkatrész esetében a legkisebb és a legnagyobb elkészített méretnek, vagyis a teljes szórásnak megfelelő értékek is felhasználhatók. Pontosabban illeszkedő alkatrészeknél azonban már nem engedhetjük meg a teljes szórást, hanem az eltérést bizonyos határok közé kell szorítanunk, meg kell szabnunk egy alsó és felső határt a megengedhető méretnagyságokra, és csak e két érték között levő tűrést engedhetjük meg.

A tűrés *alsó és felső határára* vonatkozólag megjegyezhetjük, hogy a mérethatárok között a tűrésmező elhelyezkedhet a névleges méret körül, a felett vagy pedig alatta. A *646. ábrán* pl. a névleges méret felett helyezkedik el a tűrésmező. Az *eltérés* +, ha a határméretek nagyobbak, mint a névleges méret, és az *eltérés* – értékű akkor, ha az általa meghatározott határméretek kisebbek, mint a névleges méretek. A *646. ábrán* az az eset van feltüntetve, amikor mindegyik eltérés pozitív, vagyis a felső és az alsó határméret is nagyobb, mint a névleges méret.



646. ábra. Tűrésmező és elnevezései

A felső és alsó határméreteket a névleges mérettől való *legnagyobb és legkisebb* eltéréseikkel adjuk meg, ezeket az eltéréseket a névleges méret után írjuk a megfelelő előjelekkel. Tegyük fel pl., hogy a *646. ábrán* a következő méretet akarjuk előírni:

$$\varnothing 50^{+0,7}_{+0,2}.$$

Ez azt jelenti, hogy az alkatrészt 50,7 és 50,2 mérethatárok között kell elkészíteni. Ekkor a *tűrés* mint a *felső és az alsó határméret különbsége:* $T=0,5$ mm.

A tűrés megadásánál mindig felül írjuk a felső határméretnek megfelelő eltérést és alul az alsó határméretnek megfelelőt. Ebből következik, hogyha mindkét eltérés pozitív, akkor a számok közül a felső a nagyobb értékű, ha pedig mindkét eltérés negatív, akkor a felső szám abszolút értékre nézve a kisebb, az alsó pedig a nagyobb, pl.

$$\varnothing 60^{-0,1}_{-0,3}.$$

Azonos határméretek esetén is a névleges méret tetszőlegesen helyezkedhet el, és így az eltérések értékei és előjelei is különbözők lehetnek. Ha a névleges méret egybeesik valamelyik határmérettel, akkor ott az eltérés 0 értékű.

Ezek szerint pl. az $50^{+0,7}_{+0,2}$ méretet más névleges mérettel mint alapmérettel sokféleképpen írhatjuk fel, ezek között példaképpen az alábbi esetek lehetségesek:

$$50,2^{+0,5}_{0} = 50,5^{+0,2}_{-0,3} = 50,7^{0}_{-0,5} = 51^{-0,3}_{-0,8}.$$

A tűrés mindegyik esetben a felső határméret és az alsó határméret különbsége, ami ugyanaz, mintha a felső eltérésből kivonjuk az alsó eltérést, vagyis a *646. ábra* betűjelöléseivel:

$$T = FH-AH=(N+FE)-(N+AE) = FE-AE.$$

Mivel a felső határértékre mindig a megengedhető legnagyobb értékeket vesszük, azért a tűrés mindig + előjelű. A fenti számértékek utolsó adataival pl. a tűrés:

$$-0,3-(-0,8)=+0,5.$$

A névleges mérettől való eltérés természetesen nemcsak csapnál, hanem furatoknál, továbbá párhuzamos felületeknél, vagyis lineáris méreteknél is előfordul. Így ezekre is megfelelő tűrést írhatunk elő.

Ennek a tűrésnek a nagysága, vagyis a tűrés minősége a gyártási eljárás minőségétől függ. Köszörűgépekkel létrehozott pontos minőségű gyártásnál a felső és az alsó határméret közel lehet egymáshoz, vagyis igen finom minőségű, néhány ezred milliméter értékű tűrést lehet megvalósítani. Esztergályozással a fogástól függően lehet finomabb vagy durvább minőséget létrehozni. Hengerléssel vagy kovácsolással, öntéssel már csak jóval durvább minőséget tudunk létrehozni, vagyis jóval nagyobb a szórásmező. A tűrés minősége tehát a gyártásnak megfelelően különböző nagyságokban írható elő. Az előállítási költség nagysága erősen függ az előírt tűréstől; minél kisebb a tűrés, annál pontosabb a gyártmány, de annál költségesebb is az előállítása. A szerkesztő fontos feladata tehát az, hogy a különböző szempontok mérlegelésével, a takarékosság szem előtt tartásával valósítsa meg azokat a gazda-

ságosan létrehozható tűréseket, amelyek mellett még üzembiztosan tud dolgozni a tervezett alkatrész.

A tűrések előírásával elsősorban az összeszerelendő, együtt dolgozó alkatrészek *jó illeszkedését* igyekszünk biztosítani. Az a cél, hogy a külön-külön megmunkált egyes összetartozó darabok utólagos javító, igazító munka nélkül is egymásba szerelhetők, az azonos darabok egymás között kicserélhetők legyenek.

Két egymásba illesztett alkatrésznél, pl. furatba dugott csapnál mindkét munkadarab tűrése befolyásolja az illeszkedést. A két alkatrész *játékkal illeszkedik*, ha a csap mérete kisebb, mint a furat mérete. Ha a két alkatrész szilárd kötését akarjuk megvalósítani, akkor a csapot valamivel nagyobbra kell készíteni, mint a furatot; ekkor a két alkatrész *fedéssel illeszkedik*.

Aszerint, amint valamilyen megmunkált alkatrésznek könnyebben vagy nehezebben kell járnia a megfelelő ellendarabban, vagy pedig bele kell szorulnia, bele kell ékelődnie, a két alkatrész közötti illesztés *különböző fokozatairól* beszélünk.

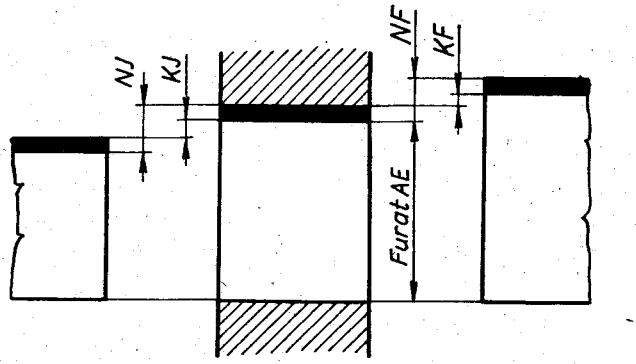
Az illesztés fokozatainak három fő csoportját különböztetjük meg.

Laza illesztés: ekkor játékkal illeszkednek az alkatrészek, ami a két munkadarabnak egymáshoz való elmozdulását vagy üzemszerű mozgását biztosítja, pl. a csap és a csapágy illeszkedése.

Átmeneti illesztés, amikor a munkadarabok a két alkatrészen levő tűréseknek megfelelően játékkal is vagy fedéssel is illeszkedhetnek. Ezt az illesztést egymáson el nem mozduló alkatrészek esetében használjuk, pl. a tengelyeken az állítógyűrűk, fogaskerekek, tengelykapcsolóagyak, szíjtárcsák illesztésére. Kötő gépelemek alkalmazásával oldható erőátviteli kötések létesítésére alkalmasak.

Szilárd illesztés, amikor fedéssel illeszkednek az alkatrészek, ez az illesztés alkalmas kötő gépelemek nélkül is erőátviteli célra, nem oldható kötést ad, pl. vasúti-kocsi-kerék a tengelyén, szemcsapágy-perselynek a házban való illesztése.

Mivel az összeszerelt alkatrészek mindegyike bizonyos előírt alsó és felső határértékű tűréssel készül, ezért a *J* jelű játéknak és az *F* jelű fedésnek is két határértéke van. A *647. ábra* bal oldalán levő csap a középső furathoz képest a játékkal való illesztést szemlélteti, a jobb oldal pedig a fedéssel való illesztést tünteti fel. Eszerint:



647. ábra. Játékkal, illetve fedéssel történő illesztés

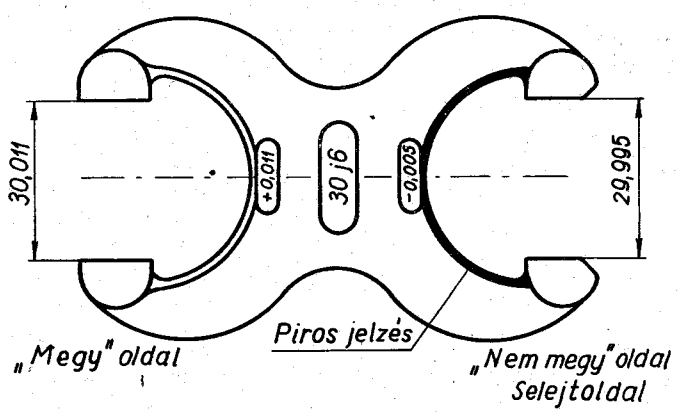
Legnagyobb játék: *NJ* a lyuk felső és a csap alsó határméretének a különbsége.
Legkisebb játék: *KJ* a lyuk alsó és a csap felső határméretének a különbsége.
Legnagyobb fedés: *NF* a csap felső és a lyuk alsó határméretének a különbsége.
Legkisebb fedés: *KF* a csap alsó és a lyuk felső határméretének a különbsége.

A névleges mérettel meghatározott értéket vesszük a tűrések ábrázolásánál *alapvonalnak*. A névleges mérettől, vagyis ettől az alapvonaltól való eltéréseket és az általuk meghatározott tűrést is általában a milliméter ezredrészével, vagyis mikrométerekkel (jele: μm) fejezzük ki. Csak a durvább minőségeknél használjuk a tizedmillimétereket vagy az egész millimétereket.

A tűrések ábrázolásánál a névleges méretet természetesen nem tudjuk az ezredmilliméterekkel arányosan ábrázolni egy ábrában, ezért úgy járunk el, hogy a tűréseket túlzottan nagyobbaknak rajzoljuk. Azonkívül a névleges méretnek csak egyik oldalát, a felső oldalát vesszük fel alapvonalnak, és a tűréseket úgy rajzoljuk ehhez az alapvonalhoz, mintha a névleges méretnek csak az egyik végén szerepelnének.

A mikrométer pontosságú mérések elvégzésére általában külső és belső mérésre alkalmas mikrométerek vagy megfelelő mérőórák, illetve pontos mérőműszerek szükségesek. Ezekkel azonban a mérés lassú, és bizonyos fokú gyakorlatot is igényel.

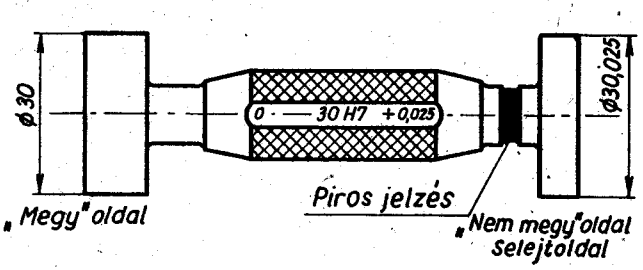
Ezért a műhelyben a gyártás és az átvétel alkalmával a pontos mikrométereket nem mérjük, hanem a munkadarabot egyszerűen összehasonlítjuk a megfelelő ellenőrző idomszerekkel. A csap ellenőrzésére közepes méretnagyságoknál a villás mestermérőt vagy *villás idomszert* használjuk *(648. ábra)*, amelynek az egyik villája a felső határméretre, a másik pedig az alsó határméretre van köszörülve. Ha pl. a $30^{+0,011}_{-0,005}$ határméretekkel megadott tűrést kell ellenőrizni, akkor a villa egyik oldalát a felső határméretre, vagyis 30,011 mm-re, a másik oldalt pedig az alsó határméretre, vagyis 29,995 mm-re készítjük. A felső határméretnek megfelelő oldal



648. ábra. Villás idomszer

a *megy oldal,* az alsónak megfelelő pedig a *nem megy oldal,* mert ha a csap készítéskor ez a villaág is rámegy a csapra, akkor az már túl kicsinyre van készítve, és nem lehet felhasználni. Ez a selejtoldal a mérőfelületeinél sarokletöréssel kezdődik, hogy a munkadarabra könnyebben rámenjen, vagyis hogy a selejtes darabot könnyebben észre lehessen vele venni. Az összehasonlításkor tehát a nagyobb méretű megy oldalnak rá kell mennie a munkadarabra, de a másik oldalnak már nem szabad rámennie, vagyis a villás idomszer két villája által meghatározott két határérték között kell lennie az elkészített munkadarab méretének.

A furatok ellenőrzésére a *hengeres mestermérőt* vagy *hengeres idomszert* használjuk. A *649. ábra* az $\varnothing 30^{+0{,}025}_{0}$ tűrés ellenőrzésére szolgáló idomszert mutatja be. Ennek szintén két oldala van, a *megy oldal* a furat alsó határértékére van köszörülve, a *nem megy oldal* pedig a felső határértéknek felel meg, mert ha ez a méret is belemegy a furatba, akkor már a megkívántnál nagyobb méretű a furat, és nem használható fel.



649. ábra. Hengeres idomszer

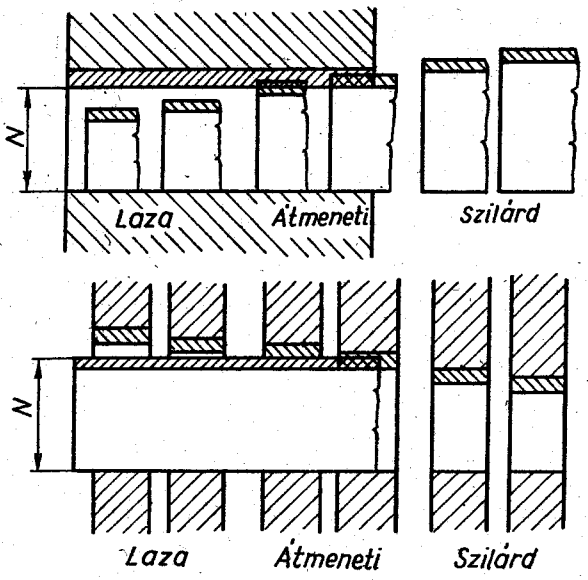
Mindkét idomszernél a megy oldal mérete a munkadarab azon határmérete, amelyet a gyártás során először érünk el. Csapnál nagy átmérőről esztergályozunk vagy köszörülünk kisebbre, ezért villás idomszernél a felső határméret a megy oldal; furatnál kicsiny méretről megyünk felfelé nagyobbra, ezért hengeres idomszernél az alsó méret a megy oldal.

A hengeres idomszert hornyok szélességének a mérésére is felhasználhatjuk, pl. ékhornyok, dugattyúgyűrű-hornyok szélességének az ellenőrzésére is alkalmas. A villás idomszert pedig vállak, falvastagságok és egyéb lineáris méretek mérésére lehet felhasználni.

Ezek az idomszerek 20 °C alaphőmérsékletnél mérnek helyesen. Erre az üzemben ügyelni kell, mert a hőmérséklet okozta méreteltérések kis tűrések esetén, pl. köszörült daraboknál jelentősek lehetnek. Az idomszerek nem megy oldala *színjelzéssel* van megkülönböztetve a megy oldaltól. A névleges méret, az alsó és felső eltérések előjelükkel együtt, továbbá a tűrés szabványos jele a felírásokra szolgáló helyeken fel vannak tüntetve az idomszereken. Az idomszereket vagy mestermérőket idegen szóval *kalibereknek* is nevezik.

59. Az illesztési rendszerek elvi felépítései

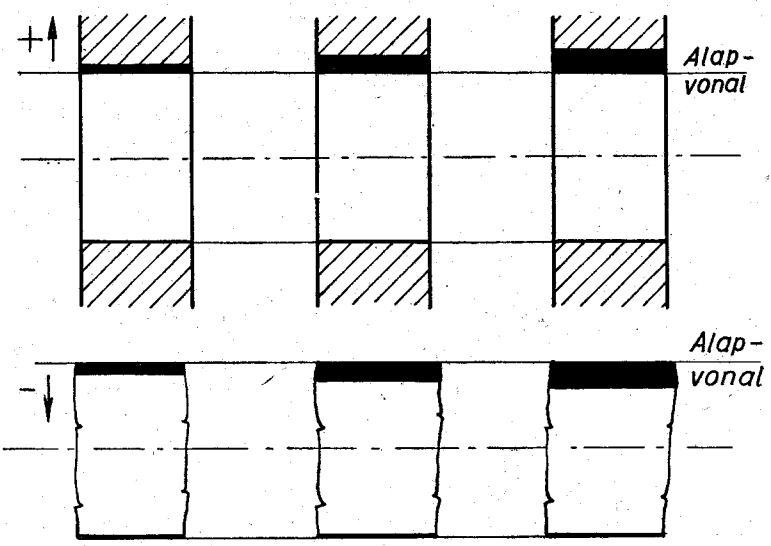
Egy alkatrésznek a másikba való illeszkedésénél különböző *illesztési fokozatokról* beszélünk, aszerint, hogy a két alkatrész illeszkedésének lazának, átmenetinek vagy szilárdnak kell lennie. Ezeket a fokozatokat kétféleképpen valósíthatjuk meg. Eljárhatunk úgy (*650. ábra* felső képe), hogy a furatnak állandó + eltérésű tűrést adunk, és az egyes fokozatokat úgy hozzuk létre, hogy a furathoz képest a csapokat készítjük különböző mérethatárok között, melyek az ábrán túlzottan vannak feltüntetve. Ilyen módon biztosítjuk a két alkatrésznél a szükséges laza vagy szilárd illesztési fokozatokat. A fokozatok száma természetesen több is lehet, mint amennyi az ábrán fel van tüntetve. Ezt a rendszert *alaplyukrendszernek* vagy alaplyukcsoportnak nevezzük. Ennél tehát a csap mérete a szükséges játéknak vagy fedésnek megfelelően változó.



650. ábra. Alaplyuk- és alapcsaprendszer fokozatai

Az illesztési fokozatok létrehozására alkalmas másik tervszerű sorozatot úgy létesíthetjük (*650. ábra* alsó képe), hogy a csapot tartjuk negatív eltérésű tűréssel állandó értékben, és ehhez képest a furatokat valósítjuk meg lépcsőzetesen különböző mérethatárok között. Ez az *alapcsaprendszer* vagy *alapcsapcsoport*, amelynél tehát a lyuk mérete változó a szükséges játéknak vagy fedésnek megfelelően.

A tűrés nagysága az üzemi követelmények szerint az egész csoporton belül különböző értékű lehet. A *651. ábra* felső képe példaképpen a lyuk méreténél tüntet fel háromféle minőséget, amelyeknél az alapvonalhoz képest + méreteltéréssel külön-



651. ábra. Alaplyuk- és alapcsaprendszer különféle minőségei

böző nagyságú, finomabb és durvább minőségű tűrések szemlélhetők túlzott ábrázolásban. A hozzájuk tartozó csapoknál az egyes illeszkedési fokozatokban ugyanazok a tűrésminőségek szerepelhetnek. A *651. ábra* alsó képe pedig csapnál mutat háromféle minőséget, ezeknél a tűrések negatív eltérésűek. A tűrések minősége természetesen nemcsak három, hanem sokkal több is lehet.

Az alaplyukrendszernél egy bizonyos névleges átmérőhöz és minőséghez csak *egy hengeres mestermérőt* és az illeszkedési fokozatoknak megfelelően *több villás mestermérőt* kell raktáron tartani. Az alapcsaprendszernél pedig egy bizonyos átmérőhöz és minőséghez csak *egy darab villás mestermérő* és *több hengeres mestermérő kell.*

A csap megmunkálása, hogy a laza vagy szilárd illeszkedés különböző fokozatait megvalósíthassuk, a legtöbb esetben egyszerűen, kevés és olcsó szerszámmal végezhető el, ezért leginkább az alaplyukrendszer használatos, csak kivételes esetekben az alapcsaprendszer. Az idomszerek költsége is kisebb az alaplyukrendszernél.

Az alapcsaprendszert használjuk pl. olyan területen, ahol méretre húzott tengelyeket, csapokat használunk, vagyis a nem túl finom illeszkedésű és lehetőleg lépcsőmentes tengelyek esetében. Ilyenek fordulnak elő közlőműtengelyeknél, mezőgazdasági gépek, textilipari gépek esetében, továbbá a villamos iparban, főleg tömeggyártás esetén.

60. Az ISO illesztési rendszer (MSZ 1850—1867)

A különböző minőségekkel megvalósított és az illeszkedés különböző fokozatainak létrehozására alkalmas tűrések és méreteltérések tervszerű sorozatára kezdetben az egyes nemzetek által felállított *országos illesztési rendszerek* szolgáltak. Ilyen volt nálunk a *MOSZ illesztési rendszer*, ami régi rajzokon található. 1950. július 1-i hatállyal az illesztésekre nézve az MSZ 1850—1867 szabványokban levő *nemzetközi*, ISO *illesztés* alkalmazása kötelező, ami sokkal bővebb, mint az egyes nemzetek illesztési rendszere, nagyobb lehetőséget ad az illesztések alkalmazására, és kiküszöböli azokat a zavarokat, amelyeket az egyes nemzeti illesztési rendszerek a nemzetközi gazdasági életben okoznak.

Az ISO 1928-ban kezdett foglalkozni a különböző nemzeti illesztési szabványok egységesítésével, és 1935-ben fejezte be javaslatának kidolgozását.

A szabványos illesztési rendszerben az *alapvonal a névleges mérettel meghatározott méretvonal*. Ez a *0* vonal. A tűrés mértéke a nagyobb átmérőknél természetesen nagyobb értékű lehet. Pl. ha ∅40-nél bizonyos esetben 25 μm tűrést engedünk meg, akkor a ∅80-nál 35 μm tűrés lehetséges. A selejtes darabok számbavételével végzett statisztikai vizsgálatok azt mutatták, hogy a tűrés értéke az átmérővel nem lineáris, hanem *köbgyökös* összefüggésben lehet. A nagyobb méret ugyanis viszonylag könnyebben készíthető el. A tűrés meghatározására célszerűnek látszott bevezetni a *tűrésegységet*, amit az ISO illesztési rendszernél *i* betűvel jelölünk. A tűrésegységet tehát az *átmérő köbgyökével* célszerű összefüggésbe hozni. Az ISO illesztési rendszerben a tűrésegység számítására a következő képlet szolgál:

$$i = 0{,}45\sqrt[3]{D} + 0{,}001D \text{ mikrométer } (\mu\text{m}).$$

Itt a D átmérő milliméterben helyettesítendő be. A képletben a második, lineáris tag az átmérő növekedésével arányosan nagyobbodó mérési hibák számításba vételére szolgál. A képlet alapján pl. ∅-40-nél a tűrésegység:

$$i = 0{,}45\sqrt[3]{40} + 0{,}001 \cdot 40 = 1{,}54 + 0{,}04 = 1{,}58 \cong 1{,}6 \ \mu\text{m}.$$

Mivel nem érdemes minden átmérőre külön tűrésegységet alkalmazni, azért az *átmérők csoportokba* vannak összeállítva. Egy csoporton belül a csoport szélső átmérői mértani középértékének megfelelő átmérővel van kiszámítva a tűrésegység, és egy átmérőcsoporton belül ugyanazzal a tűrésegységgel dolgozunk. Az ISO ajánlásban, illetve az azt szabványosító magyar szabványokban megállapított átmérőcsoportok a 46. melléklet I. oszlopában találhatók. Az illesztések 1—500 mm átmérőhatárok között vannak szabványosítva. 500 mm-en felüli névleges méreteknél az MSZ 1868 szerint a tűrésegység mikrométerben: $i = 0{,}003D + 2{,}5$ lineáris képlettel számítható, ahol D a névleges méret milliméterben.

A különböző finomabb vagy durvább minőségi igényeknek megfelelő tűrések nagyságát ezzel a tűrésegységgel úgy hozzuk létre, hogy a tűrésegységet általában

mértani sor szerint növekedő számokkal szorozzuk meg: kivételt képeznek a kezdő, igen kis értékű minőségek. Az ISO rendszerben 22 minőség van megállapítva mint a tűrés alapsorozata. Egy-egy alapsorozat jelölése *IT* (ISO *Tolerancia*, ISO tűrés) betűjellel és a megfelelő minőség számjelének melléírásával történik. A kisebb számok a kisebb tűrést, tehát a pontosabb minőséget jelentik. Ezek a minőségek a következők:

IT 1; *IT* 2; *IT* 3;... *IT* 22.

Ezeknek a minőségeknek a tűrésértékeit a következők szerint állapították meg:

Az *IT* 1 értékét az átmérő növekedéssel arányosan növekvő mérési hibák figyelembe vételével, az átmérővel arányosan növekedően állapították meg.

Az *IT* 2—*IT* 4 minőségek geometriai lépcsőzésben helyezkednek el az *IT* 1 és *IT* 5 között.

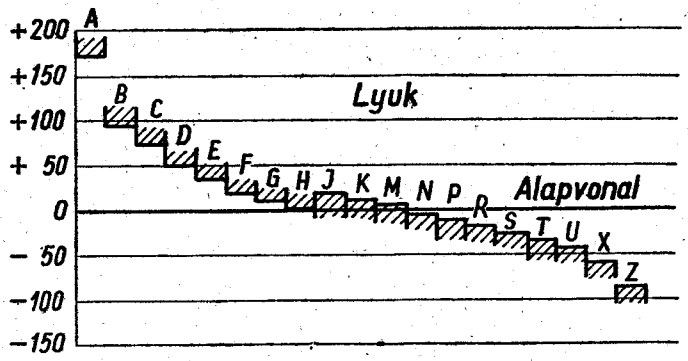
Az *IT* 5-től kezdve úgy keletkeznek az alapsorozatok tűrései, hogy az *i* tűrésegységet az *R* 5 *Renard*-sor megfelelő számértékeivel szorozzuk, pl. *IT* 5-nél az *R* 5 sor ötödik tagja (felfelé kerekítve) a szorzó, vagyis a tűrés: 7 *i*, az *IT* 6-nál a hatodik tag a szorzó, vagyis a tűrés: 10 *i* stb. Az így kiszámítható tűrések nagyságát az *IT* 16 minőségig a 46. melléklet táblázata tartalmazza. A táblázat második sora a tűrésegység *R* 5 sor szerinti szorzóit tünteti fel.

A táblázat alsó részén levő felhasználási felírások szerint az alsó, kis tűrésértékek az idomszerek, kaliberek, mérőeszközök készítéséhez, az igen pontos méretek betartásához szolgáló tűrésértékek. Az általános gépépítésben szükséges illeszkedésekhez az *IT* 5 *IT* 11-minőségek szolgálnak. Az *IT* 11-en felüli minőségek a hengerléssel, húzással, esetleg kovácsolással, öntéssel előállított pontatlanabb munkadarabok tűrésének előállítására alkalmasak. Az *IT* 12 pl. precíziós öntéssel előállítható minőség lehet. A táblázat értékein túlmenő durva tűrések, egészen *IT* 22-ig kikerekített értékekkel használatosak az illesztési előírások nélküli tűrésezetlen méretek jelölésére.

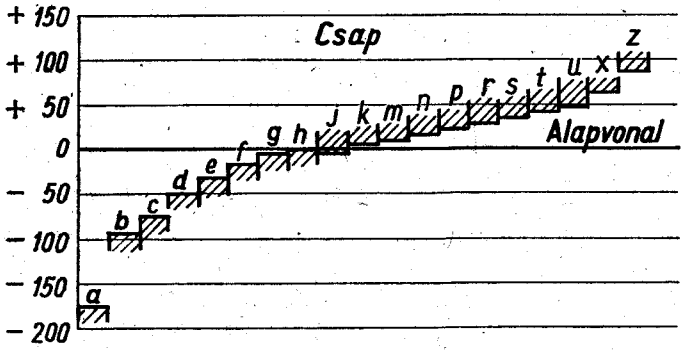
Látható, hogy az ISO illesztési rendszerben a legkisebb tűrések is megvannak, és a nagy tűrésekre is vannak értékek. A rajzon a tűrés minőségének az előírása a minőségi számok megadásával történik.

Az illeszkedés *650. ábra* szerinti fokozatainak a megvalósítása úgy történik, hogy az alaplyukrendszernél a csapméret eltéréseit változtatjuk, az alapcsaprendszernél pedig a furatnak vannak eltérései az alapvonaltól. Ezeknek az eltéréseknek az alapvonalhoz közelebb eső értékeit *alapeltéréseknek* nevezzük. Az alapeltérés tehát a tűrésmezőnek az alapvonalhoz közelebb eső határvonala és az alapvonal közötti távolsága. Az alapeltérések a szabványokban az átmérő függvényében képletekkel vannak előírva.

Ezek az alapeltérések határozzák meg, hogy milyen az *illesztés fokozata*, vagyis azt, hogy laza vagy szoros-e az illeszkedés jellege. Az illeszkedésnek ezt a jellegét betűkkel jelöljük meg. Az alapeltérések egyes fokozatait szemléletesen lyuknál a *652. ábra*, csapnál a *653. ábra* tünteti fel. Az ábrából látható, hogy a furatok alap-



652. ábra. Furatok fokozatainak alapeltérései



653. ábra. Csapok fokozatainak alapeltérései

eltéréseinek az értékei bármelyik fokozatnál a hasonló jellegű csapéval megegyeznek, de ellenkező előjelűek. A lyukat nagybetűvel, a csapot kisbetűvel jelöljük, éspedig a következő betűk használatosak:

A, B, C, D, E, F, G laza lyuk jelölésére, az eltérés pozitív értékű.
a, b, c, d, e, f, g laza csap jelölésére, az eltérés negatív értékű.

H átmeneti lyuk, *h* átmeneti csap } ezek az alapvonalon helyezkednek el, a lyuk pozitív, a csap negatív értékkel.

J, K, M, N, P, R, S, T, U, (V), X (*Y*), Z nyugvó és szilárd illeszkedésű lyuk, negatív eltéréssel.

j, k, m, n, p, r, s, t, u (v), x (y), z nyugvó és szilárd illeszkedésű csap, pozitív eltéréssel.

Az I, L, O, Q, W, illetve az i, l, o q, w betűk használatát mellőzték, mivel más jelölésekkel téveszthetők össze. A zárójelben levő betűk értékei csak kivételesen használandó értékek.

A H, illetve h fokozat a *651. ábrának* megfelelően az *alapvonalon helyezkedik el.* Ezektől kiindulva felfelé az abécé kezdőbetűi egyre lazább fokozatot jelentenek, az abécé vége felé, lefelé menve pedig egyre szorosabb illeszkedéshez jutunk. Az átmeneti illeszkedésnél a tűrésmezők az alapvonal közelében helyezkednek el. A J jelű tűrésmező az alapvonalhoz képest pozitív és negatív irányban is terjed, vagyis az alapvonal keresztülmegy ezen a tűrésmezőn. További átmeneti illeszkedési fokozatok a k, m és n a csapoknál és ugyanezek nagybetűvel a lyuknál.

A munkadarab tűrését az alapeltérési fokozatot jelentő betűvel és a gyártási tűrés minőségét jelentő számmal adjuk meg, ezeket a névleges méret után írjuk a következőképpen:

∅30 k5:5-ös minőségű, k alapeltérésű, vagyis pozitív tűrésmezejű csap.
∅30 H 6:6-os minőségű, H alapeltérésű, vagyis az alapvonalon ülő lyuk.

A *652.* és *653. ábrákon* az alapvonalhoz közelebb eső alapeltérés helye van csak vastag vonallal bejelölve: a másik irányban, vagyis a felső határra vonatkozólag a tűrésmező nagysága, vagyis a tűrés minősége szabja meg az értéket. Az alapeltérések számszerű értékeit a 47. melléklet tünteti fel az MSZ 4730 szabvány függeléke szerint. Ennek a mellékletnek és a 46. mellékleten levő tűrésértékeknek a segítségével bármelyik átmérőhöz a tűrés alsó és felső értékét a *652.* és *653. ábrákon* levő elhelyezkedések szem előtt tartásával úgy képezhetjük, hogy a 47. mellékletből kivesszük az átmérőcsoportnak és a kívánt fokozatnak megfelelő alapeltérés értékét, és ehhez a 46. mellékletből az *IT* tűrésminőségnek és ugyancsak az átmérőcsoportnak megfelelő tűrésnagyságot. Ezzel a tűrésnagysággal kiegészítjük a *652.*, illetve *653. ábrákon* nyitottan levő tűrésmezőt. Aszerint, ahogy az alapeltérés a 47. mellékleten a felső (FE) vagy az alsó (AE) eltéréssel van megadva, a képzendő határeltérés alsó (AE) vagy felső (FE) eltérés lesz.

Két alkatrész illeszkedése számára illesztési rendszert mint *alaplyuk-* vagy *alapcsaprendszert* a következőképpen építhetünk fel. Alaplyukrendszerhez a lyuk tűrésére a 0 vonalon ülő H fokozatot vesszük fel, és hozzá a csapokat vesszük a *653. ábra* szerint a különböző fokozatoknak megfelelő kisbetűkkel. Az alapcsaprendszer felépítéséhez pedig a csapot vesszük 0 vonalon ülő negatív tűréssel, vagyis h alapeltéréssel, és hozzá a lyukakat vesszük a *652. ábrán* feltüntetett alapeltérésekkel. Egy ilyen illesztési rendszer felépítésénél a *csaphoz* általában *egy minőségi számmal durvább minőségű lyukat párosítunk*, mivel a csap pontos elkészítése mindig könnyebb művelet, mint a furaté, vagyis inkább a csap minőségének a javításával finomítjuk az illesztést. Pl.

alaplyukrendszernél: $\frac{H6}{m5}\,\frac{H7}{n6}\,\frac{H8}{m7}$,

alapcsaprendszernél: $\frac{M6}{h5}\,\frac{K7}{h6}\,\frac{M8}{h7}$.

Az így felépített illesztési rendszer nagyon bő lehetőséget biztosít. A nagy választékból a gyakorlat számára kiválasztjuk a leginkább használatos tűréseket és illesztéseket, és az illeszkedések gyakorlati megvalósításához mind az alaplyukrendszer, mind az alapcsaprendszer számára az értékeket szabványtáblázatokban foglaljuk össze. A táblázatokba tehát nem veszünk fel minden lehetséges tűrésmezőt, mert erre gyakorlatilag nincsen szükség. A 48. melléklet az *alaplyukrendszert* tünteti fel, ahol a különböző minőségű H alaplyukhoz megtaláljuk az illető alaplyukminőséghez ajánlott csapokat. A 49. melléklet az *alapcsaprendszert* tünteti fel. Ugyanazon minőségű lyukkal párosított csapok csoportját vagy ugyanazon minőségű csappal párosított lyukak csoportját *illeszkedési családnak* nevezzük.

Az említett mellékleteken az általános gépipari gyakorlatban előforduló legtöbb illesztési feladatok megoldására alkalmas értékek vannak feltüntetve. Összefoglalva a 19. táblázat tünteti fel (MSZ 1869) ezeket az ajánlott értékeket. A táblázatban

19. táblázat

Ajánlott illesztésválaszték párosításra (MSZ 1869. MSZ 4725)

Alaplyukrendszerben:

H6							f6			g5	h5			j5	k5	m5	n5					
H7				d9		**e8**	**f7**			**g6**	**h6**			j6	**k6**	m6	**n6**	p6	**r6**	s6	**s7**	**u7**
H8				**d9**	d10	e8	f7	f8	**f9**		**h7**	**h8**	h9				n7				s7	**u8**
H11	a11	b11	c11	d9	**d11**						**h11**											
H12		**b12**									**h12**											

Alapcsaprendszerben:

h5						F7			H6			J6	K6	M6	N6		
h6					E8	**F8**		G7	**H7**			J7	**K7**	M7	N	P7	S7
h7									H8								
h8			D9		E8	F8	**F9**		**H8**								
h9			D9	D10	E8	F8	F9		H8	H9	H10						
h11				**D11**							**H11**						
h12		B12									**H12**						

Megjegyzés: A kövéren szedett értékek az MSZ 4725 szerinti szűkebb illesztésválasztéknak felelnek meg.

kövér betűkkel vannak feltüntetve azok az értékek, amelyek egy szűkebb illesztésválasztéknál alkalmazhatók (MSZ 4725). Az illesztések megválasztásánál elsősorban ezek az értékek veendők figyelembe.

Az 5 és 6 minőségek értékei elég kicsinyek, úgyhogy csak köszörüléssel vagy finom fúrással tudjuk megvalósítani őket. Ezért ezt a csoportot *nemes* illesztési csoportnak is nevezik. A H7 alaplyukhoz tartozó csapok illeszkedési családját *finom* illesztésnek nevezzük, a H8 és H9-hez tartozók *egyszerű* illesztési és a H11-hez tartozók a *goromba* illesztési minőségek.

Mivel a betűjel önmagában kevéssé szemlélteti azt, hogy a fokozat játékkal vagy fedéssel rendelkezik-e, ezért szokás külön elnevezést is adni az egyes fokozatoknak a régi MOSZ illesztési rendszerből átvéve. Pl. forgó illeszkedéseknél a következő elnevezéseket használjuk:

d,	illetve	D	tágan futó illeszkedés,
e,	„	E	könnyen futó illeszkedés,
f,	„	F	futó illeszkedés,
g,	„	G	szűk futó illeszkedés,
h,	„	H	mozgó illeszkedés,
j,	„	J	toló illeszkedés,
k,	„	K	akadó illeszkedés,
m,	„	M	ékelődő illeszkedés,
n—p,	„	N—P	kötő illeszkedés,
r—s,	„	R—S	sajtoló illeszkedés
t—u,	„	T—U	zsugorodó illeszkedés.

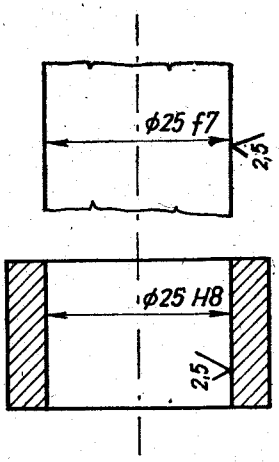
A laza illeszkedés tágabb fokozataiban a lyukhoz nem kisebb minőségi számú, hanem azonos, eggyel nagyobb, vagy kettővel is nagyobb minőségeket veszünk, pl. a tágan futó fokozatnál H7-hez d9 csapot.

A táblázatból megfigyelhetjük azt is, hogy az alaplyuk- és alapcsaprendszer előírásaiban egyenértékű illeszkedések vannak, pl. $\frac{H7}{g6}$ alaplyukillesztés egyenértékű a $\frac{G7}{h6}$ alapcsapillesztéssel.

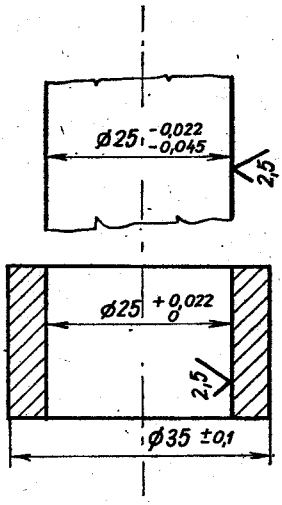
61. Tűrések, illesztések megadása a rajzon (MSZ 14)

Hogy az egyes alkatrészeken milyen tűréseket és illesztési fokozatokat alkalmazzunk, azt az üzemi követelmények ismerete alapján tudjuk csak eldönteni. Az alkatrész rajzán a névleges mérettől való eltérést a méretszám után adjuk meg. A szabványos jelével tüntetjük fel, de a szövegmező mellett célszerű készíteni külön kis táblázatot, és ebben összefoglalni a rajzon levő szabványos tűrésjelölések számszerű értékeit. A méretszám után a számszerű értékeket is megadhatjuk, rendszerint azonban csak olyankor, amikor nem szabványtűrést alkalmaztunk.

A tűrés szabványos jelét a méretszámmal azonos nagyságúnak vesszük, egy számjegynyi hézagot hagyva *(654. ábra)*. A számszerű megadásnál a tűréshatárokat a méretszám vízszintes középvonalához képest szimmetrikusan írjuk fel a méretszám kétharmad nagyságának megfelelő számokkal, amelyek azonban műhelyrajznál 2 mm-nél ne legyenek kisebbek. A mérethatárszámoknál *felül írjuk a nagyobbik*

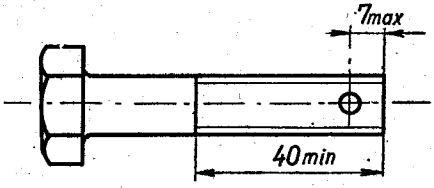


654. ábra. Szabványos tűrésjel



655. ábra. A tűréshatárokat számértékeik beírásával is megadhatjuk

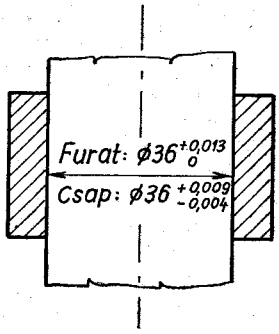
és alul a kisebbik méreteltérést. Egyforma értékeknél ± előjelekkel összevontan a *középnél* adjuk meg a méreteltérést. A számszerű megadásnál a 0 méreteltérést ki kell írni *(655. ábra)*, de a felső eltérést ebben az esetben is megemelve, az alsót pedig süllyesztve kell felírni *(658. ábra)*.



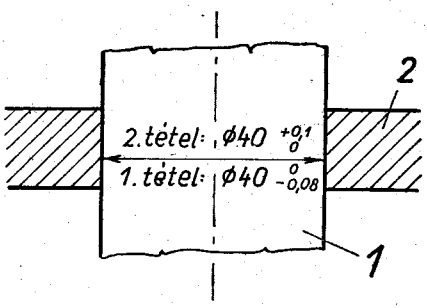
656. ábra. Alsó, illetve felső határértéket „min", ill. „max" felírással jelölünk a méretszám után

A tűrés mérethatárainak megadása mellett a felületek érdességi mérőszámát természetesen ki kell tenni.

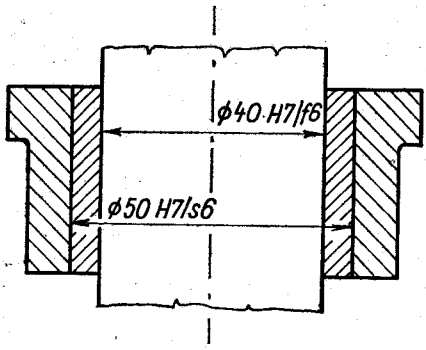
Ha valamelyik méretnek csak a felső határértékét írjuk elő, akkor max jellel, ha csak az alsó határértéket, azt min jellel kell feltüntetni a méretszám után *(656. ábra)*. Egyberajzolt illeszkedő alkatrészeknél a tűrést a furatnál felül, a csapnál pedig alul írjuk *(657. ábra)*, feltüntetve a *furat, csap* felírást vagy pedig a tételszámokat *(658. ábra)*. Szabványos tűrés esetén ezeket a felírásokat el lehet hagyni, mert a tűrés betűjelölése a furat, illetve a csap jellegét már meghatározza. Ekkor a



657. ábra. Egyberajzolt alkatrészeknél a furatot felül, a csapot alul írjuk



658. ábra. A tételszámokat is megadhatjuk a furat, ill. csap tűréseivel



659. ábra. Egyberajzolt furat és csap tűrését tört alakban is megadhatjuk

659. ábra szerint tört alakban adjuk meg a tűréseket, a *tört számlálója a furat, a nevezője pedig a csap tűrését* jelenti. A számláló és nevező ferde vonallal elválasztva egy sorban legyenek.

A rajzon a nem csatlakozó, kevésbé kényes méreteket tűréssel külön ellátni nem szokás, de ezekre is vonatkozik egy megengedett szórás. A megengedett szórási mező elhelyezkedése a névleges méretre mindenkor szimmetrikus, vagyis plusz—mínusz értékű. Forgácsolással készült tűrésezetlen méretek megkívánt pontossága általános, külön előírás nélküli minőségnél az MSZ 6300 szabvány szerint

$$\pm\frac{IT\,14\,\mathrm{k}}{2}$$

minőség, amelynek értékei a 20. táblázatban vannak feltüntetve. A k betű azt jelenti, hogy az értékek kerekítettek.

20. táblázat

Tűrésezetlen méretek pontossága forgácsolási megmunkálásnál (MSZ 6300)

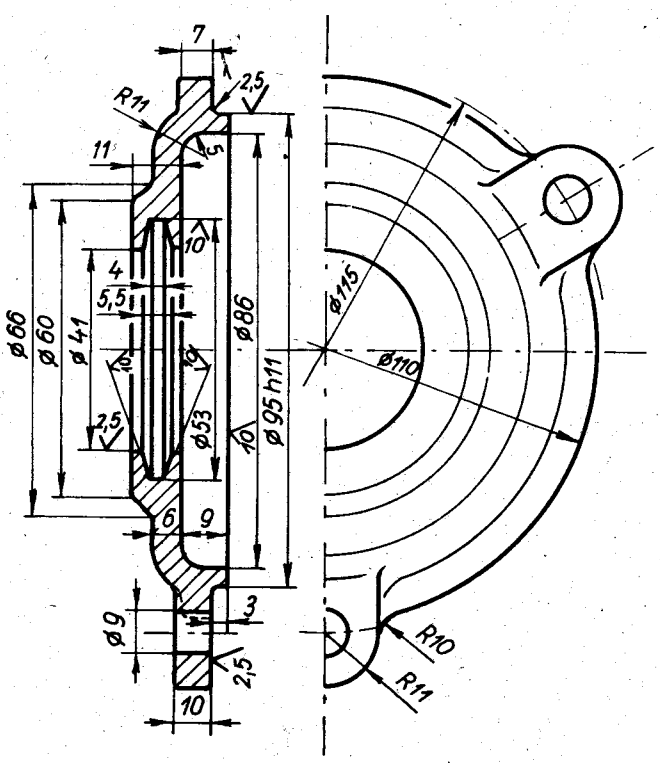
Névleges méretcsoport	1—6	6—18	18—50	50—120	120—315	315—800	800—1250	1250—2000	2000—3150	3150—5000	5000—8000	8000—12500
Megkívánt pontosság	±0,1	±0,2	±0,3	±0,4	±0,5	±0,8	±1	±1,5	±2	±3	±4	±6

A nyersen maradó felületek méreteinek tűréseire mérvadó szabványok:

Vasöntvényekre az MSZ 8281, az acélöntvényekre az MSZ 8271, színesfémekre az MSZ 4206, az acél szabadalakító kovácsolásra az MSZ 5744, süllyesztékes kovácsolásra az MSZ 5745. Műhelyrajzokon ajánlatos az e szabványokból választott pontossági osztály (pontossági fokozat) előírása. Munkadarabrajzon indokolt lehet a kiválasztott pontossági osztálynak (fokozatnak) megfelelő tűrések, illetve szórásértékek táblázatos vagy közvetlen megadása is.

Ha ugyanazon névleges mérettel jellemzett felület szakaszaihoz különböző tűrések tartoznak, akkor a szakaszok közötti határt vékony folytonos vonallal és méretekkel kell meghatározni, a névleges méretet pedig a megfelelő tűrésekkel együtt, külön-külön kell megadni mindegyik szakaszra.

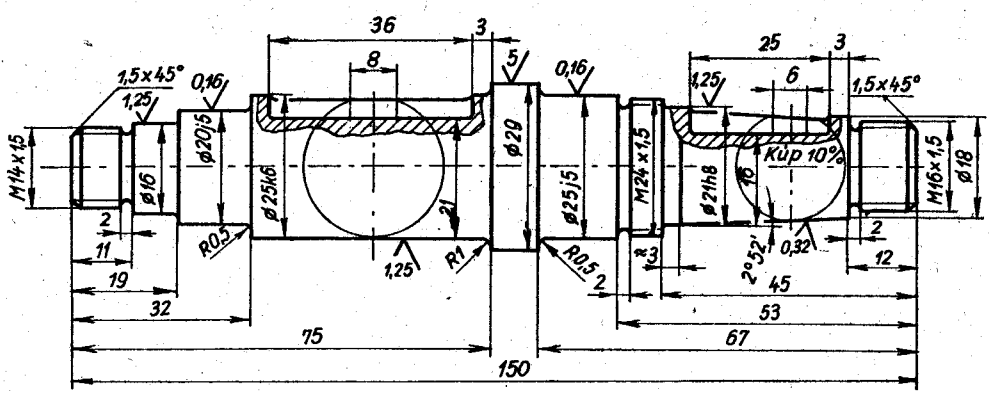
A *660. ábra* golyóscsapágyháznak öntöttvasból készített fedelét tünteti fel az érdességi jelekkel és a tűrésekkel együtt. Tűrésre ott van szükség, ahol a fedél központos vezetése céljából az ∅ 95-ös méret belenyúlik a házfuratba. Ennél a helynél az *IT* 11 illesztési minőség is megfelelő. A fedélen keresztülmenő tengely átmérője 40 mm. A fedél furatát 1 mm-rel nagyobbra, ∅ 41 mm-nek vesszük, a tengely mentén azonban tömíteni kell. Erre a célra a falat a furatnál megvastagítjuk, és trapéz keresztmetszetű hornyot esztergályoztatunk bele. Ebbe nemez tömítőgyűrűt he-



660. ábra. Öntöttvasból készített golyóscsapágyház fedelének műhelyrajza

lyezünk el. A fedél felerősítésére három csavar szolgál. A csavar furatai számára füleket öntetünk a fedélre. A füleknél a fedél körülfutó peremét felöntéssel vastagítjuk, hogy erősebb legyen. Azonkívül a perembe nagy lekerekítéssel kell átmenni, hogy ezáltal is ellenállóbbá tegyük a fül átmenetét.

A *661. ábra* egy tengely műhelyrajzát tünteti fel a tűrésekkel és érdességi jelekkel együtt. A reteszhoronnyal ellátott középső részen szíjtárcsa vagy fogaskerék felerősítésére a 6. illeszkedési minőség k fokozatát vesszük.



661. ábra. Tengely műhelyrajza

62. A szovjet (OCT) illesztési rendszer (MSZ 10 000 R)

Az *ISO* és a *szovjet (OCT) illesztési rendszer* csaknem egyidejűleg és egymással párhuzamosan fejlődött. Így végső kialakításukban nemcsak elvileg, hanem sokszor a részletekben is egyeznek egymással. Így sok esetben a cserélhetőség is fennáll, sőt egyes méreteknél ugyanazon idomszer használható mindkettőhöz.

A tűrésegység értéke az *ISO* egységtől kevéssé eltér:

$$i_{OCT} = 0{,}5\sqrt[3]{D} \text{ mikrométer (μm)},$$

D a névleges átmérő milliméterben.

A különböző tűrési minőségek az OCT-ben is megvannak, ezeket *klasszisoknak* nevezzük, és a klasszisokat ugyancsak számokkal jelöljük, valamely klasszisban a tűrés nagysága azonban nem minden illesztésnél ugyanaz, azonkívül más lehet a csapnál és más a lyuknál. Az OCT rendszerben 10 klasszis van, amelyeknek a jelölése:

1, 2, 2*a*, 3, 3*a*, 4, 5, 7, 8, 9.

Munkadarabokhoz az általános gépépítésben az 1—4 minőségek használatosak. Az 5—9 minőségek durva tűréseket írnak elő, amelyek az IT 12—IT 16 minőségeknek megfelelően a hengerléssel, húzással stb. előállított, pontatlanabb munkadarabok tűrésének előírására alkalmasak.

A klasszisok minőségei a következőképpen jellemezhetők:

1. klasszis: nemes illesztés, megfelel az IT 5, IT 6-nak;
2. klasszis: finom illesztés, megfelel az IT 6, IT 7-nek;
2*a*. klasszis: egyszerű illesztés, megfelel az IT 8-nak;
3. klasszis: egyszerű illesztés, megfelel az IT 9-nek;
3.*a* klasszis: egyszerű illesztés, megfelel az IT 10-nek;
4. klasszis: goromba illesztés, megfelel az IT 11-nek.

Az 5. klasszis IT 13-nak, a 7. klasszis IT 14-nek, a 8. klasszis IT 15-nek, a 9. klasszis IT 16-nak felel meg.

Az alapeltéréseket, amelyek az illeszkedés fokozatait határozzák meg, az *OCT* rendszer egységesen *cirill nagybetűkkel* jelöli a furatra és a csapra egyaránt. Az illesztés jellege szerint itt is három csoportot különböztetünk meg, laza , átmeneti és szilárd illeszkedést. Az egyes csoportokhoz tartozó jelölések a következők:

Laza illeszkedés: Ш, Л, Х, Д és С, az С megfelel az ISO H, illetve h-nak.

A betűjelek a következő elnevezéseik kezdőbetűi:

Широкоходовая	Легкоходовая	Ходовая	Движения	Скользящая
Tágan futó	Könnyen futó	Futó	Szűk futó	Mozgó (sikló)

Átmeneti illeszkedés: П, Н, Т és Г

Плотная	Напряженная	Тугая	Глухая
Toló	Akadó	Ékelődő	Kötő

Szilárd illeszkedés: Лп, Пр, Гр, ПР1, ПР2, ПР3.

Elnevezéseik:

Легкопрессовая	Прессовая	Горячая	Прессовая	1, 2, és 3.
Könnyen sajtoló	Sajtoló	Zsugorodó	Sajtoló	1, 2, és 3.

Az alapeltérések nagysága itt is megadott képletek alapján számítható.

Az illeszkedések illesztési csoportokba vannak összefoglalva, éspedig alaplyuk-, illetve alapcsapcsoportba. Mindkettőnél az alapeltérés 0 értékű, alaplyuknál pozitív, alapcsapnál negatív eltéréssel. A mozgó illesztés: C, ennek az alapeltérése szintén 0 értékű.

Az alaplyuk jelölése: A. megfelel az ISO H fokozatnak.
Elnevezése: отверстия = lyuk.

Az alapcsap jelölése: B, megfelel az ISO h fokozatnak.
Elnevezése: Вал = tengely.

A tűrés jelölése úgy történik, hogy az alapeltérések betűjele mellé írjuk indexként a klasszis számjelét. Pl. X_3 $Л_4$ Пр 2_3. Kivétel a 2. klasszis, amelynél a „2" jelölést nem tesszük ki, pl. H, T Пр.

A rajzon a méretszám után írjuk ezeket a jeleket, pl. ∅ $20X_3$ ∅ 40 C. Együttes jelölésnél törtalakot használunk, amelynek a számlálója a lyuk tűrése és a nevezője a csap tűrése, pl:

∅ $80\frac{A}{T}$ 2. klasszisú (finom minőségű), alaplyukrendszer szerinti, ékelődő illeszkedés.

∅ 100 $\frac{C_3}{B_3}$ 3. klasszisú (egyszerű minőségű) alapcsaprendszer szerinti mozgó illeszkedés.

Összehasonlításképpen az 50. melléklet tünteti fel az egymásnak megfelelő OCT és ISO illesztéseket. A két illesztési rendszerben az átmérőcsoportok csak 180 mm-ig esnek egybe, azonfelül az ISO-ban 4, az OCT-ban csak 3 csoportbeosztás van. Ezért 180 mm átmérőn felül egyes méreteknél előfordulhat, hogy az egyik rendszer más átmérőcsoport-tűrést ír elő, mint a másik.

63. A csavarmenetek tűrésezése (MSZ 304)

A csavarmenetek tűrését és illesztését szabványosítani nehéz feladat, itt ugyanis több olyan méret van, amelyek összefüggenek egymással, és a cserélhetőséget együttesen befolyásolják. Ilyen méretek a menet középátmérője, a menet emelkedése és a menet csúcsszöge. A menet külső átmérője és magátmérője már nem szükséges, hogy érintkezésben legyenek.

Az elméleti csavarmenetszelvényt *alapszelvénynek* nevezzük. E szelvény mellett érintkezik az anya- és az orsómenet. A menetcsúcsoknál általában rés mutatkozik a lekerekítések miatt. A csavarmenetek tűrésezésénél az alapszelvény a 0 érték, hozzá képest az *orsómenetet befelé,* az *anyamenetet* pedig *kifelé* tűrésezzük. Az orsómenet eltérésének a felső értéke tehát 0, és az alsó értéke −előjelű, az anyamenetnél pedig az alsó érték a 0, és a felső érték +előjelű. A tűrések a két elemen a *662. ábra* szerint helyezkednek el.

Az egyes főméreteknél a tűrések nagyságai a következők: A d_2, illetve D_2 *középátmérő tűrését jelöljük b-vel, az orsó külső d átmérőjének tűrése c, és az anya magátmérőjének tűrése a.* Ezek a tűrések az átmérőnek két oldala között oszlanak meg, úgyhogy az ábrán vonalkázott terület a megengedett értéknek csak a felét jelenti.

Háromféle minőségű csavarmenettűrés van szabványosítva, *finom, közepes és durva.* A minőség jelei a kezdőbetűk: *f, k* és *d.* Ezeket a *csavar jele után* írjuk, pl.: M 20*f*.

A tapasztalat azt mutatta, hogy a d_2 középátmérő tűrése, amit b-vel jelöltünk, a menetemelkedés négyzetgyökével vehető arányosnak. Ugyancsak a tapasztalat szerint az 1 mm menetemelkedéshez 0,1 mm-t, vagyis 100 mikrométert vehetünk

közepes tűrésnek, a finom tűréshez pedig ennek csak a 2/3-át (67%-át) vehetjük fel. Ezt a finom tűrést vesszük a *csavarillesztés egységeként,* ami tehát a következő:

$$1 \text{ csav. ill. egység} = 67\sqrt{h} \text{ mikrométer.}$$

A képletbe h értéke milliméterben helyettesítendő be.

A finom minőségű csavar *középátmérőjének* a tűrését tehát egy csavarillesztési egységnek vesszük, a közepes minőség ennek 1,5-szerese, és a durva minőség 2,5-szerese.

A *662. ábra* szerint látható, hogy a d külső átmérőnél az orsó felső határmérete megegyezik az orsó névleges méretével, a tűrés c jelű, — előjellel. Az anyamenet alsó értéke a d, a felső értéke ezen az átmérőn nincsen szabványosítva.

A magátmérőknél az orsómenet felső határértéke a d_1, az alsó határérték nincsen megszabva. Ha szerkezeti okok megkívánják a magátmérő tűrésének előírását és annak az átvétel alkalmával való vizsgálatát, akkor az külön előírandó. Célszerű tűrésnagyság ilyenkor a d_2 tűrésének 1,3—1,5-szerese. Az anyamenetnél a D_1 alsó értéke megegyezik az alapszelvénnyel, a felső érték azzal a tűréssel van megszabva, amely + értékű.

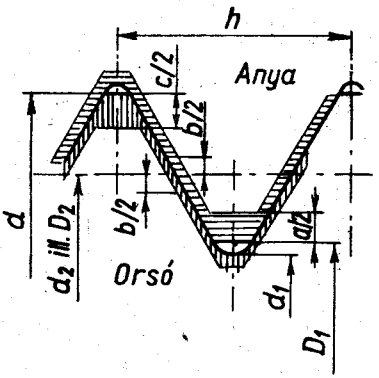
Az említett három átmérőnél alkalmazunk tűrést a csavaroknál. A középátmérő tűrése a teljes cserélhetőséget kívánja biztosítani, a külső és magátmérő tűrésével pedig a menetcsúcs felfekvését kerüljük el.

Az anya és orsómenet között a legkisebb játék 0 értékű. A legnagyobb játék felét a *662. ábrán* a vonalkázott területtel ábrázoltuk.

A csavaroknál a háromféle minőség alkalmazása a következő:

Finom minőségű csavart elsősorban a finommechanika használ, precíziós berendezésekhez, mérőberendezésekhez, mikrométerekhez.

Közepes minőségű csavart a fényes csavarok alkalmazásakor az általános gépgyártáshoz használunk.



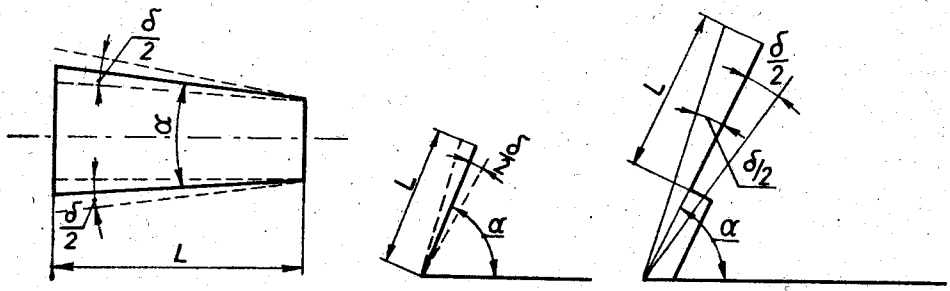
662. ábra. Csavarmenet tűrésmezői

Durva minőségű csavart főleg nyerscsavaroknál használunk. A métermenetű csavarokhoz a három tűrt méretheż és a különböző minőségekhez tartozó tűrésértékeket az MSZ 204 szabvány szerint az 52. melléklet tartalmazza.

64. Szabványos szögek (MSZ 14003) és szögtűrések (MSZ 14 005)

A gépalkatrészeken a szögek megválasztásánál is célszerű bizonyos szabványosított szögértékekhez ragaszkodni, hogy a szögek ellenőrzésére szolgáló készülékek, idomszerek számát csökkenthessük. A szabványos szögek a 21. táblázatban vannak feltüntetve. A szögek megválasztásakor a táblázat első oszlopának értékét előnyben kell részesíteni a másodikkal, illetve a másodikat a harmadik oszloppal szemben. A tervezési számításoknál előforduló szögeknél azonban, melyek más értékekkel vannak összefüggésben, nem kötelező alkalmazni ezeket a szabványos szögértékeket. A technológiai eljárások során szükséges szögekre, továbbá a kúpoknál alkalmazott szögekre sem vonatkoznak a táblázat adatai.

A rajzokon alkalmazott bármilyen szögértékre előírhatunk *tűréshatárokat* is. Ezeket a tűrésértékeket elsősorban célszerű a kisebbik szögszár L hosszától, vagy a kúp L magasságától függően megadni *(663. ábra)*. A szögtűrésekre a kisebb szögszár szerint 2000 mm méretig egy olyan szögtűréstáblázat nyert elfogadást, amelynél 10 tűrésminőségi fokozat van megállapítva (MSZ 14005).



663. ábra. Szögtűrés elhelyezkedése szögszáron és kúpalkotón

Szimmetrikus tűréselhelyezés esetén az egy oldalra eső $\frac{\delta}{2}$ szögtűrésegység az L függvényében a következő képletből számítható:

$$\pm\frac{\delta}{2} = \frac{60}{\sqrt{L}} \text{ szögmásodperc } (''). \qquad (64.1)$$

A képletbe az L értéke milliméterben helyettesítendő be.

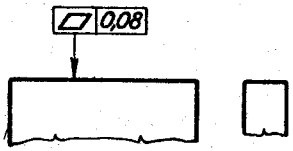
Az L hosszúságnak a 22. táblázatban feltüntetett csoportjai közepes értékeit kell a képletbe helyezni. A fenti képletből kiszámított szögtűrésegységek kikerekített értékeit is feltünteti a 22. táblázat. Ezekkel az értékekkel a szögtűrésekre 10 minő-

kétszeres magasságú lehet. Pl. a *666/d ábrán* az egyenesség legnagyobb eltérése az egész hosszon körül 0,2 mm lehet, 300 mm hosszon mérve azonban csak 0,1 mm lehet a legnagyobb eltérés.

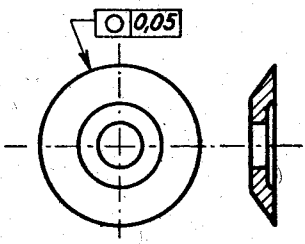
A *667. ábra* a síkalaktól való megengedett eltérést tartalmazza. Ezt az eltérést egy felületre ráfekvő, pontos felületű idomszerrel, az idomszeren levő furatokon keresztül mérhetjük. Ha a vizsgálandó sík csak domború (konvex) vagy csak homorú (konkáv) lehet, ezt a követelményt szöveggel fejezzük ki a keret mellett. A *668. ábra* a köralaktól való eltérés megadását mutatja. Ez az eltérés a munkadarabon levő észlelt kör alakú élt kívülről érintő, furatnál belülről érintő geometriailag pontos körnek és az észlelt kör alakú élnek sugárirányú legnagyobb távolsága. Hasonló a hengeresség eltérése is, ami henger alakú alkatrésznél az észlelt felület egyes pontjainak a felületet kívülről érintő pontos hengerfelülettől mért legnagyobb távolsága *(669. ábra)*. Hengeres alkatrészeknél pl. görgőscsapágyak görgőinél az átmérőknek a forgástengelyre merőleges síkokban, síkonként több irányban való megmérésével állapítjuk meg az *alakhűséget*. Golyóknál az alakhűséget több irányban megmért átmérő-, illetve sugárértékek között levő különbségek megállapításával tudjuk ellenőrizni.

A *670. ábra* két egymásra merőleges irányban a párhuzamosság tűrésének megadására mutat példát. Az ábránál a felső furat tengelye az alsó furattól mint alaptól vízszintes irányban csak 0,03 mm legnagyobb párhuzamossági eltérést mutathat, a jobb oldali képen levő előírás pedig függőleges irányban adja meg a párhuzamossági eltérés 0,1 mm értékét.

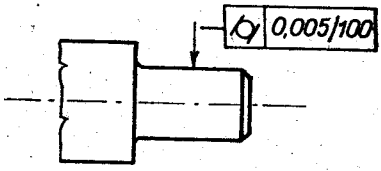
A *671. ábra* sík felület párhuzamosságának a megadását mutatja. Az *a* jelű ábrán az alap a hengeres furat, amit a kövér háromszög jelölés mutat, a *b* ábrán pedig a felső felületnek a *D* alsó síkkal való párhuzamossága van előírva, aminek az eltérése 100 mm hosszon 0,1 mm lehet.



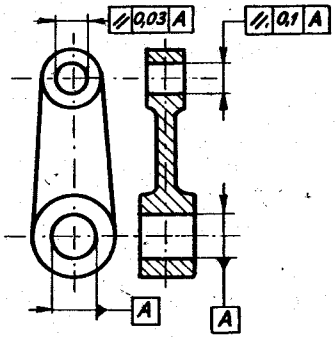
667. ábra. Síklapúság tűrésértéke



668. ábra. Köralakúság tűrésértéke

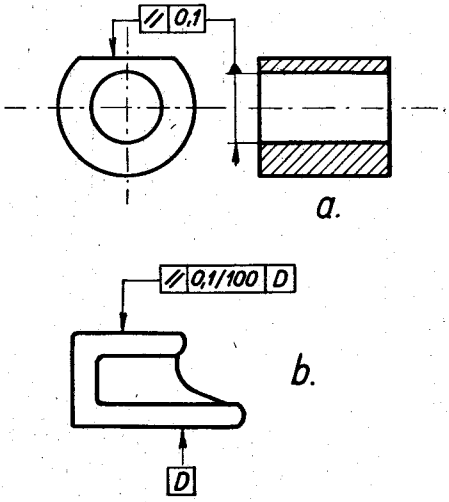


669. ábra. Hengeresség tűrésértéke

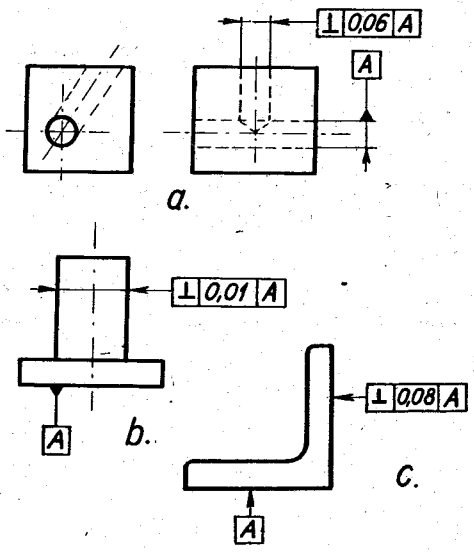


670. ábra. Párhuzamosság tűrésének megadása

A *672. ábra* a merőlegesség tűrésének megadási módjait tünteti fel. A merőlegesség tűrését a legnagyobb megengedett szögeltérés tangensértékével adjuk meg. Az *a* jelű ábrán a vízszintes furattól mint alaptól írjuk elő egy irányban a függőlegesben a ferde furat merőlegességi eltérését. A *b* ábrán a függőleges csapon körös-körül



671. ábra. Síkfelületek párhuzamosságának megadása

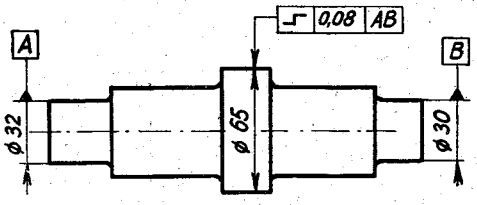


672. ábra. Merőlegesség tűrésének megadása

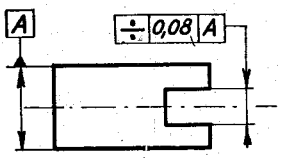
0,01 mm lehet az eltérés az elméleti függőleges iránytól, bármilyen magassági helyen. A *c* ábra függőleges síkfelületének a merőlegesség-eltérését írja elő az alsó felülethez képest, ami a függőleges felülettel egyenértékű felület, vagyis nem alapfelület.

A *673. ábra* az egytengelyűség megadására ad példát. Ennek előírására különösen akkor van szükség, ha a munkadarab egyes felületeit átfogással vagy külön-külön munkagépen munkáljuk meg. A *674. ábra* a szimmetria megadását mutatja be.

Hengeres alkatrészt a két végénél levő központosító furatba illeszkedő két csúcs között vizsgálhatunk abból a szempontból, hogy a külső felülete mennyire fut pontosan a forgási tengelyéhez képest. Furattal bíró alkatrészt pontos tüskére húzva vizsgálhatunk a tüske két végéhez illeszkedő csúcsok között. A csúcsok között forgatva az alkatrészt, a felületéhez érintkező mérőórán olvashatjuk le a hengerpalást sugárirányú eltérését.

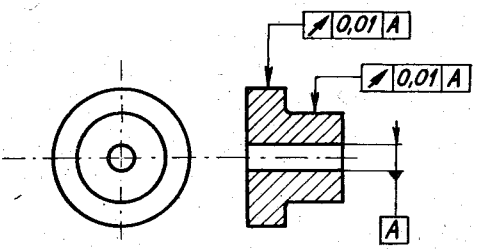


673. ábra. Egytengelyűség megadása



674. ábra. Szimmetria megadása

Ezt az értéket az alkatrész *sugárirányú ütésé*nek nevezzük, amelynek a számértéke excentrikusan csatlakozó hengerfelületeknél a középpontok közötti távolságnak, vagyis az *excentricitásnak a kétszerese.* A sugárirányú ütés megadását a *675. ábrán* láthatjuk.

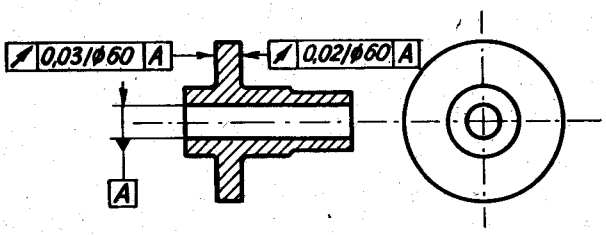


675. ábra. A sugárirányú ütés megadása

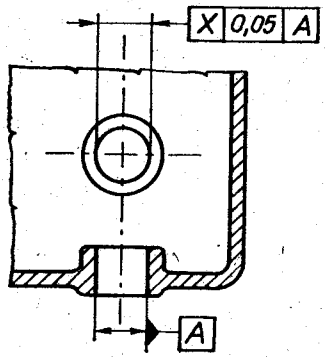
Tengelyre felszerelt alkatrésznél oldalirányban a homlokfelületen is nézhetjük azt, hogy a forgatás alkalmával oldalt milyen kitérések adódnak. Ezt az értéket *homlokütésnek* vagy *oldalütésnek* nevezzük. A homlokütés megadásánál a tűréskeretben a *676. ábrán* feltüntetett módon ki lehet jelölni annak a körnek az átmérőjét is, amelyre a homlokütést vonatkoztatjuk, és akkor a mérőórával való megtapintást is ezen kör mentén kell végezni. Ennek hiányában a megadott határeltérés a felület tetszőleges átmérőjére vonatkozik.

A *677. ábra* metsződő tengelyek megengedett kitérési hibáját mutatja, ami két olyan tengely egymástól való távolsága, amelyeknek egy síkban fekve egymást metszeniük kellene, vagyis a normáltranszverzálisuk hossza.

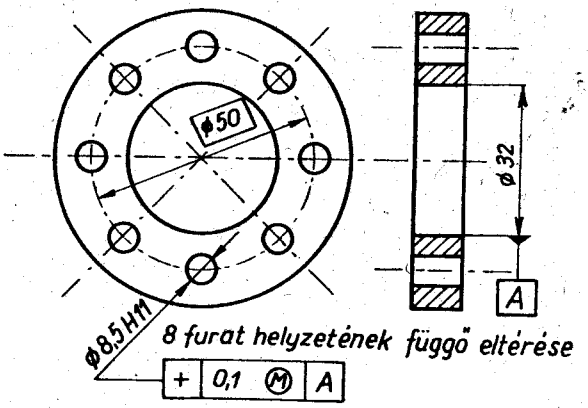
Ha egy pont tengelyének, illetve a tengely és a felület döféspontjának helyzetét



676. ábra. A homlokütés megadása



677. ábra. Központosság megadása



678. ábra. Függő helyzettűrés

a koordinátaméretek tűrésezése helyett névleges mérettel és helyzettűréssel határozzuk meg, akkor ezeket a névleges méreteket négyszögletes keretbe kell foglalni *(678. ábra)*. Az ábra egyúttal a függő helyzettűrésre is mutat példát.

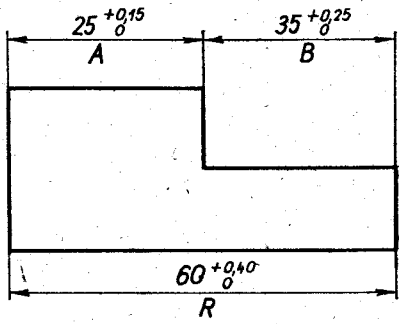
Különleges, a fentiektől eltérő jellegű alakhűséget és helyzetpontosságot keret nélkül, megfelelő szöveges előírással adhatunk meg.

66. Tűrésszámítások (MSZ 487)

A tűrések megadásánál gyakran kell olyan vizsgálatot végezni, hogy az egymás után következő tűrésértékek teljes kihasználásánál a határokon milyen értékek adódnak. Egy alkatrésznek egymás után következő tűrésezett méreteit vagy több egymásután szerelt tűrésezett alkatrész sorozatának egymásutánját *tűréslánc*nak nevezzük. Azokat a méreteket, amelyek alapján a munkadarab elkészül, *összetevő*knek nevezzük, és *A, B, C* stb. nagybetűkkel jelöljük, a tűréseiket pedig *a, b, c* kisbetűkkel. Az összetevő méretek elkészítése után adódik ki az *eredő méret*, ami vagy mint összeg, vagy mint különbség adódik. Ezt az eredőt *R* betűvel, a tűrését pedig *r* betűvel jelöljük. A tűréslánc egymáshoz csatlakozó tagjai az elkészítés után a teljes hosszúságot adják eredményül mint eredő méretet. Ha pedig a tűrésláncban közben levő méretet hagyunk ki, és a teljes hosszúságot adjuk meg a tűrésével együtt, akkor a közben levő méret kivonással adódik mint eredő méret. A tűréslánc záró tagja tehát a gyártás során kiadódó eredő méret.

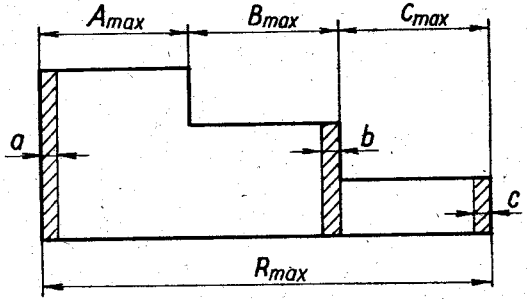
A túlhatározott méretmegadás nemcsak a kottázásnál, hanem a tűrések megadása szempontjából is kerülendő. A *679. ábrán* pl. nem szabad megadni a rajzon az *A+B* összetevők összeadásából kiadódó teljes hosszúságot, habár az *A* és *B* méretek

határainak az összege ezt az eredményt adja. A teljes hosszúságnál levő 60,4 méret megadása ugyanis azt jelentené, hogy a műhely a teljes hosszúságot előre ennyire is elkészítheti. Ez a méret azonban csak akkor adódhat ki, ha mindkét összetevő méretét a felső határértékével készítjük el egyszerre a 60,4 mérettel együtt. Ez pedig ritka esetben valósul meg. Így ha a műhelyben a leszabás 60,4 mm-re sikerül és az egyik méretet, pl. a 25-ös méretet pontosan az alsó határon készítik el, ami a rajzon megadott tűréssel meg volna engedve, akkor a harmadik méretre 35,4 mm maradna, ami már nem engedhető meg. A három értéket tehát *együttesen nem szabad megadni,* hanem csak kettőt mint összetevőt; a harmadik kiadódik mint a kettőből eredő méret.



679. ábra. Túlhatározott méret és tűrés megadása kerülendő

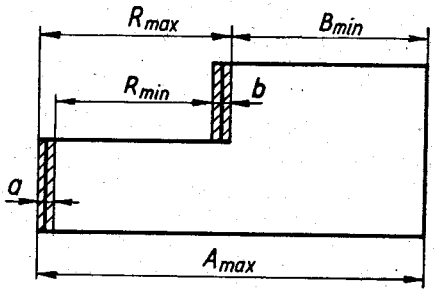
A) eset: Eredő számítása. Több egymás után következő tűrt méret láncolódásánál az eredő tűrt méretet az összetevőkből kétféleképpen kaphatjuk meg, éspedig vagy az összeadás, vagy a kivonás értelemszerű alkalmazásával. A *680. ábrán* pl. három tagból álló láncolat látható, amelyeknél a felső határméretek összegeződése adja az R_{max} eredőt, az alsó határméretek összegeződése pedig az R_{min}-ot. Az R_{max} és R_{min} különbsége adja az eredő tűrést. Az eredő tűrést a tűrt méretek láncolódása esetén még az egyes résztűrések értékeinek az összegezésével is megkaphatjuk, pl. a *680. ábrán* a vonalkázással jelölt értékek összegeződése adja az eredő tűrést. A *680. ábrán* egymás után kapcsolódtak az egyes méretek, és így az eredőt összegezéssel kaptuk.



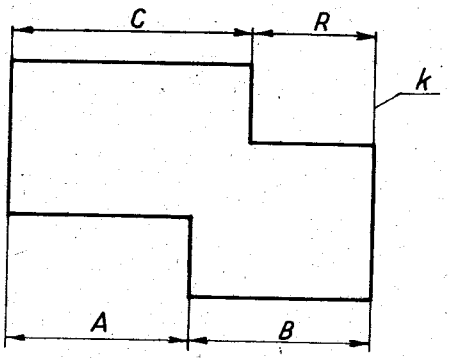
680. ábra. Eredő felső határ meghatározása az összetevő értékeinek összegezésével

A *681. ábrán* az *A* méretből a *B* méret levonásával kapjuk az *R* eredőt. A *B* levonandó méretet negatív tagnak nevezhetjük. Az ábrából könnyen beláthatjuk, hogy az R_{max}-ot akkor kapjuk, ha a B_{min}-ot vonjuk le az A_{max} értékéből, vagyis a negatív

tag alsó határát kell levonásba hozni az R_{max} keresésénél. Az R_{min} meghatározásánál pedig az A_{min}-ból kell levonni a negatív tag maximumát. Az eredő tűrése mint a két határméretnek a különbsége adódik, vagyis az $(R_{max} - R_{min})$ érték. Az ábrából leolvasható, hogy az eredő tűrése ebben az esetben is a résztűrések összegezésével adódik, és előre meghatározható. Az *eredő tűrés* tehát, akár összegezéssel, akár kivonással kapjuk az eredőt, mindkét esetben a *résztűrések összegezésével is kiszámítható.*



681. ábra. Eredő mérethatárai az összetevők különbségével



682. ábra. Eredő számítása kétoldali méretmegadásnál

A *682. ábrán* tegyük fel, hogy az R értékét keressük. Az alsó, A, B értékek összegezésével és ezek összegéből a C értéket kivonva, kapjuk az R értékét. Könnyen beláthatjuk, hogy az alsó két távolság legnagyobb értékének az összegéből kell levonni a C távolság legkisebb értékét, hogy az R eredő maximális értékét kapjuk, vagyis:

$$R_{max} = A_{max} + B_{max} - C_{min}. \qquad (66.1)$$

Az eredő alsó értéke pedig a minimumok összegéből a C_{max} levonásával adódik.

$$R_{min} = A_{min} + B_{min} - C_{max}. \qquad (66.2)$$

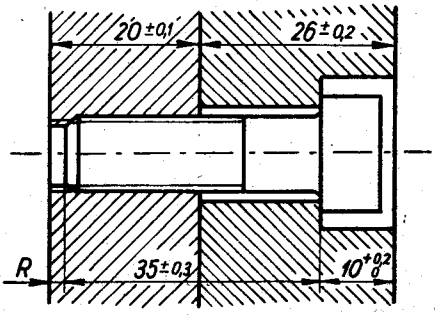
Az eredő felső és alsó határértékének a különbsége adja ekkor is az eredő tűrését, amit a résztűrések összegezésével is kiszámíthatunk.

Fentieket összegezve megállapíthatjuk, hogy a méretláncolat eredőjének felső határméretét úgy kapjuk, hogy a pozitív tagokat a felső határméretükön összegezzük, a negatív tagokat pedig az alsó határméretükkel kivonjuk. Ha pedig az eredő alsó határméretét keressük, akkor fordítva járunk el, vagyis a pozitív tagokat az alsó határméretükön összegezzük, a negatív tagokat pedig a felső határméretükkel von-

juk ki. Ellenőrzésül pedig összegezzük az egyes méretek résztűréseit, és ennek az $(R_{max}-R_{min})$ értékkel kell megegyeznie.

Több méretből álló méretláncolat esetében célszerű egy kezdővonaltól kiindulni, amelyet a keresett R eredő kezdeténél vehetünk fel. A *682. ábrán* a k jelű kezdő- vagy alapvonal a jobb oldal szélénél van. Az alapvonaltól távolodó méreteket + jellel, a hozzá közeledőket − jellel jelöljük meg, és a kétoldali láncolatot a felvett k alapvonalig az ismeretlen méret zárja le.

A *683. ábrán* nézzük meg, hogy a süllyesztetten elhelyezett fejescsavar vége a megadott tág gyártási tűrések mellett ki fog-e állni a furatából. Az ismeretlen R eredő méret a csavar vége és a bal oldali határfal közötti távolság. Ez az érték a többi méretnek az elkészítése után adódik ki. A kiindulási alapvonalat a bal oldali szélső falnál vehetjük fel. Az R_{max} értékét úgy kapjuk, hogy az ettől távolodó méreteknél a felső határt összegezzük, és ehhez közeledő méreteknél pedig az alsó határt kivonjuk, vagyis



683. ábra. Kilátszik-e a csavar vége a furatból szélső esetekben?

$$R_{max} = 20{,}1+26{,}2-10-34{,}7 = 1{,}6 \text{ mm}.$$

Az R_{min} számításánál fordítva járunk el:

$$R_{min} = 19{,}9+25{,}8-10{,}2-35{,}3 = 0{,}2 \text{ mm}.$$

A tűrés:

$$T = R_{max}-R_{min} = 1{,}6-0{,}2 = 1{,}4 \text{ mm}.$$

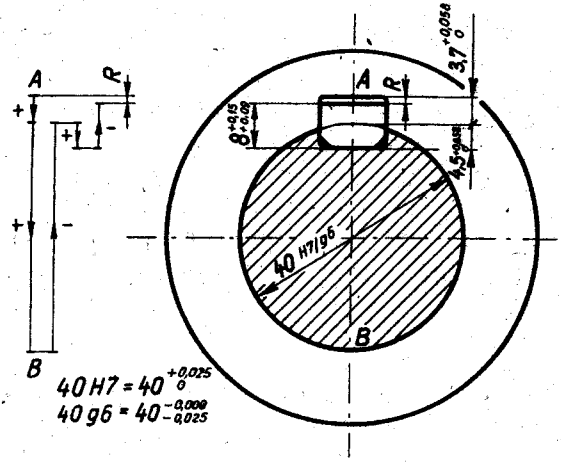
Ezt az értéket adja meg a résztűrések összegezése is:

$$T = 0{,}2+0{,}4+0{,}2+0{,}6 = 1{,}4 \text{ mm}.$$

A csavar vége tehát nem fog kiállni, mert a legkisebb eredő is 0,2 mm nagyságú, pozitív értékkel.

Több tűrt méret láncolódásánál célszerű külön vonalas ábrában feltüntetni a felvett alapvonaltól való távolodást és közeledést, vagyis a + és − tagokból adódó eredő meghatározási sorrendjét.

A *684. ábrán* beírt tűrésértékekkel nézzük meg, hogy a retesz felett mekkora hézag adódik az agy hornyánál. Az alapvonalnak a felső vonalat, az agyhorony felső felületét vehetjük fel. Az ábrától balra levő vonalas ábra szerint vesszük fel a távolodó és közeledő értékeket a következő sorrendben: Az agyban levő horony magasságához hozzáadva az agyfurat értékét, lejutunk az alsó B ponthoz. Innen a



684. ábra. A retesz feletti hézag határméreteinek meghatározása

tengely méretének kivonásával visszajutunk a tengely felső részéhez, majd a tengelyben levő hornyot pozitív előjellel hozzáadjuk, végül az ék méretének levonásával jutunk az R keresett eredő alsó részéhez. Ezt a sorrendet a tűrt méretek mindkét határértékénél értelemszerűen elvégezve, kapjuk az eredő felső és alsó határértékeit, vagyis

$$R_{max} = 3{,}758+40{,}025-39{,}975+4{,}558-8{,}09 = 0{,}276 \text{ mm}.$$

$$R_{min} = 3{,}7+40-39{,}991+4{,}5-8{,}15 = 0{,}059 \text{ mm}.$$

Az eredő tűrés $T = R_{max} - R_{min} = 0{,}276-0{,}059 = 0{,}217$ mm.

Ellenőrzésképpen a résztűrések összege is megadja az eredő tűrést. Az ábra alapján

$$T = 0{,}058+0{,}025+0{,}016+0{,}058+0{,}06 = 0{,}217 \text{ mm}.$$

Az adott méreteknél és tűrésértékeknél tehát a rés legkisebb mérete: 0,059 mm.

Ha a feladatban átmérők tűrt méretei fordulnak elő, és bizonyos méretet csak az egyik oldalnál keresünk, akkor célszerű a k alapvonalat a szimmetriatengelyben felvenni, és az átmérők helyett a sugarakkal dolgozni. A sugaraknál az eltéréseket az átmérőn levő eltérések felével kell számításba venni.

A *685. ábrán* kérdés az, hogy a falvastagság milyen méretekkel adódik. A külső átmérőt esztergályozással, a belső furatot pedig fúrással állítottuk elő. Az esztergált és fúrt felületek külön-külön készülnek, ezért a tengelyvonalak között bizonyos külpontossági tűrést kell előírni az ábra szerint. Ezzel a tűrésértékkel a határokon vastagabb, illetve vékonyabb lesz a keresett fal.

Először kiszámítjuk a sugarak méreteltéréseit:

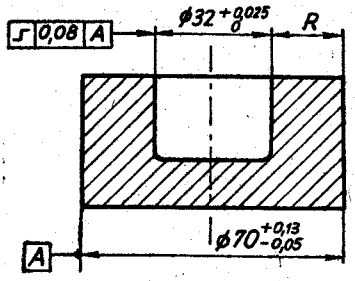
A külső méretnél felezéssel: $35^{+0{,}065}_{-0{,}025}$

A belső méretnél felezéssel: $16^{+0{,}0125}$

A falvastagság legnagyobb értékét úgy kapjuk, hogy a külső legnagyobb értékből levonjuk a belső legkisebb sugárértéket, és még hozzáadjuk a megengedett külpontosság-tűrésfelet is, vagyis

$$R_{max} = 35{,}065 - 16 + 0{,}04 = 19{,}105 \text{ mm}.$$

A legkisebb falvastagságot pedig úgy kapjuk, hogy a külső sugár alsó határértékéből kivonjuk a belső sugár felső határértékét, és a megengedett külpontosság felét is levonásba hozzuk, vagyis



686. ábra. *B* összetevő határméreteinek számítása összeadással, ha *R* eredő ismert

$$R_{min} = 34{,}975 - 16{,}0125 - 0{,}04 = 18{,}9225 \text{ mm}.$$

A tűrés $T = R_{max} - R_{min} = 19{,}105 - 18{,}9225 = 0{,}1825$ mm.
A résztűrések összege is ezt adja: $T = 0{,}09 + 0{,}0125 + 0{,}08 = 0{,}1825$ mm. Ha az eredőt a névleges mérettel és az eltéréseivel akarjuk felírni, akkor az eredő a következő:

$$R = 19^{+0{,}105}_{-0{,}0775}.$$

B) eset: Összetevő számítása. Az előző számításainkban a megadott méretekből a gyártás után kiadódó eredőt és ennek méreteltéréseit kerestük. A tűrésszámításoknál gyakori az olyan eset is, amikor előre megszabjuk az eredő méreteltéréseit, megadjuk az egyik összetevőt, és keressük a másik összetevő határméreteit, amelyekkel az eredő az előírt mérethatáraival kiadódik. Ilyen követelmény áll elő akkor, ha a rajzon feltüntetett, működési szempontból szükséges méret gyártástechnikai okokból közvetlenül nem mérhető le vagy nem készíthető el, és szükség van olyan kiegészítő méret kiszámításra, amelynek az elkészítésével az eredőnél megvalósul az előírt mérethatár.

Az összetevő méreteltéréseinek keresésénél az alábbi három eset lehetséges:

1. A *686. ábrán* levő esetben a gyártás során először leszabjuk a darabot a *B* mérettel a *b* tűréshatárai között. Utána elkészítjük az *A* részt az előírt tűréshatárok között. Az *R* eredő ezekkel kiadódik. Ha most az *R* eredő méreteltéréseit előre megszabjuk, és keressük a *B* mérethatárait, amelyekkel ez az eredő kiadódik, akkor a keresett *B* összetevő az ábra szerint az ismert eredő és az egyik ismert összetevő összege lesz, vagyis

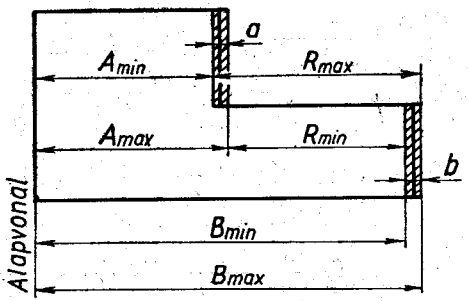
$$B_{max} = A_{min} + R_{max}, \tag{66.3}$$

mivel az eredő keresésénél is az előzőkben láttuk, hogy

$$R_{max} = B_{max} - A_{min}.$$

Továbbá

$$B_{min} = A_{max} + R_{min}, \tag{66.4}$$



685. ábra. Milyen vastag lesz a fal?

mert ekkor is az eredő

$$R_{min} = B_{min} - A_{max}.$$

A B tűrését a (66.3) és (66.4) képletekkel kiszámított két érték különbsége adja. Tehát *összeadás útján nyert összetevő* meghatározásakor az ismert összetevőnél és a megadott eredőnél az *ellenkező határméreteket* kell összeadni.

2. A *687. ábránál* az eredő nagyobb értékű, mint az ismert összetevő. A keresett összetevő az eredő és az ismert összetevő különbsége. Ekkor az ábra alapján

$$B_{max} = R_{max} - A_{max}, \tag{66.5}$$

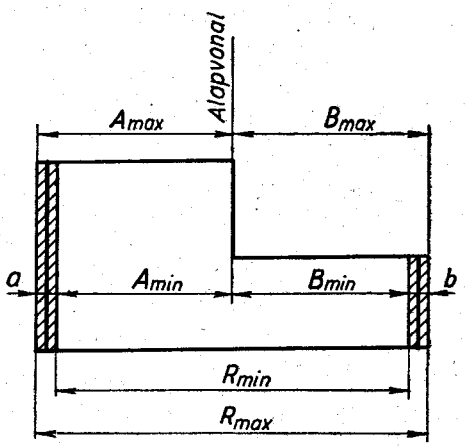
$$B_{min} = R_{min} - A_{min}. \tag{66.6}$$

A B tűrését itt is a kiszámított két érték különbsége adja. *Kivonás útján nyert összetevő* számításánál, ha az eredő nagyobb értékű, akkor az ismert eredő határméreteiből a megadott összetevő *megfelelő határméreteit* kell kivonni.

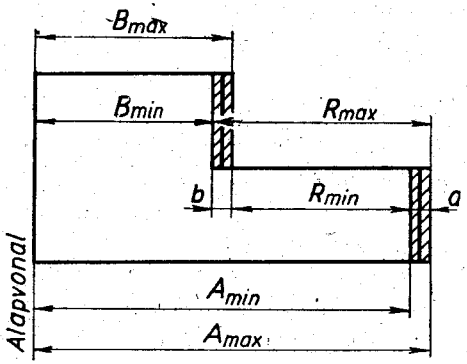
3. A *688. ábránál* az ismert összetevő a nagyobb értékű, mint a megadott eredő. Ekkor a keresett összetevő az ismert összetevő és a megadott eredő különbsége. A *688. ábra* alapján

$$B_{max} = A_{min} - R_{min}, \tag{66.7}$$

$$B_{min} = A_{max} - R_{max}. \tag{66.8}$$



687. ábra. B összetevő határméreteinek számítása kivonással, ha *R* eredő ismert



688. ábra. B összetevő határméreteinek számítása kivonással, ha az ismert *A* összetevő nagyobb, mint az *R* eredő

A B tűrése a kiszámított két érték különbsége. Ebben az esetben is a megfelelő határméreteket kellett egymásból kivonni, azonban a B_{max}-ot az alsó határértékek különbsége, a B_{min} értékét pedig a felső határértékek különbsége adja. Kivonás útján nyert összetevő meghatározásakor tehát mindkét esetben a megegyező határméreteket kell egymásból kivonni.

Az ábrákból leolvasható, hogy mindhárom esetben

$$a+b=r,$$

ezért a B tűrése

$$b=r-a. \tag{66.9}$$

A keresett összetevő tűrését tehát úgy is megkaphatjuk, hogy az eredő megadott tűréséből levonjuk az ismert összetevő tűrését. Az összetevő így kiszámított tűrése kisebb, mint az erdő tűrése. Azoknak az értékeknek, amelyekből a b tűrését meghatározzuk, olyanoknak kell lenniük a megvalósíthatóság végett, hogy a b tűrésre pozitív értéket kapjunk. A nagyságának is akkorának kell lennie, hogy a választott gyártási eljárással megvalósíthassuk. Ha a b-re negatív érték adódik, az azt jelenti, hogy az eredő felvett tűrése az összetevők tűrésének az összegénél kisebb. A tűrések szélső határait ekkor nem lehet kihasználni, a gyártásban még a leggondosabb eljárás mellett is szükségképpen nagyszámú lenne a selejt. A $-$ előjeles esetet tűréshiánynak nevezzük. Ilyenkor, ha lehetséges, a kivonandó a jelű tűrést csökkentjük le addig, amíg a b-re megfelelően kivitelezhető értéket kapunk, vagy pedig az r értékét növeljük meg. A legkedvezőbb esetet akkor kapjuk, ha $b=a=\frac{r}{2}$, és az értékük a megvalósítható minimális tűréssel egyenlő, vagy annál csak valamivel nagyobb.

Az összetevő számításainak három esetét nézzük meg gyakorlati példákon. A *689. ábrán* levő alkatrésznél milyen tűrésű, 100 mm hosszú anyagból induljunk ki hogy az alkatrész egyik végén levő $40^{+0,2}_{-0,3}$ méret elkészítése után a 60-as méret $^{+0,8}_{0}$ méreteltérésekkel adódjék ki?

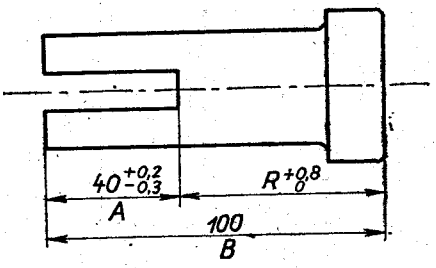
A leszabás és a 40-es méret mint összetevő elkészítése után a 60-as méret mint eredő adódik. A leszabandó B méretet mint összetevőt a *686. ábra* alapján számíthatjuk ki, vagyis

$$B_{max}=A_{min}+R_{max}=39{,}7+60{,}8=100{,}5,$$

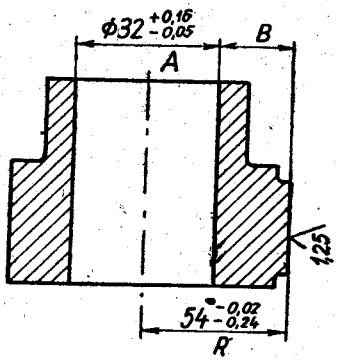
$$B_{min}=A_{max}+R_{min}=40{,}2+60=100{,}2.$$

B tűrése: $b=r-a=0{,}8-0{,}5=0{,}3$. Ez pozitív, és elég nagy ahhoz, hogy elkészíthető legyen. A leszabandó darab tűréshatárai tehát

$$100^{+0,5}_{+0,2}.$$



689. ábra. Mekkora legyen a kiindulási hossz tűrése?



690. ábra. Furat középvonalától tűrésezett méret ellenőrzése egyik összetevővel

A *690. ábrán* levő alkatrésznél a furatközéptől számítva síkfelületet kell lemunkálni. A furat elkészítése után a síkfelületet csapra való felhúzás útján munkáljuk le, így a távolságát a csapra felfekvő állapotban kell mérni a furat felső alkotójától a síkfelületig számított B méret betartásával. A B összetevő és az elkészített furat adja ki az 54 mm távolságot mint eredőt. A kiszámításnál ebből az eredőből a furat sugarának levonásával kapjuk a B tűréshatárait a *687. ábra* szerint.

Az átmérőből a sugárra eső méreteltérések a következők:

$$A = \frac{32^{+0,16}_{-0,05}}{2} = 16^{+0,08}_{-0,025}.$$

Ennek értékeivel

$$B_{max} = 53,98 - 16,08 = 37,90 \text{ mm},$$

$$B_{min} = 53,76 - 15,975 = 37,785 \text{ mm}.$$

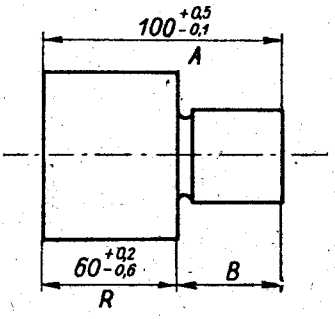
B tűrése: $T = 37,90 - 37,785 = 0,115$ mm. Ez a tűrésérték az eredő tűréséből az ismert összetevő tűrésének kivonásával is kiadódik:

$$b = r - a = 0,22 - 0,105 = 0,115.$$

Ez az érték marással betartható. A mérendő B méret a méreteltérésekkel felírva a következő:

$$B = 38^{-0,1}_{-0,215}.$$

A *691. ábrán* megadott alkatrészt tömeggyártásban kell elkészíteni, amely esetben a jobb oldali véget ütköztetjük, és a 60 méretet kell a kisebbik méret elkészítésével létrehozni. A 60 méret tehát eredőként adódik. A teljes hosszúságra az ábrára beírt tűrések érvényesek. Kérdés, hogy az átmeneti horony beszúrását készítő szerszámot az ütközőfelülettől milyen tűréshatárokkal kell elhelyezni.



691. ábra. Összetevő számítása kivonással

Összetevőt keresünk a *688. ábra* szerinti kivonással:

$$B_{max} = A_{min} - R_{min} = 99,9 - 59,4 = 40,5,$$

$$B_{min} = A_{max} - R_{max} = 100,5 - 60,2 = 40,3.$$

A tűrése $b = r - a = 0,8 - 0,6 = 0,2$. Ez pozitív értékkel adódott ki, vagyis a feladat megoldható.

Ha a fenti példában a 60 mm-es eredő méretet szűkebb értékekkel, pl. $60^{+0,3}_{-0,2}$ értékekkel írjuk elő, a teljes hossznak, vagyis az A méretnek a leszabását pedig bővebben írjuk elő, pl. $100^{+0,6}_{-0,2}$ értékekkel, akkor $r = 0,5$, $a = 0,8$, vagyis

$$b = r - a = 0,5 - 0,8 = -0,3 \text{ mm.}$$

Ekkor már tűréshiány van, tehát ezekkel az értékekkel az alkatrészt csak nagy szórással készíthetnénk el. Az A-nak kisebb tűrést kell adni, vagyis a darab leszabását pontosabban kell végeznünk, vagy az r-nek kell nagyobb tűrésértéket megszabni.

A tűrésszámítások elvégzésére abban az esetben, ha csupán két méretből kell kiszámítani a harmadikat, az MSZ 487 szabvány egyszerű és gyors módszert javasol, ami a névleges mérettől való méreteltérésekkel végezhető. Ennél a számításnál a két adott méret *megfelelő méreteltéréseinél* a két felső vagy két alsó eltérést kell érteni, *ellenkező méreteltéréseken* pedig az egyiknél a felső, a másiknál pedig az alsó méreteltéréseket kell érteni. A keresett méret névleges értékét az ismert méretek névleges értékeiből számítjuk. A tűrésszámításoknál ez a szabvány négy fő esetet különböztet meg, éspedig az eredő kiszámításánál két esetet és az összetevők számításánál szintén két esetet tartalmaz. Ezek a következők:

A) Eredő számításánál. 1. Két összetevő *összeadásából* adódó *eredő számításánál* az eredő méreteltérései az összetevők *megfelelő* méreteltéréseinek összeadásával számíthatók; pl. a *679. ábra* szerinti munkadarabnál legyen a két összetevő értéke a következő:

$A = 30^{+0,3}_{-0,2}$, és $B = 40^{+0,1}_{-0,2}$; az eredő számítása a következő módon végezhető:

$$\begin{aligned} A &= 30 + 0,3 - 0,2 \\ B &= 40 + 0,1 - 0,2 \\ \hline R &= 70 + 0,4 - 0,4 \end{aligned}$$

vagyis $R = 70^{+0,4}_{-0,4}$

Itt a megfelelő méreteltérések vannak egymás alatt.

2. Összetevők *kivonásával* adódó *eredőszámításnál* a kivonandó összetevő *ellenkező* méreteltéréseit kell kivonni a (66.1) és (66.2) képleteknek megfelelően. Pl. a *685. ábránál* a falvastagságot a következőképpen számíthatjuk:

$$\begin{aligned} A &= 35 + 0,065 - 0,025 \\ B &= 16 \quad 0 \quad + 0,0125 \quad \text{(itt ellenkezően vannak az eltérések)} \\ - &\quad - \quad - \\ \hline &19 + 0,065 - 0,0375, \end{aligned}$$

ehhez hozzászámítjuk az exc. tűrését megosztva:

$$\begin{aligned} t &= \quad + 0,040 - 0,040 \\ \hline R &= 19 + 0,105 - 0,0775, \end{aligned}$$

vagyis

$$R = 19^{+0,105}_{-0,0775}$$

B) Összetevő számításánál. 3. Ismert összetevő és ismert eredő *összeadásával* nyert ismeretlen *összetevő* méreteltérésének számításánál a (66.3) és a (66.4) képletek szerint az *ellenkező méreteltéréseket* kell összeadni. A *689. ábrán* levő példa kiszámítása a méreteltérésekkel a következőképpen végezhető:

$$\begin{aligned} A &= 40+0{,}2-0{,}3 \\ +R &= 60+0\ \ +0{,}8 \\ \hline B &= 100+0{,}2+0{,}5, \end{aligned}$$

(itt ellenkezően vannak az eltérések)

vagyis

$$B = 100^{+0{,}5}_{+0{,}2}$$

4. Ismert összetevő és ismert eredő *kivonásával* nyert ismeretlen *összetevő* méreteltérésének számításánál a (66.5) és (66.6), továbbá a (66.7) és (66.8) képletek alapján a *megfelelő méreteltéréseket* kell kivonni az eredő méreteltéréseiből vagy az összetevő méreteltéréseiből aszerint, hogy melyik a nagyobb érték. A *690. ábrán* levő példa számítása a méreteltérésekkel a következő:

$$\begin{aligned} R &= 54-0{,}02-0{,}24 \\ A &= 16+0{,}08-0{,}025 \\ - &\quad --\quad + \\ \hline B &= 38-0{,}10-0{,}215, \end{aligned}$$

vagyis

$$B = 38^{-0{,}10}_{-0{,}215}$$

A *691. ábrán* levő példa:

$$\begin{aligned} A &= 100+0{,}5-0{,}1 \\ B &= \ 60+0{,}2-0{,}6 \\ - &\quad --\quad + \\ \hline B &= \ 40+0{,}3+0{,}5, \end{aligned}$$

vagyis

$$B = 40^{+0{,}5}_{+0{,}3}$$

25. táblázat

Tűrésszámításoknál a méreteltérésekkel végzendő művelet

A keresett tűrés	A méreteltérések elhelyezése, ha a kiszámítási művelet	
	összeadás +	kivonás −
Eredő tűrése	megfelelő	ellenkező
Összetevő tűrése	ellenkező	megfelelő

Ezeknél a számítási módoknál előnyös az, hogy a névleges méret és a méreteltérések azonnal kiadódnak. A fenti négy eset a 25. táblázatba foglalható össze.

A 25. táblázat a következő vázlattal tartható emlékezetben:

	+	−
E	m	e
Ö	e	m

Az előírt, illetve kiszámított méreteltérések nagyságának megítélésénél tekintetbe kell venni az egyes megmunkálási módokkal elérhető pontosságot. Erre útbaigazítást nyújt a 26. táblázat, amely feltünteti, hogy a különböző forgácsoló megmunká-

26. táblázat

A tűrés minősége megmunkálási módoknál

Forgácsoló megmunkálások																
Megmunkálás módja	IT															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Esztergálás: nagyolás											+	+	+	+	+	+
simítás							+	+	+	+						
különleges esetben gyémánt szerszámmal				+	+	+	+									
Gyalulás, vésés: nagyolás																
simítás										+	+	+	+			
Fúrás: készülék nélkül																
készülékkel											+	+	+			
Marás: nagyoló											+	+				
simító									+	+						
Dörzsölés: kézi										+						
gépi							+	+	+							
Üregelés: belső								+								
külső									+							
Köszörülés				+	+	+										
Tükrösítés	+	+	+													
Süllyesztőben kovácsolás																+
Hengerlés															+	+
Durva húzás												+	+	+		
Fényesre húzás								+	+	+	+					
Lemezkivágás, mélyhúzás																+

lásokkal és forgács nélküli megmunkálásokkal tömeggyártásban milyen minőségeket lehet betartani. A betartható egyes IT tűrésértékek a táblázatban kereszttel vannak megjelölve. A nekik megfelelő számértékek részint a 46. mellékletből, részint a 20. táblázatból vehetők ki. A tűrések előírásánál a felület megmunkálási módjára mindig tekintettel kell lenni, és ezeknek a táblázatoknak az értékeit szem előtt kell tartani. Az egyes gépelemek összeillesztésénél használható tűrések kiválasztására az 51. melléklet tartalmaz tájékoztatást.

67. Felületi érdesség tűrésekhez és illesztésekhez (MSZ 9655)

A tűrésezett felületeknél a tűrés nagysága megszabja azt is, hogy a felületi érdesség mekkora lehet. A megengedhető érdesség gyakorlatilag a tűréssel arányosan nő. Kis játékú vagy kis fedésű illesztésekhez használt finom tűrésminőséghez finom érdesség szükséges. Durvább IT minőségeknél ezzel szemben gazdaságosan elő lehet állítani finomabb felületet, mint amit a működés feltétlenül megkíván. A durvább felületek kiemelkedései már a mérőnyomás következtében is maradó alakváltozást szenvednek és ezért a méret maradandósága bizonyos felületi érdesség túllépését nem engedi meg. Szempont lehet még, hogy míg a helyzet meghatározásához általában durvább minőségű felületek is megfelelnek, addig a szerkezet működéséhez szükséges funkcionális tűrések már finomabb felületeket igényelnek, pl. a siklócsapágyak vagy hengerek a dugattyúk egymáshoz súrlódó felületei.

Az egymáson elmozduló alkatrészeknél a mozgás következtében kopás áll elő, amelynek következménye az illeszkedési jelleg megváltozása. A kopás kezdeti, gyorsan bekövetkező szakasza a felületi érdességtől függ. Nyugvó alkatrészeknél rendszerint már az első összeszerelésnél áll elő az érdes felület deformációja. Az így keletkezett deformáció az illeszkedést lazítja. Finomabb felület jobban biztosítja az illeszkedésjelleg megmaradását, mint a durvább.

A megmunkálógépek, eszközök és módszerek fejlettsége és minősége is befolyásolja az előírandó felület minőségét, pl. jól felszerelt üzemben nem okoz nagyobb gondot a finomabb felületek elkészítése, míg gyengébben felszerelt üzemben ez nehézséggel jár. A gazdaságosság szempontja azt kívánja, hogy a megmunkált felület csak annyira legyen sima, amennyire éppen szükséges. Ez a szempont is a tűrésekhez és illesztésekhez a megengedhető legdurvább felület alkalmazását teszi szükségessé. Általános esetben a közepes érdességi fokozatot választjuk. Ezt alkalmazzuk az általános gépiparban, a szerszámgép-, motor- és járműiparban.

A működési szempontok bizonyos esetben megkívánják, hogy szigorúbb előírásokat alkalmazzunk. Ilyenkor a finomabb fokozatot írjuk elő. Ezt alkalmazzuk a finommechanikában, műszertechnikában stb.

Gazdaságossági indokok alapján viszont a durva fokozatot használhatjuk, ha az így kapott érdességi értékek működési szempontból megfelelnek. Ezek a mezőgazdasági, bánya- és kohóipar igényei lehetnek.

Mivel lyuk és csap illesztésénél a legtöbbször a lyuk egy IT fokozattal durvább, mint a csap, azért ilyenkor ajánlatos előírni a lyuk tűrésének megfelelő durvább felületi érdességet.

Általánosan elfogadott összefüggés a tűrés és a felületi érdesség között még nem alakult ki. A következő képlet szerint alkalmazhatjuk a felületi érdességet:

$$R_a = kT^{0,8}$$

ahol: R_a az átlagos felületi érdesség mérőszáma μm-ben,

T a tűrés nagysága μm-ben,

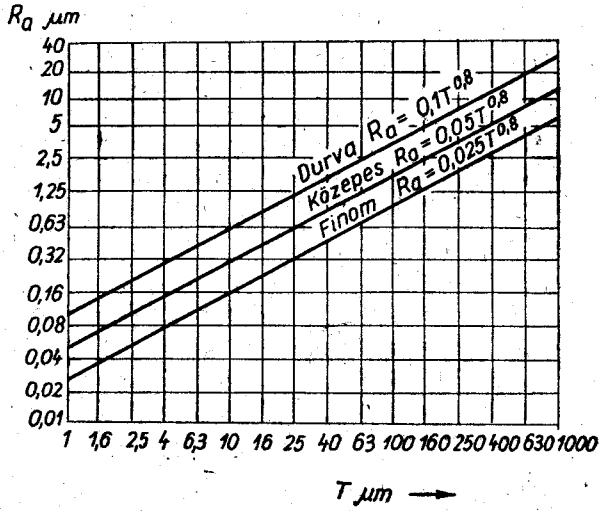
k állandó, melynek értékei a következők:

finom fokozatnál: $k = 0{,}025$

közepes fokozatnál: $k = 0{,}05$

durva fokozatnál: $k = 0{,}10$

R_a-nak a képlet szerinti értékeit féllogaritmikus koordináta-rendszerben a *692. ábra* tünteti fel.



692. ábra. Felületi érdesség tűrésekhez

V. Rész

Összefoglaló rajzolási szabályok

68. A méretháló felépítése gyártás szempontjából (MSZ 13)

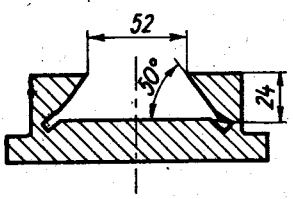
A munkadarab elkészítése a beírt méretek segítségével valósítható meg, ezért a rajznak tartalmaznia kell a gyártás számára szükséges összes méreteket. A műhelybe leadott rajzról ugyanis *leméréssel nem szabad méreteket megállapítani,* mert a papír a fénymásolási eljárás alatt rendszerint összehúzódik, emiatt a távolságok nem pontosak, vagyis a fénymásolat nem mérethű.

Mivel a gyártásnak igen fontos tényezője a kottázás, ezért a méretmegadást nagy gonddal kell végeznünk. A beméretezésnél tűnik ki legjobban, hogy a rajz készítője el tudja-e képzelni, tökéletesen megismerte-e az ábrázolt alkatrészt. A mérethálózat felépítésénél egyrészt tekintettel kell lenni a munkadarab működésére, vagyis az egyes felületek rendeltetésére, másrészt a darab elkészítésének folyamatára. A tervezésnél ugyanis meg kell gondolni a gyártás körülményeit, és a mérethálózattal ezt alá kell támasztani. Tagozottabb munkadarabnál a jó mérethálózat elkészítése nem könnyű feladat. Feltételezi, hogy a rajzoló teljesen tisztában van a tárgy szerepével és elkészítési módjának minden mozzanatával. Ha nem is ismerjük pontosan, hogy milyen gépeken történik majd a megmunkálás, akkor is célszerű elképzelni a megvalósítható megmunkálási menetet, és olyan méreteket kell beírni, amelyeket a műhelyben közvetlenül lehet használni. Ha végiggondoljuk a gyártást, akkor önként adódnak azok az elkészítés számára fontos méretek, amelyeket a rajznak egyesítve kell tartalmaznia. Arra ugyanis nem szabad számítani, hogy a műhely majd kiszámítja az adott méretekből a neki szükséges méreteket, mert a műhelyben nincsen erre idő.

A mérethálózat elkészítése szempontjából a következő szabályokat kell szem előtt tartani:

1. *Minden méret csak egyszer szerepeljen a rajzon,* éspedig azon a képen, amely az illető méretre a legjellemzőbb. Ha ugyanis több képen fordul elő ugyanaz a méret, akkor a későbbi méretváltoztatáskor esetleg nem vesszük észre azt a méretet, amelyik eldugott helyen van, és nem javítjuk ki. A darab elkészítője pedig talán éppen azt veszi észre, és aszerint készíti, és ezáltal rossz méretű darabot kapunk. A több lapból álló, nagy kiterjedésű dokumentációban a főméretek több lapon is feltüntethetők.

2. Csak annyi méret legyen a rajzon, amennyi *túlhatározottság nélkül* megadja a tárgyat. Már megadott méretekből mértani összefüggések alapján kiszámítható méretek, ún. eredő méretek ne szerepeljenek. Ha valamilyen eredő méretet mégis megadunk tájékoztatás céljából, akkor a méretszáma elé a hozzávetőlegesen egyenlő jelet tesszük ki, pl. hatszögletes csavaranyánál a laptávolság a pontosan betartandó méret, a hatszög csúcstávolságát is célszerű azonban megadni az anyag mérete céljából, ezt azonban a hozzávetőlegesen egyenlő jellel láthatjuk el. A rajzokon a részletméretek mellett még összegező méret is szükséges, pl. teljes hossz vagy teljes szélesség, hogy a szükséges nyersanyagméretet és a darab súlyát azonnal meg lehessen állapítani.

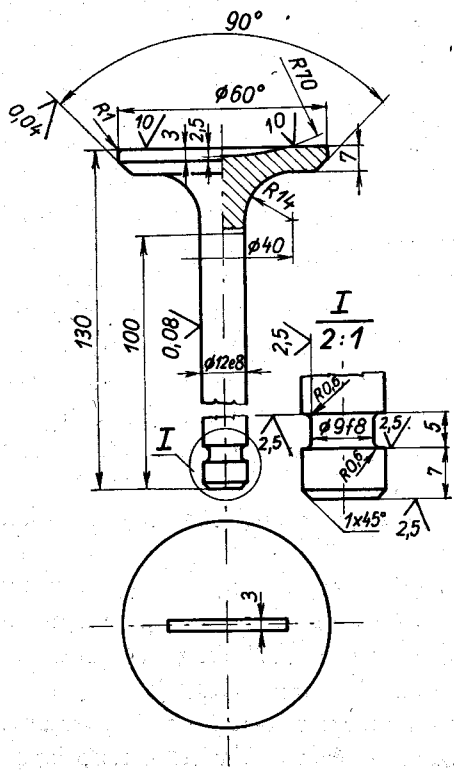


693. ábra. Csak azt a méretet adjuk meg, amely a gyártás szempontjából szükséges

3. Csak azok a méretek szerepeljenek, amelyek az *elkészítés szempontjából szükségesek*. A *693. ábrán* levő fecskefarok-vezetésnél pl. nem a vezeték alsó, szélesebb részének a méretét adjuk meg, hanem a felsőt és a ferde oldalnak a hajlásszögét, mert a vezetéket készítő maróra ez a jellemző érték, és a csatlakozó darab jó illeszkedését is ennek a betartása biztosítja, amelynél szintén ezt a szöget kell előírni.

4. *Mérhető méreteket* adjunk meg, amelyek lehetőleg a munkagépre felfogott darabon is mérhetők.

5. A méreteket *ne halmozzuk egy ábrába össze.* Általában azon a helyen legyenek feltüntetve, ahol azokra éppen szükség van, hogy a munkás azonnal rájuk találjon.



694. ábra. Kicsiny részletet nagyítsunk ki

Ha az alkatrészen bizonyos részleteket a kicsinység miatt nem tudunk jól beméretezni, pl. a *694. ábrán* levő szelepszárnál a szár alsó, I. jelű részletét, akkor ezekről a részletekről nagyítást készítünk, római számmal azonosítjuk, és ide írjuk be a megfelelő méreteket. A kiemelt részlet helyét vékony folytonos vonalú körrel, esetleg más egyszerű kerettel határoljuk, amit a római szám *aláhúzó vonalával segédvonal* köt össze. A kiemelt részlet feletti *felirat* tartalmazza a részlet jelölésére használt,

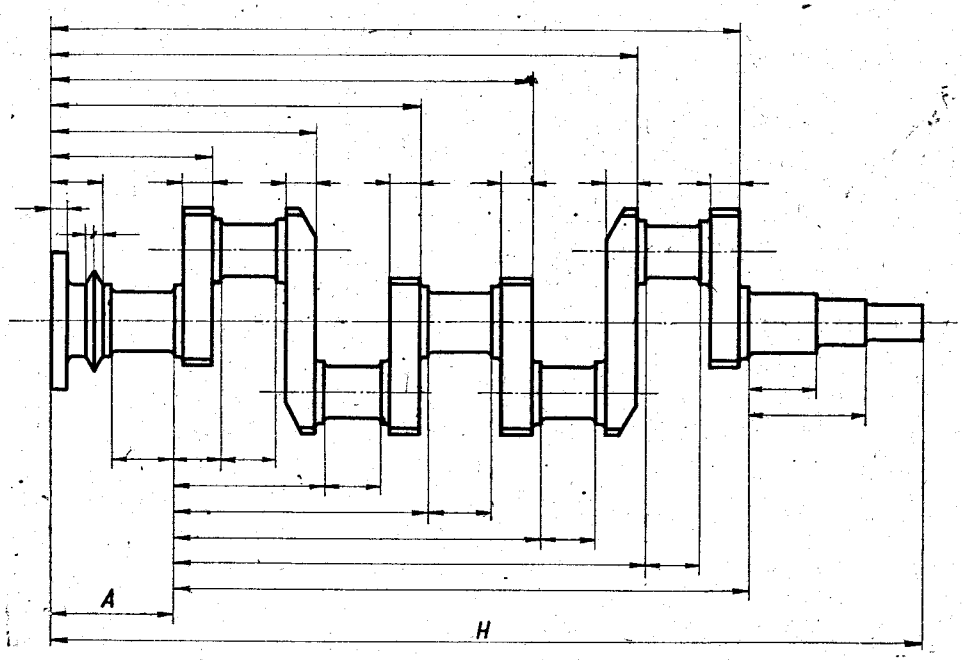
aláhúzó vonallal ellátott római számot és alatta a méretarányt. A kiemelt részlet tartalmazhat a megfelelő vetületen *nem ábrázolt részletet* is, és különbözhet tőle *vetületfajta* szerint is, pl. a vetület lehet nézet, a kiemelt részlet pedig metszet.

A géprajzon a *középvonalat* célszerűen használhatjuk fel arra, hogy a méretmegadás alapja legyen, arra támaszkodjék. A középvonalat ugyanis a munkadarabra a készítéskor bekarcolják. A középvonalon kívül minden főirányban, tehát a hosszúság, szélesség és magasság irányában is megmunkált vagy egyéb határozott felület legyen a méretezési alap, az ún. *bázis*. Nyers felülettől csak egy felületet, ezt a megmunkálási alapfelületet méretezzük be. Megmunkálatlan felület nem alkalmas méretezési alapnak. Általában az a felület választható alapfelületnek, amelyik a megmunkálásnál a legelőnyösebb kiindulást adja, vagy a szerszámgépen való legelőnyösebb felfogást biztosítja, és amelytől első lépésben a legtöbb szűk tűrésű méretet kell elkészíteni. A kottázáskor ettől az alapfelülettől részint az alkatrészen levő egyszerű építőidomok viszonylagos elhelyezési méreteit adjuk meg, részint az egyes építőidomok dimenzióit tüntetjük fel. A külső felületeknél fontos megadni azoknak a felületeknek az egymástól való távolságát, amelyek működés szempontjából lényegesek, vagy amelyek a csatlakozó alkatrészek helyzeteit meghatározzák.

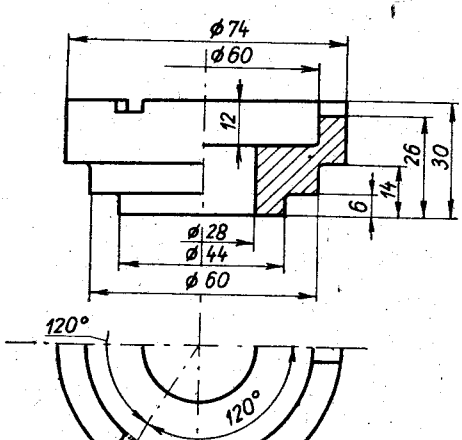
Az egyes munkafolyamatokhoz tartozó méretek, pl. a mintaasztalosnak vagy az esztergályosnak, fúrósnak szükséges összetartozó méretek egységes méréthálózatban, lehetőleg ugyanazon a vetületen, lehetőleg külön csoportosítva, együtt legyenek feltüntetve. A különböző célt szolgáló méréthálózatokat lehetőleg külön ábrákban adjuk meg. Átfogással megmunkálható darabok kottái legyenek kétfelé választva. Belül üreges munkadarabnál, amelynek egyik felét nézetben, a másik felét metszetben tüntettük fel, a külső méreteket, melyek öntvénynél főleg a mintaasztalosnak szükségesek, összefüggő méréthálózatban a nézeten, a belső méreteket pedig, amelyek főleg az esztergályosnak kellenek, megfelelő alapvonalra támaszkodva a metszeten kell összefüggően megadni. A bázistól először a nagy pontossággal elkészítendő felületek távolságát adjuk meg, amelyeket ettől lehet a legkönnyebben elkészíteni. A *695. ábrán* rajzolt könyökös tengelynél első lépésben elkészítik a bal homlokfelületet, majd ettől *A* távolságban az itteni szélső csapágy homlokfelületét. Ezektől a felületektől adjuk meg a pontosan elkészítendő felületeket, így a csapágyak távolságait, továbbá a forgattyúkarok széleit. Második lépésben adjuk meg a csapágyak szélességét, a karok vastagságait, amelyek az alapvonaltól pontatlanabbul is fekhetnek. Ugyanígy tovább a harmadik, negyedik stb. lépésekben megadjuk a további méreteket, számolva azzal, hogy az egyes felületek az alapvonalhoz képest még pontatlanabbul fognak feküdni, mert a tűrésük a megtett lépések tűrésének az összegével egyenlő. A rajzon *A* a bázist megadó méretvonal és *H* az átfogó főméret, jelen esetben a hosszúságot határoló méret.

Forgási felületek homloknézete, amelyen csak koncentrikus körök szerepelnek, méretezés szempontjából nem jellemző, tehát a főábrán adjuk meg a körök átmérőit *(696. ábra)*. Lyukkörök átmérőit az ezekre jellemző homlokmetszeten adjuk meg.

A méretmegadásnál az egyes lépések *nyílt méretláncot* alkotnak, ami a megmun-



695. ábra. A méthálózatot alapvonalra építjük fel

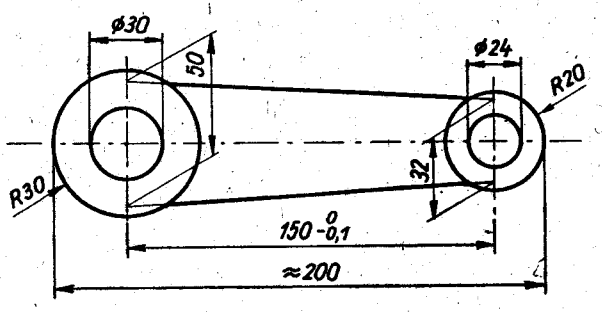


696. ábra. Körök átmérőinek megadása

kálás sorrendjére is egyértelmű és határozott utasításokat ad. A nyílt méretlánc és az átfogó főméret vagy határoló méret között meg nem adott méretláncszem van, ami a megmunkálás folyamán adódik ki. Ez a méret sem a működés, sem a megmunkálás szempontjából ne legyen fontos méret, és bár nagysága és tűrése kiszámítható, megadni nem szabad.

Kivétel az az eset, amikor a határoló méret olyan eredő méret, amelynek a megadása az anyagelőkészítés szempontjából szükséges. Pl. a *697. ábrán* levő hajtókarnál fontos működési méret a két furat távolsága, amit tűréssel kell ellátni, azután megmunkálási méretek a szemek su-

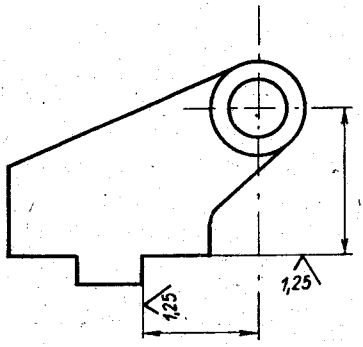
garai, mert a maró ezek szerint halad. A határoló méret eredő méret, amelynek nagysága a szemtávolság és a két sugár tűrésének összegéből adódik. Ha ezt a méretet kivételesen meg kell adni, akkor ezt eredő volta miatt a hozzávetőlegesen egyenlő jellel kell ellátni.



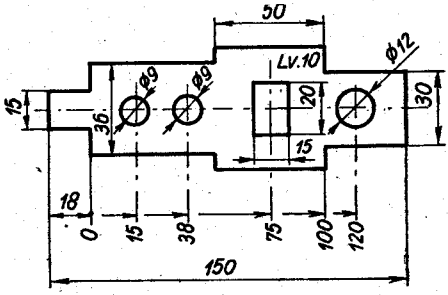
697. ábra. A határolóméretet hozzávetőlegesen egyenlő jellel adjuk meg

Egymáshoz csatlakozó két alkatrész egymásba illő és hasonló kiképzésű felületeit azonos bázisra felépített, teljesen azonos, illetve az érintkezés síkjában egymásnak tükörképét képező méréthálózattal kell megadni. Kiálló részleteket szintén valamilyen alapsíktól vagy valamilyen ütközési felülettől kell beméretezni *(698. ábra)*.

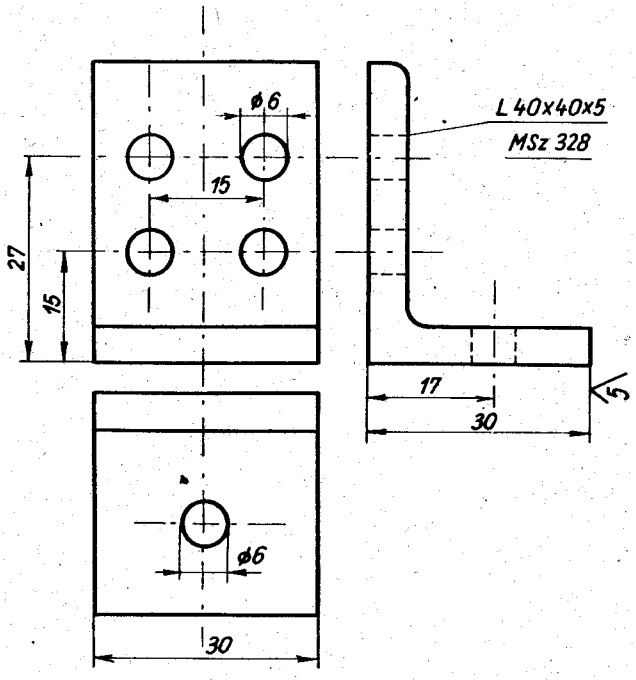
Az osztások sorozatos felmérésénél a tűrések összegeződnek. Ezért, ha fontos a tűrések betartása egy bizonyos alapvonaltól számítva *(699. ábra)*, akkor ettől az alapvonaltól adjuk meg a méreteket. Az ábrán a hosszméretek megadásánál a bal végén levő első lépcsőt kell venni közös bázisnak. Ettől az osztások méretvonalait egy voñalban rajzoljuk meg megszakításokkal, és csak az egyik végükre rajzolunk nyilakat. A méretszámokat nem a méretvonalakra írjuk fel, hanem a méretsegédvonalak irányában helyezzük el. A közös méretvonal lehet folytonos is.



698. ábra. Kiálló részletet alapsíktól vagy felülettől méretezünk



699. ábra. Osztások sorozatos méretét az alapvonaltól így adjuk meg

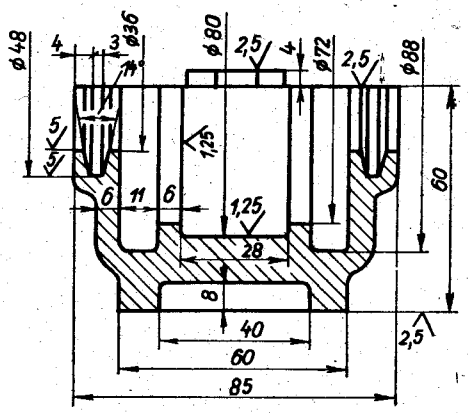


700. ábra. Hengerelt idomacélok méreteit mutatóvonalon adjuk meg

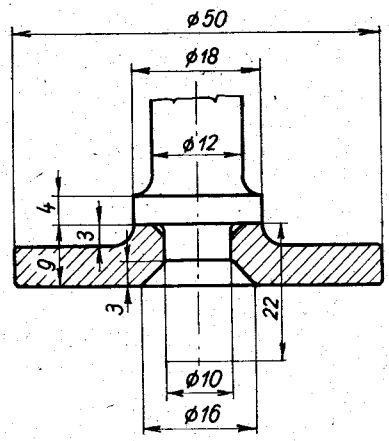
A *700. ábrán* levő szögacélnál a furatok távolságait részint a középvonaltól, részint a hengerléssel pontosan előállított derékszög sarokpontjától adjuk meg, a szárak hosszúsága ugyanis rendszerint nem kerül ki pontos mérettel a hengerlés alól. Az ilyen hengerelt szelvényeknél, amelyek országos vagy gyári szabványok szerint készülnek, a szabványban rögzített méreteket, pl. a sugarakat, a szárhosszúságot stb. nem méretezzük be.

Szimmetrikus alkatrészeket vagy a munkadarabon ismételten előforduló alakzatokat, ha azok biztosan felismerhetők és azonosíthatók, valamint más hasonló alakzatoktól biztosan megkülönböztethetők, csak egy helyen kell mérettel, illetve mérethálózattal ellátni. A *701. ábrán* gyolyóscsapágyház alsó testét tüntettük fel. Az ábrán csupán a bal oldali fal és a benne levő tömítőgyűrű-horony van beméretezve, a méretek azonban természetesen a jobb oldali falra is vonatkoznak. Kisebb megmunkált részletek méreteit, amelyek működésileg függetlenek a többitől, pl. a *701. ábrán* a tömítőgyűrűk hornya, külön a többitől függetlenül adjuk meg egy összekötő méret megadásával. Ezzel a mérettel igazodunk a durva öntvény vagy kovácsdarab torzulásaihoz is.

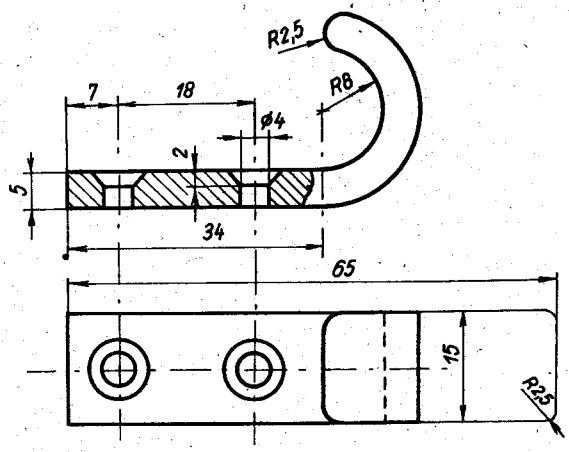
Habár a beírt méretszámok mindig kész méreteket jelentenek, azért néha *megadunk előállítás közben szükséges* méreteket is. Pl. a *702. ábrán* megrajzoljuk a rúd elszegecselés előtti alakját is vékony folytonos vonallal, és be is méretezzük, hogy



701. ábra. Azonos részleteket elég egyszer beméretezni

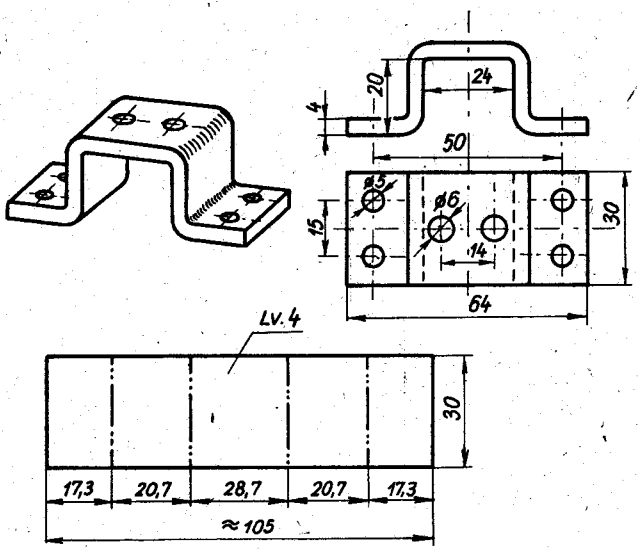


702. ábra. Gyártás közben szükséges méreteket vékony folytonos vonallal adunk meg



703. ábra. Laposacél nyújtott hosszát vékony folytonos vonallal adjuk meg

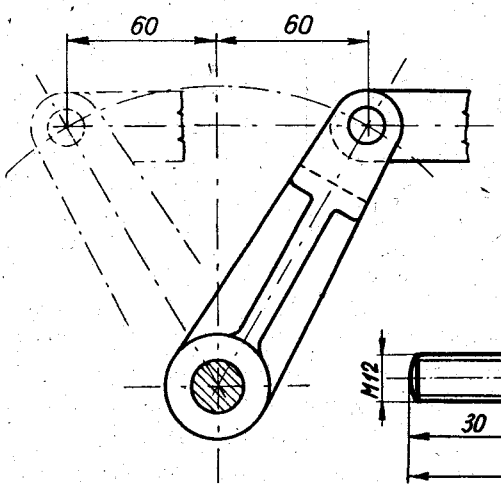
az esztergályos ennek megfelelően készíthesse el a rúd hosszát. Vagy pl. a *703. ábrán* levő kampós alkatrésznél az elkészítés megkönnyítése céljából a laposacél nyújtott hosszát adjuk meg, továbbá azt a hosszúságot, ameddig egyenesnek kell lennie. A kampónál a belső sugár méretét adjuk meg, mert ez annak a tüskének a mérete, amelyre a gyártás folyamán a laposacélt kell hajlítani. Lemezből készített alkatrészeknél *(704. ábra)* a síkba fejtett alakot célszerű megadni. A kifejtett ábrában a behajlítási élek feltüntetésére közepes vonalvastagsággal húzott kétpont-vonalat használunk.



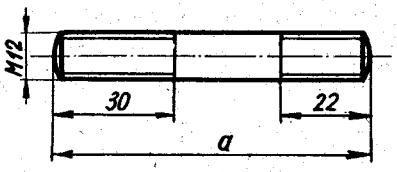
704. ábra. Lemezből készült alkatrész esetén a síkba fejtett alakot is beméretezzük

Az elmozduló alkatrészeket általában az egyik szélső állásukban rajzoljuk, amelyikben a legnagyobb helyszükségletüket láthatjuk. Tömítőperselyeknél pl. a leginkább kihúzott helyzetet tüntetjük fel, forgattyús szerkezetet a löketének a végén rajzolunk meg. Ha szükséges, a másik szélső állásban vékony pontvonallal tüntetjük fel az alkatrészt, és így adjuk meg az elmozdulás értékeit *(705. ábra)*.

Több méretben készülő munkadarabot lehet egy rajzon is megadni. Ekkor a méretvonalon kis-



705. ábra. Elmozduló alkatrész elmozdulási méreteit szélső állásaival adjuk meg



Rajzszám	a
S-60.205	80
S-60.206	100
S-60.207	125

706. ábra. Több méretben készülő alkatrész méreteit táblázatban is megadhatjuk

betűvel jelöljük a változó méretet, és a készítendő egyes értékeket az ábra mellett táblázatban adjuk meg *(706. ábra)*. A munkadarab annyi rajzszámot kap, ahány különböző méretben kell elkészíteni. Ezeket a különböző rajzszámokat kapja a rajz a szövegmezőben is. Ezt a módszert azonban csak kisebb darabszám gyártása esetében ajánlatos alkalmazni, mert a munkástól fokozott figyelmet igényel a táblázatból való méretkeresés. Éppen ezért lehetőleg kerülni kell, mert a táblázatból való keresgélés sokszor hibákra ad okot.

69. Egyszerűsített jelölések a méretmegadásnál (MSZ 315, MSZ 327)

A csavarfejek vagy egyéb kötőelemek, továbbá csatlakozó alkatrészek felülési felületeinél szükséges kör alakú felületek kimunkálása főleg az öntvények formázási ferdeséggel készült felületeinél vagy egyéb, rendszerint durva felületeknél szükséges. Ezeket a felületeket általában csappal vezetett maróval munkáljuk meg. Az így megmunkált felületeknél a jellemző értékeket rövid jelöléssel adhatjuk meg. Ez a jelölés azonban nem adja meg ennek a felületnek más felülettől való távolságát, pl. egy felöntésnek a mélységét. A megmunkálás mélységét sem adjuk meg ezzel a jelöléssel, mert azt a megmunkálandó felület alakja, egyenetlensége, a megmunkálással elérendő előírt felületi érdesség értéke, végül a falvastagság tűrése szabja meg.

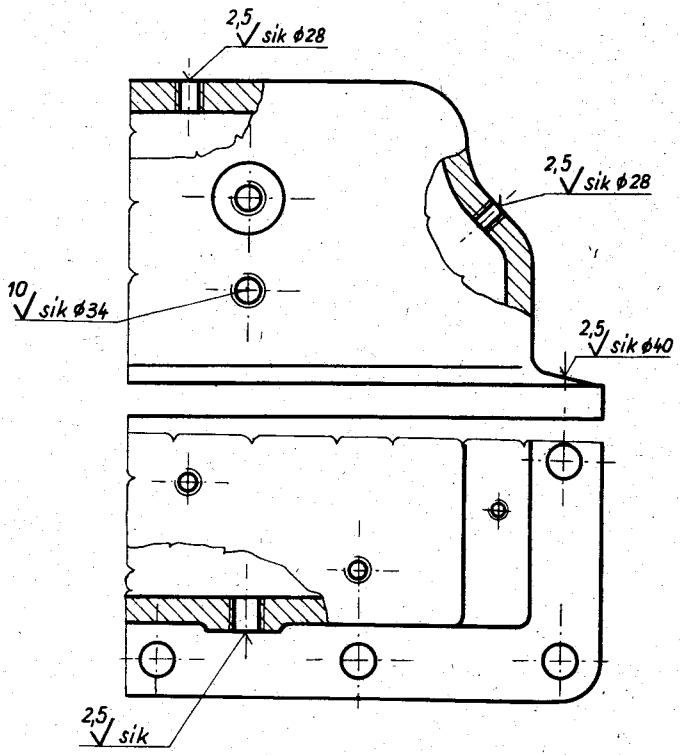
A felfekvő felület minőségét ferde és hozzácsatlakozó főirányú mutatóvonalon a megkívánt felületi érdesség jelének, a *sík* szócskának és a felület átmérőjének a megadásával írjuk elő *(707. ábra,* MSZ 315).

Ha egy kiemelkedő szem homloklapján a lemunkálást a teljes szem mélységéig, vagyis a szem kiinduló felületéig kell síkra munkálni, azaz a szemet a megmunkálással el kell távolítani, akkor ezt úgy írjuk elő, hogy a sík szócska után méretet nem adunk (*707. ábra* alsó képe), vagypedig olyan átmérőt adunk meg, amelyik a felöntés palástfelületén túl terjed. A *708. ábrán* levő szem lemunkálási előírását a bal oldali két jelölés valamelyikével írhatjuk elő, elkészített állapotát a jobb oldali két vetülete tünteti fel.

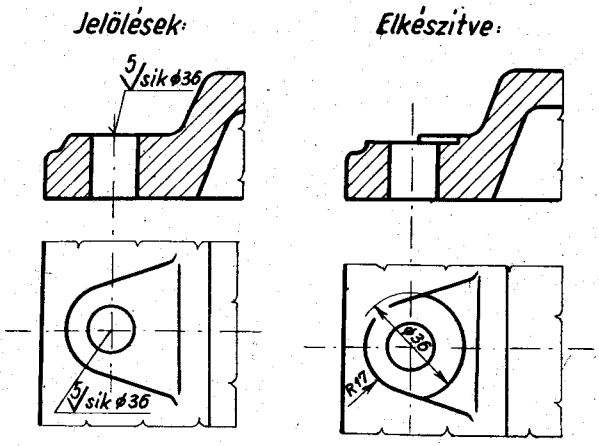
A felfekvő felület jelölését a munkadarabnak csak egy vetületén adjuk meg. A megadás csak a mutatóvonallal jelölt felületre vonatkozik, a szemben levőre nem, tehát a furat tengelyirányú nézetében alkalmazott jelölés csak az abban a vetületben látható oldal megmunkálására ad utasítást.

A felületi érdesség megadásánál a körös nyitott éket is alkalmazhatjuk, éspedig akkor, hogyha nem kívánunk fémesen tisztára munkált felületet, hanem csak több felfekvőpontot, ami elég ahhoz, hogy a csatlakozó elem biztosan felüljön, és ne dőljön fel oldalt. A fémesen tiszta felületet a szükség szerint érdességi jelekkel írjuk elő.

A méretmegadásnál további egyszerűsítést a sima furatok és a csavarmenetes



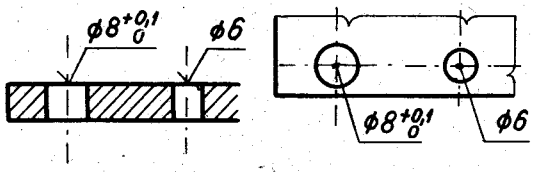
707. ábra. Felfekvő felület egyszerűsített jelölése



708. ábra. Szem lemunkálásának jelölése

furatok méreteinek megadásánál lehet alkalmazni (MSZ 327). Ennél az egyszerűsített méretmegadásnál a méreteket a méretvonalak és méretsegédvonalak elhagyásával, a furat tengelyéből kivetített mutatóvonalon kell megadni. Ha a furattengely párhuzamos a rajz síkjával, akkor a mutatóvonal az alapfelület vonalának és a *furat tengelyének keresztezéséből kampóval* indul ki. Alapfelületnek ebben az esetben azt a felületet értjük, ahonna a furat bemunkálása kiindul. A furat tengelyirányú nézetén a mutatóvonal a furattengelyből indul ki, és a *kiindulási helyet ponttal* tehetjük feltűnőbbé. Ha az alapfelület a vetési iránnyal ellenkező oldalon van, vagyis alulra esik, akkor a mutatóvonal eltakart részét szaggatottan rajzoljuk meg, és a méretmegadás után a „hátul" szót is kiírjuk. Határozottan függőleges tengelyű furatnál az „alul" szó is használható.

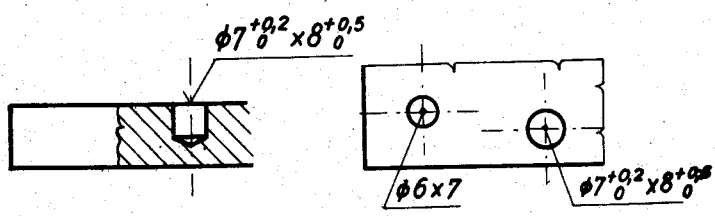
Az egyszerűsített furatmegadás fentiekben leírt módszere az alábbi ábrák szerinti különböző változatoknál nyer alkalmazást. Az ábráknál az egymás melletti két kép nem összetartozó vetületek, hanem a bal oldali képeknél a furattengely párhuzamos a rajz síkjával, a jobb oldali képeknél pedig a furat tengelyére merőleges vetületeken látjuk az egyszerűsített méretmegadást.



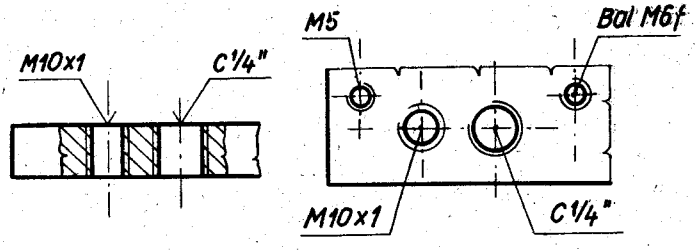
709. ábra. Átmenő furat egyszerűsített méretmegadása

A *709. ábra* szerint átmenő furatnál a furat átmérőjét adjuk meg, ha szükséges, a tűrésével együtt. Az ∅ jelet minden esetben ki kell tenni. Ha a furat nem megy végig, hanem zsákfurat, akkor a *710. ábra* szerint az átmérő megadása után szorzójellel megadjuk a hengerpalást mélységét is tűrésével együtt, de a fúró csúcsszögének megfelelő kimunkálás mélységét nem rögzítjük. Ez a jelölés ugyanis a furatvégződés alakját nem határozza meg, tehát csak akkor alkalmazható, hogyha ez utóbbi szabadon választható.

A *711. ábrán* átmenő menetes furat méretmegadását látjuk a két képen. Menetes zsákfurat megadását pedig a *712. ábra* tünteti fel, amely szerint szorzójellel a zsákfuratban készítendő csavarmenet *hasznos* menethosszmélységi méretét is megadjuk az alapfelülettől. A magfurat a megadott hasznos menethossznál annyival mélyebb, hogy a menetkifutáshoz szükséges mélységet biztosítsa. Ha szükséges a maglyuk



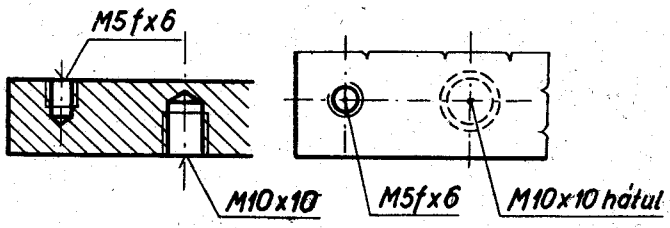
710. ábra. Zsákfurat méretmegadása



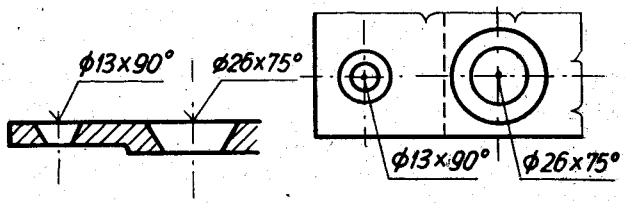
711. ábra. Menetes furat méretmegadása

mélységének a rövidített megadása is, akkor azt zárójelben adhatjuk meg harmadik méretként „mag" szó kiírásával, pl. M10×12 (mag 20).

Nem írható elő ilyen egyszerűsítéssel az olyan menetes zsákfurat, amelynél a furat mélysége megegyezik a hasznos menethosszból és a kifutásból álló teljes menethosszal.



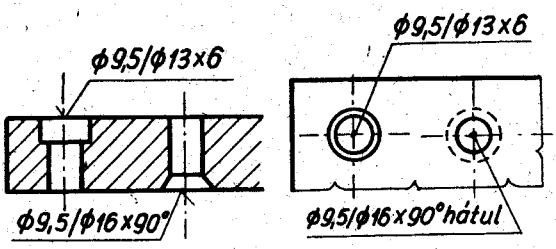
712. ábra. Menetes zsákfurat megadása



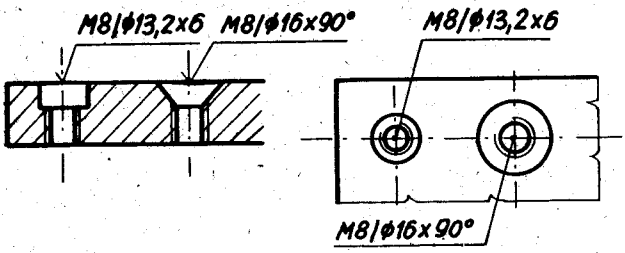
713. ábra. Kúpos furat egyszerűsített méretmegadása

A kúpos furatot *(713. ábra)* a furat nagyobbik átmérőjével és ahhoz szorzójellel kapcsoltan a kúpszög feltüntetésével adjuk meg.

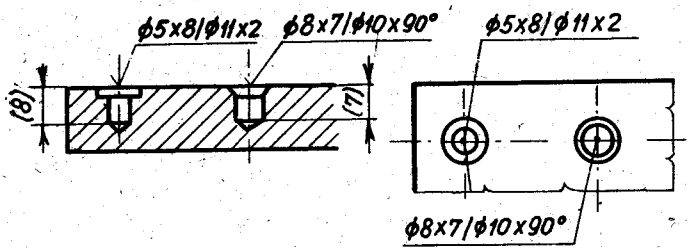
A furatok kezdetén alkalmazunk hengeres vagy kúpos kisüllyesztéseket is. Ilyen összetett alakú furatok esetén is alkalmazhatunk egyszerűsített méretmegadást oly módon, hogy törtvonallal elválasztva adjuk meg az egyes méretcsoportokat. A *714. ábra* hengeres vagy kúpos süllyesztéssel ellátott átmenő sima furat, a *715. ábra* pedig



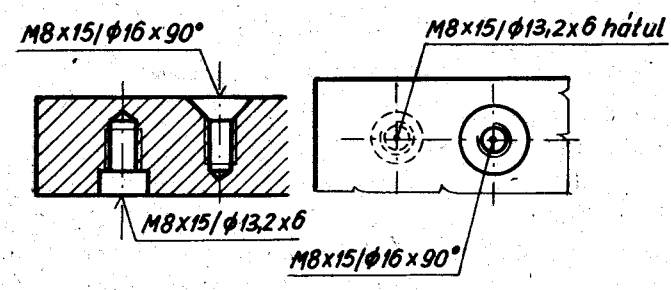
714. ábra. Hengeres vagy kúpos süllyesztéssel ellátott átmenő sima furat megadása



715. ábra. Hengeres vagy kúpos süllyesztéssel ellátott menetes furat megadása



716. ábra. Sima zsákfurat hengeres vagy kúpos kisüllyesztéssel

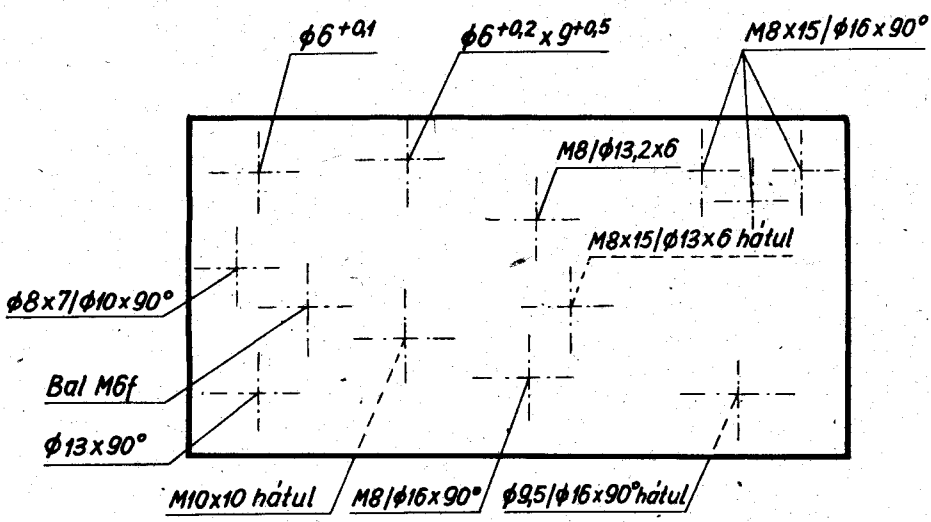


717. ábra. Menetes zsákfurat hengeres vagy kúpos kisüllyesztéssel

ugyanilyen átmenő menetes furat egyszerűsített méretmegadását tünteti fel. Láthatjuk, hogy előre írjuk a kisebb méretű furat adatait, és utána törtvonallal elválasztva a nagyobb furat értékeit. Zsákfurat hengeres, illetve kúpos kisüllyesztését a *716. ábra*, menetes zsákfuratét pedig a *717. ábra* tünteti fel.

Az egyszerűsített méretmegadások főleg kis méretarányban készített rajzokon használhatók előnyösen, továbbá olyan esetben is, amikor a tárgy egyszerűsége folytán az ábrázoláshoz egy vetület elegendő, pl. átfúrt lemezeknél. A felülethez képest ferde tengelyű furatra egyszerűsített méretmegoldást ne alkalmazzunk, mert félreértésekre adhat okot.

A méretmegadás egyszerűsítésén kívül a tengelyirányú vetületben a furatok ábrázolását is egyszerűsíthetjük oly módon, hogy csupán a furatok helyét határozzuk meg metsződő középvonalaikkal. Több vetületben ábrázolt alkatrésznél ilyenkor a méretet a furattengellyel párhuzamos metszeten célszerű megadni. Előfordul azonban, hogy a munkadarabot csak egy vetületben adjuk meg, pl. lemezből, idomacélból készült alkatrészeknél. Ekkor a tengelyirányú vetületen az egyszerűsített ábrázoláson kívül a méretmegadást is egyszerűsítetten adjuk meg a *718. ábra* szerint, vagyis alkalmazzuk a fentiekben ismertetett egyszerűsített méretmegadást.



718. ábra. Lemez egyszerűsített méretmegadásokkal

Ismétlődő, azonos kialakítású furatoknál az egyes furatfajták az ábrán egy-egy betűvel jelölhetők, és a betűjelhez tartozó egyszerűsített méretmegadást a szövegmező mellett táblázatban foglaljuk össze.

70. Gépalkatrészek felvételezése szabadkézi vázlattal

Meglevő darabok után szabadkézzel vázlatot készíteni főleg olyankor szükséges, amikor egy alkatrész törése vagy erős kopása esetén *gyorsan kell pótalkatrészt* készíteni, és ehhez az alkatrészhez nem áll rendelkezésre a megfelelő műhelyrajz. Ilyenkor a műhelyben vagy pedig a gép mellett készítünk szabadkézi vázlatot, azt beméretezzük a gépalkatrészről lemért méretekkel, ezt a vázlatot visszük el a rajzterembe. Sőt, igen gyakran pótalkatrészt olyan gyorsan kell elkészíteni, hogy nincsen idő a pontos műhelyrajz elkészítésére, hanem közvetlenül a szabadkézi vázlat után kell a műhelyben a munkadarabot legyártani. Emiatt a vázlatnak is olyan részletesnek kell lennie, főleg a méretszámok tekintetében, mint a műhelyrajznak.

A vázlat készítésénél a következő sorrendet célszerű betartani.

1. Tisztázni kell az alkatrész szerepét és a helyzetét, amelyben a gépben vagy a készülékben dolgozik.

2. Tisztázni kell, hogy milyen geometriai alakzatokból van összeállítva az alkatrész. Gondosan meg kell állapítani a megmunkált felületeket, amelyekkel a többi alkatrészhez csatlakozik.

3. A vetítéshez ki kell választani a főábrát, azt, amely legtöbbet ad az ábrázolandó tárgyról, és tisztázni kell a többi vetülete elhelyezését is, hogy a rajzpapírt megfelelően használhassuk ki.

4. A vetületek meghatározása után tisztázni kell azt is, hogy milyen metszeteket alkalmazzunk az egyes ábrákon.

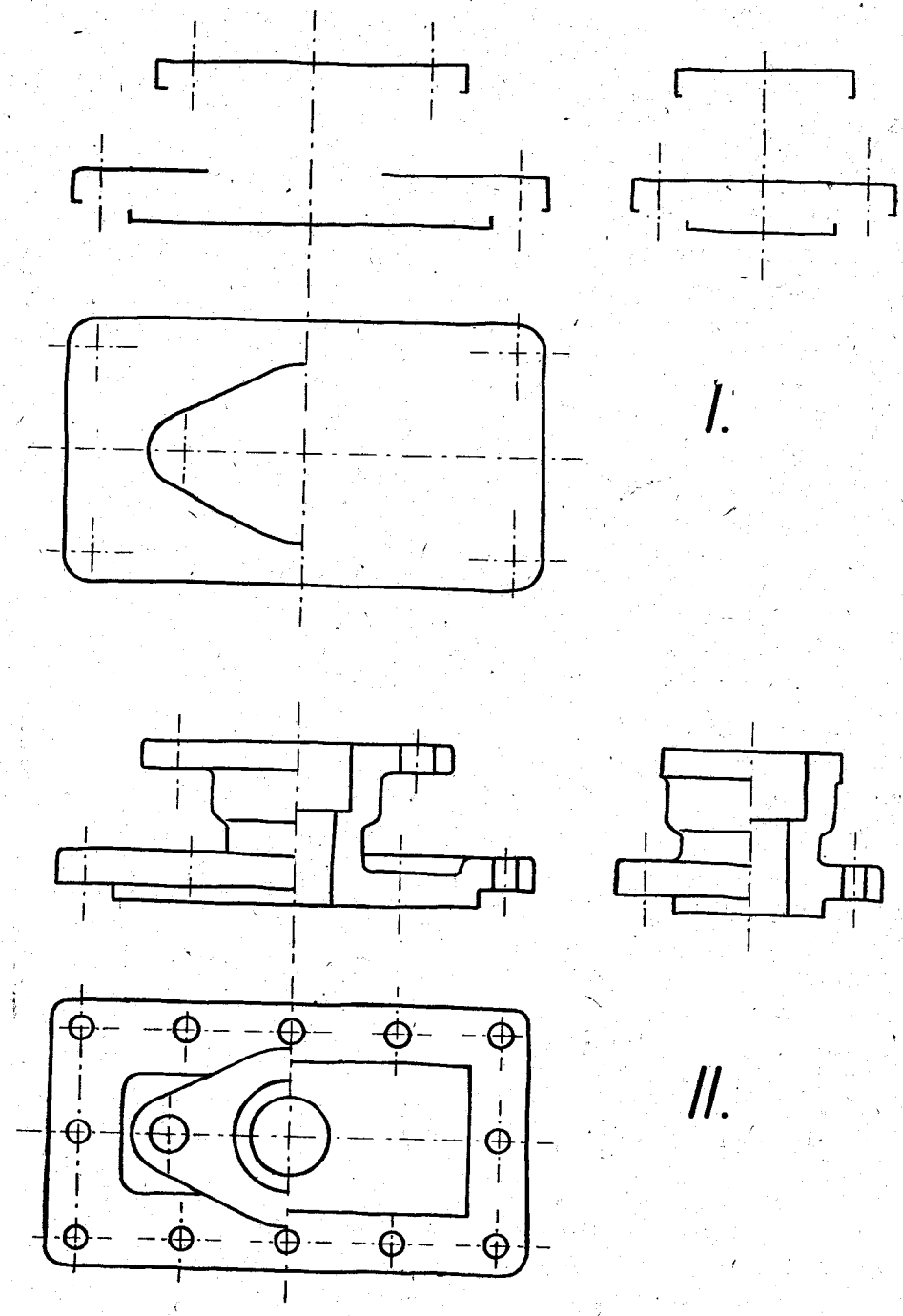
Az ábrázolást vázlatoknál néha milliméter beosztású papíron végezzük, ami a szabadkézi vonalak húzását könnyíti meg és szebb ábra készítését teszi lehetővé. A vázlat készítésének különböző szakaszai vannak. Ezeket a szakaszokat tünteti fel a *719. ábra* öntöttvas fedél felvételezésénél, ahol a fedél közepéből ovális karimájú tömített kivezetés nyúlik fel.

A munka első szakaszában meghúzzuk a középvonalakat, az alapvonalakat, az egyes vetületek helyszükségletét megszabó körvonalakat. Ezt a munkát valamennyi vetületen egyszerre kell végezni, hogy az egyes, szemmértékkel megállapított méretek egyszerre kerüljenek a rajzra. Általában a munka mindegyik szakaszában valamennyi képen egyszerre kell dolgozni.

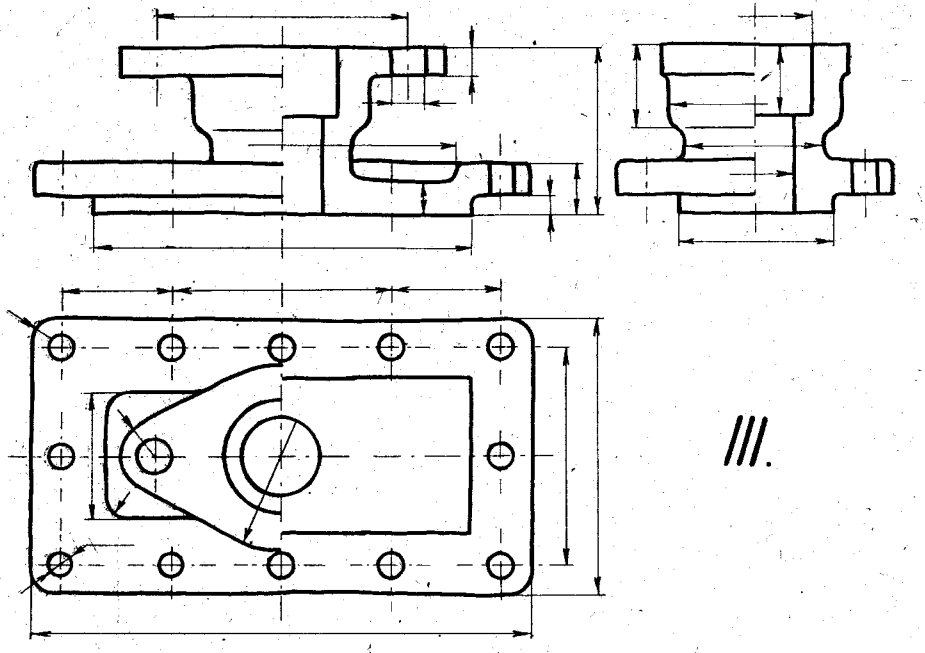
A készítés második szakaszában a belső részleteknek a kirajzolása következik, szintén valamennyi képen egyszerre.

A harmadik szakaszban felrakjuk a méretvonalakat és nyilakat. Az egész vázlat készítését és a vonalak kihúzását is közepes keménységű (HB) ceruzával végezzük.

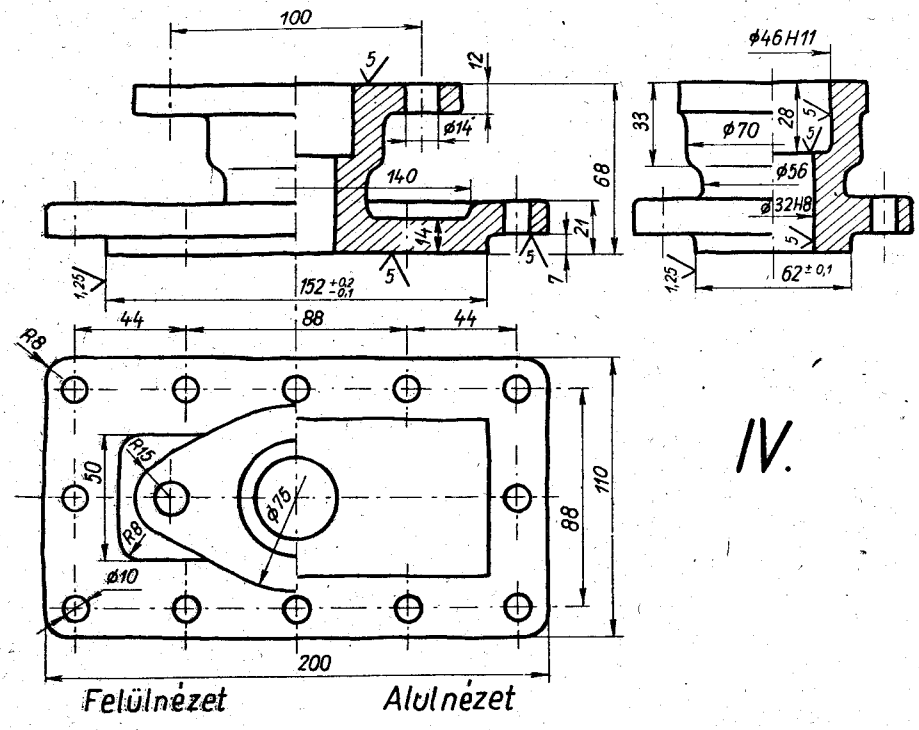
A munka negyedik részénél a méreteket mérőszerszámokkal felvesszük a darabról, és a méretszámokat a harmadik szakaszban előkészített méretvonalakra beírjuk. A vázlatra inkább több méretet rakjunk fel, mint kevesebbet, nehogy elfelejtsük egyes hasznos méretek felrakását. Utána felrakjuk a tűrések és a felületi érdesség számértékeit. Végül bevonalkázzuk a metszett felületeket, kitöltjük a szövegmezőben az alkatrész megnevezését, anyagminőségét stb.



719. ábra. Szabadkézi vázlat készítésének különböző szakaszai



III.

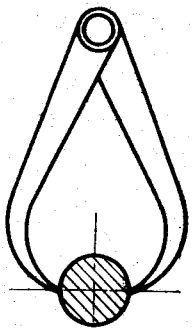


IV.

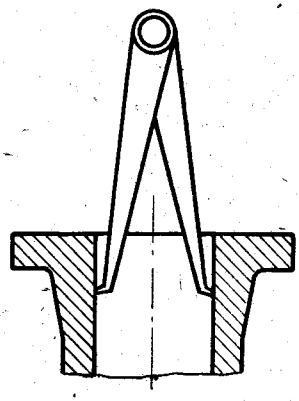
Felülnézet Alulnézet

A méretek helyes felvétele és a vázlatra való felrakása a legfontosabb feladat. Az itt ismertetendő eszközök pontossága nem nagy, pontosságuk azonban a legtöbb felvételezésnél kielégítő.

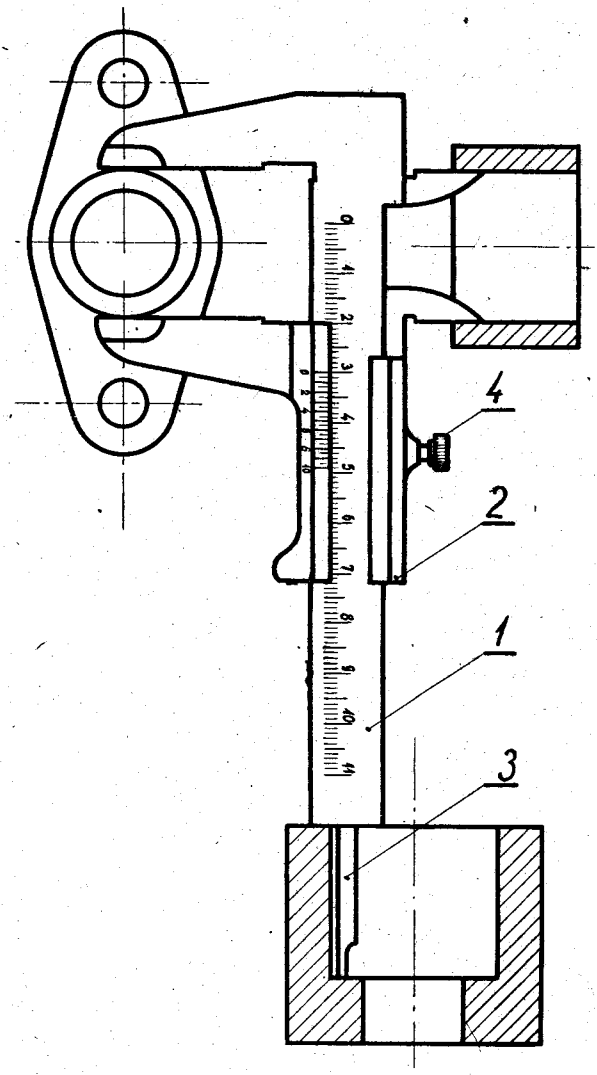
A méretek felvételére szolgáló eszközök a *külső és belső tapintókörzők (720. és 721. ábra)*, továbbá a használatukhoz szükséges milliméter beosztású acélvonalzó. Pontosabban lehet lemérni a külső és belső átmérőket a *722. ábrán* levő *tolómércével*; átmérők még pontosabb lemérésére pedig a *723. ábrán* levő csavarmikrométert használhatjuk.



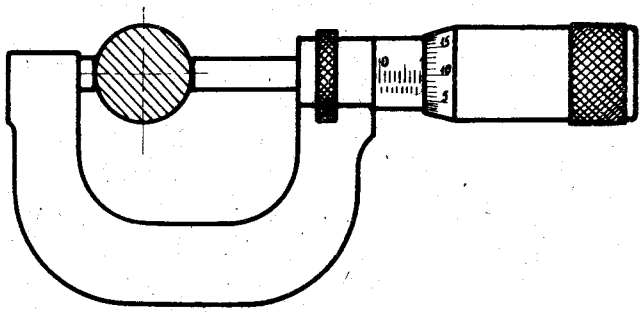
720. ábra. Külső tapintókörző



721. ábra. Belső tapintókörző



722. ábra. Tolómérce és mérési módjai



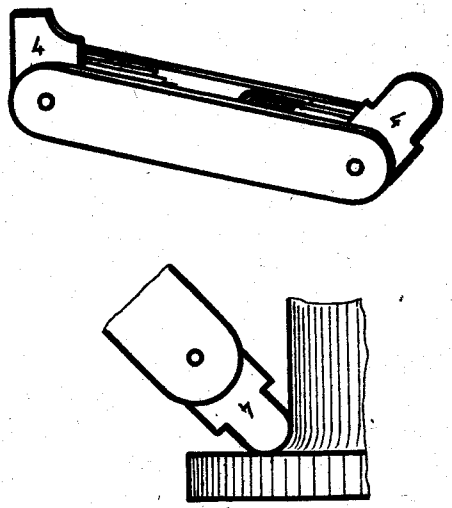
723. ábra. Mikrométercsavar

A tapintókörzőkkel a külső és belső átmérőket, falvastagságokat, lyukak egymástól való távolságát vehetjük körzőnyílásba, a kinyitott körzőt az acélvonalzó mellé állítjuk, és úgy állapítjuk meg a felvett méretet. A *722. ábra* szerinti *tolómérce* a tolókáján levő nóniuszbeosztással 0,1 mm pontosságra, esetleg 0,05 mm pontosságra tud mérni. Az *1* jelű beosztásos lécen mozog a tolóka (*2*), a tolóka lefelé mozgatásakor alul a *3* jelű lyukmérő nyelv is kinyúlik, ezzel a nyelvvel lehet furatmélységeket oly módon mérni, hogy a tolómérce lécének alsó részét feltámasztjuk a lyuk pereménél, és a tolóka eltolásával a mérőnyelv végét a lyuk fenekéig toljuk le. Az elcsúsztatható tolókát a léchez a *4* jelű csavarral rögzítjük. A tolómércének felül rendszerint két mérési felülete van. Az ábrán a bal oldal a külső átmérők mérésére szolgáló nagyobb méretű felületekkel van ellátva, a jobb oldalon levő kisebb méretű csúcsok pedig furatátmérők mérésére szolgálnak.

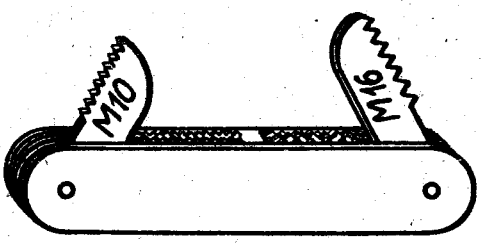
A *723. ábrán* levő *csavarmikrométerrel* a mérés 0,01 mm pontossággal végezhető. A recézett fej forgatásával pontos csavarmenet által vezetve mozdul el a jobb oldali mérőcsap. A száron levő skálán hosszanti beosztás van, emellett mozdul el a forgatott hüvely, a hüvely szélénél körben menő beosztás van. A fej egyszeri körülfordulásával a mérőcsap általában 0,5 mm-rel mozdul el, a körbeosztás ekkor 50, úgyhogy a körbeosztáson egy osztással elmozdítva a recézett fejet, a mérőcsap csupán egy század millimétert mozdul el.

Belső átmérők mérésére a *lyukmikrométer* használható.Ennél a nóniuszos részt különböző hosszúságú, pontos méretű csapokkal lehet felszerelni, miáltal a mérés tág határok közt változtatható.

Falak vastagságát a tapintókörzővel és az acélvonalzóval mint két méret különbségét mérhetjük. Furatok középvonalának távolságát az ellenkező irányban levő falak megmérésével határozhatjuk meg. Lehet úgy is eljárni, hogy az egymáshoz közel levő falak távolságát és a furatok átmérőjét mérjük, és ezekből határozzuk meg a furatok középvonalainak távolságát. Furatmélység mérésére a tolómérce nyelvén kívül az acélvonalzót is használjuk. Alkatrészek magassági méreteit az acélvonalzóval és háromszög segítségével végzett kivetítéssel mérhetjük meg. Háromszög segítségével egyéb méretkivetítéseket is végezhetünk.



724. ábra. Lekerekítéseket különböző sugarú lemezsablonnal mérünk



725. ábra. Menetmérő sablon

Síkfelületek széleinek a lekerekítését úgy mérhetjük meg, hogy a felületre egy kis papírlapot borítunk rá, és a papirost az alkatrész széleihez lehajlítjuk, ujjainkkal az alkatrész sarkához szorítjuk. A papír leemelésével a rajta levő törési nyomból az alkatrész lekerekítési sugara meghatározható. Az alkatrész széleinél a lehajlított papiros kiálló részeit gyenge kalapácsütésekkel le is vághatjuk, és így állapítjuk meg a felület széleinek görbületeit. Ezzel a módszerrel görbe oldalfelületekkel készített alkatrészek görbületi sugarait is meghatározhatjuk. Homorú és domború saroklegömbölyítések lemérésére egymás mellé összeállított, *különböző sugarú* lemezsablonnyelveket is használunk, amelyeknek kihajlított nyelvével a *724. ábra* szerint lehet a legömbölyítési sugarakat megállapítani.

Menetek mérésére szintén lemeznyelvekből összeállított *menetmérő sablonok* használhatók *(725. ábra)*, amelyekre a megfelelő menetemelkedések és egyéb jellemző adatok vannak felírva. A menetekbe illesztve, a megfelelő fogazatú lemeznyelvet kikeressük. Ilyen sablonkészlet hiányában menettáblázat segítségével állapítjuk meg a menetet úgy, hogy az orsómenetnél a külső átmérőt, anyamenetnél pedig a belső átmérőt mérjük meg. A menetemelkedés megállapítása céljából pedig lemérjük a munkadarabon a tiszta menetekkel ellátott összes hosszúságot, megolvassuk a ráeső menetszámot, és ezzel osztjuk a lemért hosszúságot.

71. A szerkesztés menete

A *szerkesztés* az első lépés, hogy a mérnöki gondolat mozgó géppé valósuljon. Az előírt műszaki adatok és egyéb, a konstrukciót érintő tényezők figyelembevételével kell megtervezni a gépet vagy gépcsoportot és a gyártást, valamint az ehhez szükséges készülékeket vagy szerszámokat.

Általában döntő jelentőségű a gép hasznos vagy bevezetett teljesítményadata bizonyos fordulatszám mellett. Szerszámgépeknél a befogható tárgy nagysága és a géppel elérendő sebességfokozat a legjelentősebb követelmény. Szállítóberendezéseknél a szállítandó anyag milyenségét és mennyiségét, emelő-, felvonószerkezeteknél a felemelendő súlyt és az emelési magasságot kell megadni az előírt sebességi adatok mellett. Levegővel, gőzzel vagy gázzal dolgozó gépeknél az anyagmennyiségen kívül a hőmérsékletek, a legyőzendő nyomások és ellenállások, vízgépeknél a víz tömege és esési vagy emelési magassága bírnak jelentőséggel.

A tervezőmérnöknek nem kell minden esetben a készítendő gépet vagy műszaki berendezést újra feltalálnia. Nagyon hasznos és célravezető a gyakorlatban már alkalmazott gépszerkezetnek az elve alapján megszerkeszteni az új, hasonló, azonos működésű, de tökéletesebb gépet.

A szerkesztőmérnöknek azonban rendszerint nem az a feladata, hogy meglevő tárgyakat, szerekezeteket utánozzon, hanem hogy képes legyen *önmagából kiindulva, önállóan alkotni*, szerkeszteni géprészeket és gépeket. Ennek az önálló szerkesztői munkának a során először foglalkozni kell azzal, hogy a géprész életre hívását milyen követelmények teszik szükségessé. Az adott követelmények áttanulmányozása után kell meggondolni azt, hogyan tudnánk ezeknek a követelményeknek megfelelő megoldást alkotni kellő matematikai, fizikai, mechanikai stb. felkészültségünk segítségével, és csak miután már mi magunk megpróbáltunk *önállő megoldást kidolgozni*, akkor fogjunk hozzá annak a tanulmányozásához, hogy milyen hasonló szerkezetek vannak. Ekkor ugyanis már nagyobb bíráló képességgel, kritikai érzékkel tudunk foglalkozni a mások megoldásaival. Jobban észre tudjuk venni azt, hogy a saját megoldásunknál még mire nem voltunk tekintettel, s mi az, amit a mások szerkezeti megoldásában követni érdemes. Ilyen módon tudjuk csak kifejleszteni magunkat eredményes, öntevékeny, önálló szerkesztővé, és így nem leszünk mások szolgai utánzói. Később olyan helyen is megálljuk a helyünket, ahol idegen megoldás nincsen, hanem teljesen újat kell alkotnunk.

Azok a főszempontok, amelyek egyre tökéletesebb gépek szerkesztésére ösztönöznek, általában a gépek hatásfokának javítása, a teljesítőképesség növelése, az önsúly csökkentése a sebesség és fordulatszám növelésével, a súrlódó részek csökkentése, a drága vagy csak külföldön beszerezhető darabok olcsóbb és hazai anyagokból való készítése stb.

A technika fejlődése során még a zajtalan járást is igyekszünk mindinkább megvalósítani, továbbá az esztétikai követelményeket kielégítő szép külső formára is törekednünk kell. Ma a korszerű gépeknél, különösen a szerszámgépeknél, statisz-

tikai adatok igazolják, hogy a tetszetős formájú, kellemes színű, könnyen tisztán tartható gépen a dolgozó munkateljesítménye is nagyobb lesz.

Miután a szerkesztő döntött afelől, hogy milyen fajta szerkezeti megoldással kívánja a kitűzött célt elérni, az elgondolásáról *szabad kézzel vázlatot* készít magának. Ennek az első vázlatnak még nem kell teljesen mérethűnek lennie. Amikor a megadott műszaki feltételek alapján az első hevenyészett vázlat kész, a szilárdságilag igénybe vett leglényegesebb részekre vonatkozólag számításokat végez, hogy megkapja a gépnek, gépcsoportnak, berendezésnek a fontosabb méreteit. Ezekhez igazodik azután a gép többi részének a mérete és alakja.

Ha ezek az első számítások és a vázlat kielégítőek, akkor a vázlat alapján a kiszámított értékek felhasználásával hozzákezd a szerkesztő a rajzeszközökkel készítendő mérethű rajz elkészítéséhez. Ez az ún. *főterv*, amely összeállítási rajzszerű géprajz, és az egész gépegységet összefüggéseiben mérethelyesen ábrázolja, esetleg több lapon. Ez a rajz rendszerint nincsen a szokásos módon kottázva, hanem a hosszirányú méretek a legszélső éltől mint kiindulási alaptól számítva vannak megadva. Az átmérők is csak egy nyíl mellé vannak beírva. Általában csak a legfontosabb méretek vannak rajta, pl. tengelytávolság, löket stb. Erről a főtervről készítik a szerkesztők az egyes *törzsrajzokat* vagy *szerkesztési rajzokat*, amelyek vagy csak egy-egy darab kiszerkesztését, vagy bizonyos kisebb alkatrészcsoport együttes kiszerkesztését tartalmazzák. Csak ezek megrajzolása folyamán kerül sor a minden részletre kiterjedő méretezésre, szilárdsági és egyébb számításokra is. Közben sokszor egy-egy részletnek megrajzolja a szerkesztő a távlati, térlátó (axonometrikus) képét is abból a célból, hogy mindjárt a természetes valóságban lássa maga előtt azt, amit elképzelt, rögtön testet öltve álljon előtte az agyában fogamzott gondolat. Ez nagyban segíti a tervezett alkatrész helyes kialakítását.

A tervrajzot erős, kemény papíron készítjük, ezen a kiszerkesztés nagy pontossággal végezhető el; többször is változtathatunk; bizonyos részleteket sokszor törölhetünk rajta. Néha célszerűen használhatunk azonban átlátszó papírt is a szerkesztési rajz készítéséhez, főleg az elmozduló alkatrészek tervezéséhez, mert ezeknek az álló részekhez képest történő mozgását az átlátszó papír megfelelő eltolásával könnyen lehet követni. A szerkesztésnél egyszerre dolgozunk a szükséges összes nézeten és metszeten. Helytelen és a munkát nehezítő csak az egyik nézetet teljesen elkészíteni és csak azután fogni a többihez. A távolságok felrajzolásánál ügyeljünk arra, hogy az egyes értékeket ne találomra vegyük fel, hanem azok lehetőleg kerek értékek vagy szabványos számok legyenek, pl. nem veszünk fel valamilyen méretnek 71 mm-t, ha az 70 vagy 75 mm is lehet. A fölösleges vonaldarabkák azonnal kitörlendők, nehogy zavart okozzanak. A szerkesztési rajz rendszerint befejezetlen ceruzarajz, csak addig a mértékig készül el, ameddig a szerkesztő a gondolatait teljesen papírra veti. A méretekből is csak a fontosabbakat kell beírni a szerkesztési rajzra.

A tervező azonban nem végzi teljes egészében saját maga a rajzi megszerkesztést és a vele párhuzamos szilárdsági számításokat. Ez a nagyobb méretű munkáknál

adatban, pl. egy bizonyos méretben vagy anyagban stb. különböző alkatrészek táblázatos összefoglalása főleg csak szerkesztési segédletként indokolt. A műhelyek számára célszerű minden egyes alkatrészt külön kirajzolni.

Minden alkatrész rajzára készítünk szövegmezőt, amelyben a darab megnevezésére, anyagára, esetleg az öntőminta számára vagy a készülékszámára, a rajz készítőjére, ellenőrre, keletre, méretarányra és rajzszámra vonatkozó beírások részére rovatokat készítünk. A munkadarab megnevezése legyen rövid és jellemző, vagyis a darab felhasználhatóságára és hovatartozására adja a megjelölést. Az alkatrészrajzon megadunk valamennyi, a gyártáshoz szükséges adatot. Így pl. táblázatban az alkalmazott illesztések számértékeit is.

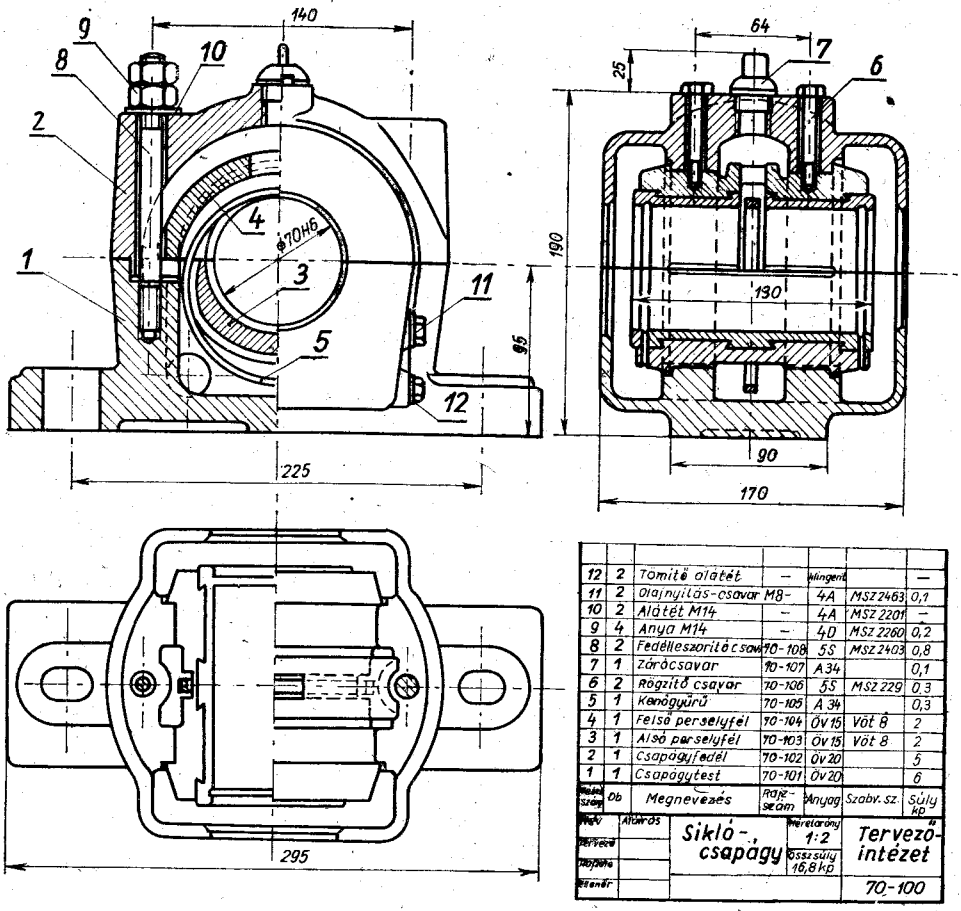
Ha a lerajzolt alkatrész olyan nagy méretű, hogy egy rajzlapon valamennyi nézete és metszete nem fér el, akkor több rajzlapon készítjük el ugyanannak az alkatrésznek egyes képeit. Ezt a megoldást alkalmazzuk pl. üreges öntvényeknél, amelyeknél több metszettel tudunk csak minden részletet pontosan feltüntetni.

A kivitelezés elősegítésére, ha szükséges, a technológia egyes ütemeinek megfelelően külön-külön *munkadarabrajzok* is készülhetnek, ilyenek pl. a nyersöntvény-, vagy kovácsadarabrajz, hegesztett darab rajza, megmunkálási rajz stb.

Az egyes alkatrészrajzokon feltüntetett darabok összeépítését adjuk meg az összeállítási rajzokban (*727. ábra,* „Siklócsapágy", 70—100). Ez a főcsoportok, illetve az egyes alkatrészek tárgyjeleit, a szereléshez, összeépítéshez és az ellenőrzéshez szükséges méreteket, pl. a tengelyek középvonalainak távolságát, a szereléskor elvégzendő megmunkálásokat és szükség szerint a további beépítés csatlakozó méreteit tartalmazza. Ezenkívül néhány, helyszükséglet kiszámítására szükséges nagyobb összegező méretet is megadunk. Az összeállítási rajzot az egyes alkatrészek rajzai alapján kell készíteni olyan módon, hogy minden méretet fel kell rá rakni, mert akkor az alkatrészrajzokon szereplő méreteket ellenőrizhetjük, az illeszkedő méretek egymást ellenőrzik. Az egyes alkatrészek olyan helyzetben legyenek a rajzon, ahogy azok együtt dolgoznak. Az összeállítási rajzon esetenként szabványos alkatrészeket is, pl. a csavarokat is meg lehet rajzolni.

Az összeállítási rajzon az egyes darabok mellé mutatóvonallal a megfelelő *műhelyrajzszámokat* is beírhatjuk, vagy pedig tárgyjelekkel, ábraszámmal látjuk el az egyes darabokat, és az összeállítási rajzon levő szövegmező felelett készített darabjegyzékben adjuk meg a *műhelyrajz számát.* A darabjegyzék a szövegmezőtől függetlenül is elhelyezhető a rajzon ott, ahol hely adódik a számára.

Egyedi gyártásnál, vagyis ha csupán egy-két darabot készítünk valamilyen tervről, az „egy alkatrész, egy rajz" rendszer által igényelt nagy mennyiségű rajz készítése nem gazdaságos, viszont gyakran a gyártmány bonyolult volta miatt méretezett összeállítási rajzon már nem ábrázolható egyértelműen és világosan. Ilyen esetben a méretezett összeállítási rajzon a csoporthoz tartozó egyes alkatrészeket részletesen, külön is kirajzolunk, vagy alkatrészrajzokra hivatkozunk. Ezt a rajzolási módot *vegyes rajzok rendszerének* hívjuk. A gyártmányt ennél is csoportokra bontjuk, de a bontást egy bizonyos fokon abbahagyjuk.



Db	Megnevezés	Rajz-szám	Anyag	Szabv. sz.	Súly kp
12	2	Tömítő alátét	–	klingerit		–
11	2	Olajnyílás-csavar M8	–	4A	MSZ 2463	0,1
10	2	Alátét M14	–	4A	MSZ 2201	–
9	4	Anya M14	–	4D	MSZ 2260	0,2
8	2	Fedélleszorító csav.	70-108	5S	MSZ 2403	0,8
7	1	Zárócsavar	70-107	A 34		0,1
6	2	Rögzítő csavar	70-106	5S	MSZ 229	0,3
5	1	Kenőgyűrű	70-105	A 34		0,3
4	1	Felső perselyfél	70-104	Öv 15	Vöt 8	2
3	1	Alsó perselyfél	70-103	Öv 15	Vöt 8	2
2	1	Csapágyfedél	70-102	Öv 20		5
1	1	Csapágytest	70-101	Öv 20		6

Siklócsapágy — Méretarány 1:2 — Összsúly 16,8 kp — Tervezőintézet — 70-100

727. ábra. Összeállítási rajz

A fentebbiekben említett részletesebb kirajzolási munkák megkezdése előtt a megrajzolandó gépet, illetve gyártmányt a szerkesztő kisebb egységekre bontja a szerkezeti, működési és egyéb szempontok alapján. A bontás eredményeként a gyártmány főcsoportokra, majd első-, másod- stb. rendű alcsoportokra, végül pedig az egyes alkatrészekre bomlik. Az egyes rajzokon ennek a bontásnak megfelelő utalások lehetnek. Azt a rajzolási rendszert, amelyben a rajzok magukon viselik a bontással kapcsolatos összefüggéseket egészen a gyártmányra való utalásig, *bontó rajzolási* rendszernek nevezzük. A csoport-összeállítási rajzon utalás lehet az alkatrészrajzokra, viszont az alkatrészrajzokon a csoport-, illetve a gyártmány-összeállítási rajzra. Azoknak az alkatrészeknek a rajzait azonban, amelyek több típusban felhasználhatók, ki kell emelni a rendszerből, és külön kell kezelni.

Ha a szerkesztő a gyártmányát nagyrészben meglevő alkatrészekből építi össze, illetve meglevő rajzok felhasználásával tervezi meg, akkor a rajzokat már eleve úgy lehet készíteni, hogy megváltoztatás nélkül más csoportban vagy gyártmányban is felhasználhatóak legyenek. Ezt a rajzolási rendszert *összerakó rajzolási* rendszernek nevezzük. Ebben a rendszerben minden alkatrész mint közös alkatrész kezelhető.

Fenti két rendszer alapvető tulajdonságaiból következik, hogy a kevés közös alkatrészt felhasználó gyártási ágban, ahol a tömeggyártásban kevés típus szerepel, ott a bontó rajzolási rendszer megfelelőbb; sok közös alkatrésszel dolgozó gyártási ágban, ahol sok típussal kis sorozatgyártás készül, ott az összerakó rajzolási rendrendszer előnyösebb.

Az alkatrészrajzokat és az összeállítási rajzokat átlátszó papíron húzzuk ki. A kihúzást tussal végezzük.

A szerelés, beépítés számára gyakran *elhelyezési rajzot* (diszpozíciót) is szükséges készíteni, jelképes ábrázolásokkal, erősen kisebbített méretarányban. Ilyenek pl. a csővezetéktervek, villamos kapcsolási vázlatok, teleprajzok, gépek elhelyezésének feltüntetésére stb.

Vannak különleges célokra szolgáló rajzok is, pl. az *ajánlati rajzok*, amelyek kiírások magyarázására szolgálnak. Rendszerint kisebbített méretarányban készülnek, és csupán a tárgy körvonalait és főbb méreteit tartalmazzák.

Az *elvi rajzok* célja a gyátmány működtetésének szemléltetése, esetleg csak sematikusan kiállítva.

Az alapozási rajzok a gépalapok előállítására tartalmaznak utasításokat.

Az átlátszó papíron levő eredeti rajzokról a műhely számára fénymásolatokat készítünk. Ezek a rajzmásolatok kerülnek csak a műhelybe, az eredeti rajzokat nem szabad a szerkesztői irodából kiadni, nehogy elkallódjanak, tönkremenjenek. Az eredeti rajzok okmányoknak tekintendők, és a rajztárban gondosan megőrizendők.

73. Darabjegyzék (MSZ 70)

A *darabjegyzék* összefoglalja az összes, egy gyártmányhoz vagy azok egy csoportjához tartozó alkatrészeket, kereskedelmi árukat, szabványos alkatrészeket abból a célból, hogy az anyagrendelés, a gyártás számára kiinduló alapot szolgáltasson, és belőle további jegyzékek születhessenek, pl. a nyersanyagjegyzék, külső rendelések, szabványos alkatrészek jegyzéke stb.

A darabjegyzék lehet a rajzon, pl. a méretezett összeállítási rajzon *(726. ábra)* vagy a vegyes rajzok rendszerében, az „egy alkatrész, egy rajz" rendszerhez tartozó összeállítási rajzon a szövegmező és a változások rovata felett *(727. ábra)*. Elhelyezhetjük azonban a szövegmezőtől elkülönítve is, részint azért, hogy a rajzlapon rendelkezésre álló helyeket mindjobban kihasználjuk, főleg azonban azért, hogy a da-

rabjegyzéket a rajzon ábrázolt alkatrész elhelyezésének megfelelően készítsük el, mivel ekkor elfordítás nélkül lehet olvasni a darabjegyzék rovatait, és a rajz értékeivel lehet összehasonlítani (53. melléklet).

A darabjegyzék fejlécének főbb rovatai az alkatrészrajzon is rajta lehetnek. Az alkatrészre vonatkozó adatok azonban csak egy helyen szerepeljenek: az alkatrészrajz egyszerűsített szövegmezőjének megfelelő rovataiban vagy a csoport-összeállítási rajzhoz tartozó darabjegyzéknek az alkatrészre vonatkozó sorában. Az alkatrészrajzon levő rovatokat, megkülönböztetésül a darabjegyzéktől, *adatsornak* nevezzük.

Célszerűbb eljárás azonban, különösen a sok darabból álló gépeknél vagy alkatrészeknél, *külön füzet* alakjában készíteni el a darabjegyzéket, amit *repertóriumnak* is neveznek. Ekkor gépírással is készülhet, éspedig sokszorosítás céljából átlátszó papíron. Ebben lehet feltüntetni a műhely számára az egyes rajzokat az összeállítási rajzokkal együtt. Ebbe a külön darabjegyzékbe a közbeeső gyártási vagy szerelési állapotot feltüntető rajzokat is fel lehet venni.

A repertórium bővített darabjegyzék is lehet, a gyártás-előkészítéshez és az anyagrendelés számára is tartalmazhat fontos adatokat. Ekkor a szerkesztés csak egy bizonyos részletét tölti ki a darabjegyzéknek. A darabjegyzék elsősorban a tételszámot tartalmazza vagy az ábraszámot, vagyis a külön alkatrészrajzok számozásait, az alkatrészek megnevezéseit, azután a darabszámot, vagyis azt, hogy egy géphez hány darab kell a szóban forgó alkatrészből. A darabjegyzékfüzetnek úgy kell megszerkesztve lennie, hogy a jegyzék valamennyi tételének elkészülte vagy beszerzése után a gép előállításához semmi se hiányozzék. Alkatrészrajzokban ugyanis nem rajzolunk meg mindent részletesen, egyszerű alakú alkatrészek esetén a darabjegyzék adatai a rajzot pótolhatják, pl. a szabványos alkatrészeket sem rajzoljuk meg, de az anyagrendelés végett szükséges a repertóriumban való feltüntetésük. A szabványos alkatrészek jelölésére az MSZ szabványokban levő rövid jelöléseket használjuk. A repertóriumba vehetjük fel a gyártáshoz szükséges segédanyagokat is, pl. a biztosítóhuzalt, forrasztóanyagot, tömítőanyagokat stb., amelyekre az anyagbeszerzésnél gondolnunk kell.

Az anyagminőség megadásakor is az MSZ szabványokban lefektetett jelöléseket kell alkalmaznunk. Nem szabványos anyagok esetén meg kell adni a kémiai összetételt, a szilárdsági adatokat vagy a gyártó üzemet és annak anyagjelölését. Ha a nyersanyagot hőkezelésnek kell alávetni, éspedig a megmunkálás előtt, akkor ezt a hőkezelést is a darabjegyzékben adhatjuk meg az anyag minőségére vonatkozó jelölés mellett. Ha azonban a hőkezelésnek a forgácsolási megmunkálások közben vagy utána kell megtörténnie, akkor az ábra mellett adjuk meg a megfelelő hőkezelést az érdességi jelekkel együtt.

A bővített darabjegyzékben az anyagrendelés számára szükséges méretmegadásnál szokásban van a rajzról könnyen leolvasható kész méretek megadása. Hengerelt anyagok felhasználásakor szabványos szelvényjelöléssel kell megadni a szelvényt. Lemezből készült alkatrészeknél tekintetbe kell venni a kapható lemezméreteket.

Több alkatrészre együtt, egy lemeztáblában adhatjuk meg a szükséges méretet. Ekkor a nyersméret megadása mellett még lemezkiszabási tervrajzot is célszerű készíteni, amelyik feltünteti azt, hogy az egyes alkatrészek hogyan szabhatók ki leggazdaságosabban a táblalemezből.

A darabjegyzéken célszerű feltüntetni a darabsúlyt mint számított készsúlyt, továbbá az összsúlyt, ami a darabszám és a darabsúly szorzata. Ezek segítségével meg lehet határozni az elkészítendő gép vagy géprész összes súlyát.

A darabjegyzék egyik oszlopa megjegyzésekre szolgálhat, ide írjuk a katalógusra történő hivatkozásokat, gyártási előírásokat.

74. Rajzellenőrzés

Hogy a géprajzon levő esetleges tévedésből anyagi vagy más természetű kár ne keletkezzék, szükséges a tervezési és szerkesztői munka felülvizsgálása. A rajzellenőrök feladata, hogy a hibákat észrevegyék és csökkentsék. Feladatuk a már kész rajzok tüzetes átvizsgálása, nehogy a hibás rajzok alapján hasznavehetetlen gyártmányok készüljenek, s ezáltal selejt keletkezzék, amely növeli az üzem termelési költségeit és ipari nyersanyag pocsékolódik el miatta.

A tervező bármennyire is átgondolja tervezését, akaratlanul is becsúszhatik azokba valahol valamilyen hiba. Az ember maga nem veszi észre mindig az elkövetett hibát, ezért kell beállítani a rajzellenőrzést a műszaki szerkesztés mellé, hogy minél jobb, tökéletesebb legyen a kikerülő munka. A rajzellenőrzés sokirányú, szerteágazó mérnöki munka. A következő főbb területek tartoznak a rajzellenőrzés hatáskörébe.

A *szerkesztési munka ellenőrzése* során átvizsgálja a rajzellenőr, hogy a gép vagy készülék működési elve helyes-e, megfelel-e annak a feladatnak, amelynek elvégzését tőle várják. Az ellenőrnek tisztában kell lennie azzal, hogy mit rendeltek meg, mit kellett készítenie a gyárnak. Ismernie kell azokat a követelményeket, amelyek alapján a tulajdonképpeni tervezés, az előzetes számítás és az erre felépülő szerkesztés megtörtént.

Ennek az ellenőrzésnek a végzésénél tulajdonképpen még magával a rajzzal nem is igen foglalkozik az ellenőr, csupán a gép működésének elvét vizsgálja, az elvvel kapcsolatos számításokat nézi át. Ennek során a szilárdsági és mechanikai követelmények kielégítését is ellenőrzi. Ha az elvi működés terén rendben van minden, azaz a gép tervezői felépítése és összeállítása jó, akkor kerül sor a rajzok tüzetes átnézésére. Először az egyes géprészek, gépcsoportok összefüggéseinek vizsgálatát végzi el. Ehhez az összeállítási, elrendezési rajzot veszi kézbe, és azt tanulmányozza.

A szerkezeti ellenőrzés keretében az összeszerelhetőséget is meg kell vizsgálni. Itt kell elbírálni azt is, hogy az egyes alkatrészek kopás miatt szükségessé váló cseréléseé hogyan hajtható végre. Meg kell vizsgálni a tervezett gépet a lehető zajtalan járás és az esztétikai követelmények szempontjából is.

Az általános tervezési és szerkesztési ellenőrzés után következik a részletrajzok ellenőrzése. A rajzok részletekbe menő ellenőrzését a következő szempontok szerint végzi a rajzellenőr: 1. kép, 2. méret, 3. illesztés és tűrés, 4. anyag, 5. technológiai (gyárthatóság), 6. szerelhetőség, 7. szabványok szempontjából. (Anyagszabványok, illesztésszabványok, tartozékok szabványai, rajzszabványok szempontjából.)

Legelőször is meg kell néznie, hogy a rajzokon van-e *elegendő nézet és metszet* az ábrázolt tárgy világos, egyértelmű megértéséhez. Ábrázolási szempontból szabályszerűek-e a nézetek, a vetítési és beforgatási irányok. Nincs-e ellentmondás a nézetek között. Fel van-e minden tüntetve (látható és eltakart élek), nincsenek-e a megértést zavaró részletek. Általában megvizsgálandó az alkalmazott méretarány.

A rajz képeinek felülvizsgálata után következik az ún. *ellenőrzés méretek szempontjából.* Van-e elegendő méret ahhoz, hogy a rajzolt munkadarabot el tudja készíteni a műhely? A rajz méretei azonosak-e a darabjegyzékben megadott méretekkel? Megfelelnek-e a méretek a megrendelési kiírásnak? A csatlakozódarabnak a méretei egyeznek-e? Mérhetők-e a méretek a munkadarabon? Az egyes műhelyrajzokat és szerelési rajzokat folytonosan össze kell hasonlítani az összeállítási rajzzal, a csatlakozóméretek ellenőrzésénél pedig az egyes részletrajzokat kell egybevetni az azonos méretek szempontjából.

A technológiai ellenőrzés során a következőkre kell kiterjeszkedni:

A szilárdsági és üzemi feltételeknek vagy a megrendelés előírásainak megfelelő-e az anyagválasztás? Megmunkálás szempontjából a leghelyesebb kialakítást választotta-e a tervező, gazdaságos-e a gyártás?

Ha öntvényről van szó, akkor meg kell vizsgálni, hogy *öntéstechnikai szempontból* helyesen van-e kiképezve az öntvény alakja.

Az *illesztések és tűrések* helyes megadását és kiírását is felülvizsgálja a rajzellenőr. Ennél a munkánál is egybe kell vetnie az egyes részletrajzokat, azokat, amelyeken a csatlakozó alkatrészek vannak feltüntetve.

Végül a *szabványellenőr* megvizsgálja a rajzot a rajzkezelés előírásai szerint: szabványos-e a rajzlap nagysága, szabványos-e a szövegmező, rendben van-e a rajzszám és a rajz megnevezése? Az utasítások, jelképek szabványosak-e, a szabványokra való hivatkozási számok helyesek-e? Az anyagok a szabványos jeleikkel szerepelnek-e, az illesztések megadásai szabványosak-e, kisebb tartozékok szabványosak-e stb.?

A különböző szempontokból történő rajzellenőrzést végezheti egy vagy több személy is. Az ellenőrök által talált hibák javítása és a hiányok pótlása után kerülhetnek a rajzok sokszorosításra, és mehetnek a fénymásolatok a műhelybe.

75. Az összeállítási rajzok kirészletezése

Az összeállítási rajz *részletezési munkája* a *rajzoktatásban* hasznos eszköz arra, hogy a rajzolóban kifejlessze a gyors rajzolvasási készséget, vagyis a rajz gyors megértésének képességét. Az egyes részleteknek térben való elképzelését, a rajzolt szerkezet szerepének megismerését is könnyebbé teszi.

Az alkatrészeknek külön-külön való kirajzolását meg kell előznie az összeállítási rajz teljes megismerésének. Elsősorban meg kell ismerkedni az ábrázolt gép vagy szerkezet feladatával, rendeltetésével. Tisztázni kell azt, hogy az összeállítási rajz egyes képei milyen vetületeket, metszeteket stb. tüntetnek fel az összeállításban szereplő gépről vagy alkatrészről. Meg kell ismerkedni a szövegmezőben, illetve rajzon levő egyes darabokra vonatkozó megjegyzésekkel és előírásokkal.

Az összes alkatrészek részletes áttanulmányozása után lehet hozzáfogni a kirészletezési rajz készítéséhez. Egy-egy alkatrész kirészletezésénél célszerű, ha előzőleg szabad kézzel készítünk vázlatot, amelyen az egyes vetületi képeknek és metszeteknek az elhelyezését, a metszősíkok vonulási irányát jól megtervezhetjük. Ezért a vázlatot is pontosan és a géprajzi szabályok betartásával kell elkészíteni.

76. Rajzok kezelése

A tervezőirodákban és az üzemekben a rajzok helyes kezelése fontos követelmény, hogy a rajzok épségben maradjanak. A rajzkezelés feladata azonkívül, hogy szükség esetén a számtalan műhely- és összeállítási rajzból álló gépről gyorsan tudjon áttekintést adni, ha a szerkesztők bizonyos meglevő rajzokat akarnak felhasználni későbbi munkájuk során. A rajzok tárolására kijelölt helyiség kétféle. Az egyik rajztár az eredeti és eredetiként kezelendő rajzokat és jegyzékeket tárolja, nyilvántartja és kívánalom szerint fénymásoltatja. Ez az eredeti rajztár tűzbiztos, jól kondicionált helyiség. A másik rajztár az egyes osztályok, műhelyek, üzemek rajztárai, amelyek fénymásolatokat tárolnak.

A rajzok nyilvántartása céljából rajzkönyvet, rajzszámnyilvántartót kell felfektetni. A rajzok kezeléséhez, rendben tartásához és tárolásukhoz az egyik legfontosabb tényező a szövegmezőben feltüntetett *rajzszám*. A rajzszámozás legegyszerűbb módja a *folyószámos rajzszámozás*, a természetes számok folyó sorrendje alapján. A folyószámozás helyett azonban a rajzszám tartalmazhat utalást az ábrázolt tárgy hovatartozóságára, a gyártási ágra vonatkozólag is. Ez az *utaló rajzszámozás*. Ennél a rajzszám egyes számjegyeinek külön jelentést adunk. A bontó rajzolási rendszerben a *tizedes osztályozású rajzszámozás* alkalmazható legjobban oly módon, hogy a rajszám első számjegyeiből a gyártási ágra, a gyártmányfajtára lehet következtetni, utána a főcsoport, alcsoport és végül az alkatrész saját száma szerepel a rajzszámban (MSZ 4891).

A számozásnál célszerű a számjegyek összegét állandónak tartani. Ez a számkép

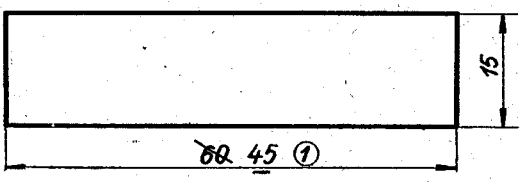
megóvásának elve. Ezért a folyó számozási rendszernél a várható rajz mennyiségét előzetesen meg kell becsülni, és ennek megfelelő számnagyságrendűvel kezdjük a számozást, pl. 1001-gyel stb. Az utaló rajzszámozás tizedes osztályozású rendszerénél a hiányzó számcsoportok helyeit nullákkal töltjük ki.

A gyártmányt gyakran a rajzszám előtti jellegzetes betűjellel adjuk meg. Ezek a betűk azonban nehézséget okoznak a könyvelésnél használt lyukkártyagép alkalmazása esetén, ezért célszerűbb a rajzszámozást betűk felhasználása nélkül tervezni.

Vannak tervezőintézetek, ahol a rajzokat nagyság szerint raktározzák. Ilyenkor a rajzszámba beleveszik a rajznagyság jelölését is szabványos betűjeleikkel. Ha a rajz metszetei nem férnek el egy rajzlapon, akkor a metszeteket tartalmazó valamennyi rajzlap ugyanazt a számozást kapja, az egyes rajzlapokat azonban római számokkal szoktuk megkülönböztetni egymástól.

Az egyes alkatrészek rajzainak készítéséhez nem célszerű a pauzpapírt a rajzlap méretének megfelelő kis méretekre feldarabolni, mert a különböző nagyságú papírok tárolása nehézséget okoz. Ezért pl. A_1 nagyságú méretekben hagyjuk a pauzpapírt, és egy-egy lapra rajzolunk több alkatrészt, annyit, amennyi a rajzon elfér, de ezeket külön-külön kisebb szabványos rajzlap nagyságú mezőkbe foglaljuk. Így az alkatrészek egy rajzon együtt maradnak a rajztárban őrzött eredeti példányokon, amit *gyűjtőrajznak* nevezünk. Egy gyűjtőrajzon csak ugyanabba a csoportba tartozó alkatrészek szerepeljenek, a gyűjtőrajzról készített fénymásolatokat azonban az egyes alkatrészekre vonatkozólag kis lapokra vágjuk szét, és az alkatrészt a megmunkálása közben csak ez a kis lap kíséri. Ezeknek a fénymásolatoknak az összefűzését az ábra szerint úgy segítjük elő, hogy a keret vonalát az egyes mezők bal szélénél beljebb húzzuk a rajzlap méretvonalától számított 25 mm távolságban.

A rajzon ábrázolt gépalkatrész életrehívásánál a rajz is élővé lesz. A technológiai fegyelem elve megkívánja, hogy a rajz a gyártmány születési okmánya legyen. A rajz életének természetes jelensége, hogy rajzmódosítást kell rajta eszközölni. Ennek gyors keresztülvitele csökkenti a rajzhiba által okozott költségeket. Sokszor a műhelyben a gyártásnál felmerült tapasztalatok vagy anyagváltoztatások miatt, gyakran pedig a gép gyakorlati üzemében szerzett tapasztalatok alapján szükséges az eredeti rajz módosítása. A szerkesztő figyelemmel kíséri a szerkesztett gépet, és a tapasztalatok alapján folyton tökéletesíti. Az elkészült darab rajzához nem szabad hozzányúlni, illetve úgy kell kijavítani, hogy a darab és a rajza egyezzenek. Az összetartozás ér-



728. ábra. Kész rajzon levő méretszám utólagos javítása és a hivatkozási szám

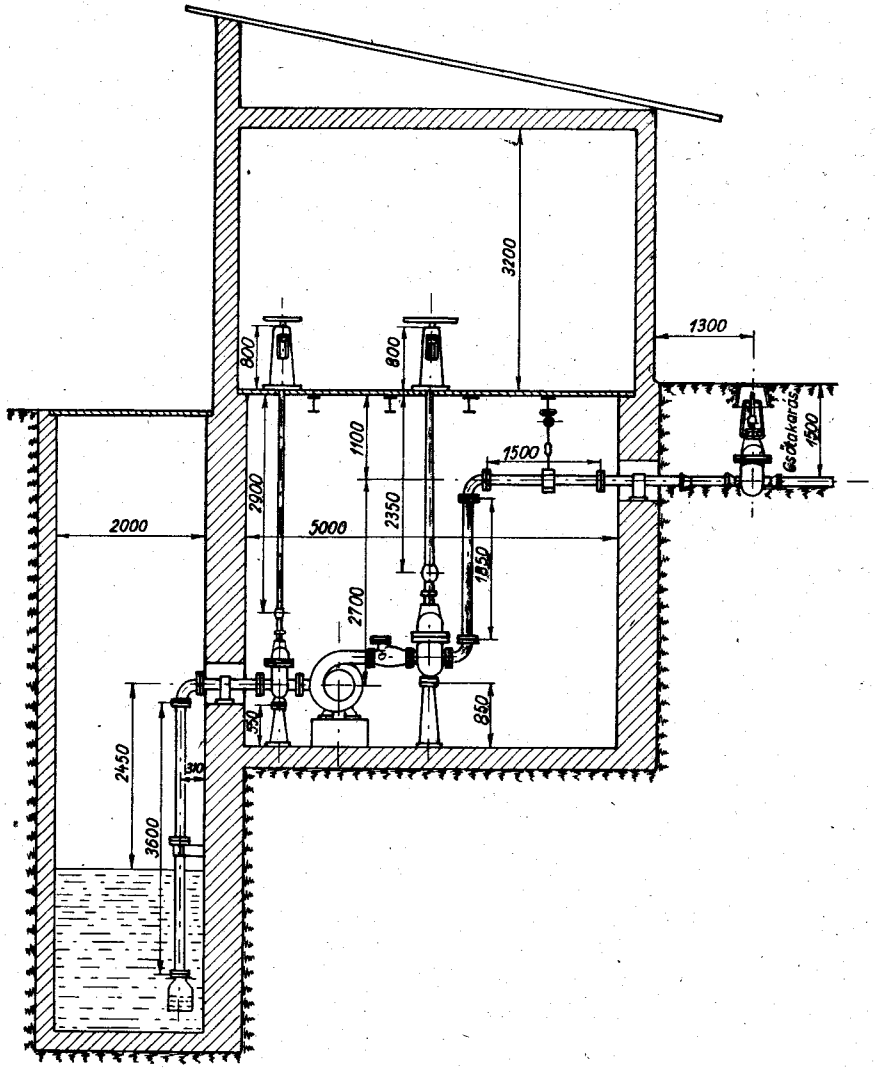
dekében a rajz szövegmezőjében mindig feltüntetjük azokat a gépszámokat is, amelyekre a rajz érvényes. Ha készítés közben szükséges a rajz javítása, akkor a módosítást úgy hajtjuk végre, hogy a javítás helyét hivatkozási betű- vagy számjellel látjuk el, és a szövegmezőben tüntetjük fel, hogy milyen jelű módosítást végeztünk.

A méretek helyesbítésénél sokszor úgy járunk el, hogy a méretszámot áthúzzuk, de csak annyira, hogy olvasható legyen *(728. ábra)*, és melléje írjuk az új méretet, és emellé írjuk a szövegmező számára a hivatkozási számot vagy betűt. Ezt a hivatkozási jelet körülkarikázzuk, hogy más számokkal, pl. az ábraszámmal össze ne téveszthessék.

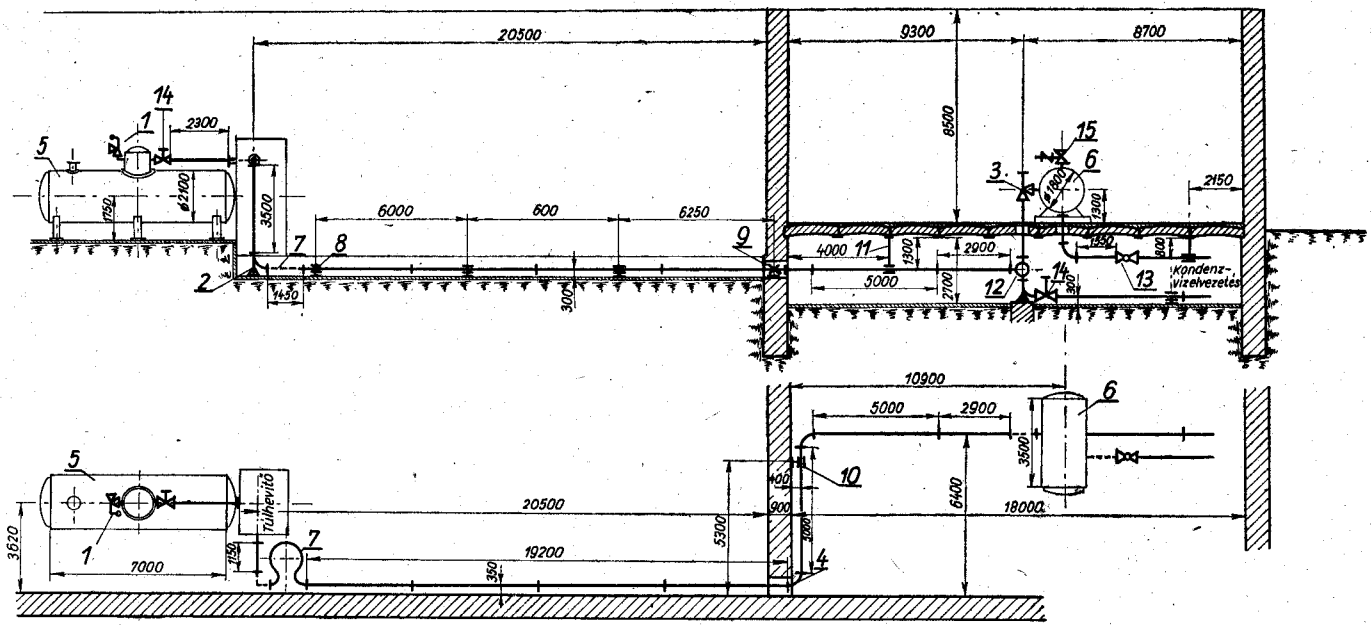
77. Csövek és csőszerelvények jelképes ábrázolása

Az épületekben a csővezetékek *felszereléseit, elhelyezését* a rajzban *kisebbített méretarányban* tüntetjük fel *(729. ábra)*. Az ilyen léptékhelyes rajznak a készítése azonban időt rabló munka, ezért ezeken az *elrendezési rajzokon (diszpozíciókon)* a csöveket, az alátámasztások helyeit, az idomdarabokat, a vezetékekben levő elzárókészülékeket és egyéb szerelvényeket, amelyeket együttesen armatúráknak is nevezünk, nem rajzoljuk ki teljesen, hanem az ábrázolásukra *rövidített jelöléseket, tervjelképeket* használunk. A csővezetékeknél, különösen az öntöttvas nyomócsőidomoknál alkalmazott jelképi jelölések közül néhányat az 54. melléklet tüntet fel (MSZ 84,/87), a csőszerelvényeknél használt jelöléseket pedig az 55. melléklet mutatja (MSZ 2950). A csővezetékeknek és a bennük alkalmazott szerelvények szerepének, működésének részletesebb ismertetése a „Gépelemek" tárgyalási körébe tartozik, itt csupán a jelképes ábrázolás szempontjából foglalkozunk velük. A tervjelképek alkalmazásával az elrendezési rajzok készítése egyszerűbbé, gyorsabbá válik: ilyen rajzot tüntet fel a *730. ábra*. Az elrendezési rajzokon külön be kell jelölni azokat az illesztődarabokat is, amelyek végleges hosszúságát magán a lefektetett kész vezetéken kell megállapítani.

A csővezetékekre, idomdarabokra vonatkozólag a kereskedelmi életben egyszerűsítés céljából szabványos betűjelöléseket használunk. Az 54. melléklet ezeket a betűjelöléseket is feltünteti, pl. egykarimás cső: F darab; egyszerű karimás elágazó: A darab; cső végét lezáró vakkarima: X darab stb.



729. ábra. Csővezeték elrendezési rajza



15		Biztosító szelep			Rugós	8		Görgős megtámasztás			
14		Áteresztő szelep				7		Csőlira			
13		Csap				6		Tartály			
12		csőelágazás				5		Gőzkazán			
11		Csőfelfüggesztés				4		Könyökcső			
10		Konzoi görgős megt.				3		Sarokszelep			
9		Merev megtámasztás				2		Talpas könyök			
						1		Biztosító szelep			Súlyterhelésű
Tétel-szám	Db.	Megnevezés	Anyag	Méret	Megjegyzés	Tétel-szám	Db.	Megnevezés	Anyag	Méret	Megjegyzés

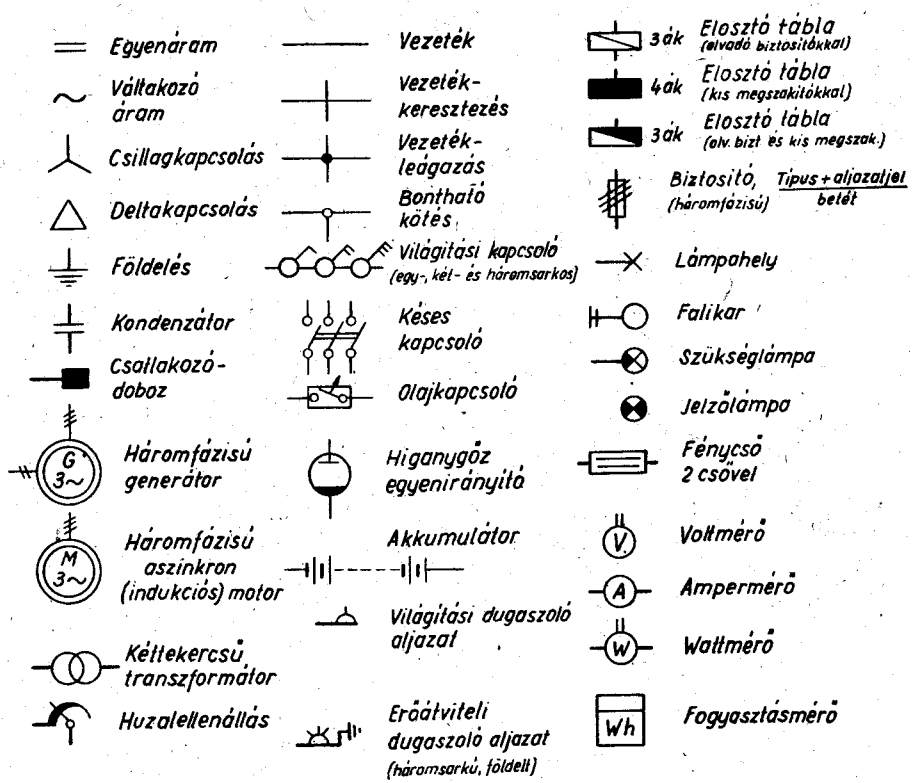
Név	Aláírás	Túlhevített gőz csővezetékének elrendezési rajza	Méretarány	Üzem
Tervező				
Rajzolta			Összsúly:	
Ellenőr				Rajzszám:
Ü.vezető				

730. ábra. Csővezeték jelképes elrendezési rajza

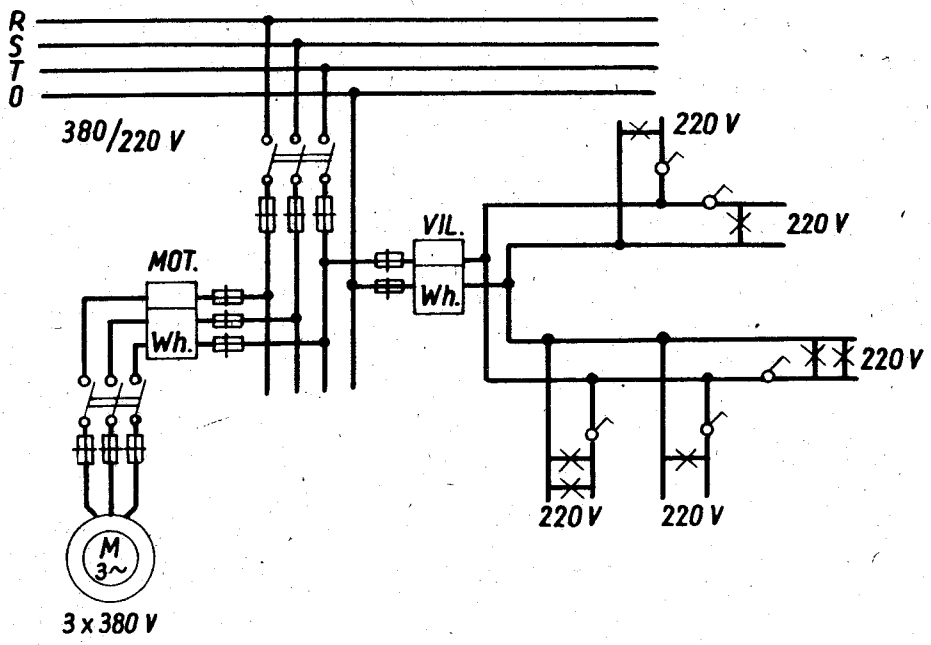
78. Villamos vezetékek és szerelvények tervjelölései

A gépészmérnök gyakorlatában előforduló villamos berendezések legfontosabb jelöléseit a *731. ábrán* levő összeállítás foglalja össze. Ezeknek a jelöléseknek az ismerete főleg műhelyek felszerelésénél, gépek üzembe állításánál fontos a gépészmérnökök számára.

A *731. ábrán* levő jelölések alkalmazására a *732. ábrán* feltüntetett villamos hálózati tervrajz szolgál például, amely négyvezetékes háromfázisú rendszerhez tartozó motoros és világítási fogyasztóegységeket tüntet fel a legfontosabb villamos szerelvények bejelölésével. A vezetékek rajzolásánál kétféle vonalvastagság használatos, az energiavezetéket vastag vonallal, a mérő-, szabályozó- és segédáramkörök vezetékeit pedig vékony vonallal rajzoljuk meg.



731. ábra. Villamos berendezések jelképes jelölései



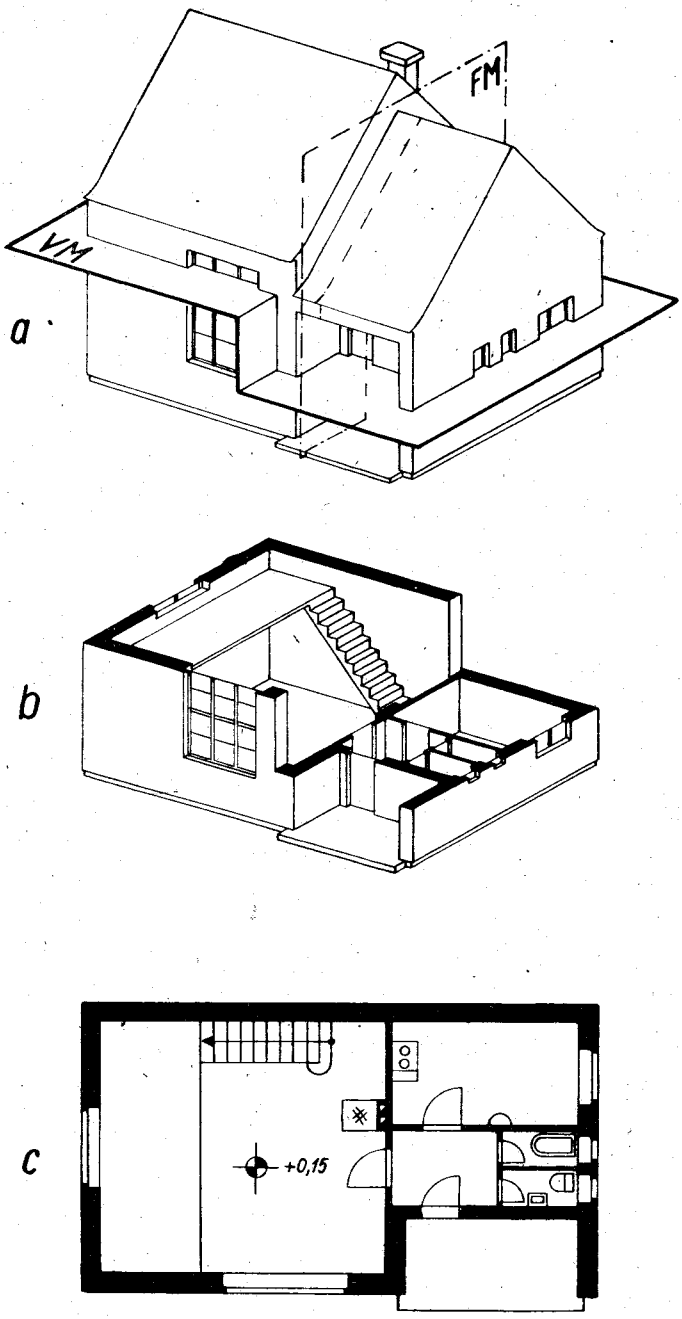
732. ábra. Villamos hálózati tervrajz

79. Építészeti rajzok olvasása

A gépészmérnök főleg géptelepek tervezésénél, műhely építésénél és berendezésénél, gépek alapozásánál találkozik építészeti vonatkozású rajzokkal. Ezért a gépésztervezőnek is ismernie kell az építészetben szokásos ábrázolási módokat. Az építészeti rajzokon rendszerint sokkal nagyobb tárgyak szerepelnek, mint a géprajzokon, ezért léptékük is más, és egész másfajta anyagokkal dolgoznak. Főleg az anyagok különbözősége miatt az építészeti rajzokon sokkal több a felírások száma, továbbá a kihúzás is jóval vékonyabb vonalakkal történik.

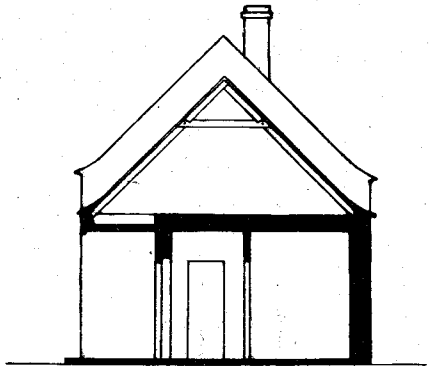
Az építészeti rajzokon a metszetek bőséges alkalmazást nyernek, az épületet alaprajzokban, metszetekben és homlokzati rajzokban ábrázolják. Az alaprajz voltaképpen az épület vízszintes síkmetszete. Az alaprajzok az épület minden szintjét, a pincétől a tetőig külön rajzokon tüntetik fel. *Metszeten* kizárólag az épület függőleges síkmetszetét értik, ezek az épület magassági felépítését és fontosabb szerkezeteit mutatják. A *homlokzati rajzok* az épület összes külső oldalainak képeit, díszítéseit mutatják.

A *733. ábra* kisebb épületet tüntet fel, amely vízszintes, sík talajon áll. Az *a)* rajzon a *VM* jelű vízszintes sík metszi át az épületet. Ezt a metszősíkot mindig úgy veszik fel, hogy az ablakon menjen keresztül. Előfordul, hogy az épület egyik részén a padlóvonalhoz közelebb vesszük fel ezt a vízszintes, ún. alaprajzi metszősíkot,



733. ábra. Kisebb épület építészeti rajza

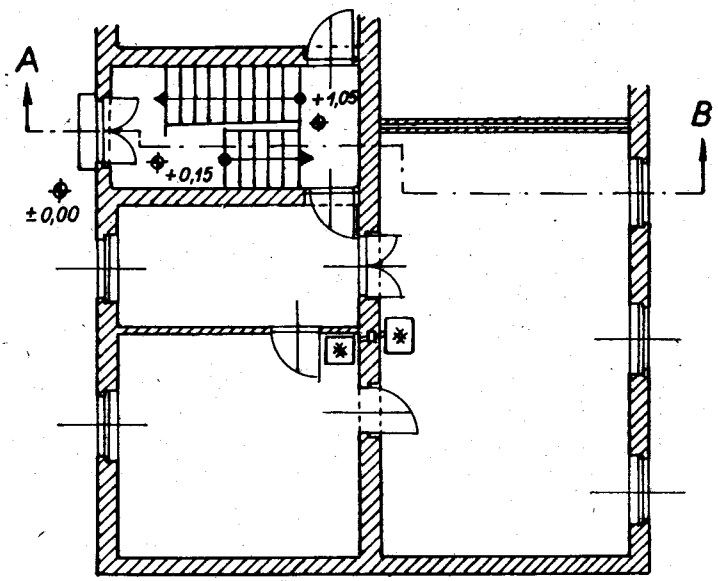
az épület másik részében pedig ennél magasabban célszerű vezetni, vagyis lépcsős metszősíkot alkalmazunk. A *733. ábrán* is ilyen metszősíkot alkalmaztunk, a *b)* rajzban látjuk a metszősík alatti épületrészt. A *733. ábra c)* rajza tünteti fel az így nyert alaprajzot. Az alaprajzon szerepel tehát a vetületben az épületnek a metszősík és a hozzá legközelebb levő padló közötti része.



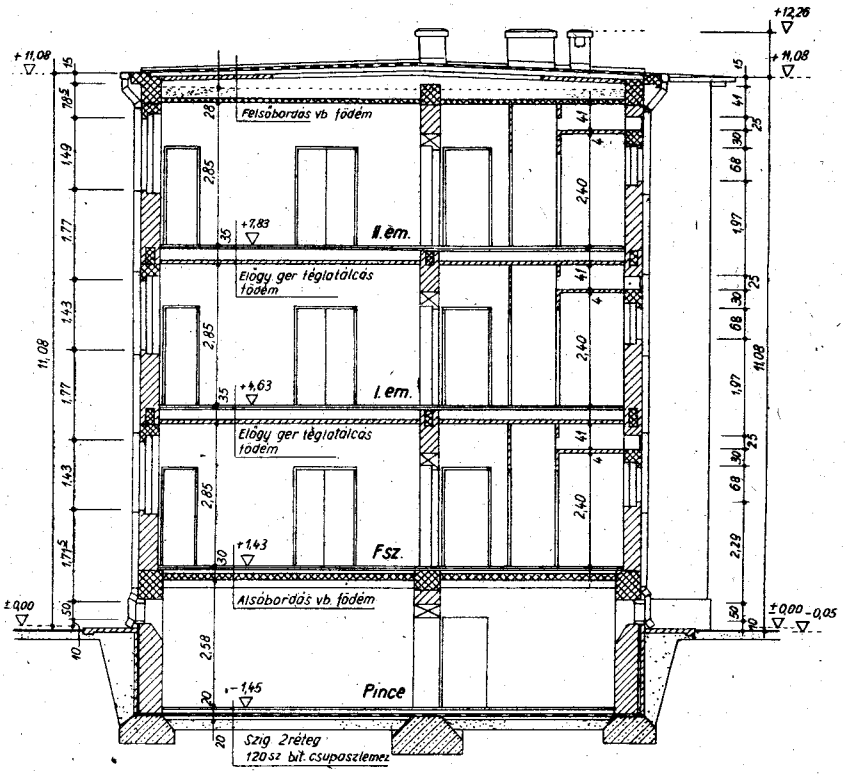
734. ábra. Az előző ábra egy függőleges síkmetszete

A *734. ábra* a *733. ábrán* pontvonallal jelölt *FM* függőleges síkkal való metszetét tünteti fel az épületnek. A metszősík a bejárati tornácon és az onnan nyíló bejárati ajtón keresztül metszi át az épületet.

Annak érdekében, hogy a metszet minél több és fontosabb adatot tartalmazzon, a függőleges metszősíkokat is megtörhetjük. Ez esetben a törések helyét jelölni kell az alaprajzokon és a pontvonallal megrajzolt metszősík nyomvonalának két végét a vetítési irányba rajzolt nagybetűkkel szükséges ellátni *(735. ábra)*. A metszősíkot a homlokfalra merőlegesen visszük.



735. ábra. Megtört irányú metszősík jelölése építészeti alaprajzokon



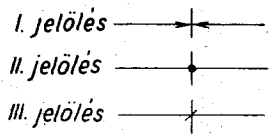
736. ábra. Kétemeletes ház metszete

A *736. ábrán* kétemeletes alápincézett épületnek a lakószobákon keresztülmenő metszetét ábrázoltuk.

A metszetben néha a fal mögötti rész valamely fontosabb elemét is ábrázoljuk. Ezt a részt szaggatott vagy pontozott vonallal rajzoljuk meg.

A *homlokzat.* Az épület homlokzatának az épület egy irányban levő oldalát nevezzük, amelynek a vetülete adja az épület homlokzati rajzát.

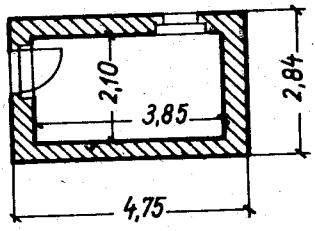
A méretek megadásakor a méretvonalak végződésénél nincsen megszabva jelölés, lehet alkalmazni *(737. ábra)* nyilakat is vagy esetleg pontokat a méretvonalak és méretsegédvonalak találkozásánál; a leggyakrabban alkalmazzák azonban a kevés helyet elfoglaló kis ferde vonalakat, amelyek a méretvonalakhoz és a méretsegédvonalakhoz 45°-on törnek. Ugyanazon a rajzon ezeket a ferde vonalakat mindig egy irányban kell húzni, vagyis mindig jobbra vagy balra dőlve.



737. ábra. Építészeti méretvonalak végeinek jelölése

Amíg a méretszámok a géprajzban mindig milliméterértéket jelentenek, az építészeti rajzokban az épületek terveiben méterben, a részletrajzokon, amelyek nagyobb

méretarányban készülnek, centiméterben adjuk meg a méreteket, és egyes kisebb részletek rajzainál, pl. ajtók, ablakok metszeténél, vasból vagy más fémből készülő részleteknél alkalmazzuk a milliméterértékeket. Ugyanazon a rajzon is a helyiségek mérete sokszor méterben, a falak vastagsága pedig centiméterben van megadva. Az alkalmazott egységet külön nem tüntetjük fel a rajzokon.



738. ábra. Helyiségek méreteit így adjuk meg

A helyiségek méreteit belül adják meg *(738. ábra)*, ebben az esetben a méretvonalak kereszteződése megengedett. Téglafalak vastagságai a szabványos tégla (25×12×6,5) méretei szerint adódnak külső vakolat nélkül.

Az emeleti magassági szinteket, a pince és az alapozás mélységeit a metszeteken háromszögjellel és mellé írott számokkal tüntetjük fel, amelyek méterben mutatják a szintmagasságot a ±0,00-val jelzett alapsíkhoz képest, ami a külső járdavonal. Az alaprajzokon a szintmagasságot a *735. ábrán* feltüntett fekete-fehér szektoros, kereszttel áthúzott körrel és mellé írt számmal tüntetjük fel.

Az egyes rajzfajtáknál a szokásos *ajtó-, ablak*jelzéseket a *739. ábra* mutatja. Az ablaknyílásokban, és ajtónyílásokban is a legtöbbször a keretük ütköztetésére szolgáló kiugrások vannak.

A helyiségek tervezésénél nagyon fontos tudni, főleg a szobák közti ajtóknál, hogy az ajtót teljesen ki lehet-e nyitni, nem zavarja-e a kinyitott ajtó a forgalmat, kályhák, radiátorok, bútorok elhelyezését stb., ezért az ajtókat kinyitott állapotukban mindig be kell jelölni az alaprajzba a *739. ábrán* levő jelölésekkel.

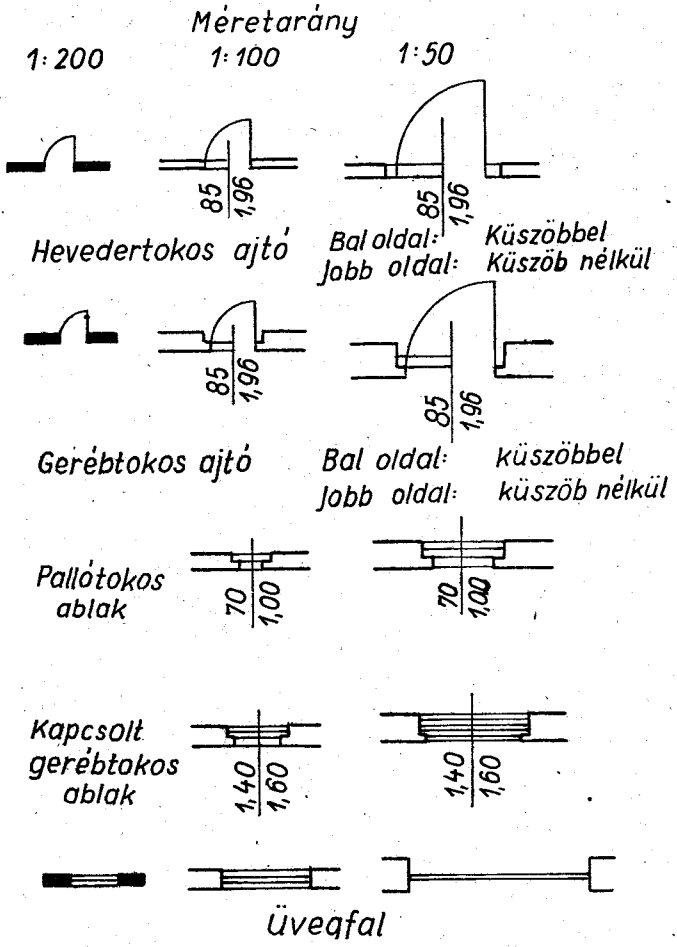
A többemeletes épületeknél a lépcső rendszerint külön lépcsőházban van, amit főfalakkal határolnak. Egy lépcsőfok magassága általában 15—16 cm. A lépcsőfokokat az alaprajzon természetes alakjuk szerint vonalakkal ábrázoljuk.

Habár a metszősík keresztülvágja a lépcsőt, mégis a *735. ábra* szerint teljes emeleti magasságban rajzoljuk meg. A lépcsőház rajzánál a nyíl a feljárási irányt mutatja.

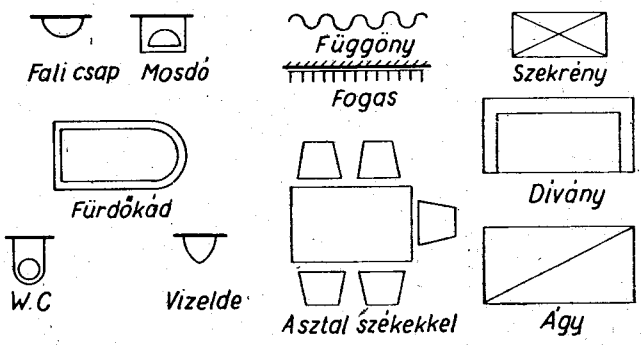
A *740. ábra* példaképpen néhány fontosabb berendezési tárgy jelképi jelölését tünteti fel.

A *gépalapozásoknál* a helyhez kötött gépeket rendszerint betonból készített alaptesthez alapcsavarokkal erősítjük le. Az alaptest erős döngöléssel készül. Kb. 200—250 kp cementet számíthatunk 1 m^3 kész betonhoz. Az alaptest lehet lefelé szélesedő *(741. ábra)*, hogy a gép súlyát és az üzemével esetleg együttjáró erőhatásokat a mélyebben fekvő talajrétegre nagyobb felületen adja át. Az alaptestet előre elkészítjük a gépet szállító gyártól kért alapozási rajz segítségével, amelyen a leerősítő csavarok távolsága és száma is fel van tüntetve. Ilyen alapozási rajzot tüntet fel a *742. ábra*, amely egy áramfejlesztő és a hajtó Diesel-motor gépegység alapozására szolgál.

Az alapcsavarokat általában az alaptestbe betonozzuk. Az alaptest készítésénél úgy járunk el, hogy a csavarok helyeinél a hosszúknak megfelelő mélységben 75—100 mm

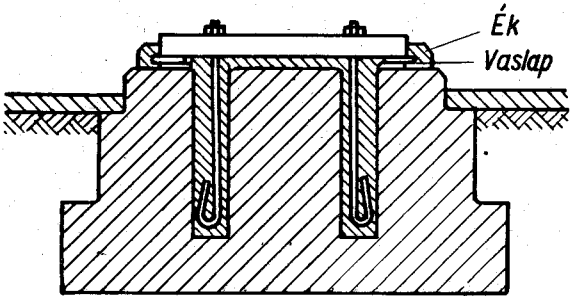


739. ábra. Ajtó- és ablakjelzések

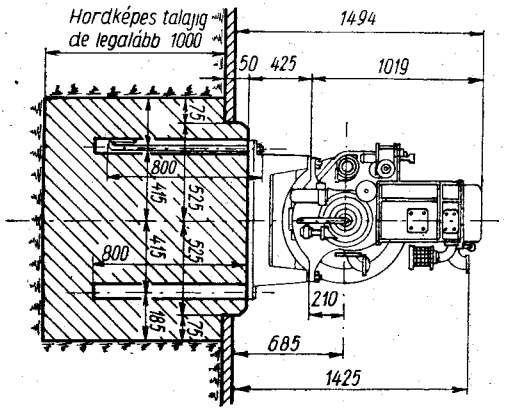


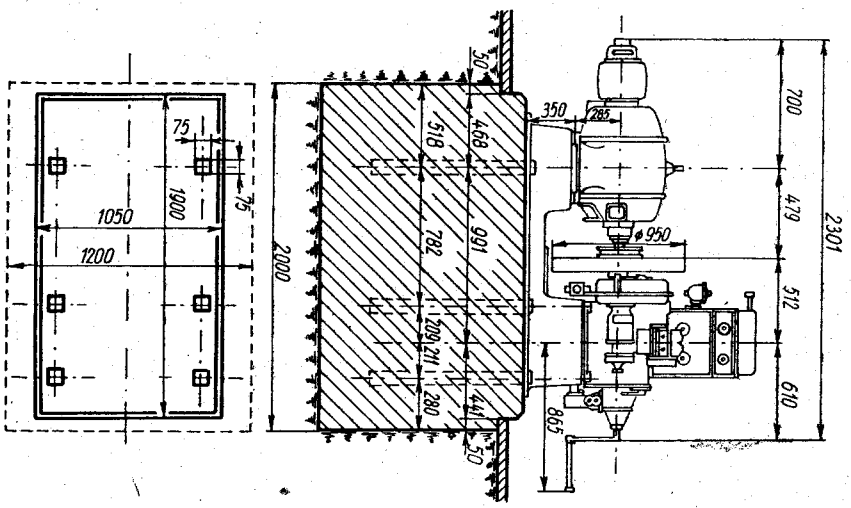
740. ábra. Építészeti berendezések jelképei

oldalméretű négyszögletes lyukakat hagyunk ki. Az előre elkészített alaptest lyukaiba helyezzük az alapcsavarokat, helyére tesszük a gépet, közben az anyákat felcsavarjuk az orsókra. A gépet vízszintesbe kell állítani, amit úgy végezhetünk el, hogy az alaptestre a gépkeret alá vaslapokat, ezek fölé ékeket helyezünk közbe. Az ékeket víz mérték szerint kalapáljuk beljebb. A beállítás után az alapcsavarok számára kihagyott nyílást és a gép alatti rést is gyorsan kötő cementből készített híg betonnal öntjük ki. Az alaptest kiálló részét néhány milliméter vastag gazdagabb cementtartalmú simítóvakolattal látjuk el.



741. ábra. Gépalapozás





742. ábra. Diesel-motoros áramfejlesztő gépegység alapozásának rajza