

2. Alaki és formai ismeretek

2.6. Vonalfajták, vonalcsoportok

A műszaki rajzok vonalas rajzok, amelyeknek elkészítéséhez különféle típusú és különböző vastagságú vonalakat használunk az egységes értelmezés érdekében. A használható vonalvastagságokat lásd a 26. ábrán.

2.6.1. Vonalfajták

A műszaki rajzokon meghatározott fajtájú és vastagságú vonalakkal kell kifejeznünk a tárgy alakját, és megadnunk méreteit.

Rajzainkon az alkatrészek vagy szerelvények alakjának és méreteinek megadásához két vonalvastagságra van szükség, amelyeknek segítségével a 25. ábrán felsorolt vonalfajták rajzolhatók meg:

2.6.2. Vonalvastagságok

A vonalvastagságokat a rajz fajtája és mérete szerint kell kiválasztani a következő sorozatból:

vonaltvastagság /mm/
0,18; 0,25; 0,35; 0,5; 0,7; 1,0; 1,4; 2,0

A felsorolt vonalvastagságokat és egymáshoz viszonyított arányukat szemlélteti a 26. ábra.

Műszaki rajzokon kétféle vonalvastagságot kell alkalmazni úgy, hogy a vastag és a vékony vonal aránya 2:1-nél kisebb ne legyen pl.: 0,5-0,25 vagy 0,7-0,35.

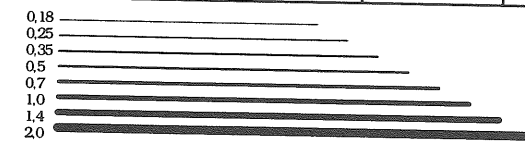
Egy tárgy összes azonos méretarányú nézetét azonos vonalvastagsággal kell rajzolni.

A párhuzamos vonalak közötti legkisebb távolság ne legyen kevesebb, mint az ábra vastag vonalának kétszerese.

A két vonalcsoport vonalvastagságaival megrajzolt vonalfajtákat mutatja a 27. és a 28. ábra.

jel	Rajza	Vastagság	Vonalfajta
A		Vastag	Folytonos
B		Vékony	Folytonos
C		Vékony	Szabadkézi
D		Vékony	Törésvonal
E		Vastag	Szaggatott
F		Vékony	Szaggatott
G		Vékony	Pontvonal
H		Vékony Vastag	Pontvonal
J		Vastag	Pontvonal
K		Vékony	Kétpontvonal

25. ábra



26. ábra

Vonalcsoport	jel	Rajza	Vonalvastagság
0,5 0,25	A		0,5
	B		0,25
	C		0,25
	D		0,25
	E		0,5
	F		0,25
	G		0,25
	H		0,5/0,25
	J		0,5
	K		0,25

27. ábra

Vonalcsoport	jel	Rajza	Vonalvastagság
0,7 0,35	A		0,7
	B		0,35
	C		0,35
	D		0,35
	E		0,7
	F		0,35
	G		0,35
	H		0,7/0,35
	J		0,7
	K		0,35

28. ábra

2. Alaki és formai ismeretek

2.6.3. Vonalfajták alkalmazása

A műszaki rajzokon alkalmazott vonalfajták általános értelmezése (29. ábra)

A.) Folyamatos vastag látható körvonalak, élek

B.) Folyamatos vékony elméleti áthatási vonal

méretvonalak

méretsegédvonalak

mutatóvonalak

vonalkázás

befordított szelvények körvonala

rövid középvonalak

C.) Folyamatos, vékony szabadkézi törésvonal részletek

megszakított nézetek és metszetek

D.) Folyamatos, vékony egyenes törésvonal u. a. mint a C

E.) Vastag szaggatott vonal nem látható körvonalak, élek

F.) Vékony szaggatott vonal nem látható körvonalak

nem látható élek

G.) Vékony pontvonal

középvonal

szimmetriatengelyek

H.) Vékony pontvonal irányváltással

metszősík nyomvonala

J.) Vastag pontvonal

hőkezelés

felületkikészítés

K.) Vékony kétpont-vonal

csatlakozó alkatrészek körvonala

mozgó alkatrészek szélső, vagy változó helyzetei

súlyvonalak

kiindulási, alakítás előtti körvonal

metszés előtti részek körvonalai

A rajzainkon alkalmazott vonalfajtákat láthatjuk a 32. ábrán.

2.6.4. Rajztechnikai követelmények

A rajzokon a vonalvastagságok és vonalfajták felismerhetőek legyenek (31a. ábra).

Minden vonaltípus határozott vonalszakasszal kezdődik és fejeződik be (31b. ábra).

A nem folytonos vonalakat a 30. ábra szerint kell rajzolni, a pontot 1 mm hosszú vonallal helyettesíthetjük. A megadott mértékeket a vonalvastagságtól függetlenül be kell tartani.

A szaggatott-, pont- és kétpontvonal vonalszakasszal indul (31c és d. ábra).

Egymáshoz közel futó szaggatott és pontvonalak tagoltságát egymáshoz képes elcsúsztatva rajzoljuk (31e és f. ábra)

12mm-es méret alatt a szimmetria tengely folytonos vékony vonallal helyettesíthető (31g. ábra).

Szimmetriatengelyek egymást illetve kontúrvonalat vonalszakasszukkal messék (31h. ábra).

Fedésben lévő vonalak kihúzási sorrendje:

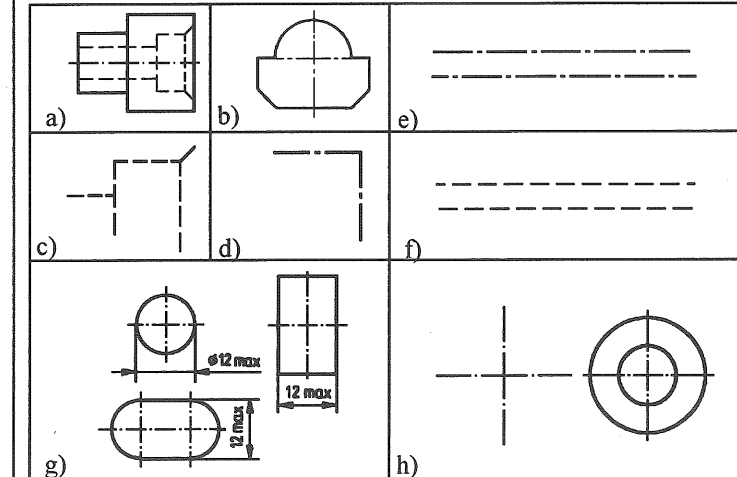
A, E vagy F, H, G, K és B.

Vonalfajta	Általános alkalmazás
A Folytonos, vastag	A1 Látható körvonalak (kontúrvonalak) A2 Látható élek
B Folytonos, vékony (egyenes vagy görbe)	B1 Elméleti áthatás (tagolóvonal) B2 Méretvonalak B3 Méretsegédvonalak (szerkesztési vonalak) B4 Mutatóvonalak B5 Vonalkázás (sraffozás) B6 Befordított szelvény körvonala B7 Rövid középvonalak
C Folytonos szabadkézi törésvonal, vékony	C1 Részletek, megszakított nézetek és metszetek határolóvonala, ha a határoló nem vékony pontvonal
D Folytonos, egyenes törésvonal, vékony	D1 u.a. mint C1
E Szaggatott, vastag	E1 Nem látható körvonalak E2 Nem látható élek
F Szaggatott, vékony	F1 Nem látható körvonalak F2 Nem látható élek
G Pontvonal, vékony	G1 Középvonalak G2 Szimmetriatengelyek G3 Adott pont által leírt görbe, pl.: osztókör (trajektoriak)
H Pontvonal, vékony, a végződéseknél irányváltásoknál vastag	H1 Metszősík nyomvonalai
J Pontvonal, vastag	J1 Speciális megmunkálási felületek vagy élek jelölése (pl.: hőkezelés vagy felület-előkészítés)
K Kétpont-vonal, vékony	K1 Csatlakozó alkatrészek körvonala K2 Mozgó alkatrészek szélső vagy változó helyzetei K3 Súlyvonalak K4 Kiindulási, alakítás előtti körvonal K5 Metszősík előtti részek körvonala

29. ábra

Vonalfajta	Rajza
F	
G	
K	

30. ábra



31. ábra

2. Alaki és formai ismeretek

2.7. Méretmegadás

2.7.1. A méretmegadás elemei

Műszaki rajzokon a gépalkatrészek alakját vetületi rajzaival mutatjuk meg. A vetületekhez kapcsolnunk kell az alkatrész elkészítéséhez szükséges méreteket és a szöveges technológiai utasításokat.

A munkadarab méreteit - a méretmegadás elemeinek felhasználásával *mm*-ben adjuk meg, a mértékegység kiírása nélkül.

A méretmegadás elemei:

- a méretsegédvonal
- a méretvonal
- a mutatóvonal
- a méretvonal végpontja és kiindulási pontja
- a méretvonal határoló és
- a méretszám

A méretmegadás elemeinek alkalmazását mutatja a 33. és a 34. ábra. A méretsegédvonalakat, a méretvonalakat és a mutatóvonalakat folytonos vékony vonallal kell ábrázolni. A méretsegédvonalak 2 mm-rel nyúlhatnak a méretvonalakon illetve a nyíl hegyén. A méretsegédvonalakat a méretezett részekre merőlegesen kell elhelyezni, szükség esetén el lehet helyezni ferdén is, de abban az esetben is párhuzamosak legyenek a 41. ábra szerint.

A méretsegédvonalak és a méretvonalak általában ne messék egymást és más vonalakat.

A méretvonal végződéseit jól látható módon meg kell különböztetni mérethatároló nyílhegygel vagy ferde vonással. A nyílhegy gépészeti rajzokon 15°-os szöget bezáró egyenesekből áll, lehet feketített (35. ábra) nyitott és zárt (36. ábra).

A méretvonal határolók mérete legyen arányos a rajz méreteivel, a nyílhegy hossza minimum 2,5 mm.

Ha kevés a hely a nyílhegy számára, akkor azt ferde vonás vagy pont helyettesíti. A ferde vonás a méretvonnallal 45°-os szöget bezáró rövid vonal, hossza minimum 3,5 mm; a pont átmérője 1 mm (37. ábra).

A közös bázistól induló méretek esetében jelölni kell a kiindulási pontot is, 3 mm átmérőjű kis üres körrel (38. ábra).

2.7.2. A méretmegadás gyakorlata

A méretmegadás elemei lehetnek vetületen belül és vetületen kívül (39. ábra).

Szög méretezéséhez íves méretvonalat használunk (40. ábra).

Méreteket kivetíthetők ferde párhuzamos méretsegédvonalakkal (41. ábra).

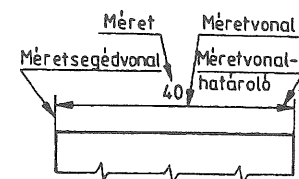
A méretmegadás követi a munkadarabok ferde részleteinek irányát (42. ábra).

Szimmetrikus tárgy méretezését mutatja a 43. és a 44. ábra.

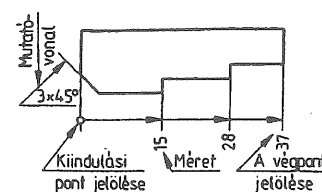
A különböző dőlésű méretvonalakhoz tartozó méreteket a 45. ábrán látható módon helyezzük el.

Szögek méreteit a 46. ábra szerint kell elhelyezni.

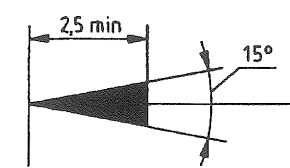
Méretaránytól függetlenül mindig a valóságos méreteket írjuk fel (47., 48. ábra).



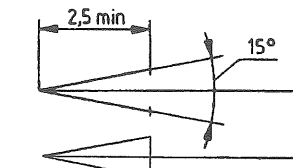
33. ábra



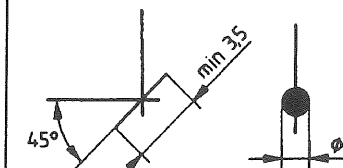
34. ábra



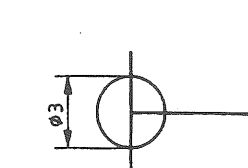
35. ábra



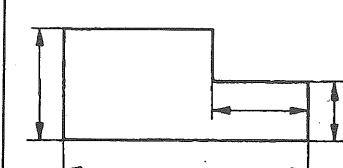
36. ábra



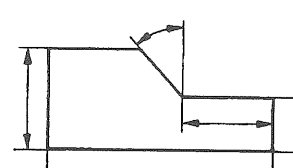
37. ábra



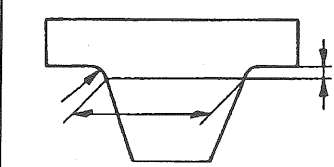
38. ábra



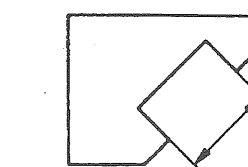
39. ábra



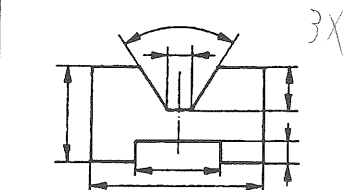
40. ábra



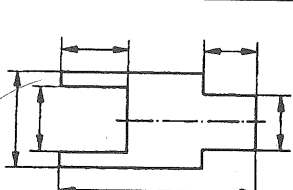
41. ábra



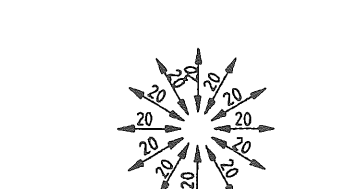
42. ábra



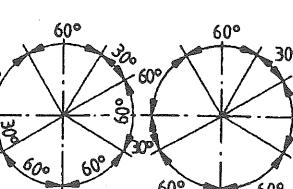
43. ábra



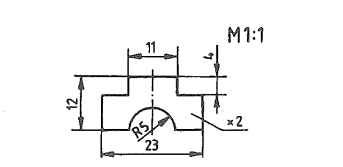
44. ábra



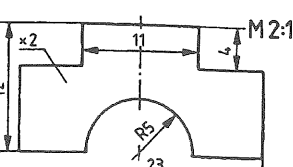
45. ábra



46. ábra



47. ábra



48. ábra

2. Alaki és formai ismeretek

2.7.3. A méretmegadás rajz- és betűjelei

A méretmegadásnál alkalmazott méret mértékegységgel, számszerűen megadott érték, amely vonalakkal, jelekkel és megjegyzésekkel lehet kiegészítve. A méretszám minimum 2,5 mm, a jó olvashatóság érdekében használunk 3,5 mm nagyságú méretszámot. A munkadarab alakjához kapcsolódó méretek jelölése (49. ábra):

- átmérő, jele: Ø

Hengeres anyagok és furatok méretének megadására használjuk. A méretmegadást végezhetjük vetületen belül, illetve kívül. Vetületen belül megadott átmérőnél a méretvonal ne essen egybe a tengelyvonallal. A méret felírása 43. ábra szerint.

- sugár, jele: R

Lemeztárgyak fémkörzővel kirajzolt és elkészített köríveinek, valamint lépcsős tengelyek átmeneti íveinek méretmegadásához használjuk leginkább. A sugár méretmegadásához félméretvonalat használunk, amelynek iránya a középpontból indul, és a rádiuszos felületre mutat. Ne alkalmazzuk az átmérőként mérhető és megadható felületek méretének megadásához.

- gömbsugar, jele: SR

- gömbátmérő, jele: SØ

Forgástesteken jelentkező gömbfelületek, illetve gömbfelületű lekerekítések méretének megadásához használjuk. A rajzi méret megadás elvégezhető félméretvonnallal, amely értelemszerűen a gömbfelület középpontjához mutat.

- négyzet, jele: □

Négyzetes anyagok szelvényének, valamint négyzetes meg- illetve kimunkálások méretének megadásához használjuk.

A négyzet geometriai jellegének megfelelően a jel után írt méret két dimenzió kiterjedését is jelenti.

- ív, jele: ⌒

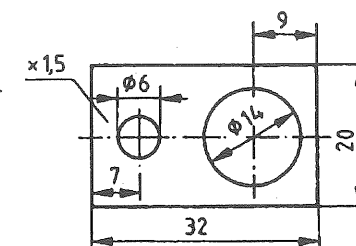
Megadott sugarú vagy átmérőjű rádiuszos megmunkálások ívhosszának megadásához használjuk.

A méretmegadásához használt méretsegédvonalakat az íves felület középpontjából sugárirányban, a méretvonalat rádiuszosan kell megrajzolni.

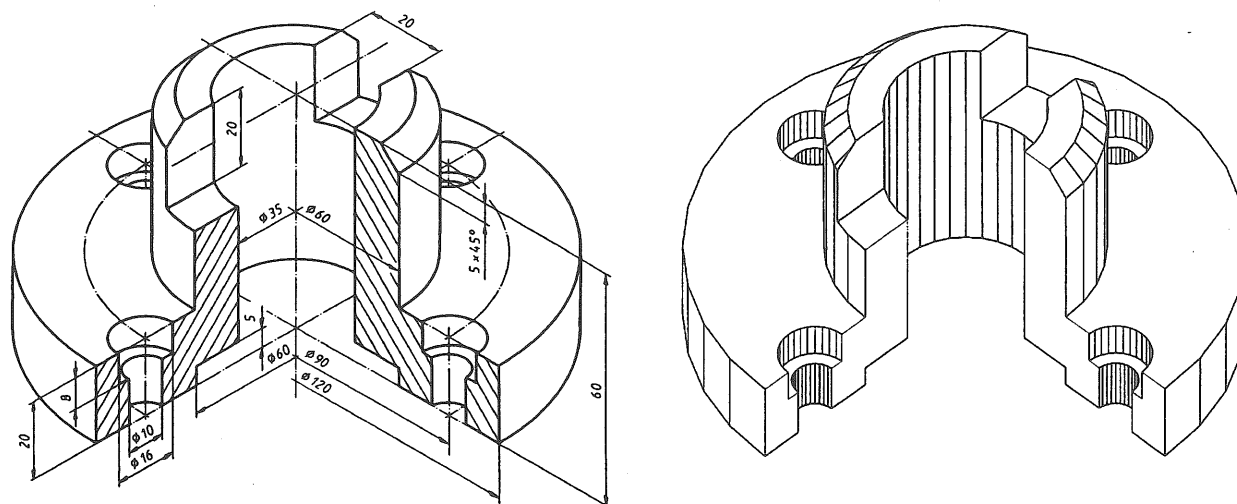
- nézetre merőleges méret, jele: x

Egy vetületével megrajzolható lemeztárgyak vastagsági méreteinek megadásához használjuk leggyakrabban. Értelemszerű használata sokszor vetületek elhagyását teszi lehetővé. A hatlapú alkatrészek jellegzetes ábráján a csúcstávolság látszik, e vetületen a láptávolság kivételével minden méret megadható. A láptávot mutatóvonalon az x-jelhez kapcsolva adjuk meg.

A rajzon megadott mérethez x-jellel kapcsolható a vetületre merőleges méret, pl. 10 x 20.

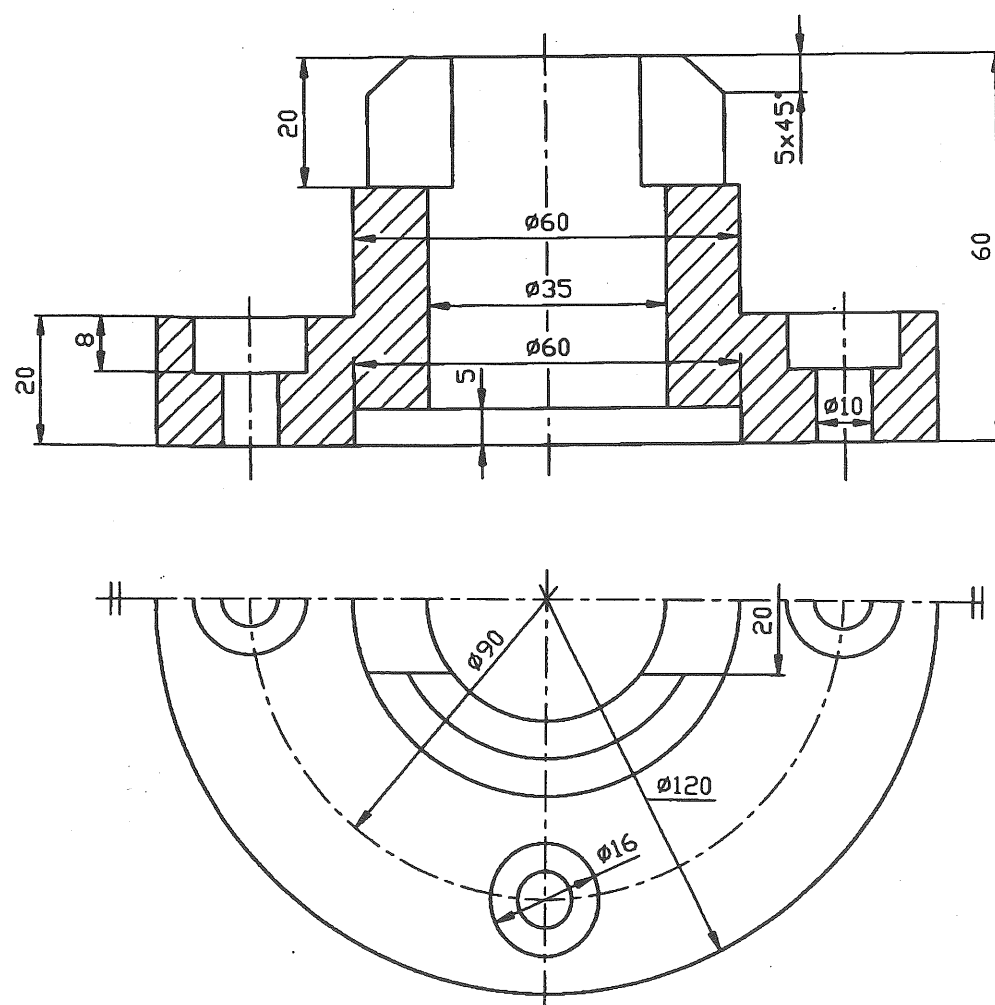


49. ábra



AutoCAD programmal készített felületi háló

Vetületi feladatmegoldás



61. ábra

3. Síkmértani szerkesztések

3. Síkmértani szerkesztések

Euclidész görög matematikus (i. e. 325 körül) szerint azokat az eljárásokat tekintjük *szekesztésnek*, amelyek egy egyenes vonalzóval és egy körzővel véges számú lépésben elvégezhetők. Ma azonban a háromszögvonalzókkal végzett szekesztéseket is ide soroljuk.

3.1. Körző nélküli szerkesztések

Párhuzamos rajzolása

Adott a egyenes és P pont (62a ábra)

1. A háromszögvonalzót az a egyenesre illesztjük.
2. Megtámasztjuk a befogója mentén
3. Elcsúsztatjuk a P pontig, és megrajzoljuk az a egyenest.

Merőleges rajzolása

1. Adott: a egyenes és P pont (62b ábra)

1. Ábrázoljuk az egyenes egyenletét!
2. Háromszögvonalzót átfogójával az a egyeneshez illesztjük
3. Megtámasztjuk befogója mentén
4. Átfordítjuk a másik befogójára, és a P ponton keresztül meghúzzuk az a' egyenest.

3.2. Síkgeometriai szerkesztések

Szakaszfelező merőleges

Adott: AB szakasz (63. ábra)

1. Körközénylőbe veszünk AB felénél nagyobb R távolságot, és körívet húzunk A pontból
2. R sugárral körívet húzunk A pontból.
3. A körívek metszéspontjait egyenessel összekötjük, amely merőleges az AB szakaszra.

Merőleges egyenes szerkesztése egyenesen kívül fekvő pontból

Adott: a egyenes és P pont (64. ábra)

1. P pontból tetszőleges körívvel a egyenesen kijelöljük az A, B pontot
2. A pontból R sugárral ívet húzunk
3. B pontból R sugárral ívet húzunk
4. Az ívek metszéspontján és P ponton keresztül egyenest húzunk.

Merőleges szerkesztése egyenes végpontjára

Adott: a egyenes és P pont(65. ábra)

1. P pontból PA sugárral ívet rajzolunk
2. Az íven PA sugárral kimetszünk B pontot
3. A és B ponton keresztül húzott egyenesen B ponttól PA sugárral jelöljük a C pontot
4. PC szakasz a egyenesre merőleges.

Szögfelező egyenes szerkesztése

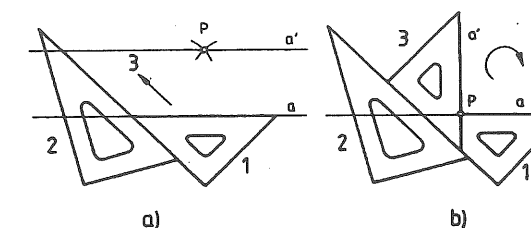
Adott: a, b egyenes (66. ábra)

1. O pontból tetszőleges sugárral ívet rajzolunk A, B pontot jelöljük
2. A pontból R sugárral ívet rajzolunk
3. B pontból R sugárral ívet rajzolunk (C)
4. O, C ponton keresztül egyenest húzunk.

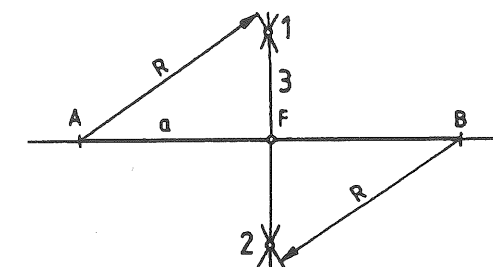
Szakasz felosztása "n" egyenlő részre

Adott: a egyenes AB végpontjával (67. ábra)

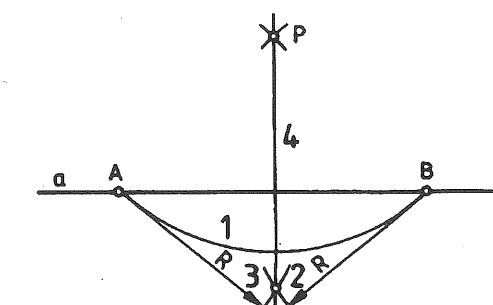
1. A pontból tetszőleges hajlásszöggel b jelű segédegyenest húzunk
2. Tetszőleges körzőnyílással b jelű segédegyenesen n számú jelet rajzolunk
3. B jelű pontot a segédegyenes végpontjával összekötjük.
4. Az összekötő egyenessel párhuzamosokat rajzolunk a egyenesre



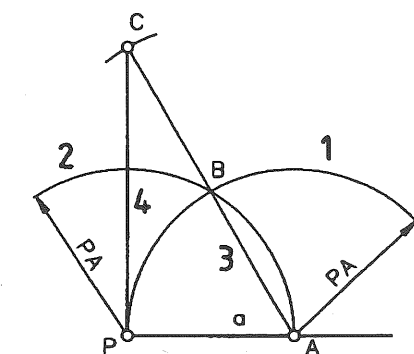
62. ábra



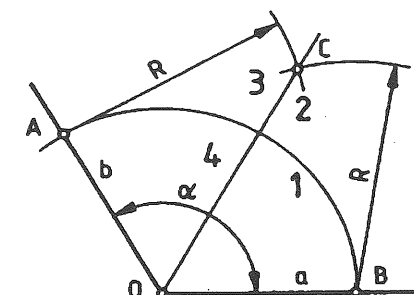
63. ábra



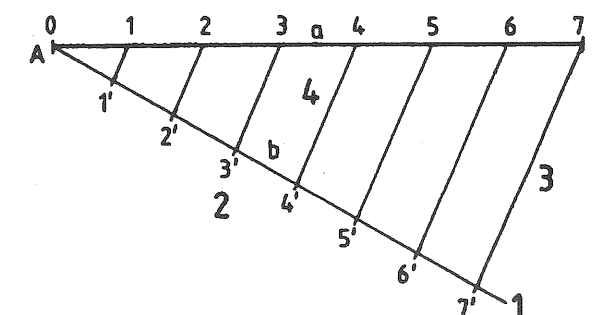
64. ábra



65. ábra



66. ábra



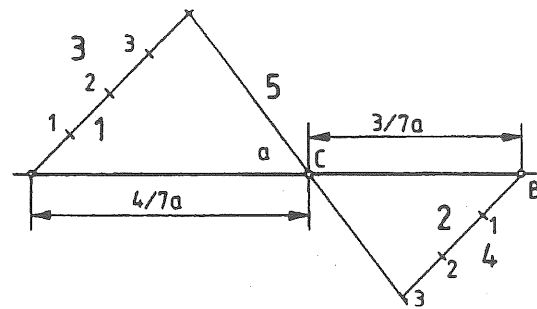
67. ábra

3. Síkmértani szerkesztések

Egyenes szakasz felosztása adott arányban

Adott: a egyenes A, B végpontjaival; felosztás aránya: $4/3$ (68. ábra)

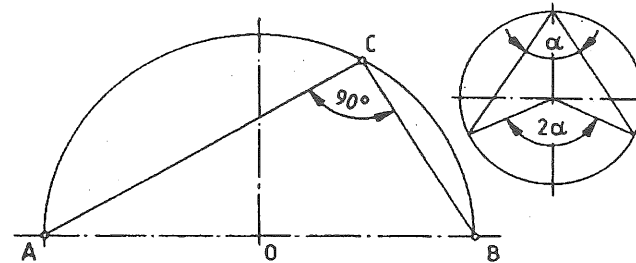
1. Az egyenes A végpontjából tetszőleges segédegyenest rajzolunk
2. A segédegyenessel párhuzamost rajzolunk B végpontból
3. A pontból húzott segédegyenesre 4 egyenlő távolságot rajzolunk
4. B pontból húzott segédegyenesre 3 egyenlő, az előzővel azonos távolságot rajzolunk
5. A kapott végpontokat összekötjük (C).



68. ábra

Thalész-tétel (69. ábra)

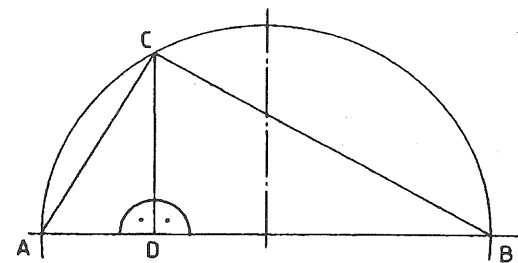
Félköríven nyugvó kerületi szögek derékszögek. Bizonyítás: minden kerületi szög fele annak a középponti szögnek, ami ugyanazon a köríven nyugszik, mert a félköríven egyenesszög vagyis 180° , két derékszög tartozik, a középpontban a kerületi szögek bármelyike ennek a fele, tehát 90° .



69. ábra

Pitagorasz-tétel (70. ábra)

Bármely derékszögű háromszögben az átfogó négyzete ($c^2 = AB^2$) egyenlő a két befogó négyzetével ($a^2 = AC^2$) és ($b^2 = BC^2$) összegével: $a^2 + b^2 = c^2$. Bizonyítás: körben ABC derékszögű háromszöget rajzolunk, majd megrajzoljuk a háromszög CD magasságvonalát. A BCD és a ACD háromszög egymáshoz is, és az eredetihez is hasonló.

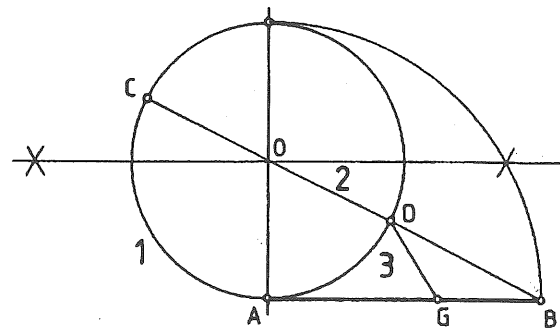


70. ábra

Aranymetszés (71. ábra)

Egy távolságot úgy osztunk kétfelé, hogy a kisebb úgy aránylik a nagyobbhoz, mint a nagyobb az egészhez: az aranymetszést kapjuk.

1. Az AB távolság A végpontjához AB átmérőjű kört rajzolunk
2. A B végpontból a kör középpontján át húzott egyenes kimetszi a C és D pontokat
3. Az AC egyenessel párhuzamost húzunk a D pontból, ez kimetszi az AB egyenesből a G pontot. Ez a pont az AB egyenest az aranymetszés szabályának megfelelően metszi két részre.

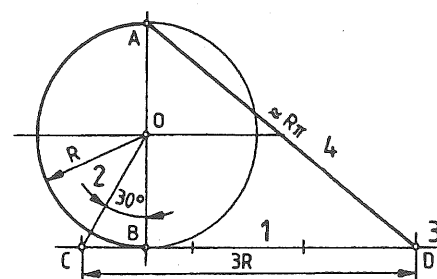


71. ábra

Kör fél kerületének kiterítése

(Kochansky-féle közelítő eljárás, 72. ábra)

- Adott: R sugarú kör A és B pontokkal
1. B pontba merőleges érintőt húzunk
 2. Az érintőt metsszük az átmérőhöz 30° -ra húzott egyenessel
 3. Az érintőre C pontból felmérünk $3R$ távolságot
 4. A DA távolság közelítőleg $R\pi$.

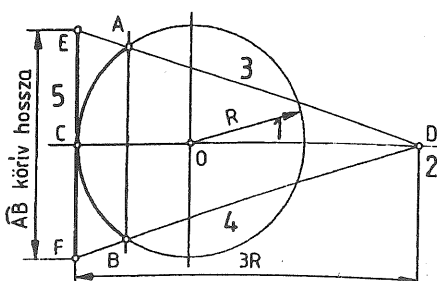


72. ábra

Körív hossza

(Snellius-féle közelítő eljárás, 73. ábra)

- Adott: R sugarú kör, A, B körív végpontokkal
1. A körív C felezőpontjához tartozó átmérőt meghosszabbítjuk
 2. A meghosszabbított átmérőre felmérünk $3R$ távolságot
 3. AD pontokon keresztül egyenest rajzolunk
 4. BD pontokon keresztül egyenest rajzolunk C pontból húzott érintőkkel az előzőleg meghúzott egyeneseket metszésbe hozzuk. A fél körív hossza az EF távolság lesz.



73. ábra

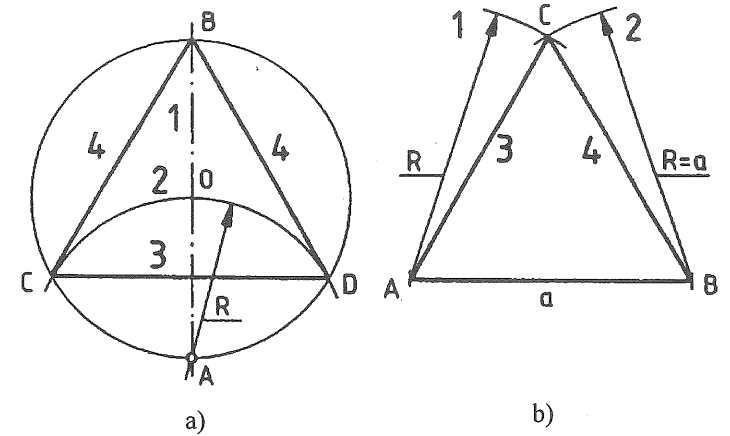
3. Síkmértani szerkesztések

3.3. Egyenes vonalú síkidomok szerkesztése

Egyenlő oldalú háromszögek szerkesztése

a) Adott: R sugarú kör (74. ábra)

1. A pontból R sugárral ívet rajzolunk
2. Kimetszett C és D pontokat összekötjük
3. D és B ponton keresztül egyenest húzunk
4. C és D ponton keresztül egyenest húzunk.



74. ábra

b) Adott: a háromszög a oldalhossza

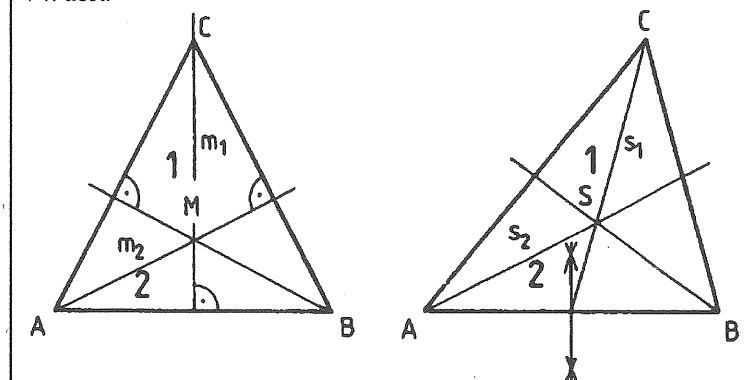
1. A pontból $R=a$ sugárral ívet rajzolunk
2. B pontból $R=a$ sugárral ívet rajzolunk
3. A és C ponton keresztül egyenest húzunk
4. B és C ponton keresztül egyenest húzunk.

Magasságpont (M)

(a magasságvonalak metszéspontja)

Adott: ABC háromszög (75. ábra)

1. AB oldalra C ponton keresztül merőlegest rajzolunk, m_1
2. BC oldalra A ponton keresztül merőlegest rajzolunk, m_2 ,
 m_1 és m_2 metszéspontja a magasságpont (M).



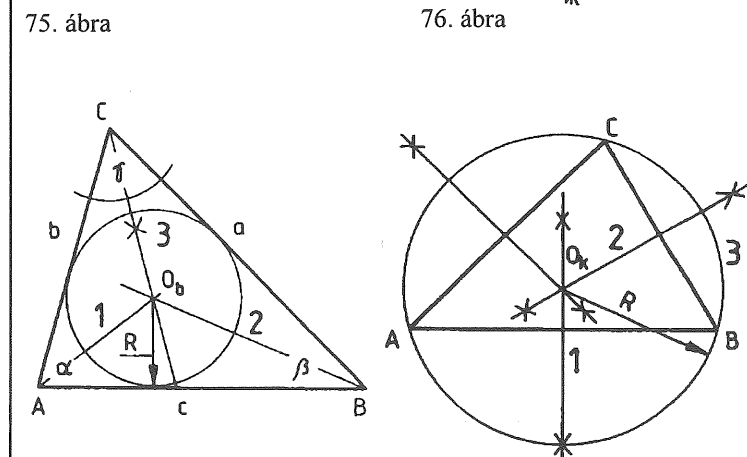
75. ábra

Súlypont (S)

(a súlyvonalak metszéspontja)

Adott: ABC háromszög (76. ábra)

1. AB oldal felezőpontjára C pontból súlyvonalat rajzolunk, s_1
2. BC oldal felezőpontjára A pontból súlyvonalat rajzolunk, s_2 ,
 s_1 és s_2 metszéspontja a súlypont (S).



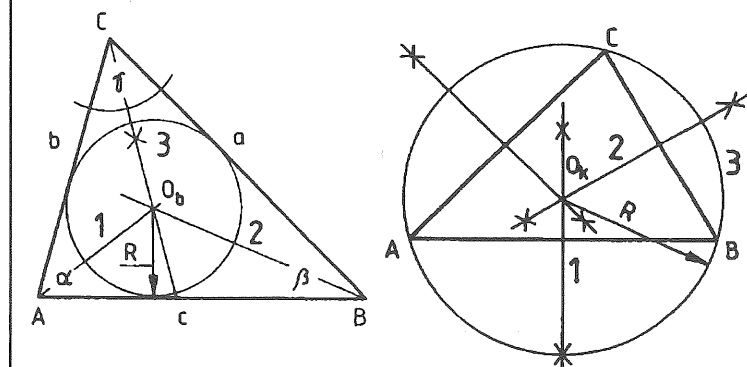
76. ábra

Háromszögbe írható kör középpontja (O_b)

(a szögfelezők metszéspontjából rajzolt kör)

Adott: ABC háromszög (77. ábra)

1. Szerkesszük meg az α szög szögfelezőjét
2. Szerkesszük meg a β szög szögfelezőjét
3. Rajzoljuk meg R sugárral a háromszögbe írható kört.



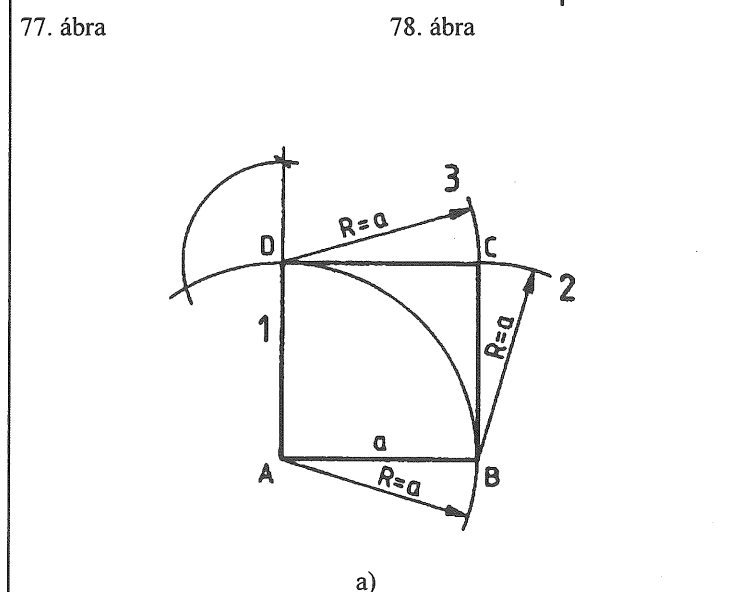
77. ábra

Háromszög köré írható kör (O_k)

(a oldalfelezők metszéspontjából rajzolt kör)

Adott: ABC háromszög (78. ábra)

1. AB oldalra szakaszfelező merőlegest állítunk
2. BC oldalra szakaszfelező merőlegest állítunk
3. Rajzoljuk meg R sugárral a háromszög köré írható kört.



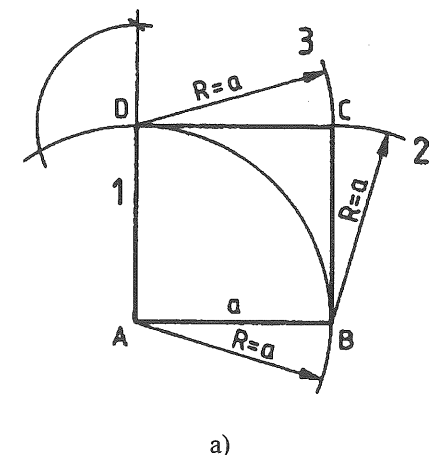
a)

79. ábra

Négyzet szerkesztése

Adott: a oldalhossz (79a. ábra)

1. Merőlegest állítunk az a oldal végpontjára $R=a$ sugárral
2. B pontból $R=a$ sugárral ívet húzunk
3. D pontból $R=a$ sugárral ívet húzunk, az ívek metszéspontja a négyzet negyedik C csúcsa.



3. Síkmértani szerkesztések

Adott: AC átlóhossz (79b. ábra)

1. Az átlóra szakaszfelező merőlegest állítunk
2. Kijelöljük a B és D csúcsokat $AC/2$ rádiusszal.

Adott: R sugarú kör (80. ábra)

1. Rajzoljuk meg a felvett oldalirányokkal párhuzamos tengelyvonalakat
2. Rajzoljuk meg a tengelyvonalak szögfelezőit
3. A szögfelezők és a kör metszéspontjai a négyzet csúcspontjai.

Nyolcszög szerkesztése

Adott: R sugarú kör (81. ábra)

1. Rajzoljuk meg a tengelyvonalakat
2. Rajzoljuk meg a tengelyvonalak szögfelezőit
3. A tengelyvonalak és a szögfelezők körrel való metszéspontjai a nyolcszög csúcsai.

Ötszög szerkesztése köré írt körbe

Adott: R sugarú kör (82. ábra)

1. OB sugárra felező merőlegest állítunk (F)
2. FC körzőnyílással a vízszintes tengelyvonalon kijelöljük az E pontot
3. A CE húrhossz a szabályos ötszög élhossza.

Ötszög szerkesztése adott oldalhosszból

Adott: a oldalhossz (83. ábra)

1. Az a oldalra szakaszfelező merőlegest állítunk, jelöljük az F pontot
2. A 2 pontban emelt merőlegesre felmérjük az oldalél felét, jelöljük az O pontot
3. O pontból $a/2$ rádiusszal kört rajzolunk
4. $I - O$ ponton keresztül húzott egyenessel messük a kört, jelöljük az A pontot
5. Húzzunk körívet I pontból $R=IA$ sugárral
6. Húzzunk körívet 2 pontból a sugárral, jelöljük a 3 pontot.

A többi pont a szimmetria szabályai szerint szerkeszthető.

Hatszög szerkesztése csúcs távolságából

Adott: a hatszög 14 csúcs távolsága (84. ábra)

1. Rajzoljunk kört O pontból a csúcs távolság felével (R)
2. Az I pontból metsszük a körvonalat R sugárral
3. A 4 pontból metsszük a körvonalat R sugárral, a körön kimetszett pontok a hatszög csúcsai.

Hatszög szerkesztése laptávolságából

Adott: a hatszög laptávolsága (85. ábra)

1. Felmérjük a laptávolság felét ($S/2$) a függőleges szimmetriatengelyre felfelé és lefelé
2. Húzzunk párhuzamosokat a vízszintes szimmetriatengellyel A és B ponton keresztül
3. Az O pontban szerkesztett 60° -os szög szára metszi ki a hatszög keresett csúcspontját

Négyzet rajzolása adott sugarú körbe

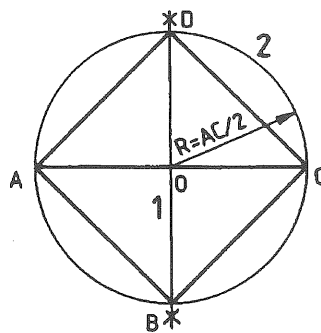
Adott R sugarú kör (86. ábra)

A középponton átmenő egymásra merőleges átmérők jelölik ki a négyzet csúcsait.

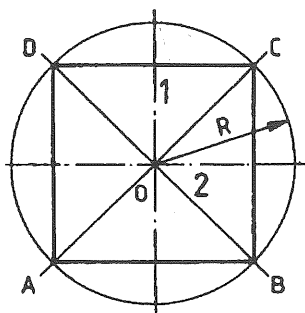
Hatszög rajzolása adott sugarú körbe

Adott R sugarú kör (87. ábra)

Bármely átmérő végpontjaiból 60° -os háromszögvonalzóval közvetlenül kijelölhető.

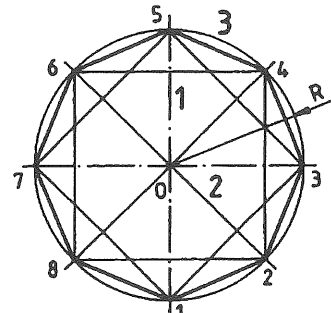


79. ábra

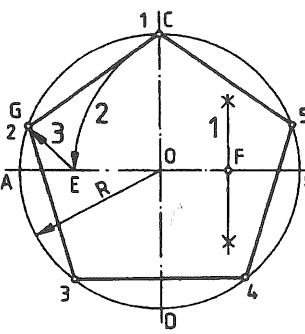


80. ábra

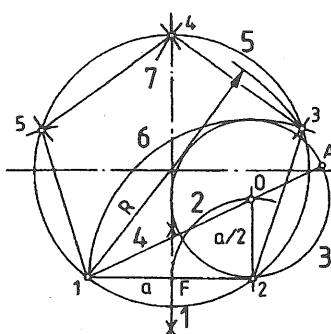
b.)



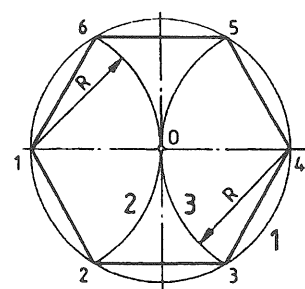
81. ábra



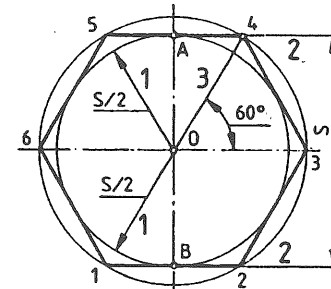
82. ábra



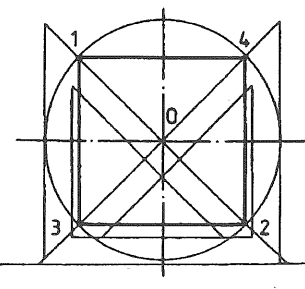
83. ábra



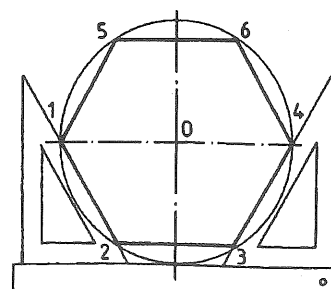
84. ábra



85. ábra



86. ábra



87. ábra

3. Síkmértani szerkesztések

Szabályos hétszög szerkesztése

Adott: R sugarú kör (88. ábra)

1. D pontból R sugárral ívet rajzolunk, jelöljük a E , G pontokat
2. Az EG szakasz fele (FG) a szabályos hétszög oldalhossza.

Szabályos tizenkétszög szerkesztése

Adott: R sugarú kör (89. ábra)

A körvonal és a tengelyek A , B , C , D metszéspontjából R sugarú körzőnyílással ívet rajzolunk az adott sorrendben (1, 2, 3, 4).

Szabályos n -szög közelítő szerkesztése

Adott: R sugarú kör, oldalszám=11 (90. ábra)

1. A kör CD átmérőjét tizenegy részre osztjuk
2. CD sugárral C illetve D pontból ívet húzunk, jelöljük az E , G pontot
3. E és G ponton, illetve az átmérő minden második osztásán keresztül egyenest húzunk, amely a kör külső ívén kimetszi a tizenegyszög egy-egy csúcspontját.

3.4. Körérintő egyenesek, érintőkörök szerkesztése

Érintőegyenest szerkesztése körön fekvő pontba

Adott: R sugarú kör és E pont (91. ábra)

1. E pontból $R=EO$ rádiusszal ívet rajzolunk, jelöljük az A pontot
2. O , A ponton keresztül egyenest húzunk
3. A -tól R távolságra jelöljük a P pontot
4. $E-P$ ponton keresztül meghúzzuk az érintőt.

Érintőegyenest szerkesztése körön kívül fekvő pontból

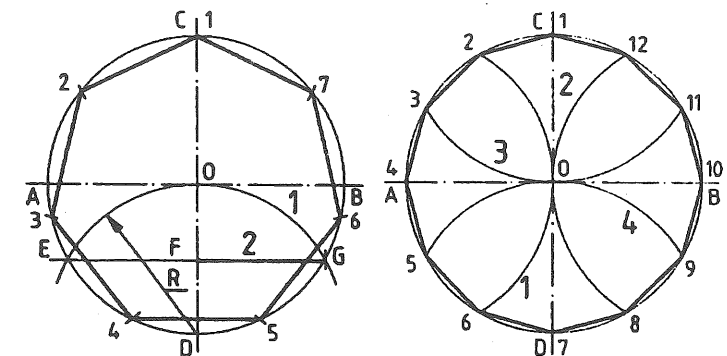
Adott: R sugarú kör és P pont (92. ábra)

1. Az $O-P$ szakaszra felező merőlegest állítunk, jelöljük az F pontot
2. F pontból $R=OF$ rádiusszal körívet rajzolunk, jelöljük az E pontot
3. $E-P$ ponton keresztül megrajzoljuk az érintőegyenest.

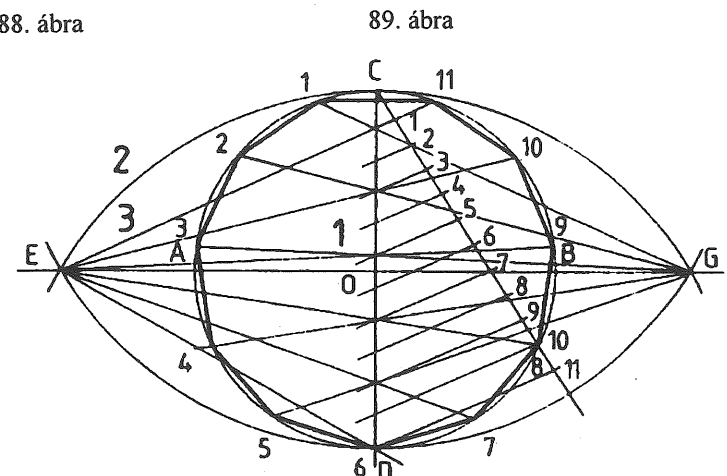
Külső érintőegyenest szerkesztése különböző átmérőjű körökhöz

Adott: R és r sugarú kör (93. ábra)

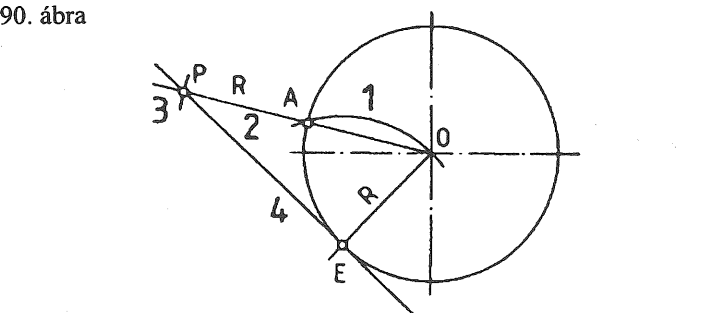
1. $R-r$ sugárral O_1 pontból kört rajzolunk
2. O_1-O_2 szakaszra felező merőlegest állítunk, jelöljük az F pontot
3. F pontból $R=OF$ rádiusszal kört rajzolunk, jelöljük az A és B pontot
4. O_1-A , O_1-B pontokon keresztül rádiust húzunk, jelöljük E_1 és E_2 pontot
5. O_1E_1 ill. O_1E_2 irányban O_2 pontból párhuzamosat húzunk, jelöljük az E_3 és E_4 pontot
6. O_2A irányban párhuzamosan megrajzoljuk e_1 külső érintőt
7. O_2B irányban párhuzamosan megrajzoljuk e_2 külső érintőt



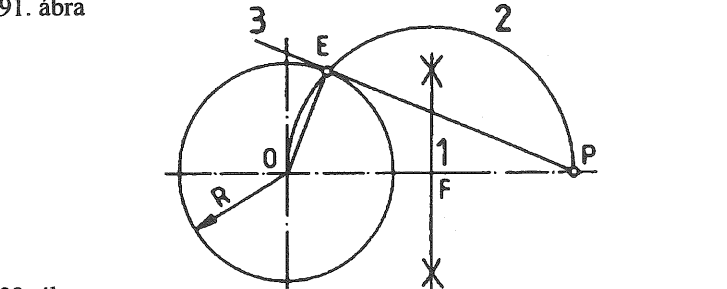
88. ábra



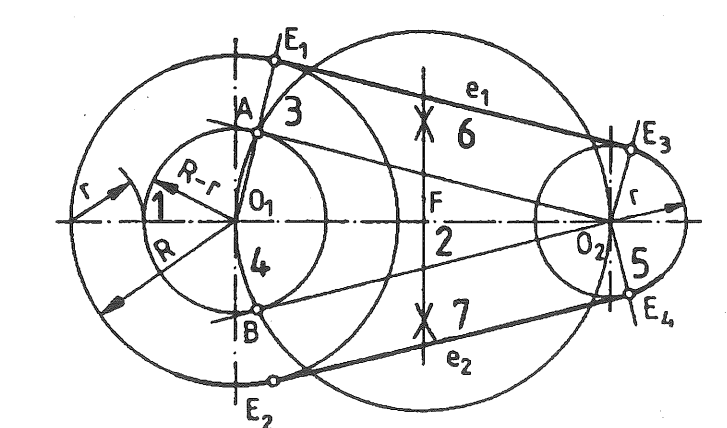
89. ábra



90. ábra



91. ábra



92. ábra

93. ábra

3. Síkmértani szerkesztések

Belső érintőegyenes szerkesztése különböző átmérőjű körökhöz

Adott: R és r sugarú kör (94. ábra)

1. $R+r$ sugarú O_1 pontból kört rajzolunk
2. O_1O_2 szakaszra felező merőlegest állítunk, jelöljük az A és B pontot
3. F pontból $R=O_1F$ rádiusszal kört rajzolunk, jelöljük az A és B pontot
4. $A-B$ ponton, illetve O_1 ponton keresztül rádiuszt húzunk, jelöljük az E_1 és E_2 pontot
5. BO_2 egyenesre merőleges rádiusz és kör metszésénél jelöljük az E_3 pontot
6. AO_2 egyenesre merőleges rádiusz és kör metszésénél jelöljük az E_4 pontot
7. E_1E_4 illetve E_2E_3 között meghúzzuk a belső érintőket.

Érintőegyenes szerkesztése azonos átmérőjű körökhöz

Adott: O_1 és O_2 középponttal R_1 sugarú kör (95. ábra)

1. a közös tengelyre (1) merőleges átmérők (2, 3) kijelölik az érintési pontokat
2. Az érintők (4, 5) berajzolhatók a számozás szerint.

Szögcsúrak közé adott sugarú ív rajzolása

a) *Derékszög lekerekítése*

Adott: a és b egyenes, R lekerekítési sugar (96. ábra)

1. Az a és b egyenestől R távolságban levő egyenesek O metszéspontjából az a és b egyenesre húzott merőlegesek kijelölik az érintési pontokat (E_1, E_2)
2. Az érintési pontok között berajzoljuk az R sugarú ívet.

a) *Hegyszög lekerekítése*

Adott: a és b egyenes, R lekerekítési sugar (97. ábra)

c) *Tompaszög lekerekítése*

Adott: a és b egyenes, R lekerekítési rádiusz (98. ábra)

Hegyszög (97. ábra) és tompaszög (98. ábra) szarait érintő adott R sugarú ív középpontjának és érintési pontjainak szerkesztése megegyezik a derékszög lekerekítésénél megtanultakkal.

Két ponton átmenő adott sugarú ív szerkesztése

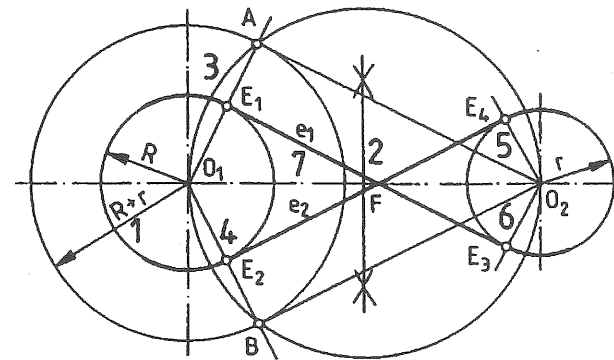
Adott: e egyenes A és B pont, R sugar (99. ábra)

1. Az A pontból R sugarú ívet rajzolunk
2. A B pontból R sugarú ívet rajzolunk, jelöljük az O_1 és O_2 metszéspontokat
3. A jelölt középpontokból az R sugarú ívet berajzoljuk. A feladatnak két megoldása is van.

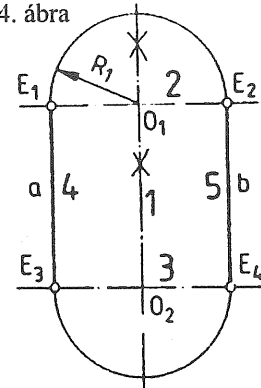
Két ponton átmenő és adott átmérőjű kört érintő ív szerkesztése

Adott: P pont, R sugarú kör és R_1 az érintőkör sugara (100. ábra)

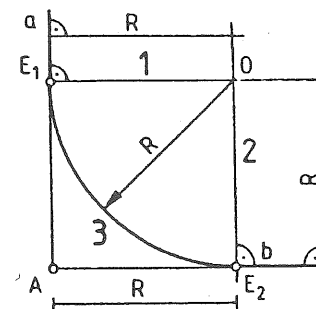
1. Az O pontból $R+R_1$ sugarú ívet az P pont környezetében ívet rajzolunk
2. A P pontból R_1 sugarú ívvel az előzőleg meghúzott körívet metsszük, jelöljük O_1 és O_2 metszéspontokat
3. O és O_1 (vagy O és O_2) pontokon át húzott egyenes és a kiinduló körvonal metszésénél jelöljük az ívek csatlakozási pontját E_1 (vagy E_2)
4. O_1 (vagy O_2) középpontból a keresett körív kirajzolható. A feladatnak két megoldása is van.



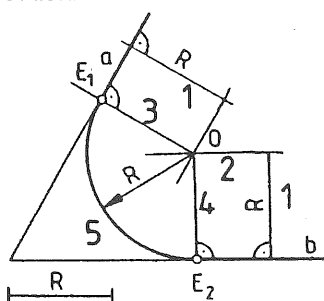
94. ábra



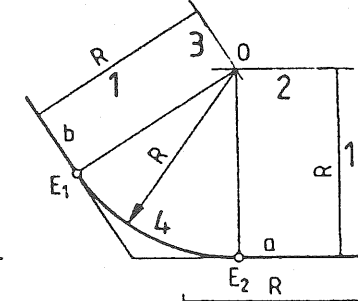
95. ábra



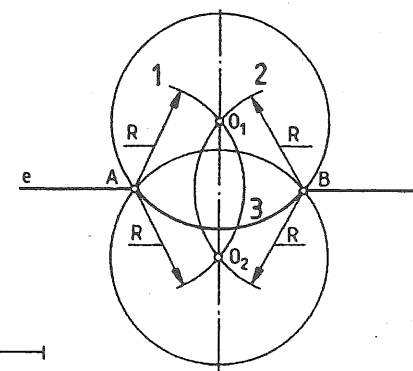
96. ábra



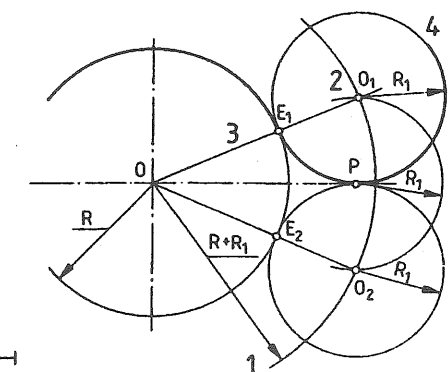
97. ábra



98. ábra



99. ábra



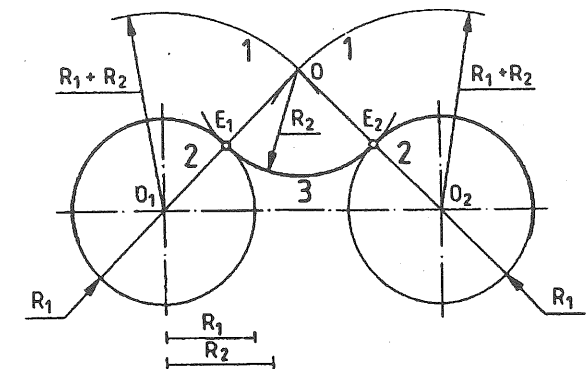
100. ábra

3. Síkmértani szerkesztések

körökhöz

Adott: O_1 és O_2 középponttal R_1 sugarú kör és a külső érintőkör R_2 sugara (101. ábra)

1. O_1 és O_2 középpontból R_1+R_2 sugarú ívet rajzolunk, jelöljük az O pontot
2. O és O_1 illetve O_2 ponton keresztül egyenest húzunk, jelöljük az E_1 és E_2 pontokat
3. O pontból R_2 sugarú E_1 és E_2 érintési pontok között ívet húzunk.

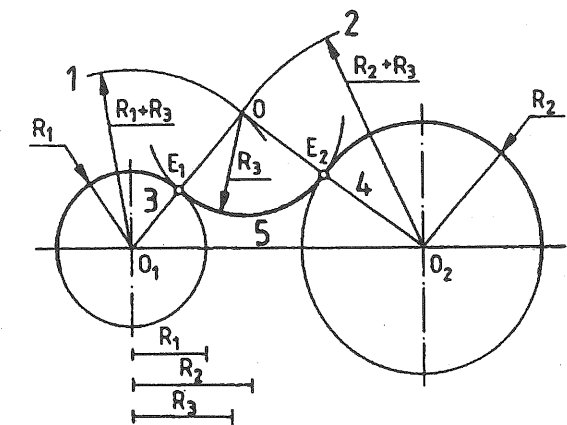


101. ábra

Külső érintőkör szerkesztése különböző átmérőjű körökhöz

Adott: O_1 és O_2 középponttal R_1 és R_2 sugarú kör, és a külső érintőkör R_3 sugara (102. ábra)

1. O_1 középpontból R_1+R_3 sugarú ívet rajzolunk
 2. O_2 középpontból R_2+R_3 sugarú ívet rajzolunk, jelöljük az O pontot.
- A szerkesztést a (102. ábra) szerint fejezzük be.

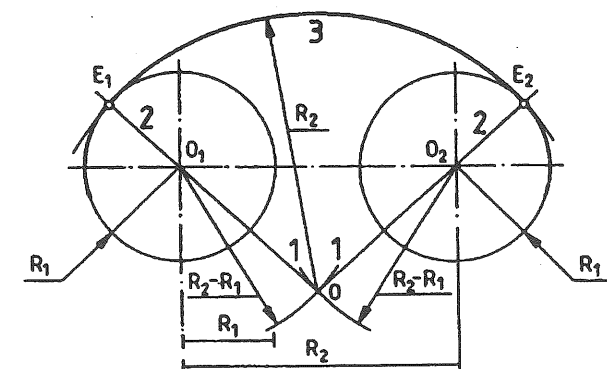


102. ábra

Belső érintőkör szerkesztése azonos átmérőjű körökhöz

Adott: O_1 és O_2 középponttal R_1 sugarú kör, és a belső érintőkör R_2 sugara (103. ábra)

1. O_1 és O_2 középpontból R_2-R_1 sugarú ívet rajzolunk, jelöljük az O pontot
2. O és O_1 illetve O_2 ponton keresztül egyenest húzunk, jelöljük az E_1 és E_2 pontokat
3. O pontból R_2 sugarú E_1 és E_2 érintési pontok között ívet húzunk.

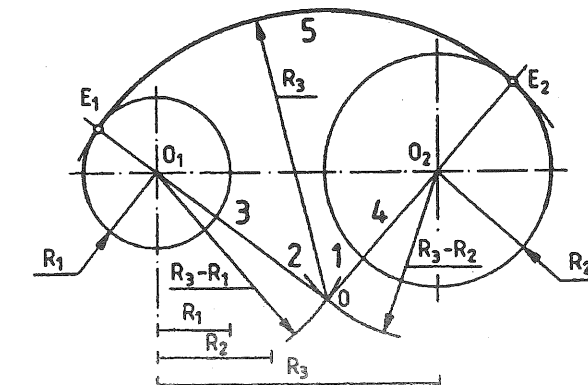


103. ábra

Belső érintőkör szerkesztése különböző átmérőjű körökhöz

Adott: O_1 és O_2 középponttal R_1 és R_2 sugarú kör, és a belső érintőkör R_3 sugara (104. ábra)

1. O_1 pontból R_3-R_1 sugarú ívet rajzolunk
 2. O_2 pontból R_3-R_2 sugarú ívet rajzolunk, jelöljük az O pontot.
- A szerkesztést a (103. ábra) szerint fejezzük be.



104. ábra

3. Síkmértani szerkesztések

3.5. Műszaki görbék szerkesztése

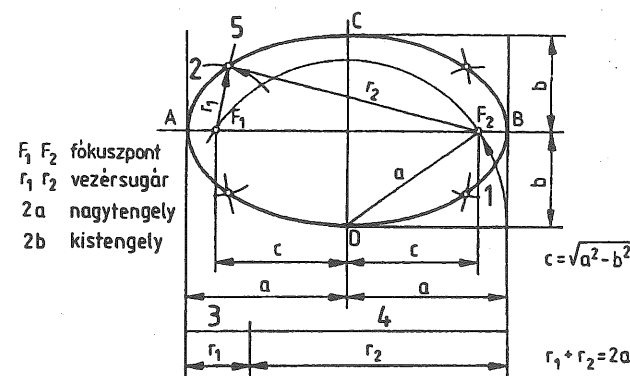
Ellipszis

Az ellipszis azon síkbeli pontok mértani helye, amelyek úgy helyezkednek el, hogy két adott ponttól (F_1 és F_2) mért távolságuk összege állandó.

Ellipszis szerkesztése

Adott: AB nagy tengely, CD kis tengely (105. ábra)

1. D pontból a sugárral jelöljük F_2 és F_1 pontokat
2. F_1 pontból r_1 sugárral körívet rajzolunk
3. r_1 sugarat $2a$ hosszú nagytengetyre felmérjük
4. $r_2 = 2a - r_1$ sugarat körzőnyílásba vesszük
5. F_2 pontból r_2 sugárral körívet rajzolunk, a két körív metszéspontját jelöljük.

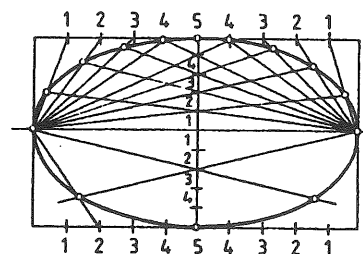


105. ábra

Ellipszis szerkesztése a köré rajzolt négyszög segítségével

Adott: az ellipszis köré rajzolt érintő négyszög (106. ábra)

1. Az érintőnégyszög hosszabbik oldalát és a kistengelyt megfelezzük, és a szakaszok felét mindkét irányban azonos számú részre osztjuk (pl. öt részre)
2. A nagytengety végpontjaiból az azonos osztásokhoz húzott, ill. azon átmenő egyenesek metszéspontjai ellipszispontot adnak.

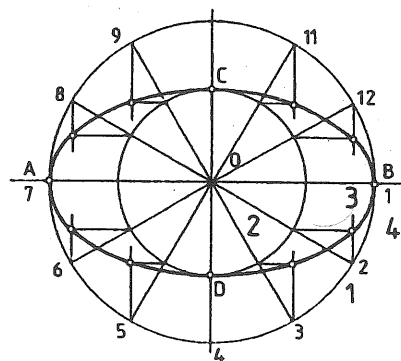


106. ábra

Ellipszis szerkesztése kétkörös módszerrel

Adott: AB nagytengety, CD kistengely átmérőjű kör (107. ábra)

1. AB átmérőjű kört 12 egyenlő részre osztjuk
2. Megrajzoljuk a felosztáshoz tartozó sugarakat
3. A nagykör metszéspontjából a nagytengetyre merőlegest rajzolunk
4. A kiskör metszéspontjából a kistengelyre merőlegest rajzolunk, a rajzolt egyenesek metszéspontja az ellipszispont.

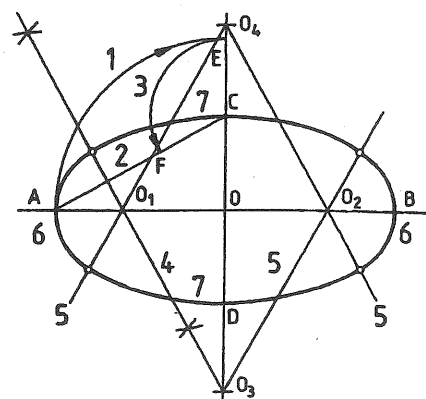


107. ábra

Ellipszist közelítő kosárgörbe szerkesztése

Adott: AB nagytengety, CD kistengely (108. ábra)

1. O pontból OA sugárral körívet rajzolunk, kistengelyen E pontot jelöljük
2. $A-C$ pontokon keresztül egyenest rajzolunk
3. C pontból CE sugárral körívet rajzolunk, AC egyenesen F pontot jelöljük
4. AF szakaszra felező merőlegest állítunk, jelöljük az O_1 és O_3 pontokat
5. O_1 és O_3 pontot ill. a felező merőlegest a tengelyeken tükrözzük
6. O_1A sugárral kisebbik körívet megrajzolunk
7. O_3C sugárral nagyobbik körívet megrajzolunk.



108. ábra

3. Síkmértani szerkesztések

Parabola

A parabola olyan síkbeli pontok mértani helye, amelyek adott ponttól és adott egyenestől egyenlő távolságra vannak. A pont az F gyújtópontja (fókusz), az adott egyenes a parabola tengelye, a parabola és a tengely metszéspontja a parabola csúcspontja. A gyújtópont és a vezéregyenes távolsága a parabola p paramétere.

Parabola szerkesztése

Adott: F gyújtópont, v vezéregyenes (109. ábra)

1. $R > p/2$ tetszőleges sugárral a vezéregyenesről párhuzamost húzunk
2. F pontból R sugárral messzük az előző egyenest (3) így parabolapontot kapunk
3. Az érintő szerkesztéséhez a 3 pontból vezéregyenesre merőlegest húzunk (4)
4. $F-4$ ponton keresztül egyenest rajzolunk
5. Az egyenesre felezőmerőlegest állítunk és ez a parabola 3 pontjában az érintő.

Parabola szerkesztése két pontjában adott érintő ismeretében

Adott: e_1 és e_2 érintő (110. ábra)

1. Az érintőkön az O metszéspont és a P_1, P_2 érintési pontok közötti távolságokat tetszőleges de azonos számú részekre osztjuk, például hét részre.
2. A jelölt osztáspontok fordított sorrend szerinti összekötésével újabb és újabb érintőket kapunk. Az érintők burkolják a parabolát.

Hiperbola

A hiperbola olyan síkbeli pontok mértani helye, amelyek két adott ponttól, - a hiperbola gyújtópontjától - mért távolságuk különbsége állandó, és kisebb a két pont távolságánál.

Hiperbola szerkesztése

Adott: $2a$ csúcspont-, $2c$ gyújtópont távolság (111. ábra)

Szerkesztés:

1. Felmérjük a segédegnyesen $2a$ távolságot az 1 és 2 végpontokkal
 2. A segédegnyesen tetszőleges P pontból körzőnyílásba vesszük $2a$ 1 végpontját (R_1)
 3. F_2 gyújtópontból körívet húzunk R_1 sugárral
 4. P pontból körzőnyílásba vesszük $2a$ 2 végpontját (R_2)
 5. F_1 gyújtópontból körívet húzunk R_2 sugárral
- Az R_1, R_2 sugarú ívek metszéspontja hiperbolapont.

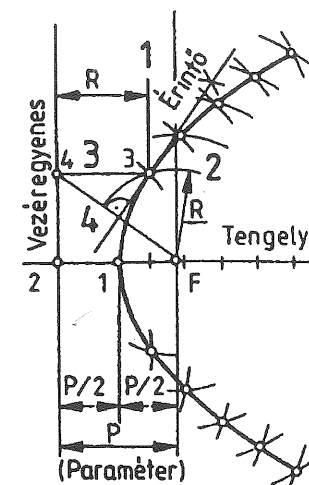
Körevolvens

Egyenes végpontja körön vagy hengeren csúszás nélkül legördülve evolvensgörbét ír le.

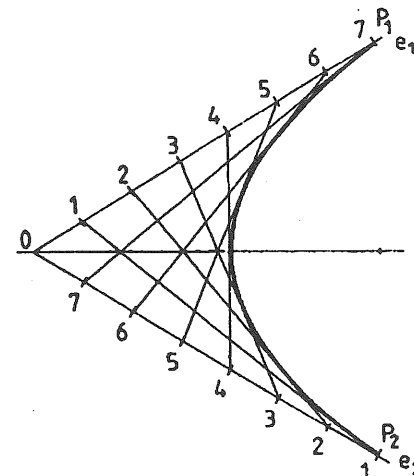
Körevolvens szerkesztése

Adott: tetszőleges átmérőjű kör (112. ábra)

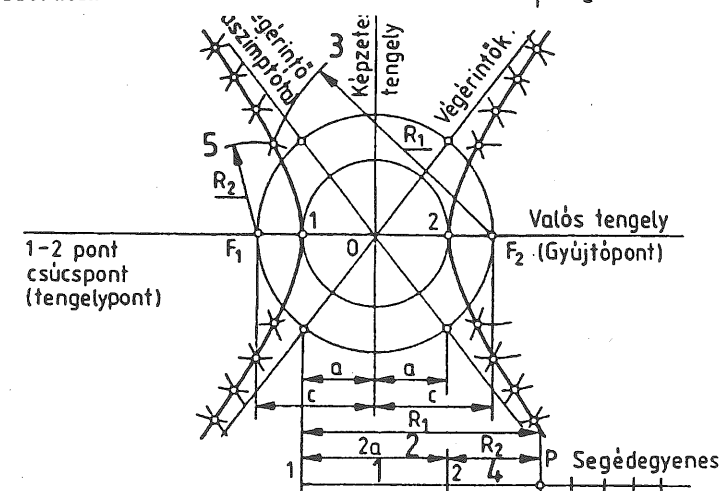
1. A pontból húzott segédegnyesen a kör kerületét $1/12$ osztásban felmérjük
2. A kör felosztásainál - egyező irányban - érintőt rajzolunk
3. Az érintőkre az érintési ponttól az A ponttól az érintési pontig terjedő ívhosszat felmérjük, így evolvenspontot kapunk
4. A pontból indulva az érintők végpontjait görbe vonallal összekötjük.



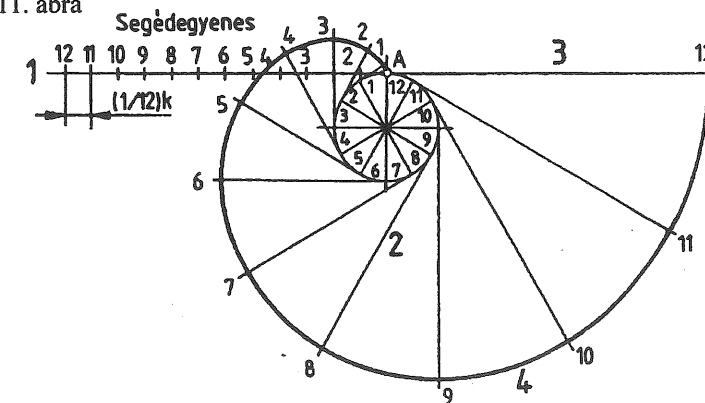
109. ábra



110. ábra



111. ábra



112. ábra

3. Síkmértani szerkesztések

Csigavonal

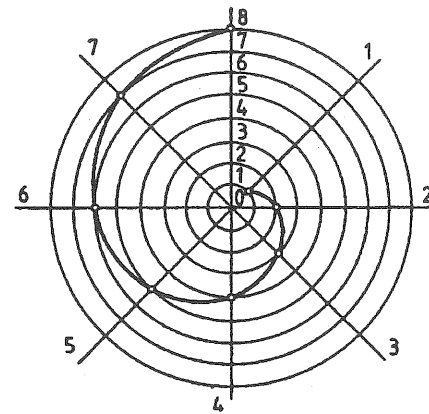
Egy pontja körül elforgatott egyenesen haladó, a forgásponttól távolodó pont csigavonalat ír le. Ha a távolodás sebessége és a szögelfordulás arányos $r = a\omega$, akkor *archimedesi csigavonalról* van szó.

Archimedesi csigavonal

Adott O pontból egyenlő távolságra felvett nyolc koncentrikus kör, tengelyvonalakkal és szögfelezőikkel nyolc részre osztva (113. ábra)

1. Jelöljük a O pont pályáját, 45° -onként egy-egy koncentrikus körrel kifelé.
2. A jelölt pontokat kössük össze folytonos görbe vonallal.

A csigavonal rajzolási nehézségei miatt a rajzi gyakorlatban helyettesítő görbéket használunk.

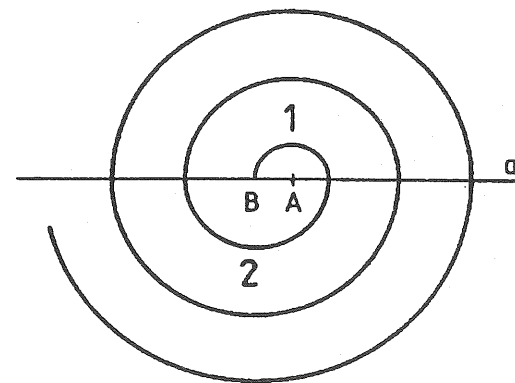


113. ábra

Csigavonal helyettesítő görbe félkörökből

Adott: a egyenesen A és B pont (114. ábra)

1. A pontból AB sugárral rajzolunk félkört
2. B pontból a félkör és az egyenes metszéspontján át folytassuk görbe rajzolását ($2AB$) félkörsugárral, majd A pontból ($3AB$) sugárral és így tovább...

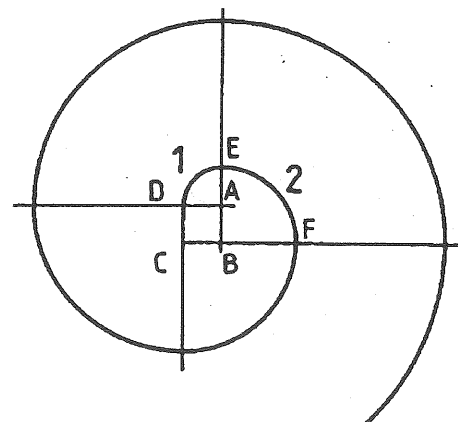


114. ábra

Csigavonal helyettesítő görbe negyedkörökből

Adott: $ABCD$ négyzet és éleik meghosszabbítása (115. ábra)

1. A pontból AD sugárral negyedkört rajzolunk (E pont)
2. B pontból BE sugárral ismét negyedkört rajzolunk (F pont) és így továbbfolytatjuk a szerkesztést...



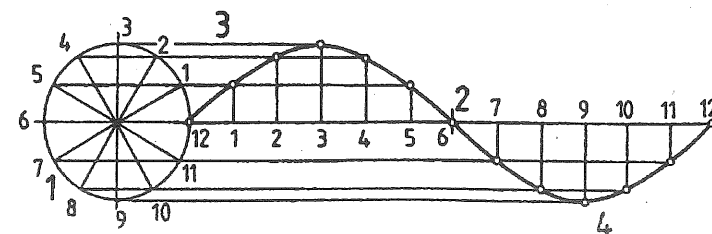
115. ábra

Sinusgörbe szerkesztése

Adott: a kör átmérője (116. ábra)

1. Felosztjuk a kör kerületét 12 egyenlő részre
2. A vízszintes tengelyvonalra felmérjük a kör kerületét 12 részre bontva

A kerületi pontok magasságát átvetítjük a kiterített terület azonos jelzésű pontjaiban húzott függőleges egyenesre.



116. ábra

3. Síkmértani szerkesztések

Ciklois

Ha egy egyenesen csúszás nélkül egy kört gördítünk le, akkor a körön lévő pont (a körvonal egy pontja) ciklois görbét ír le.

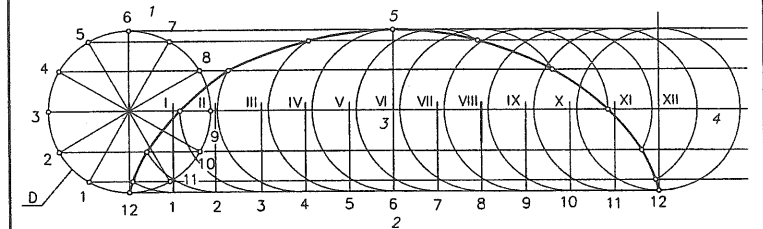
Ciklois szerkesztése

Adott: D átmérőjű kör, a alapegyenes

117. ábra)

Szerkesztés:

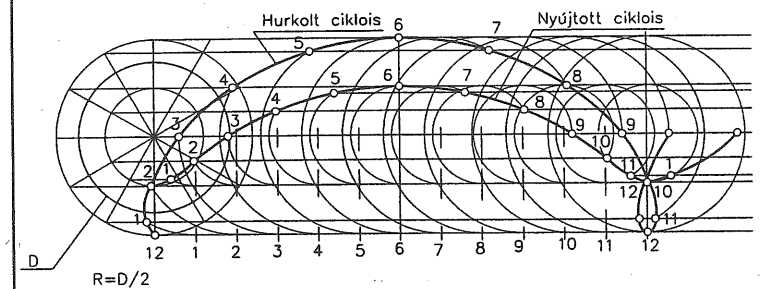
1. D átmérőjű kör kerületét 12 egyenlő részre osztjuk (1-12 kerületi pont)
2. a alapegyenesen a kör kerületének egy tizenketted ($1/12k$) részét tizenkétszer felmérjük
3. A jelölt pontokból az alapegyenesre merőlegeseket húzunk
4. Az O középpont magasságát a meghúzott merőlegesekkel metszésbe hozzuk ($I-XII$)
5. Az $I-XII$ pontból rajzolt R sugarú körív és az azonos 1-12 jelölésű kerületi pont magasságából húzott egyenes metszéspontja a ciklois egy-egy pontja.



117. ábra

Nyújtott- és hurkolt ciklois

Nyújtott- és hurkolt cikloist (118. ábra) akkor kapunk, ha nem a gördülő kör kerületi pontját szemléljük - illetve szerkesztjük meg - a kör elfordulása közben, hanem az R sugárnál kisebb, vagy nagyobb sugáron lévő kerületi pontot vizsgálunk.



118. ábra

Epiciklois

Ha egy alapkörön csúszás nélkül egy kört gördítünk le, akkor a körön lévő pont (a körvonal egy pontja) epiciklois görbét ír le.

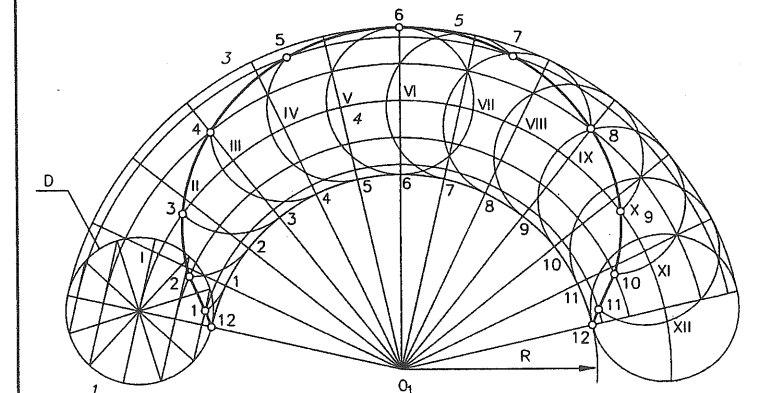
Epiciklois szerkesztése

Adott: D átmérőjű kör, R_1 sugarú alapkör

(119. ábra)

Szerkesztés:

1. D átmérőjű kör kerületét 12 egyenlő részre osztjuk (1-12 kerületi pont)
 2. R_1 sugarú alapkörön a kör kerületének egy tizenketted ($1/12k$) részét tizenkétszer felmérjük
 3. A jelölt pontokon és az alapkör O_1 középpontján keresztül sugárirányú egyeneseket húzunk
 4. O középpont magasságát a meghúzott rádiuszokkal O_1 pontból ívesen metszésbe hozzuk
 5. Az $I-XII$ pontból rajzolt R sugarú körív és a legördülő kör azonosan jelölt pontjából az O_1 körül húzott ív metszéspontja epiciklois pont.
- A megszerkesztett pontokon átmenő görbe az epiciklois.



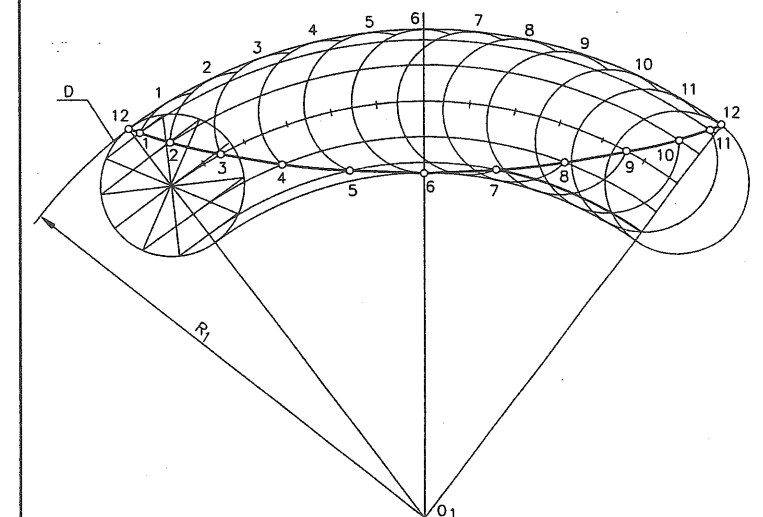
119. ábra

Hipociklois

Ha egy alapkörben csúszás nélkül egy kört gördítünk el, akkor a körön lévő pont (a körvonal egy pontja) hipociklois görbét ír le.

Hipociklois szerkesztése (120. ábra)

A hipociklois szerkesztési menete az előző két ciklois-szerkesztés megismerése után értelemszerűen adódik.



120. ábra

4. Vetületi ábrázolás

4. Vetületi ábrázolás

A térbeli alakzatok a térnek lapokkal és felületekkel határolt részei. Közös jellemzőjük, hogy térfogatuk van.

A mértani testek is térbeli alakzatok, amelyeket alkotóelemeik alapján két csoportba sorolhatunk:

- *szögletes vagy síklapú testekre* és
- *görbe felületű testekre*.

Az egyes csoportokba sorolható mértani testek a következők:

A *szögletes vagy síklapú testek* (123. ábra) legismertebb típusa a kocka, amelyet hat egybevágó négyzet határol, és így élei azonos hosszúságúak.

Ezenkívül gyakorlati jelentőségű elsősorban azoknak az alaplappal és oldalélekkel rendelkező testeknek van, amelyeknek oldaléleinél valamilyen szabályszerűség mutatkozik.

A síklapú testek sokféleségéből így kiemelhetők a rajzadási szempontból is érdekes

- hasábok (párhuzamos oldalélű testek) és
- gúlák (egy csúcsponton átmenő összehajló oldalélű testek).

Vannak olyan síklapokkal határolt testek is, amelyeket egybevágó síkidomok határolnak. Ezek képezik a *szabályos mértani testek* csoportját.

Egyenlő oldalú háromszögek határolják a *tetraédert*, az *oktaédert* és az *ikosaédert*, négyzetek határolják a kockát, az ún. *hexaédert*, szabályos ötszögek határolják a *dodekaédert*.

Jelöljük a szabályos mértani testek jellemzőit a következő betűkkel:

e_l az oldallapok oldalainak száma,

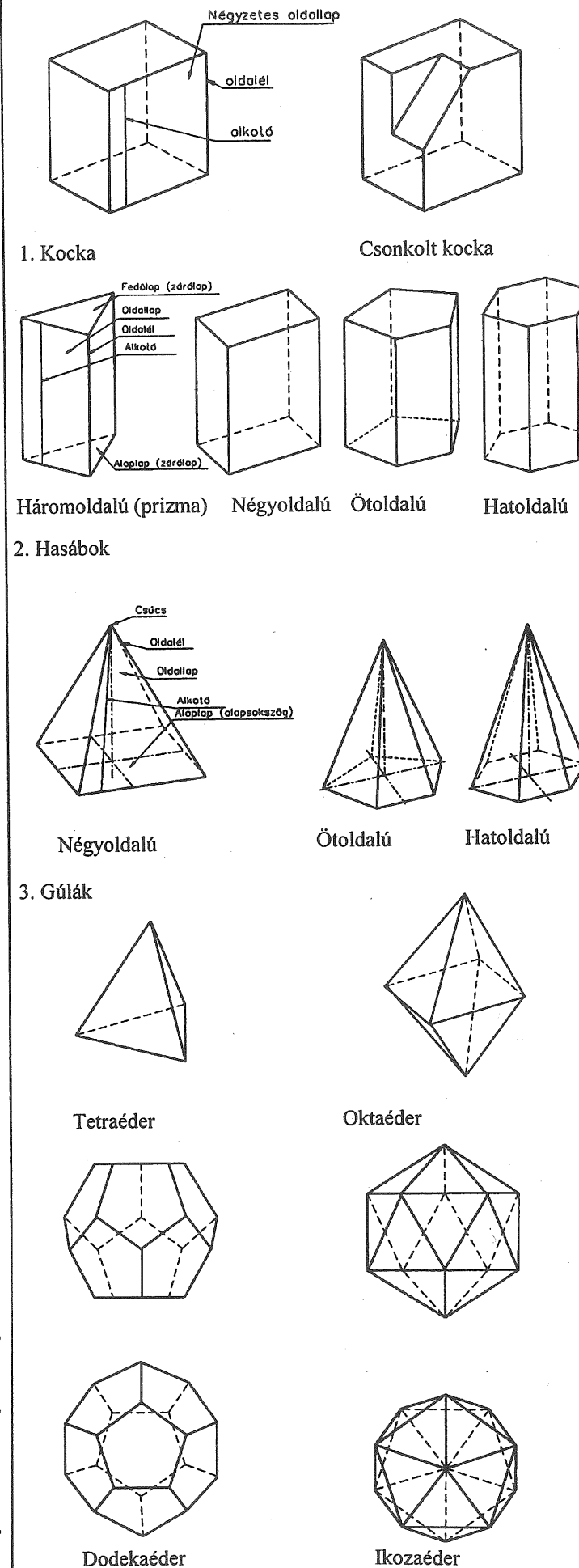
l a lapok száma

c a csúcsok száma,

e az élek száma,

e_c az egy csúcsban találkozó élek száma, akkor a következő áttekintő felsorolás készíthető:

A test megnevezése	e_l	l	c	e	e_c
Tetraéder	3	4	4	6	3
Oktaéder	3	8	6	12	4
Ikozaéder	3	20	12	30	5
Hexaéder	4	6	8	12	3
Dodekaéder	5	12	20	30	3



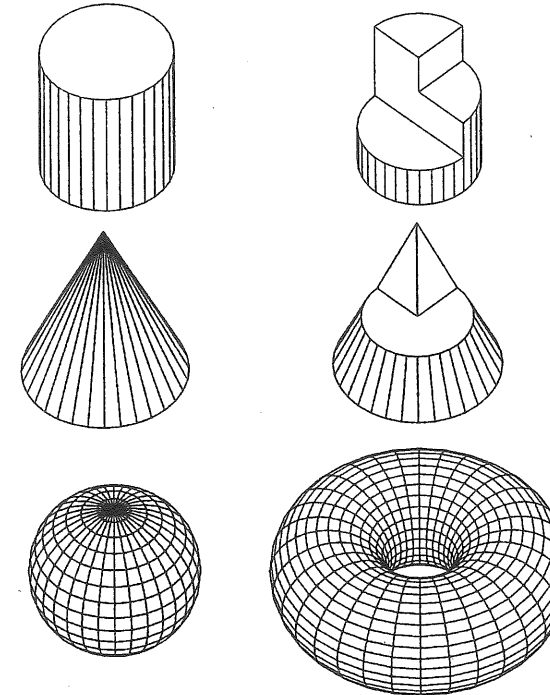
123. ábra

4. Vetületi ábrázolás

A görbe felületű testek (124. ábra) közül csak a forgástestekkel foglalkozunk, ide tartozik:

- henger,
- kúp,
- gömb,
- körgyűrűfelület.

A felsorolt forgástesteken kívül görbe felületűek a nem kör vezérgörbájű hengerek és kúpok az ellipszoid, a csavarfelülettel határolt test stb.



4.1. Látás és ábrázolás, vetítési módok

A külső világ tárgyainak képét a szemünkbe érkező fénysugarak hozzák létre.

A látás alkalmával keletkező képet *centrális képnek* nevezzük (125. ábra). Az ilyen vetítés esetén a *szem a vetítési középpont* vagy *centrum*, a tárgy pontjainak látósugarai a vetítésugarak, a képkötési eljárás pedig a *centrális vagy középponti vetítés*.

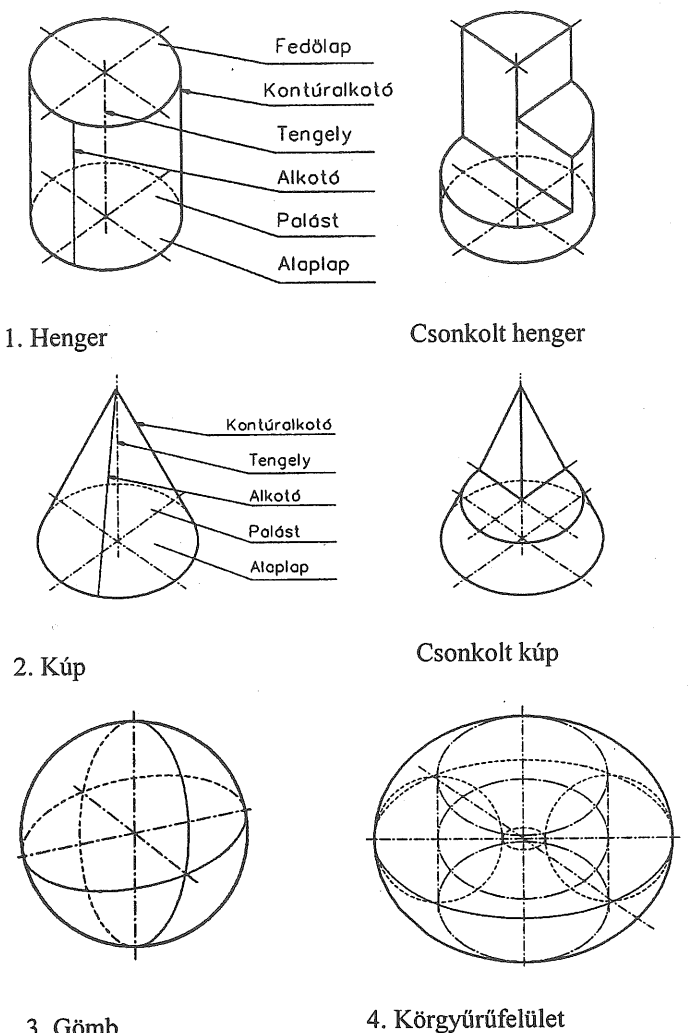
A centrális vagy középponti vetítéssel keletkező kép nem azonos nagyságú a tárggyal, mivel a kép nagysága a tárgy helyzetétől függ. Így a képsíkhöz közelebbi tárgy vagy méret kisebbnek, a képsíktól távolabb lévő pedig nagyobbak látszik. Ezért a centrális vetítési mód nem alkalmas a műszaki rajzok készítésére.

Paralel vagy párhuzamos vetítés esetén a vetítési középpont a végtelenben van, ezért az onnan jövő fénysugarak (vetítésugarak) párhuzamosnak tekinthetők. Az így keletkező kép független a képsík és a tárgy távolságától, és a tárgy, valamint a képsík speciális helyzetében a testet határoló síkidomok alak- és mérethelyes megmutatására alkalmas (126. ábra).

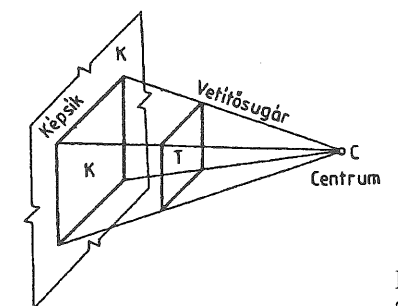
A képsíkra vetített képet *vetületnek* nevezzük. Attól függően, hogy a vetítésugarak iránya a képsíkhöz viszonyítva merőleges vagy ferde, a vetítés *merőleges* (ortogonális), ill. *ferdeszögű* (klinogonális) lehet.

4.2. Merőleges vetítés

Merőleges párhuzamos vetítés esetén az egymással párhuzamos vetítésugarak a képsíkra merőlegesek. A merőleges vetítés a képsíkkal párhuzamos síkidom képét alak- és mérethelyesen viszi át a képsíkra.

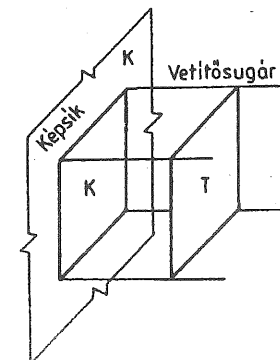


124. ábra



K képnagyság
T tárgynagyság
 $K \neq T$

125. ábra



K képnagyság
T tárgynagyság
 $K = T$

126. ábra

4. Vetületi ábrázolás

4.3. Síklapú testek vetületi ábrázolása

A síklapú testek vetületi ábrázolása során megismerkedünk a kocka, a különböző oldalszámú hasábok és gúlák három vetületének és hálójának megrajzolásával, valamint a kocka, a négyzetes és a hatoldalú hasáb egyszerű csonkolt formáinak vetületeivel.

4.3.1. A kocka vetületi ábrázolása

A kocka az egyik legegyszerűbb térbeli forma, így a mértani testek vetületi ábrázolásának értelmezéséhez a legalkalmasabb.

A kocka mögé képzeljünk el egy függőleges képsíkot (K_2), a képsíkra merőleges vetítősugarak meghatározzák a kocka előlnézetét. A szabályos beállításból adódik, hogy a kocka csúcsai a vetítési irányban fedőpontokat alkotnak, így a kocka vetülete azonos alakú és méretű lesz a vetítés irányába eső négyzetes oldallappal (153. ábra).

A csúcsok vetületének jelölési rendszere mutatja a fedőpontokat, ugyanakkor láthatjuk azt is, hogy a kocka vetítési irányba eső kiterjedését a vetülete nem tudja érzékeltetni.

Hasonló képalkotási szabályok érvényesülésével megrajzolható a kocka másik két képe is.

A képalkotás törvényeinek értelmezésére rajzoljuk meg a kocka vetületeit a három képsíkos rendszerben a 154. ábra szerint. Az egyes vetületek képzése megegyezik az előlnézet képzési szabályaival, és jelölési rendjük követi az egyes vetületek képzési irányát. A kocka minden egyes oldala valamelyik vetületén alak- és mérethelyesen látszik.

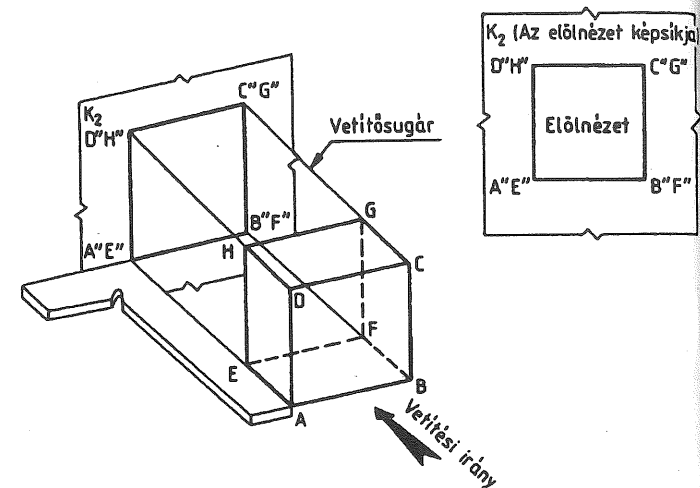
A mértani test határoló felületeinek célszerű összekapcsolásából kialakított szabástervet az adott test *hálójának* nevezzük.

A kocka határoló felülete hat azonos nagyságú négyzet. A hálójának elkészítése során ügyeljünk arra, hogy az élek hajlítása után a csúcsok a szemléltető képen (155. ábra) látható módon találkozzanak.

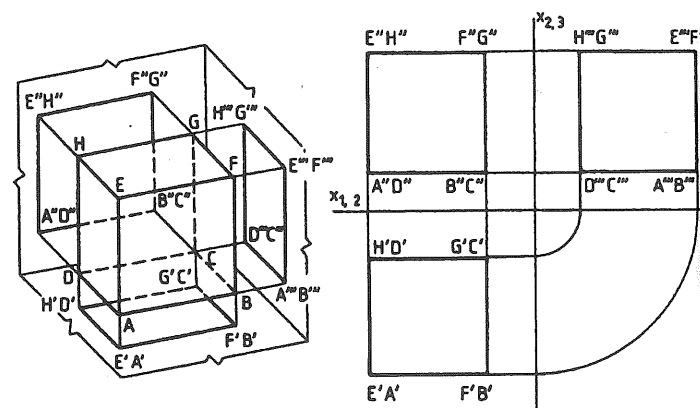
A hálójának készítésének lépései:

1. a vetületi vagy szemléltető kép alapján a jellegzetes csúcsok jelölése,
2. bázis (a kocka élhossza) vagy bázisoldal (GCDH) választása a hálójának elkészítéséhez,
3. a hálójának megtervezése a hajlíthatóság figyelembevételével,
4. kontúrok kihúzása vastag vonallal,
5. hajlítási élek kihúzása kétpont vonallal,
6. csúcsok azonosító jelölésnek elkészítése.

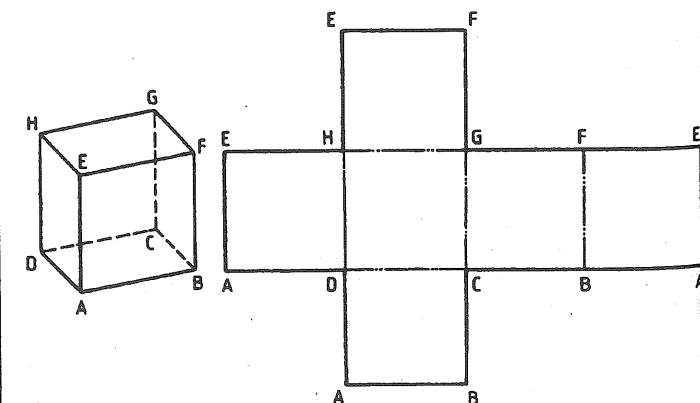
A hálójának elkészítése után minden esetben gondoljuk végig hogy a szabástervek megfelelő kivágás és hajlítás elvégzésével találkozzanak az azonosított pontok.



153. ábra



154. ábra



155. ábra

4. Vetületi ábrázolás

Természetesen meg kell ismerkednünk a kocka csonkolt formájával is a három képsíkos rendszerben. A *csonkolt kocka* a kockából síkmetszéssel keletkező test. A 156. ábra egyszerű csonkolt kocka három vetületének képzését mutatja szemléltető és vetületi rajzaival. A csonkolásból adódó síkidom csúcsai megkülönböztetésül számjelzést kapnak. A teljes kocka vetületeit az előzők szerint kiszerkesztjük, majd a csonkolásból származó jelölt felületet mint síkidomot ábrázoljuk, és jelöljük.

Összetett formánál természetesen a *láthatóság* megállapítására is nagy figyelmet kell fordítani.

Többszörösen csonkolt kockát szemléltet a 157. ábra.

Adott:

1. A csonkolt kocka az ábra szerinti szemléltető képével (vagy a rajzolás alapjául szolgáló modell).
2. A rajzi kivitelezéshez szolgáló mérethálózat (modell esetén a méreteket is magunk vesszük fel).

Meghatározzuk:

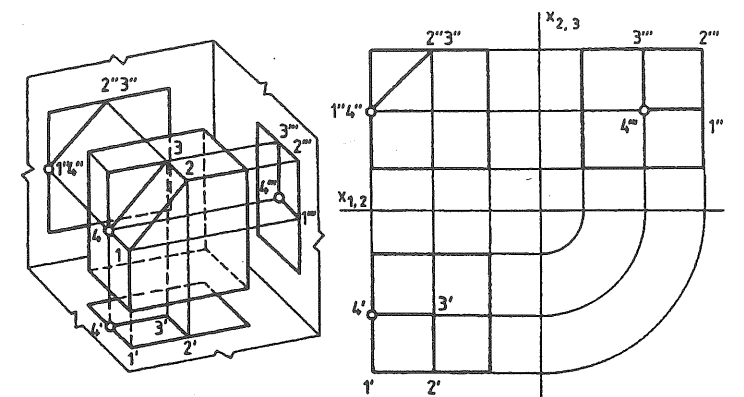
1. az előlnézet képzési irányát;
2. a kiegészítő vetületek - a felülnézet és az oldalnézet-előlnézettel összhangban levő - képzési irányát.

A rajzi tanulmányaink kezdetén a gyakorlás szándékával, a jelölt három irányból célszerű rendezett vetületekkel rajzolni.

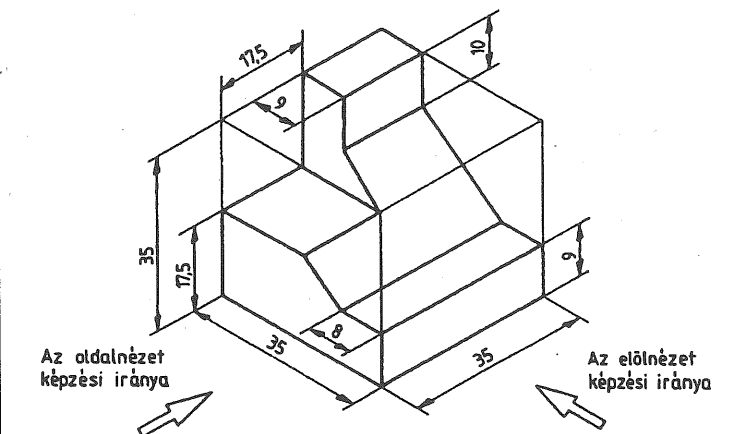
Megrajzoljuk:

1. A kocka - mint befoglaló idom - rendezett három vetületét.
2. A csonkoláskor keletkező síkidomok képeinek megszerkesztésével ábrázoljuk a csonkolt formát.
3. A vetületek rajzainak elkészülte után
 - a 156. ábra szerint jelöljük a csúcsokat, vagy
 - a 158. ábra szerint az ipari célú rajzi gyakorlatnak megfelelő méretmegadást készítünk.

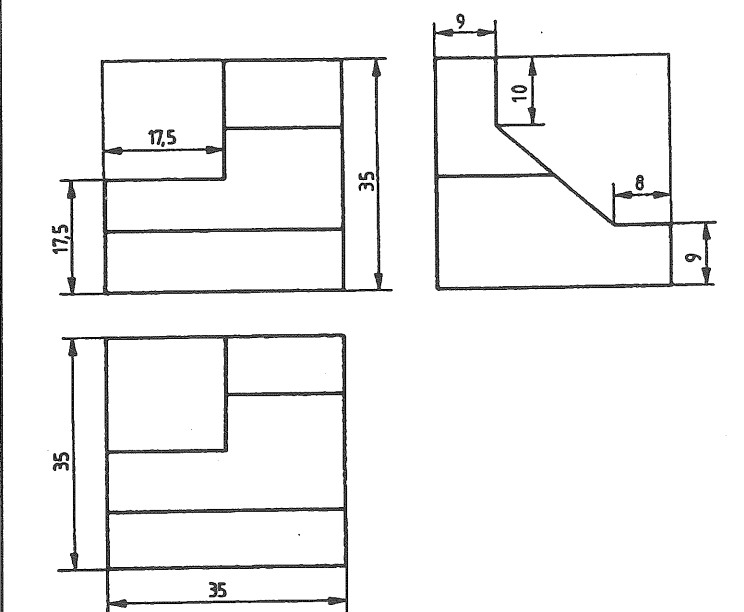
Ez utóbbi esetben az egyes nézeteket képtengelyek és rendezők nélkül rajzoljuk meg természetesen a vetítési szabályok betartásával. Nem adunk a csúcsoknak betű- vagy számjelzést. Gyakorlással elérhető, hogy a nézetek, a szerkesztéshez szükséges tengelyek és rendezők nélkül is egyértelműeknek tűnjenek.



156. ábra



157. ábra



158. ábra

4. Vetületi ábrázolás

4.3.2. A hasáb vetületi ábrázolása

A *hasáb* a kockához hasonlóan szintén síklapokkal határolt téreometriai forma, aminek alaplapja tetszőleges sokszög, oldallapjai paralelogrammák.

Ha a hasáb minden oldalapja téglalap, akkor a hasáb *egyenest hasábnak* nevezzük. Azokat a hasábokat, amelyeknek alaplapjai szabályos sokszögek, *szabályos hasáboknak* nevezzük. Az alapsokszög oldalainak száma szerint a hasábok lehetnek *háromoldalú*, *négyszög*, *ötoldalú* és *hatoldalú* hasábok, amelyeknek rajzaival a tankönyvben találkozhatunk, ettől eltérő esetben is az alapsokszög oldalainak száma adja a hasáb megnevezését.

Az oldalapok metszéspontját *oldaléleknek*, az oldalapokon az oldalélekkel párhuzamos egyeneseket *alkotóknak* nevezzük.

A hasáb vetületeit a három képsíkos rendszerben a 159. ábra mutatja. A vetületek képzésén, a csúcsok számozásán kívül a hasáb szélességi, magassági és vastagsági jellemzőit is megadtuk. Jól látható, hogy egy-egy vetület a hasáb két geometriai jellemzőjét mutatja meg, így az előlnézet a hasáb szélességét és magasságát, az oldalnézet pedig a hasáb vastagságát és magassági méretét adja meg.

A hasáb méreteit megadó három kiterjedés két összetartozó vetületről meghatározható.

A gyakorlatban mindig csak annyi vetületet rajzolunk, amennyi az egyértelmű alak- és méretmegadáshoz szükséges.

A hasáb méreteinek ismeretében a hálórész megszerkeszthető és azonosítható (160. ábra).

A kockát és a hasábát a szabályos beállításban ábrázoltuk, ami azt jelenti, hogy egyes felületei a képsíkokkal párhuzamosak, ill. egyes képsíkokra merőlegesek voltak. Az ilyen beállítás előnye az, hogy az egyes nézetek a vetítési irányra merőleges felületekkel azonos nagyságúak.

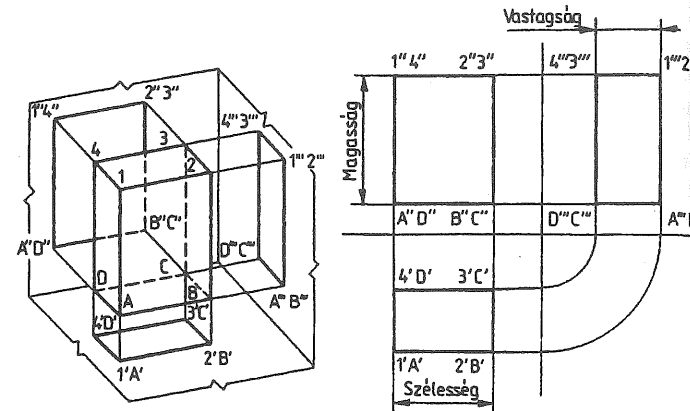
Ez a szabályos beállítás nem minden esetben valószínűsíthető meg, gondoljunk a három- vagy hatoldalú hasábra. Mint látni fogjuk, a hasáb alakjából adódóan nem minden felülete lesz merőleges a vetítési irányra.

A szabályos háromoldalú hasáb alap- és fedőlapja egyenlő oldalú háromszög, oldalélei és alkotói az alaplapra merőlegesek. Az alap- és a fedőlapot általánosan értelmezve *zárólapoknak* nevezzük.

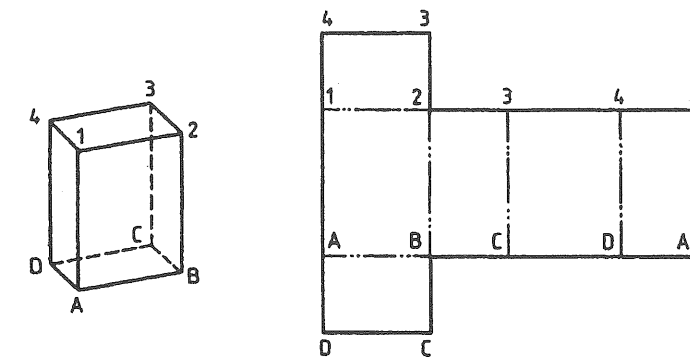
Vegyünk fel egy tetszőleges *P* pontot a háromoldalú hasáb előlnézetén, majd szerkesszük meg a felülnézetét és balnézetét a *P* ponton átmenő alkotó segítségével (161. ábra).

A felülnézetben a zárólapok oldalhosszúsága, az előlnézetben a hasáb magassága mérhető. A zárólapok oldalhosszának és a hasáb magasságának ismerete a hasáb hálórészének megszerkesztéséhez szükséges (162. ábra).

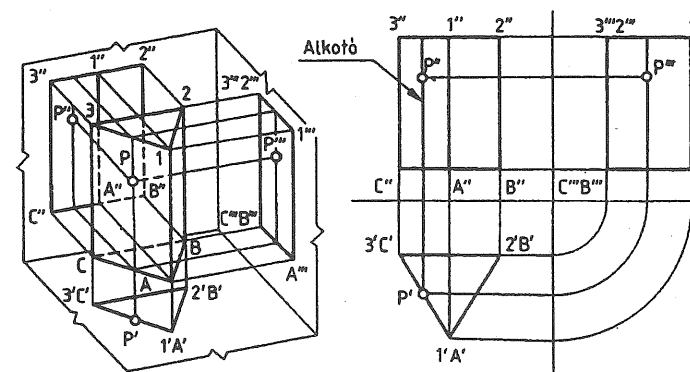
Oldalélre állított *csontított négyzetes hasábok* szemléltető és vetületi képeit láthatjuk a 163-165. ábrán.



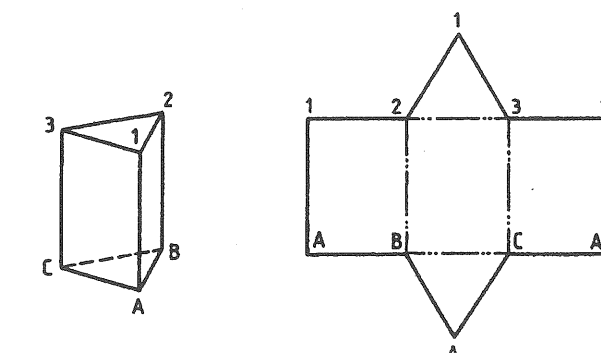
159. ábra



160. ábra



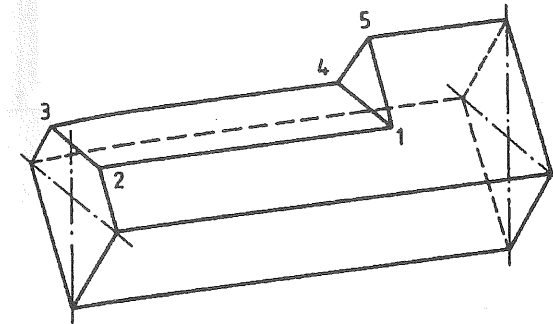
161. ábra



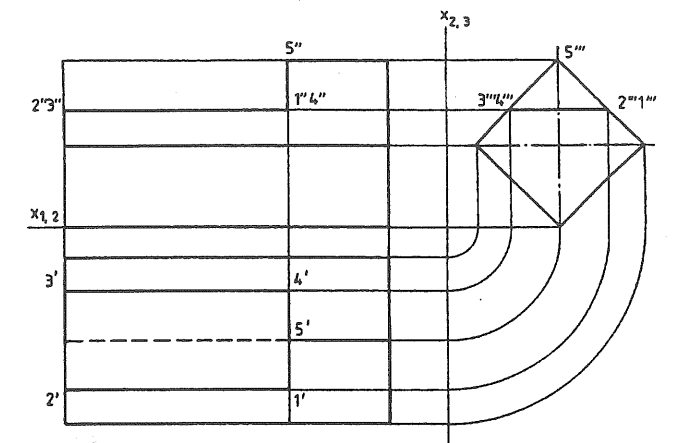
162. ábra

4. Vetületi ábrázolás

Szemléltető kép

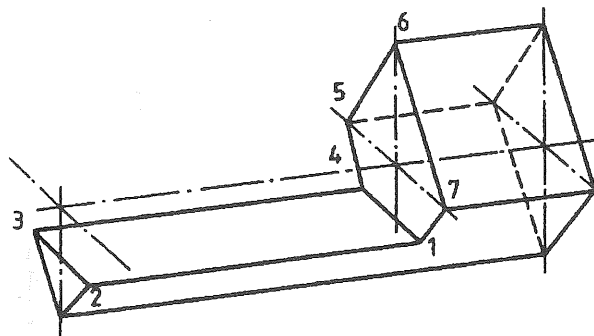


Vetületi kép

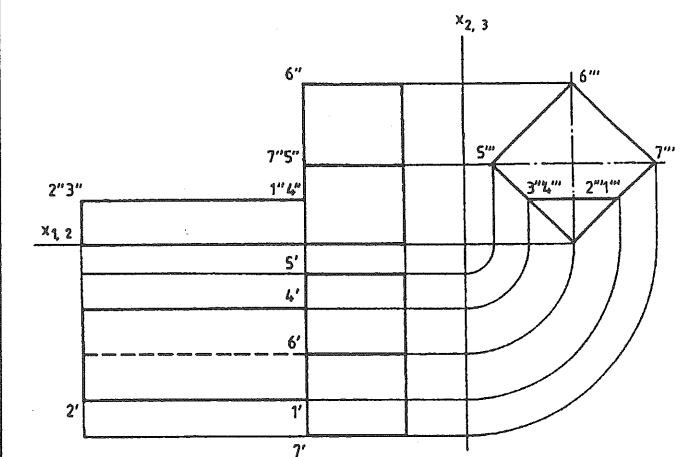


163. ábra

Szemléltető kép

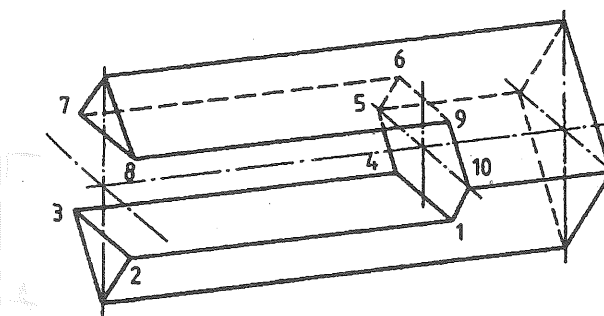


Vetületi kép

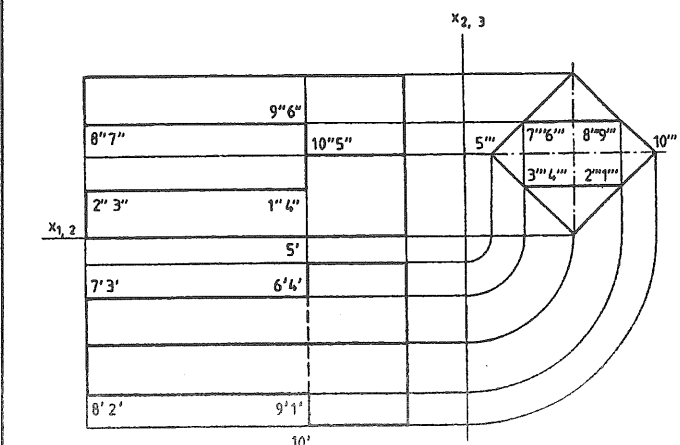


164. ábra

Szemléltető kép



Vetületi kép



165. ábra

4. Vetületi ábrázolás

Szabályos ötszög alapú hasáb vetületi ábrázolása

Az első képsíkon álló szabályos ötszög alapú egyenes hasáb vetületi ábrázolását a felülnézet megrajzolásával kezdjük, mivel a hasáb fedő helyzetű zárólapjainak vetülete itt szabályos ötszög. Az ötszög helyzete határozza meg a hasáb oldallapjainak, ill. az azokat határoló éleknek az elől- és oldalnézetét. A zárólapok csúcsainak jelölése a kapcsolódó oldalélek azonosítását is elősegíti. A hasáb vetületeinek megrajzolásakor a nem látható és a fedő helyzetű oldalélek értelmezése is szükséges.

A hasáb felületén tetszőlegesen felvett P pont a hasáb oldallapján helyezkedik el, ábrázolásához a ponton átmenő alkotót használjuk (166. ábra).

Az ötoldalú hasáb vetületeinek méretei alapján, a mértani test határoló felületeinek célszerű összekapcsolásával kialakíthatjuk a hasáb *szabástervét* vagy *hálórajzát*.

A szerkesztés lépései:

1. A hasáb testmagasságát szerkesztővonalak közé fogjuk.
2. Az ötszög élhosszát körzővel az egyik szerkesztővonalra ötször felmérjük.
3. Merőlegesen megrajzoljuk a hasáb oldaléleit.
4. Tetszőleges alapélekhez hozzákötjük a zárólapokat.
5. A hálórajzot értelemszerűen kihúzzuk vastag folytonos és vékony kétpont vonallal.
6. Jelöljük a csúcsokat (167. ábra).

Szabályos hatszög alapú hasáb vetületi ábrázolása

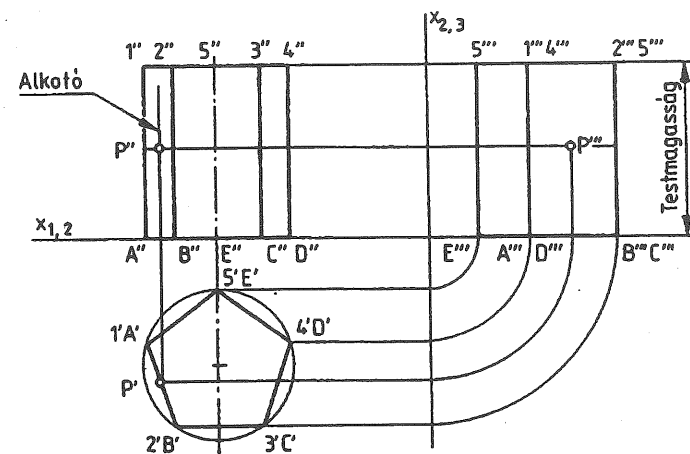
Az első képsíkon álló szabályos hatszög alapú egyenes hasáb vetületi ábrázolását - az előző feladathoz hasonlóan - szintén a *felülnézet* megrajzolásával kezdjük. Itt a hasáb fedő helyzetű zárólapjainak vetülete szabályos hatszög. A hatszög helyzete határozza meg ismét a hasáb oldallapjainak, ill. az azokat határoló éleknek az elől- és felülnézetét.

Az oldalélek fedő helyzetének értelmezését a zárólapok csúcsainak jelölése elősegíti.

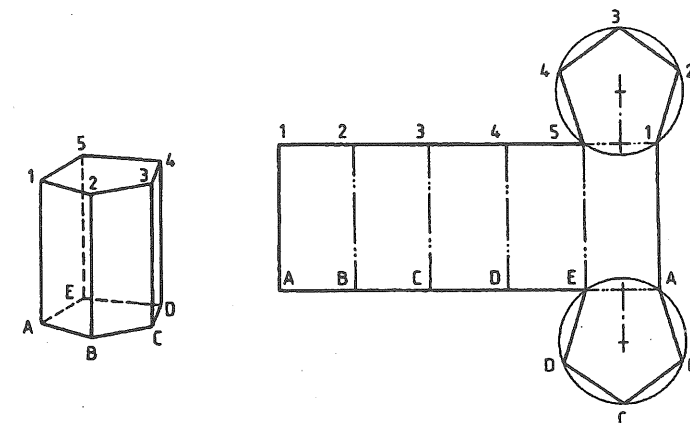
A hasáb felületén tetszőlegesen felvett P pont vetületeit - a ponton átmenő alkotó ábrázolásának ismert szabályai szerint - a 168. ábra mutatja.

A hatoldalú hasáb vetületeinek méretei alapján, a mértani test határoló felületeinek célszerű összekapcsolásával - az ötszög alapú hasáb hálórajzának szerkesztési lépései szerint - szintén kialakíthatjuk a hasáb *szabástervét* vagy *hálórajzát* (169. ábra).

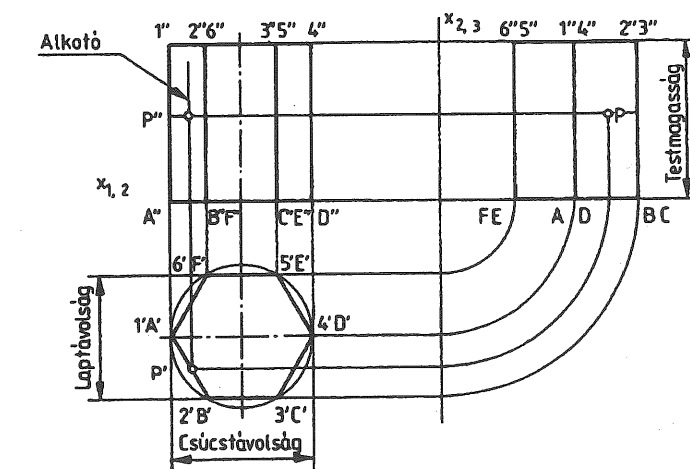
A 170-172. ábrán fekvő elrendezésű, csonkított hatoldalú hasáb szemléltető képe és három vetülete látható.



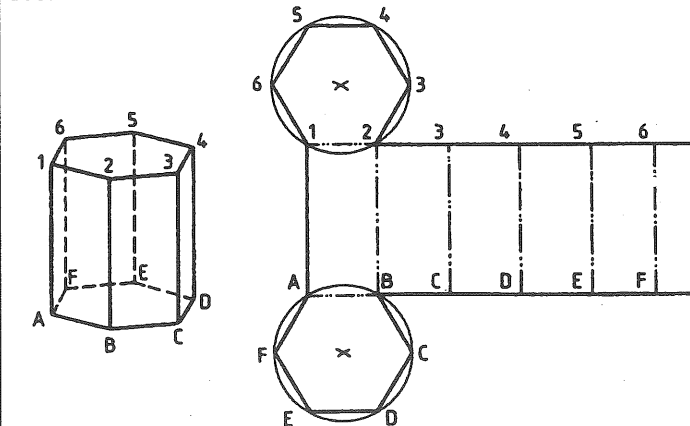
166. ábra



167. ábra



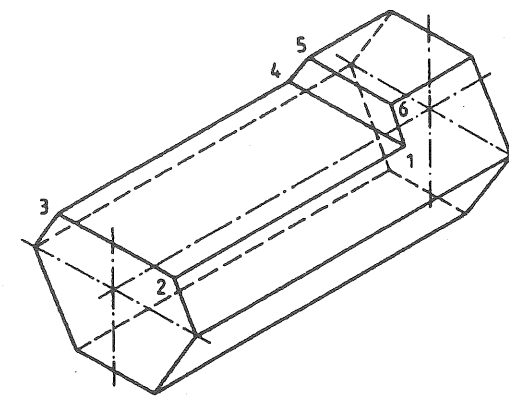
168. ábra



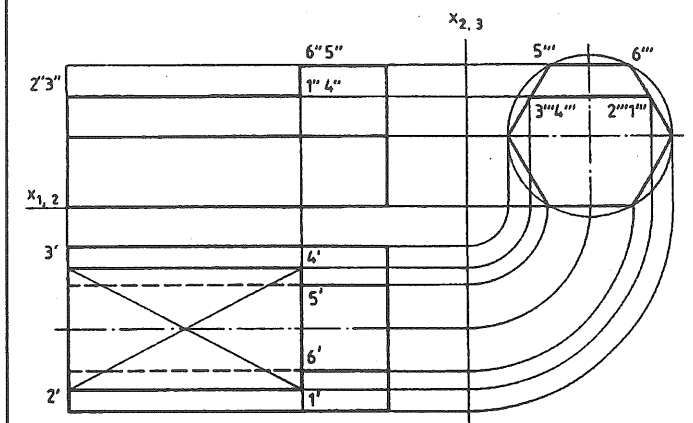
169. ábra

4. Vetületi ábrázolás

Szemléltető kép

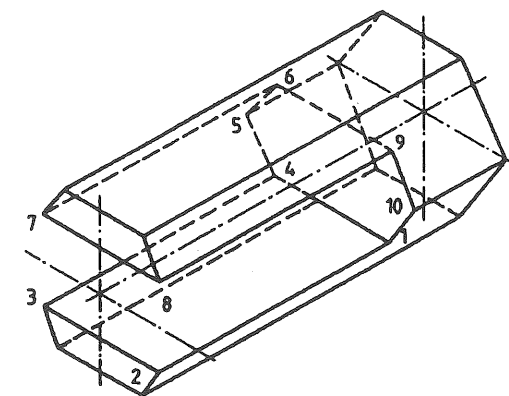


Vetületi kép

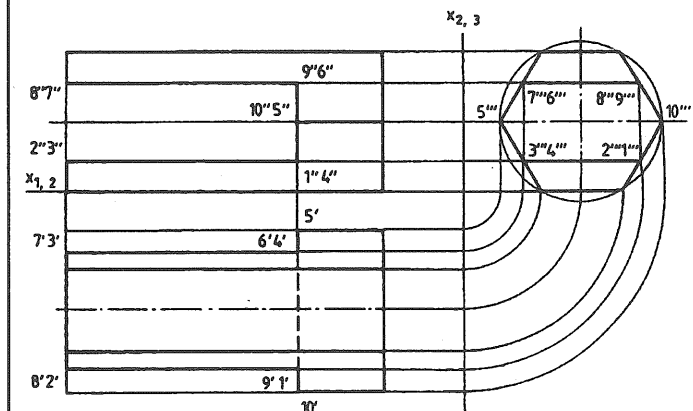


170. ábra

Szemléltető kép

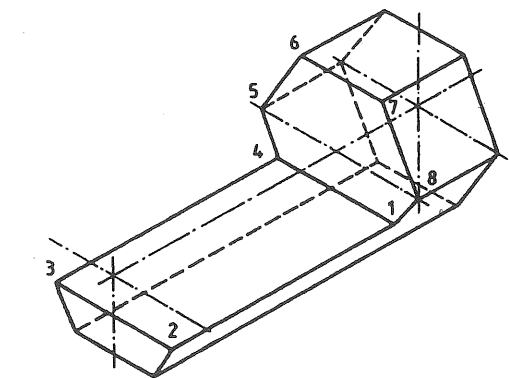


Vetületi kép

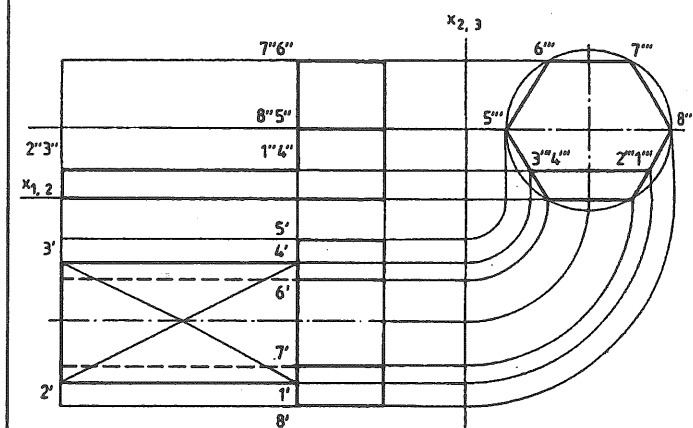


171. ábra

Szemléltető kép



Vetületi kép



172. ábra

4. Vetületi ábrázolás

4.3.3. A gúla vetületi ábrázolása

A gúla szintén síklapokkal határolt térgeometriai forma, amelynek alaplapja tetszőleges sokszög, oldalapjai pedig háromszögek. Oldalélei egy pontba, a gúla csúcspontjába futnak össze. Ha a gúla alaplapja szabályos sokszög, és csúcspontja a sokszög középpontjára bocsátott merőleges egyenesen van, *szabályos egyenes gúláról* beszélünk.

Az alapsokszög oldalainak száma szerint a gúla lehetnek *háromoldalú, négyoldalú, ötoldalú, hatoldalú* gúla - amelyek rajzai szerepelnek a tankönyvben -, ettől eltérő esetben, a hasábokhoz hasonlóan, szintén az alapsokszög oldalainak száma adja a gúla megnevezését.

A gúla oldalapjainak metszévonalát oldalélekeknek nevezzük. Az alapsokszög kerületén fekvő pontokat a csúccsal összekötő egyenes szakaszok a gúla alkotói.

Négyzet alapú gúla vetületi ábrázolása

A négyzet alapú gúla vetületeit a három képsíkos rendszerben a 173. ábra szemlélteti. Az ábrán látható a gúla helyzete a képsíkokhoz viszonyítva, a képalotás szemléltető képe és eredménye, a három vetület.

A gúla felülnézete az alaplap nagyságával azonos. Az előlnézet és az oldalnézet a gúla oldalapjai és oldalélei nem látszanak *valódi nagyságukban*, mivel ezeken az éleken a vetítés irányára nem merőlegesek. Ezeken a vetületeken csak a gúla testmagassága és az alaplap élhossza valódi nagyságú.

A gúla felületén felvett tetszőleges P pont vetületeinek ábrázolását alkotóval a 174. ábra mutatja.

Vegyük fel a P pont előlnézetét tetszőlegesen. A pont második vetületén (P''), keresztül rajzoljuk meg az alkotót, ami az E'' pontban metszi a gúla alaplapját. Az E'' metszéspont az első vetületen a gúla megfelelő alapélre levetíthető. Az E' metszéspontot a gúla csúcspontjának M' vetületével összekötve megkapjuk az alkotó felülnézetét (a'), amelyre a P pont első vetülete (P') levetíthető.

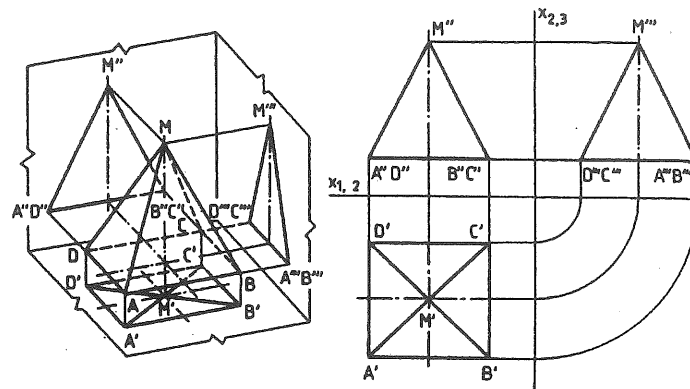
A P pont két vetületének ismeretében a harmadik vetülete már szerkeszthető.

A gúla felületén felvett tetszőleges P pont vetületeinek ábrázolását *szeletelő síkkal* a 175. ábra mutatja.

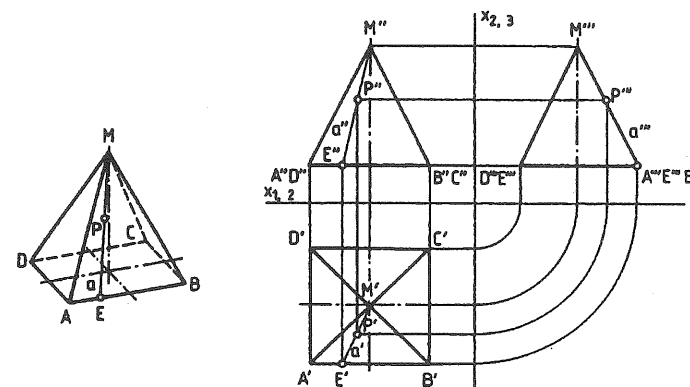
A tetszőlegesen felvett P pont második vetületén keresztül az alaplappal párhuzamos szeletelő síkot veszünk fel. A képzeletbeli szeletelésből származó négyzet megfelelő oldalélén a pont első vetülete (P') jelölhető.

A négyzet alapú gúla hálóját, a gúla oldalélének valódi hossza ismeretében szerkeszthetjük meg, a 176. ábra szerint.

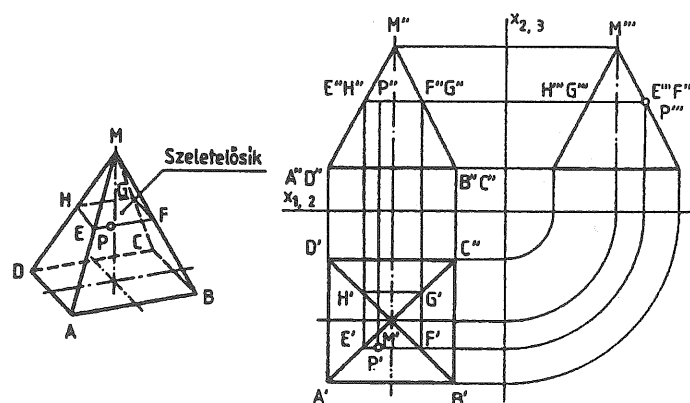
Az oldalél valódi hossza a gúla megfelelő helyzetbe fordítása esetén közvetlenül lemérhető.



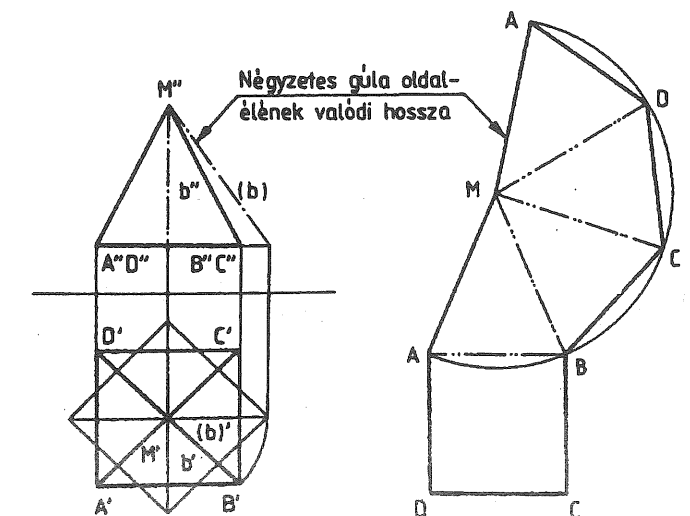
173. ábra



174. ábra



175. ábra



176. ábra

4. Vetületi ábrázolás

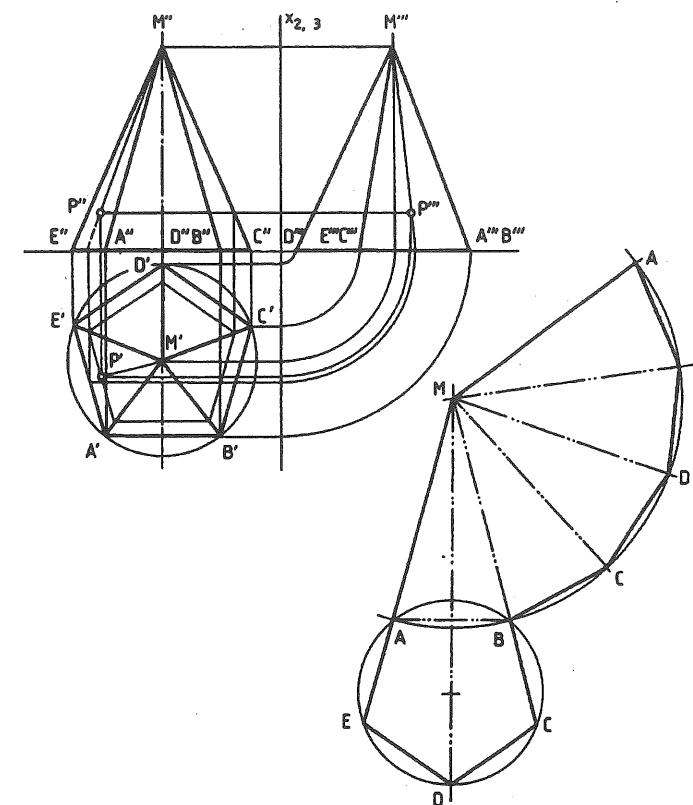
Szabályos ötszög alapú gúla vetületi ábrázolása és hálójaja

A szabályos ötszög alapú gúla vetületeinek megrajzolását a felülnézettel kezdjük, mivel itt a gúla vetülete az alaplapjával egyező nagyságú szabályos ötszög lesz. Az ötszög képsíkhöz viszonyított helyzete határozza meg a gúla oldalapjainak és az azokat határoló élekek az előlnézetét és oldalnézetét. Fokozott figyelmet kíván a *takart és fedő helyzetű élek* értelmezése és jelölése.

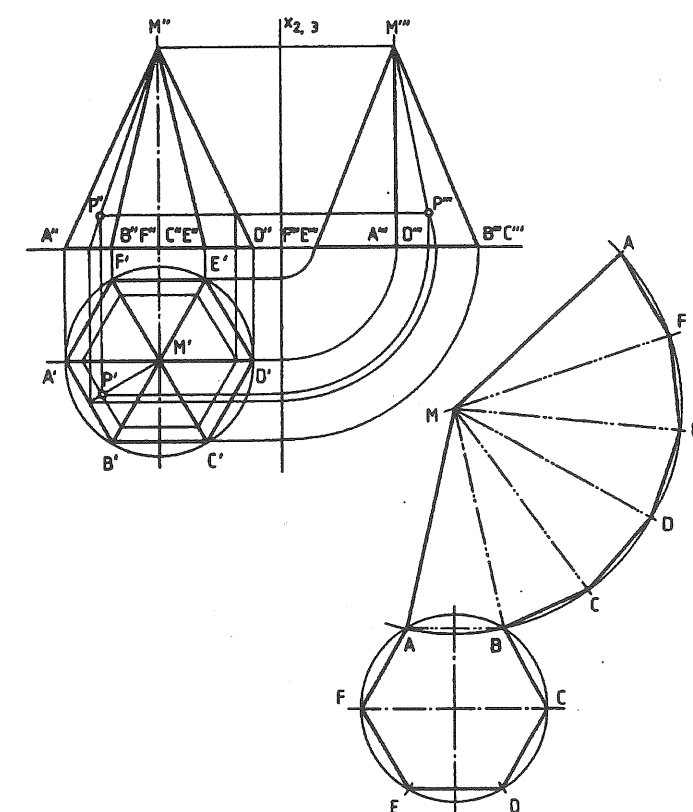
A gúla felületén tetszőlegesen felvett P pont vetületeinek megszerkesztését alkotó és szeletelő sík felvételével egyaránt megoldva mutatja a 177. ábra.

A hálójaja szerkesztése:

1. Megrajzoljuk a gúla alaplapját ($ABCDE$ jelű ötszög).
2. Meghatározzuk a gúla oldalélének valódi hosszát; az ötszög alapú gúla 177. ábra szerinti beállításán az oldalnézetben a $D''M'''$ szakasz.
3. Az alaplap A és B pontjaiból az oldalél valódi hosszával körívet húzunk, meghatározzuk az M pontot.
4. Az M pontból az előző sugárral A és B ponton keresztül körívet rajzolunk.
5. A körívre felmérjük az ötszög AB élhosszát a gúla oldalainak száma szerint.
6. Kirajzoljuk a gúla hálóját folytonos vastag és vékony kétpont vonallal a 177. ábra szerint.



177. ábra



178. ábra

Szabályos hatszög alapú gúla vetületi ábrázolása és hálójaja

A szabályos hatszög alapú gúla vetületeinek megrajzolását a felülnézettel kezdjük, ahol a gúla vetülete az alaplapjával azonos nagyságú szabályos hatszög, kiegészítve az átlókkal - az oldalélek felülnézetével - amiből kiindulva az előlnézet és az oldalnézet megrajzolható, és a gúla csúcsai azonosíthatók a 178. ábra szerint.

A gúla felületén tetszőlegesen felvett P pont vetületeinek megszerkesztését alkotó és szeletelő sík felvételével szemlélteti a 178. ábra.

A hálójaja szerkesztése:

1. Megrajzoljuk a gúla alaplapját ($ABCDEF$ jelű hatszög).
2. Meghatározzuk a gúla oldalélének valódi hosszát; a hatszög alapú gúla 178. ábrán látható beállításán ez az $A''M'''$ szakasz, amely lemérhető az előlnézetéről.

A szerkesztés többi lépése értelemszerűen megegyezik az ötszög alapú gúla hálójájának megismertekkel.

4. Vetületi ábrázolás

4.4. Forgástestek vetületi ábrázolása

Ha egy tengely körül egy egyenest vagy egy görbe vonalat megforgatunk, *forgásfelület* keletkezik. A forgatott egyenest vagy görbét az adott felület *leíróegyenese*nek vagy *leírógörbéjének* nevezzük.

Az egyenes vagy görbe vonal pontjai körpályán mozognak, ennek síkjai merőlegesek a tengelyre, és középpontjuk a tengelyen van. A körök síkjai egymással párhuzamosak, ezért ezeket a köröket a *felület párhuzamos köreinek* - *paralelköreinek* - is nevezzük.

A forgásfelület tengelyére illeszkedő síkokat a felület *meridiánsíkjainak* nevezzük. Eszerint minden forgásfelület előállítható a felület tengelyét tartalmazó síkban fekvő leíróegyenest vagy leírógörbét forgatásával.

A forgásfelület legegyszerűbb helyzete az, ha tengelye merőleges az első képsíkra. Ekkor a tengely első képe egyetlen pont, második képe rendezőirányú egyenes. A meridiánsíkokban fekvő leíróegyenest vagy leírógörbét második képe eredeti alakú, és egyben megadja a felület előlnézeti képhatárát is.

Forgáshenger akkor keletkezik, ha egy egyenest vele párhuzamos tengely körül forgatunk. A hengert leíró egyenes a henger alkotója.

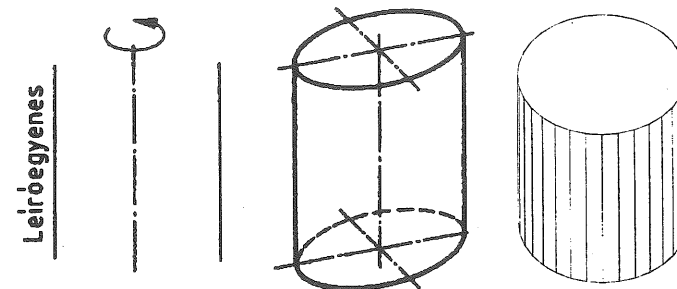
Feladatainkban a végtelen hengerfelületnek csak két paralelköre által meghatározott részét ábrázoljuk (179. ábra).

Forgáskúp akkor keletkezik, ha egy egyenest az öt metsző tengely körül forgatunk. A kúpot leíró egyenes a kúp alkotója.

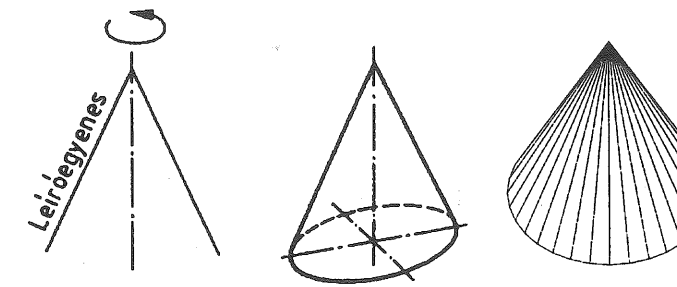
Feladatainkban a végtelen kúpfelületnek csak a kúp csúcsa és egy paralelköre - alapköre - által meghatározott részét ábrázoljuk (180. ábra).

Gömb akkor keletkezik, ha egy kört valamelyik átmérője körül forgatunk (181. ábra).

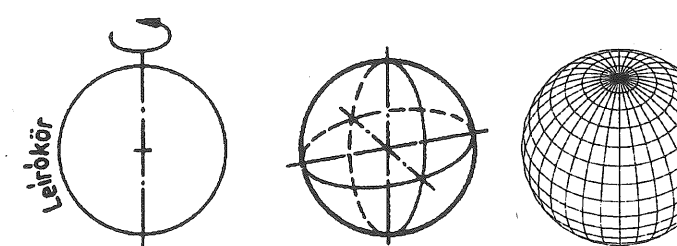
Körgyűrűfelület vagy tórusz akkor keletkezik, ha egy olyan kört, amelynek középpontja nincs rajta a forgástengelyen, a tengely körül megforgatunk (182. ábra).



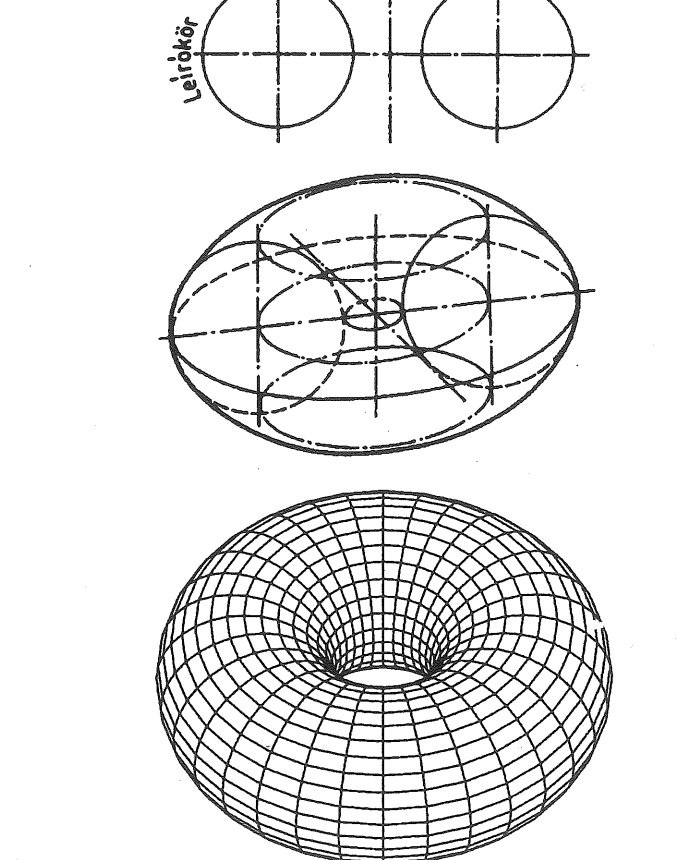
179. ábra



180. ábra



181. ábra



182. ábra

4. Vetületi ábrázolás

4.4.1. A henger vetületi ábrázolása

A henger olyan forgástest, amelyet a forgástengelyével párhuzamos egyenes forgatásával kapunk. Az egyenest *hengeralkotónak* és a forgatásával kirajzolt felületet *hengerpalástnak* nevezzük.

Alap- és fedőlapjai vagy általánosan értelmelve zárólappjai kör alakúak, alkotói párhuzamosak.

A szemléltető ábrán és vetületi képeivel ábrázolt henger tengelye és alkotói az első képsíkra merőlegesek, a henger az első képsíkhhoz viszonyítva vetítő helyzetű (183. ábra).

Alap- és fedőlapjának első képe egybeesik, és ez a kör a henger első képe, vagyis felülnézete.

A hengert érintő második vetítősugarak meghatározzák a henger második kontúralkotóit, az *a* és *b* jelű alkotókat. A kontúralkotók vetületei a zárólapok vetületével kiegészítve meghatározzák a henger második képének határát, amely álló körhenger esetén derékszögű négyszög.

A hengert érintő harmadik vetítősugarak meghatározzák a henger harmadik kontúralkotóit, a *c* és *d* alkotókat, amelyek vetületei a zárólapok vetületével kiegészítve meghatározzák a henger harmadik képének határát.

A henger szemléltetésére igen sok tárgy kínálkozik, pl. csövek, tartályok, gépek tengelyei. Tetszőleges *P* pontot a henger palástján alkotójával vehetünk fel (184. ábra).

Azt a hengert, amelynek testmagassága kisebb az átmérőjénél, *korongnak* nevezzük.

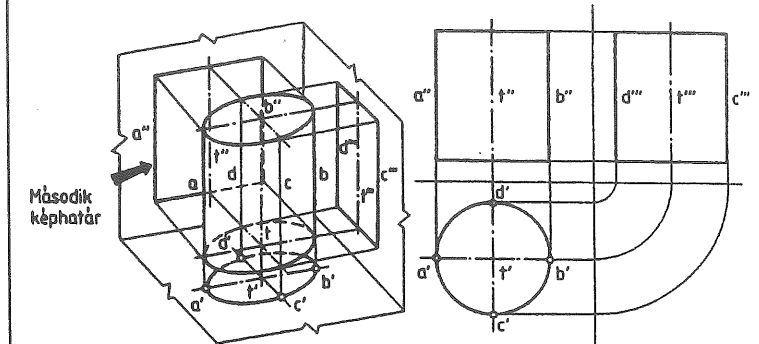
Testek - így a forgástestek is - ábrázolhatók az első képsíkra merőleges helyzettől eltérően is. Erre látunk példát a harmadik képsíkra merőleges tengelyű korong és a palástján levő *P* pont ábrázolásakor (185. ábra).

A henger hálójának szerkesztését mutatja a 186. ábra.

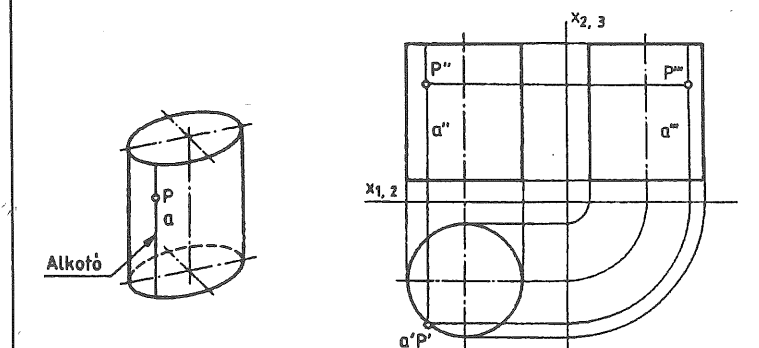
A szerkesztés lépései:

1. A henger palástján szabályos osztásban jelölünk 12 alkotót.
2. A henger testmagasságának méretével párhuzamos szerkesztővonalakat húzunk.
3. A henger kerületének $1/12$ részét ($1/12K$) körzőnyílásba vesszük, és a szerkesztővonalra $12 \times$ felmérjük, majd kirajzoljuk a henger palástját vastag vonallal. (A henger alkotóit mint szerkesztési vonalakat vékony vonallal rajzoljuk meg!)
4. Tetszőleges alkotóhoz kapcsoljuk a henger zárólappait.

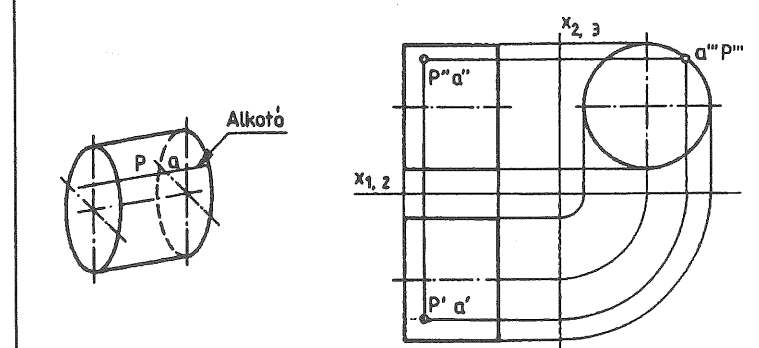
A *csnokolt henger* a hengerből síkmetszéssel keletkező test, erre látunk példákat szemléltető képével és vetületeivel a 187-190. ábrán.



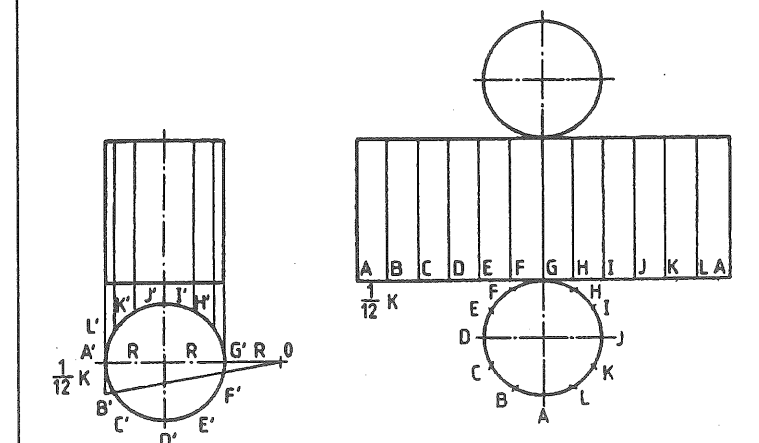
183. ábra



184. ábra



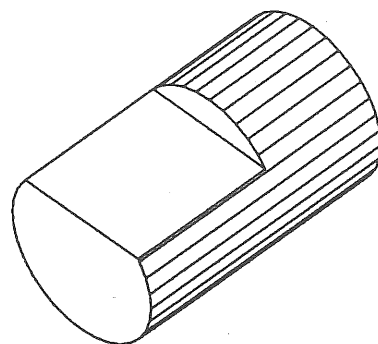
185. ábra



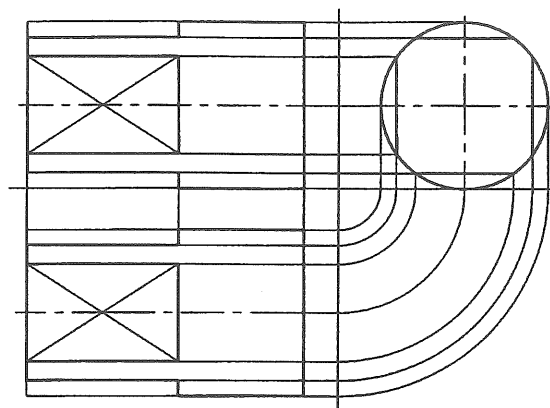
186. ábra

4. Vetületi ábrázolás

Szemléltető kép

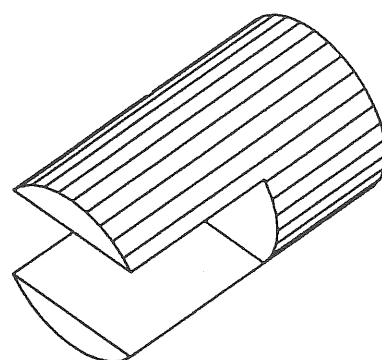


Vetületi kép

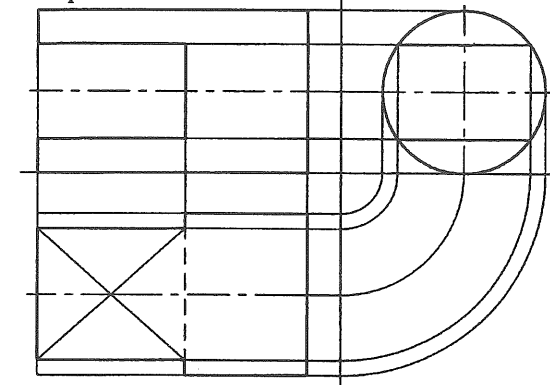


187. ábra

Szemléltető kép

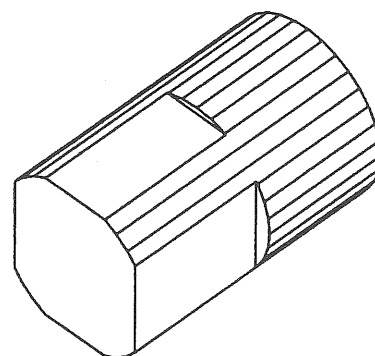


Vetületi kép

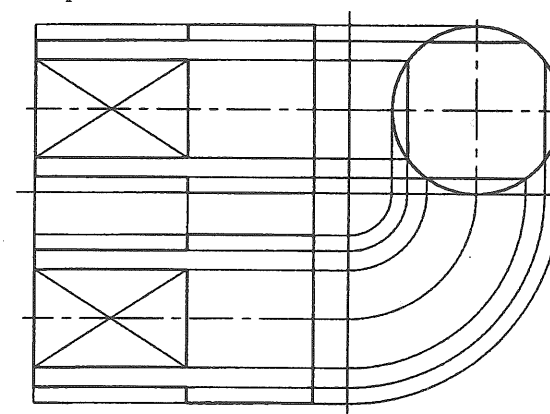


188. ábra

Szemléltető kép

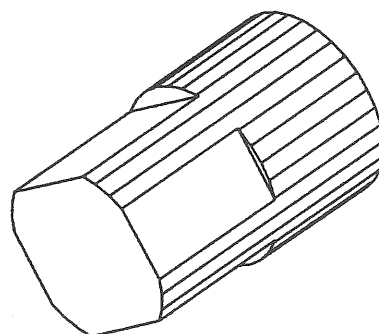


Vetületi kép

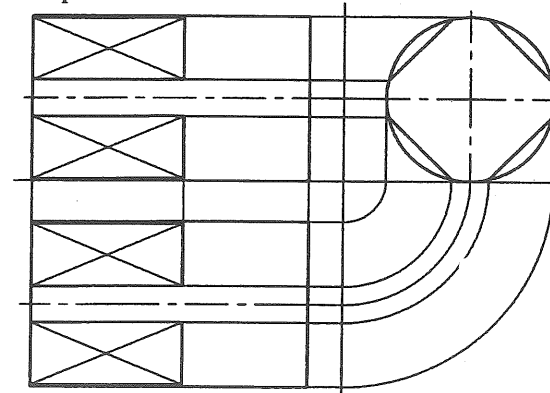


189. ábra

Szemléltető kép



Vetületi kép



190. ábra

4. Vetületi ábrázolás

4.4.2. A kúp vetületi ábrázolása

A kúp olyan forgástest, amelyet a forgástengelyt metsző egyenes tengely körüli forgatásával kapunk. Alaplapja kör, alkotói egy pontban, a kúp csúcspontjában metszik egymást.

Az első képsíkra merőleges tengelyű kúp első képét alapkörének vetülete határozza meg.

A kúpot érintő második vetítősugarak meghatározzák a kúp második kontúralkotóit, az a és b alkotókat. A kontúralkotók vetületei az alaplap vetületével kiegészítve meghatározzák a kúp második képének határát, ami álló kúp esetén egyenlő szárú háromszög (kivételes esetben egyenlő oldalú háromszög).

A kúpot érintő harmadik vetítősugarak meghatározzák a kúp harmadik kontúralkotóit, az c és d alkotókat, amelyek vetületei, az alaplap vetületével kiegészítve meghatározzák a kúp harmadik képének határát, a kúp oldalnézetét (191. ábra).

A kúp palástján tetszőlegesen felvett P pont vetületeinek ábrázolását alkotóval a 192. ábra mutatja.

Vegyünk fel a P pont előlnézetét tetszőlegesen. A pont második vetületén (P'') keresztül vegyünk fel egy a alkotót, ami az előlnézetben az M'' csúcspontra és a P'' ponton átmenő egyenes. Az a'' alkotó az E'' pontban metszi a kúp alaplapját. Az E'' metszéspont az első vetületen a kúp alapkörére vetíthető.

Az E' metszéspontot a kúp csúcspontjának M' vetületével összekötve megkapjuk az alkotó felülnézetét (a'), amelyre a P pont első vetülete (P') levetíthető.

A P pont két vetületének ismeretében a harmadik vetülete már szerkeszthető.

A kúp palástján tetszőlegesen felvett P pont vetületeinek ábrázolását szeletelő síkkal a 193. ábra mutatja.

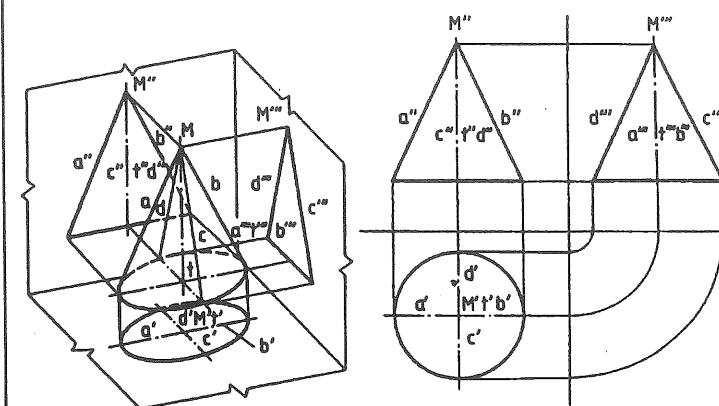
A tetszőlegesen felvett pont második vetületén (P'') keresztül az alaplappal párhuzamos síkot veszünk fel. A sík előlnézete egyenes lesz, az alaplaphoz hasonlóan elben látszik. Az a'' második kontúralkotó vetületével alkotott E'' metszéspontnak a kúp tengelyétől mérhető merőleges távolsága annak a körnek a sugara, amelyen a P pont elhelyezkedik.

Az r sugarú kört a felülnézetben megrajzolva a P pont első vetülete (P') a körre levetíthető, ügyelve a láthatóságra is.

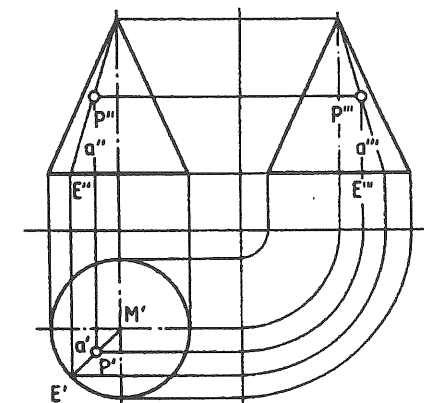
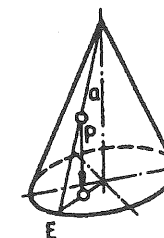
A kúp hálórakja a 194. ábrán látható.

A szerkesztés lépései:

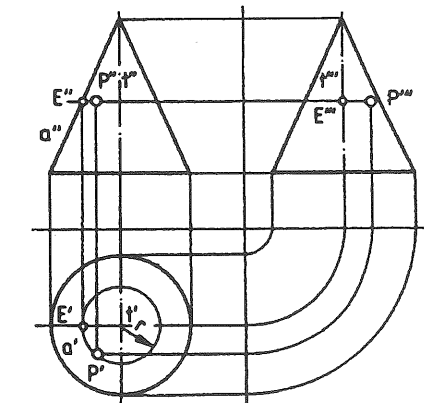
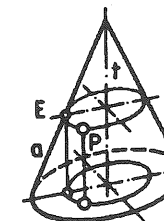
1. Vegyünk fel a kúp palástján 12 alkotót, jelöljük a felülnézetben és az előlnézetben.
2. A kúp csúcspontjából (M'') a kontúralkotó hosszával mint sugárral húzzunk körvet.
3. Az alapkör kerületének $1/12$ részét $12 \times$ mérjük fel közzel az előző körívről.
4. Az alaplappal kiegészítve vastag vonallal rajzoljuk meg a kúp hálórakját.



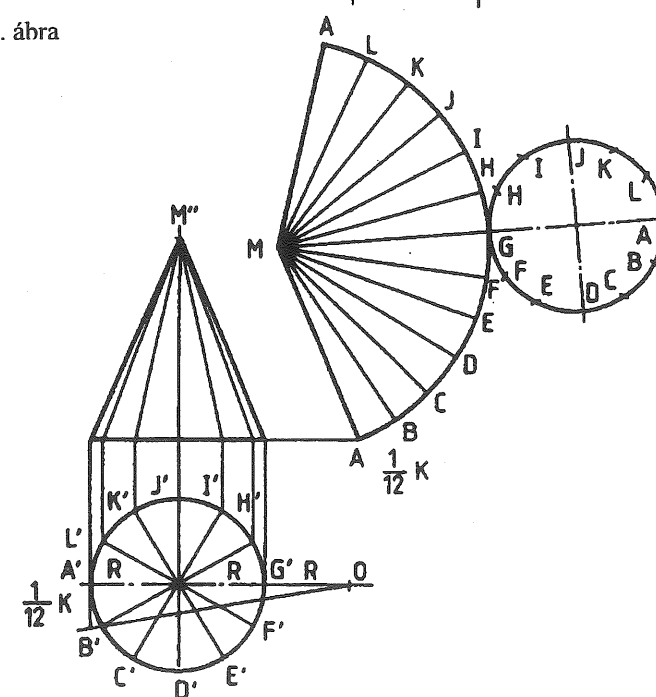
191. ábra



192. ábra



193. ábra



194. ábra

4. Vetületi ábrázolás

4.4.3. A gömb vetületi ábrázolása

A gömb olyan forgástest, amelyet egy körnek valamelyik középvonala (tengelyvonala) körüli forgatásával kapunk. A megforgatott kör középpontja egyúttal középpontja a gömbnek is, és egyenlő távolságra van a gömbfelület minden pontjától. Ez a távolság a *gömb sugara*.

A forgatás során a kör minden pontja körpályán mozog. A körpályák síkjai a tengelyre merőlegesek, egymással párhuzamosak, ezért azokat *paralelköröknek* nevezzük. A gömb középpontján átmenő síkon van a legnagyobb gömbi kör, amit *főkörnek* nevezünk. A gömb főkörének sugara egyenlő a gömb sugarával.

Az egyes képsíkokra merőleges vetítésű sugarak a gömböt a főkörei - kontúrkörei - mentén érintik. A kontúrkörök vetületei határolják a gömb nézeteit a három képsíkos rendszerben. A gömb ábrázolását a három képsíkos rendszerben a **195. ábra** mutatja, kiemelve az egyes képsíkok vetítési irányába eső főköröket. Az első képsíkkal párhuzamos legnagyobb gömbi kört *első főkörnek* nevezzük, jele fk_1 . A második képsíkkal párhuzamos gömbi kört *második főkörnek* nevezzük, jele fk_2 , és a harmadik képsíkkal párhuzamos gömbi kört *harmadik főkörnek* nevezzük, jele fk_3 .

A gömb minden vetülete és síkmetszete kör, amit elsősorban a csonkolt formák értelmezéséhez és rajzolásához szükséges tudni.

A gömb felületén tetszőlegesen felvett P pont a ponton átmenő *paralelkör* felvételével ábrázolható (**196. ábra**). A gömb második vetületén tetszőlegesen felvett ponton (P) keresztül rajzolunk az első főkörrel párhuzamos síkú kört. Az előnézetben ez a P ponton átmenő kontúrvonalon belüli vízszintes egyenes szakasz.

A paralelkör felülnézetét r sugárral megrajzolva, a pont első vetülete (P') rávetíthető, ügyelve a láthatóság pontos meghatározására.

4.4.4. A körgyűrűfelület vetületi ábrázolása

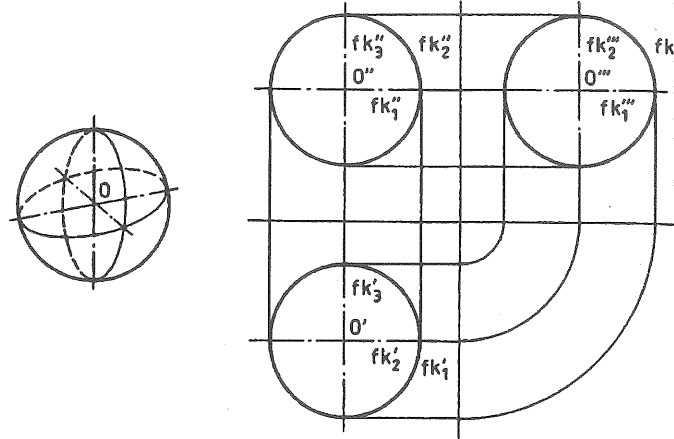
A körgyűrűfelület - vagy tórusz - olyan forgásfelület, amelyet egy körnek, a kör síkjában fekvő, de a középpontján át nem haladó tengely körüli forgatásával kapunk.

A **197. ábra** az első képsíkra merőleges tengelyű körgyűrűfelület szemléltető képét és két vetületét mutatja.

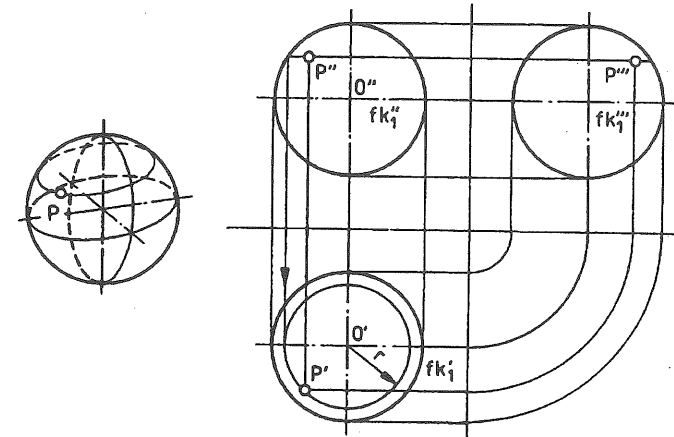
A felületet leíró körnek a forgástengelytől legtávolabbi pontja írja le a felület *legnagyobb párhuzamos körét* (K_1), a forgástengelyhez legközelebb elhelyezkedő pontja pedig a felület *legkisebb párhuzamos körét* (K_2).

A leírókör legfelső és legalsó pontja írja le a felület legfelső (K_3) és a legalsó körét (K_4).

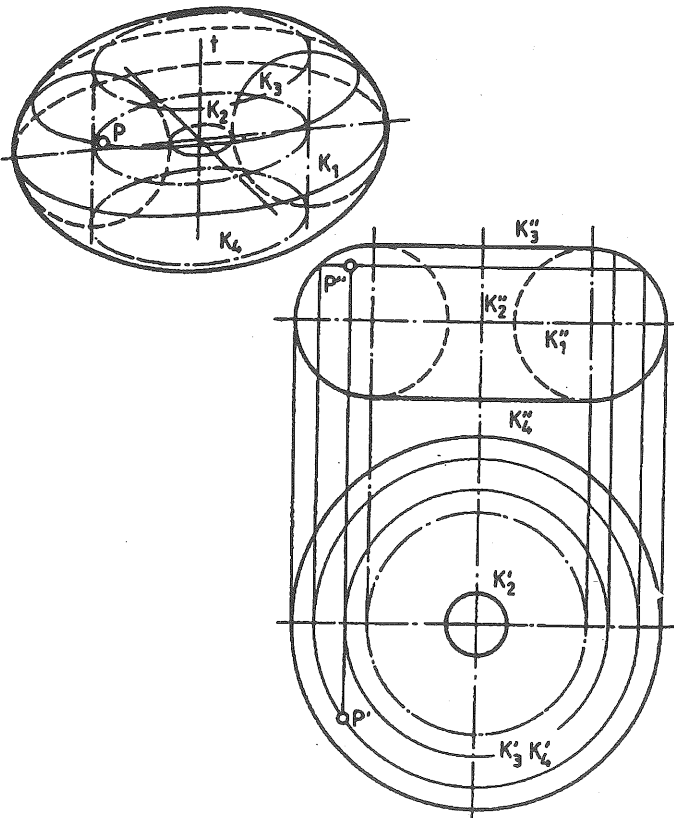
A körgyűrűfelületen tetszőlegesen felvett P pont paralelkörrel ábrázolható.



195. ábra



196. ábra



197. ábra

4. Vetületi ábrázolás

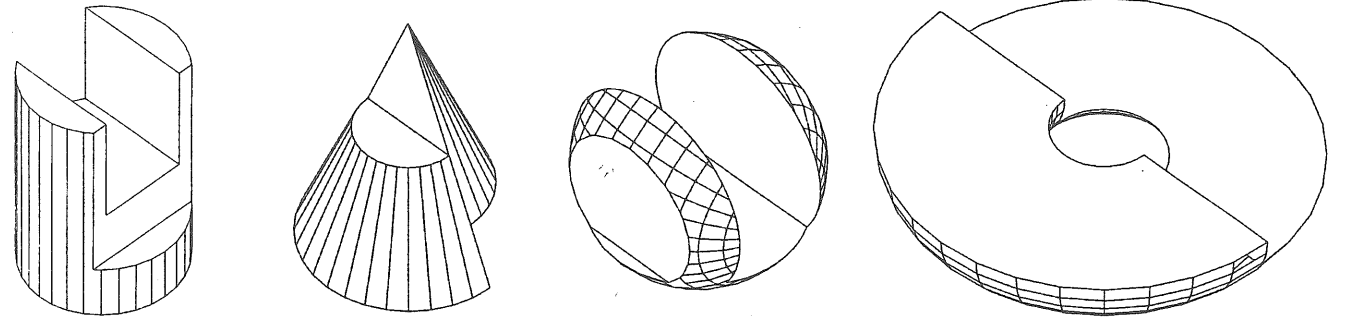
Gyakorló feladatok

A 198-201. ábrán csonkolt henger, kúp, gömb és körgyűrűfelület vetületei láthatók. Tanulmányozzuk az egyes vetületeket és gyakorló szándékkal jelöljük meg az összetartozó pontokat.

Ismétlő kérdések

1. Soroljuk fel a tanult síklapú testeket!
2. Melyek a síklapú testek általános tulajdonságai?
3. Soroljuk fel a tanult forgástesteket!
4. Milyen vetítési módok vannak?
5. Mi a merőleges vetítés?
6. Mi jellemzi a Monge-féle ábrázolást?
7. Milyen helyzetű síkokat alkalmazunk a három képsíkos ábrázolásnál?

8. Melyek a kocka tulajdonsága?
9. Mit jelent a hálórész?
10. Soroljuk fel a hasábfajtákat!
11. Milyen általános tulajdonságai vannak a különféle hasáboknak?
12. Milyen gúlákat ismertünk meg tanulmányaink során?
13. Határozzuk meg a gúlák általános tulajdonságait!
14. Hogyan keletkeznek a forgástestek?
15. Melyek a henger tulajdonságai?
16. Milyen tulajdonságai vannak a kúpoknak?
17. Mit tudunk a gömb főköreiről?
18. Hogyan származtatható a körgyűrűfelület?
19. Milyen jellegzetes körök találhatók a körgyűrűfelületen?
20. Mely forgástestek hálórészének szerkesztésével foglalkoztunk?



198. ábra

199. ábra

200. ábra

201. ábra

6. Síklapú testek síkmetszése, hálójaja, áthatása

6. Síklapú testek síkmetszése, hálójaja, áthatása

A síklapú testek síkmetszése, hálójaja és áthatása a műszaki rajzi gyakorlat megszerzéséhez nélkülözhetetlen.

6.1. Síklapú testek dőfése egyenessel

Az eddigi szerkesztéseink során már ábrázoltunk síklapú testek felületén pontot. Csonkolt mértani testek vetületi rajz készítésekor élek metszéspontjait határoztuk meg az adott vetületeken.

Most két-két egyszerű feladaton kövessük végig a síklapú test dőfését egyenessel!

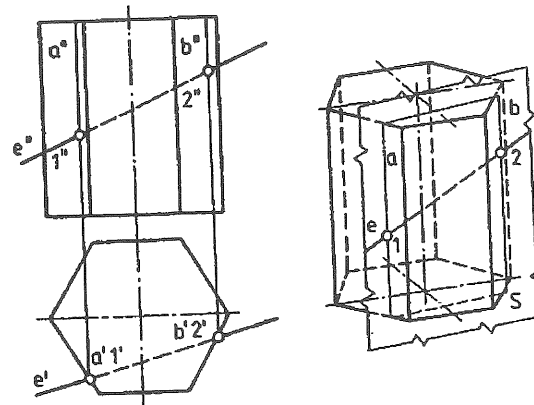
6.1.1. Hasáb dőfése egyenessel

A 234. ábra szabályos hatszög alapú hasáb egyenessel való dőfését mutatja szemléltető képével és két vetületével. A szemléltető képen jól látható, hogy az e egyenes egy első vetítősíkban helyezkedik el, amely a hasáb oldallapjait az a és b alkotókban metszi. Az e egyenes, valamint az a és b alkotó metszéspontja a keresett két dőféspont.

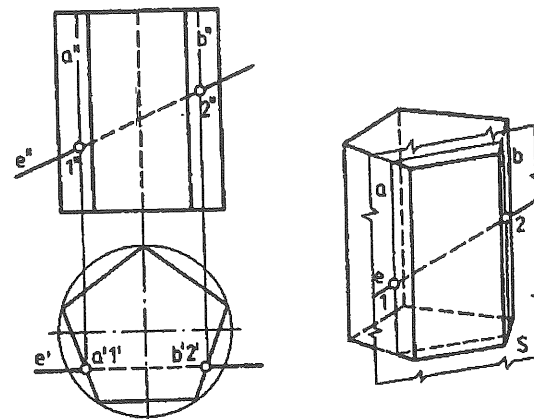
A szemléltető ábra vetületi megfelelője előlnézettel és felülnézettel mutatja a szerkesztést.

A 235. ábra szabályos ötszög alapú hasáb egyenessel való dőfését mutatja az előző szerkesztés elvei szerint.

234. ábra



235. ábra



6.1.2. Gúla dőfése egyenessel

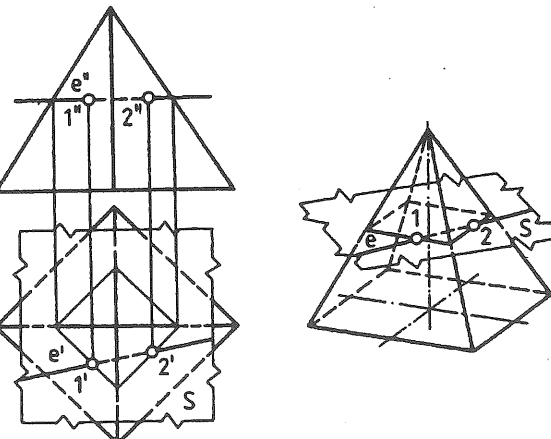
A gúla egyenessel való dőfését - az egyszerűbb szerkesztés érdekében - az alaplappal párhuzamos e egyenessel végezzük.

A 236. ábra négyzet alapú gúla egyenessel való dőfését mutatja szemléltető képével és két vetületével. A szemléltető képen jól látható, hogy az e egyenest egy vízszintes segédsík egyeneseként foghatjuk fel. A vízszintes segédsík a gúlát az alaplappal párhuzamosan metszi el.

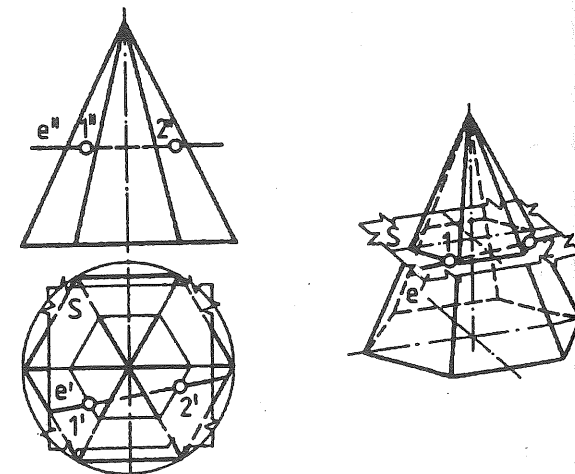
A képzeletbeli síkmetszés eredménye a gúla felületén egy négyzet, amelynek oldalai a gúla alaplapjának élével párhuzamosak. Az így keletkező négyzetnek az e egyenessel alkotott két metszéspontja a keresett két dőféspont felülnézeti képe ($1'$, $2'$). A két dőféspont az előlnézetre visszavetíthető.

A 237. ábra szabályos hatszög alapú gúla egyenessel való dőfését mutatja az előző szerkesztés elvei szerint.

236. ábra



237. ábra



6. Síklapú testek síkmetszése, hálójaja, áthatása

6.2. Síklapú testek síkmetszése és hálójaja

Testek síkmetszésének és hálójájának elkészítése igen gyakori feladat. Egy ilyen szerkesztés magában foglalja:

- a test ábrázolását,
- a metszősík jelölését,
- a síkmetszésből származó felület valódi nagyságának megszerkesztését és
- az eredeti és a síkmetszésből származó forma palástjának kiterítését.

A síkmetszéseket az egyszerűbb érthetőség kedvéért második vetítősíkkal végezzük.

6.2.1. Hasáb síkmetszése és hálójaja

A 238-241. ábrán látjuk a hatoldalú hasáb síkmetszését második vetítősíkkal.

A metszősíkot nyomvonalaival ábrázoljuk. A láthatóság szerinti kihúzásnál a hasábnak csak a metszősík alatti részét vesszük figyelembe.

A metszősík és a hasáb oldaléleinek metszéspontjait az előlnézeten a nyomvonalnak a hasáb oldaléleivel alkotott metszéspontjai határozzák meg. A metszés jellegéből adódik, hogy a metszeti idom nem lesz azonos nagyságú az alaplappal, a felülnézete mégis pontosan megegyezik az alaplap vetületével.

A hasáb alaplapjainak sarokpontjait betűjelzéssel, az oldalélek metszéspontjait számozással jelöljük.

Most nézzünk két módszert a metszeti idom valódi nagyságának meghatározására. Mindkét szerkesztés alapja az, hogy a metszősík hozza létre a síkmetszetet, tehát tartalmazza a metszeti idom valódi nagyságú felületét.

A 238. ábrán a metszősíkot első nyomvonala mentén fordítjuk az első képsíkra, majd ábrázoljuk. A szerkesztés rajzi kivitelezéséhez hozzátartozik, hogy az előlnézeten a metszeti idom szélességi méretei ($1''-4''$; $2''-3''$), a felülnézeten a mélységi méretei ($2'-6'$; $3'-5'$) egyenlőek a valódi nagysággal (239. ábra).

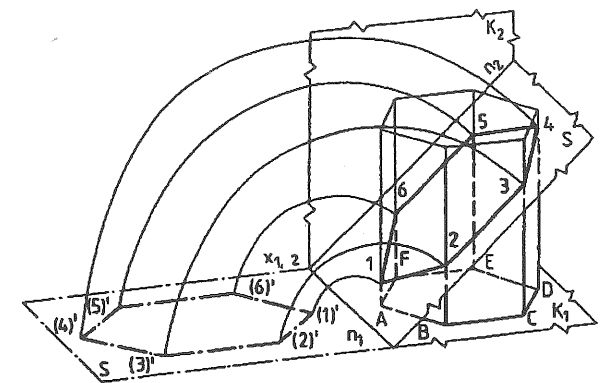
Befordításkor a második képet körívekkel az $x_{1,2}$ tengelyre vetítjük. Az így kapott ($1''...$) ill. a felülnézeten neki megfelelő ($1'...$) összetartozó pontjaiból húzott vetítőegyenesek metszéspontja a pont befordított képe (I). A befordított képen az oldalélek megfelelő sorrend szerinti összekötése a metszeti idom valódi nagyságát adja.

A 240. ábrán látható transzformáláson a metszősíkot második nyomvonala körül fordítjuk az előlnézet képsíkjába. A szemléltető képen látható, hogy a hasáb oldalélein keletkező metszéspontok a metszősík nyomvonalára merőleges köríveken fordulnak el.

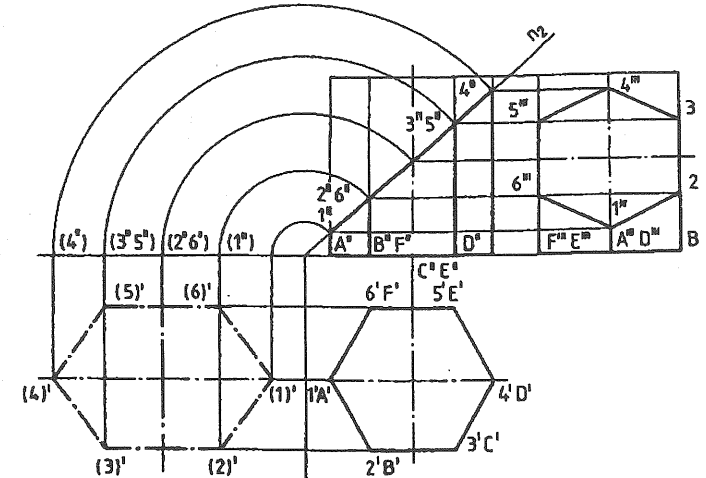
Minden metszéspontnál a körív sugara a pontnak a metszősík második nyomvonalától mért merőleges távolságával egyenlő. Ez a távolság minden pontnál megegyezik a pont felülnézeti képének $x_{1,2}$ tengelytől mért távolságával.

Egy pont első képének az $x_{1,2}$ tengelytől mért távolsága megegyezik a pont negyedik képének $x_{2,4}$ tengelytől mért távolságával (241. ábra).

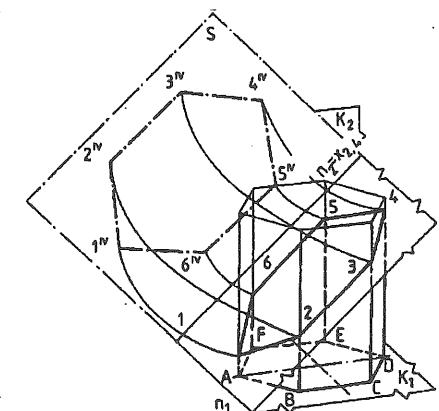
238. ábra



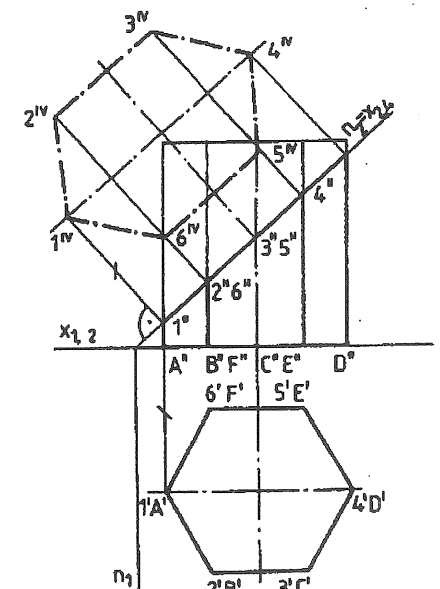
239. ábra



240. ábra



241. ábra



6. Síklapú testek síkmetszése, hálójaja, áthatása

Gyakorló feladat

Készítsük el a 242. ábra szerint

- az első képsíkon álló szabályos hatoldalú hasáb síkmetszését második vetítősíkkal,
- a metszeti idom valódi nagyságának meghatározását transzformációval és a
- hálójajot.

A szerkesztés lépései:

1. lépés:

- ábrázoljuk a hatoldalú hasábot két vetületével,
- berajzoljuk a metszősík nyomvonalait (n_1, n_2),
- jelöljük a hasáb metszősík alatti részének csúcspontjait (az alaplapját betűkkel, a zárólapját számokkal jelölve),
- az alaplap magasságában húzott szerkesztővonalra hatszor felmérjük a hatszög élhosszát,
- rajzilag hozzákötve megrajzoljuk a hasáb alaplapját.

2. lépés:

- megrajzoljuk a síkmetszésből származó metszeti idom valódi nagyságát transzformálással a negyedik képsíkon, jelöljük a csúcscsokot,
- kiszerkesztjük a hatoldalú hasáb teljes oldalpalástját, jelöljük az alaplappal kapcsolódó csúcscsokot.

3. lépés:

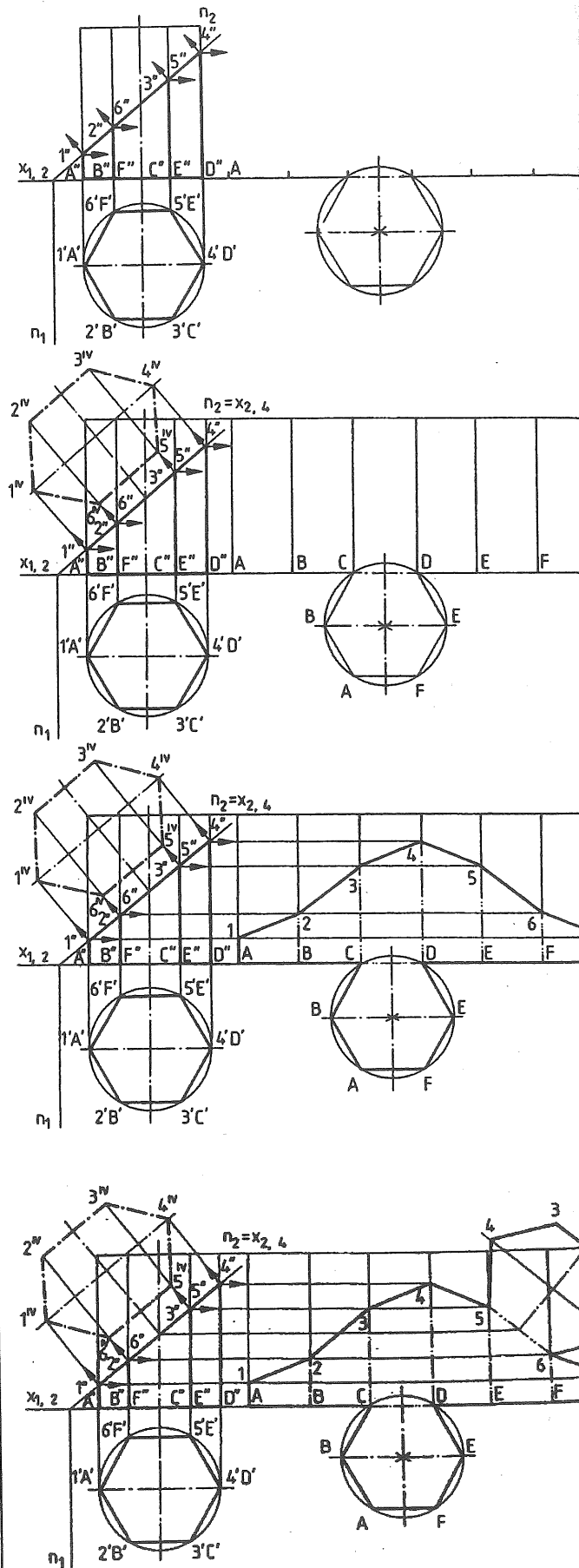
- a hatoldalú hasáb teljes palástjának hálójában megszerkesztjük a metszősík alatti hasábrész palástját, számozással jelöljük a csúcscsokot. Megfigyelhető, hogy a metszeti idom valódi nagyságának negyedik képsíkon mérhető élhosszai és a hálójaj megegyező jelölésű élhosszai azonos hosszúságúak.

4. lépés:

- a teljes hálójaj kiszerkesztésekor a fedőlap valamelyik oldalát a megfelelően számozott oldallap vonalszakaszához kapcsoljuk,
- válasszuk a leghosszabb 5-6 élhosszt a rajzi kapcsolás megvalósításához,
- mindig a metszeti idom valódi nagyságán a jelölt két pontból (5, 6) egy-egy ismeretlen pontot (1, 2, 3 és 4) körzőnyílásba veszünk, és a hálójajon a keresett pontokat kijelölő ívek metszései átírjuk a metszeti idom valódi nagyságát,
- majd az alaplapot is átírjuk a palást tetszőlegesen választott (C-D) oldalához.

A síkmetszési és hálójaj-készítési feladat lépései, valamint a metszeti idom palásthöz kötésének másolási módja bármilyen oldalszámú hasáb esetén értelemeszerűen követhető.

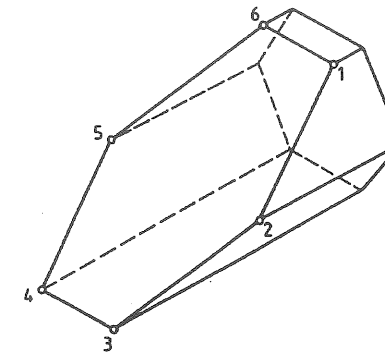
A 243-246. ábrán további gyakorló feladatokat látunk.



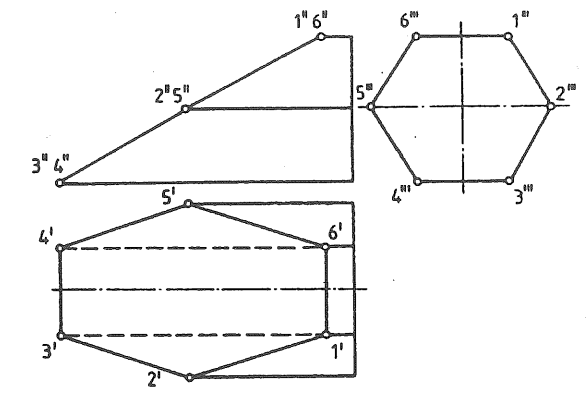
242. ábra

6. Síklapú testek síkmetszése, hálójaja, áthatása

Szemléltető kép

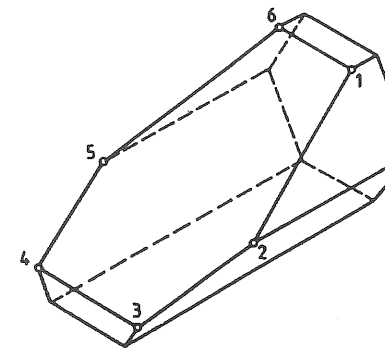


Vetületi kép

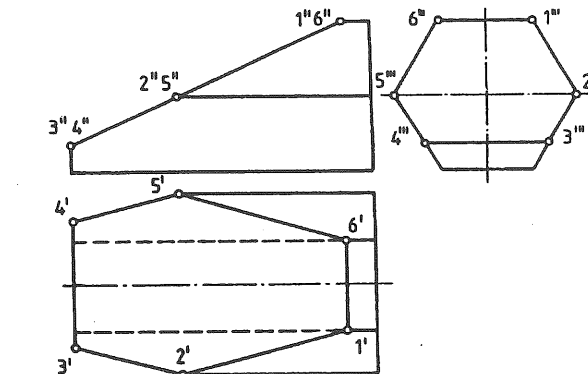


243. ábra

Szemléltető kép

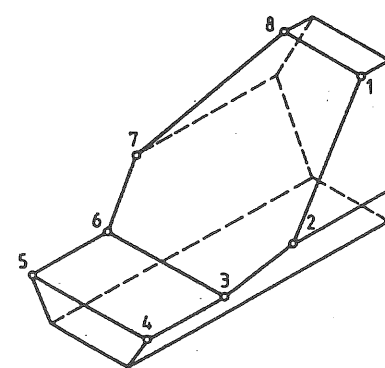


Vetületi kép

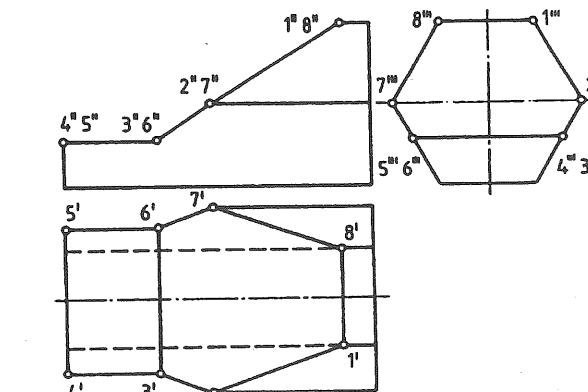


244. ábra

Szemléltető kép

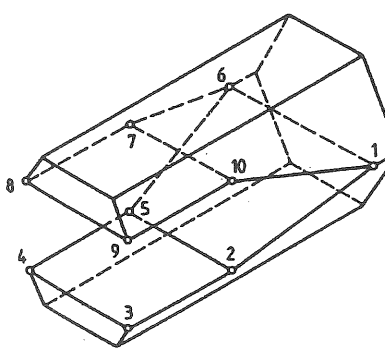


Vetületi kép

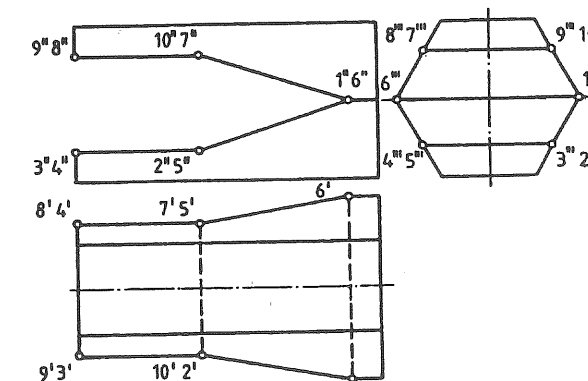


245. ábra

Szemléltető kép



Vetületi kép



246. ábra

6. Síklapú testek síkmetszése, hálójaja, áthatása

6.2.2. Gúla síkmetszése és hálójaja

Négyszögű gúla síkmetszése és hálójaja

Feladat (247. ábra):

- az első képsíkon álló négyszögű gúla síkmetszése második vetítősíkkal,
- a gúla metszősík alatti részének ábrázolása a három vetületen,
- a metszeti idom valódi nagyságának megszerkesztése transzformálással,
- hálójaja készítése.

A szerkesztés lépései:

1. A gúla és a metszősík nyomvonalainak felvétele.
2. A gúla oldalélei, ill. a metszősík nyomvonala metszéspontjainak meghatározása az előnézeten ($1''$, $2''$, $3''$, $4''$ pontok).
3. Az előző metszéspontok felül- és oldalnézetre vetítésével a metszeti idom vetületeinek megrajzolása.
4. A valódi nagyság megszerkesztése transzformálással a negyedik képsíkon.
5. A teljes gúla hálójájának megszerkesztése (a gúla oldalélinek $A''M''$ valódi hosszával).
6. A csonkolt gúla palástjának megszerkesztése a gúla valódi oldalhosszainak segítségével.
7. A metszeti idom és az alaplap valódi nagyságának kapcsolása a palásthöz.
8. Láthatóság szerinti kihúzás vastag folytonos és vékony kétpont vonallal.

Ötoldalú gúla síkmetszése és hálójaja

Feladat (248. ábra):

- az első képsíkon álló ötoldalú gúla síkmetszése második vetítősíkkal,
- a gúla metszősík alatti részének ábrázolása a három vetületen,
- a metszeti idom valódi nagyságának megszerkesztése transzformálással,
- hálójaja készítése.

Azért, hogy a felül- és oldalnézet, valamint a metszeti idom szimmetrikus legyen, célszerű az $A''M''$ oldalélt a felülnézeten vízszintesre venni.

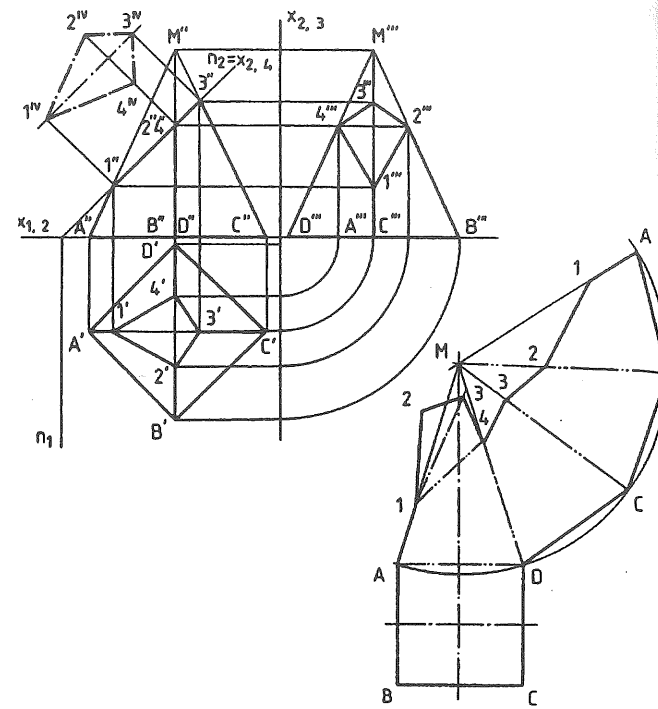
A szerkesztés lépései megegyeznek a négyszögű gúlánál tanultakkal.

Hatoldalú gúla síkmetszése és hálójaja

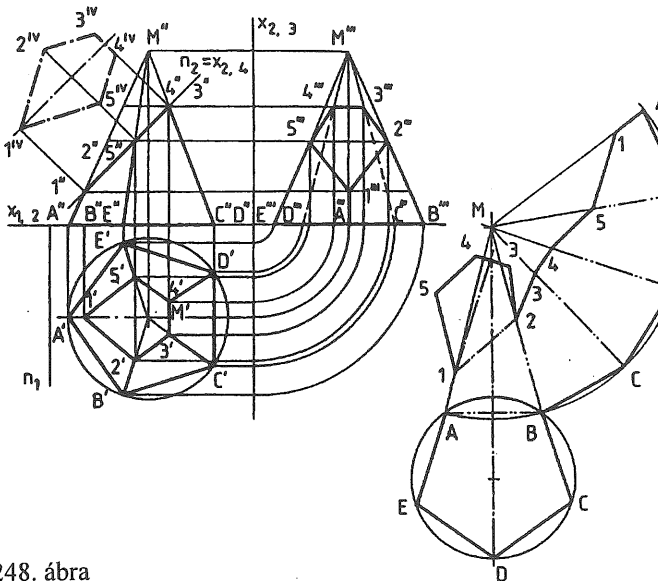
Feladat (249. ábra):

- az első képsíkon álló hatoldalú gúla síkmetszése második vetítősíkkal,
- a gúla metszősík alatti részének ábrázolása a három vetületen,
- a metszeti idom valódi nagyságának megszerkesztése transzformálással,
- hálójaja készítése.

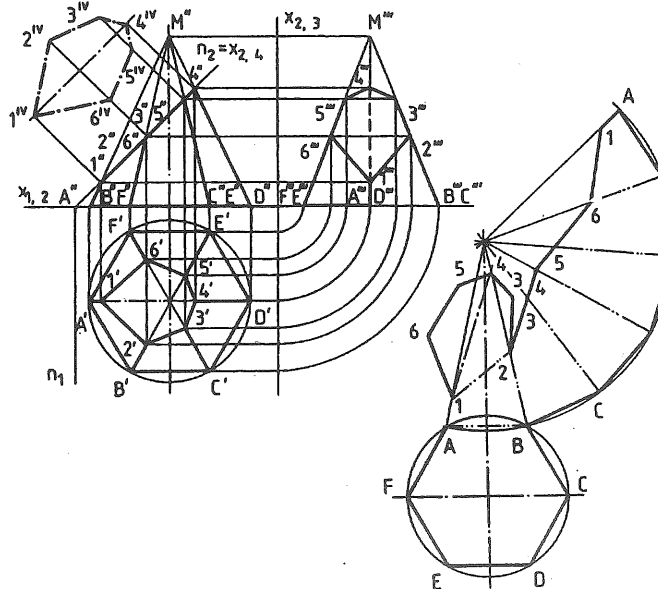
A szerkesztés lépései megegyeznek a négy- és ötoldalú gúlánál tanultakkal.



247. ábra



248. ábra



249. ábra

6. Síklapú testek síkmetszése, hálójaja, áthatása

6.3. Síklapú testek áthatása

Az eddig megismert szabályos egyszerű építőidomok a gyakorlatban nem önállóan, hanem egymáshoz kapcsolódva találhatók. Az ilyen testeket *összetett mértani testeknek* nevezzük. A különböző idomok oldallapjai egymást kölcsönösen metszhetik. Ezeket a metszéspontokat áthatási vonalnak és az *áthatási vonalak* együttesét a két idom *áthatásának* nevezzük.

A rajzi gyakorlatban az idomokat határoló felületek metszéspontjait, az áthatási vonalakat ábrázoljuk. Az áthatási vonal tehát a *két felület metszéspontja*, amely a két felület közös pontjaiból áll.

Az építőidomok alakjától függően az áthatás lehet:

- síklapú testek között,
- forgástestek között, valamint
- síklapú és forgástestek között.

Síklapú testek áthatásakor rendszerint mindkét test élei dőhetnek a másik test lapjait. A dőféspontokat egyenes szakasszal kötjük össze térbeli sorrendjüknek megfelelően, mivel ezek síkok metszéspontjai.

A síklapú testek áthatási vonala egyenes szakaszokból álló *zárt térbeli sokszög*. A sokszög csúcsai mindkét test áthatásában részt vevő élek dőféspontjai, a sokszög oldalai az áthatásban részt vevő lapok metszéspontjai.

Az áthatási vonal az áthatásban lévő mindkét test felületén rajta van.

6.3.1. Hasábok áthatása

A síklapú testek áthatását a *háromoldalú* és a *hatoldalú hasáb* áthatási vonalának megszerkesztésével kezdjük (250. ábra).

Jelöljük az áthatásban részt vevő élek dőféspontjait mindhárom vetületen, majd a dőféspontokat térbeli helyzetük szerint összekötve megrajzoljuk az áthatási vonalat.

6.3.2. Hasáb és gúla áthatása

A hasáb és gúla áthatási vonalának megszerkesztésére az előző szabályok érvényesek.

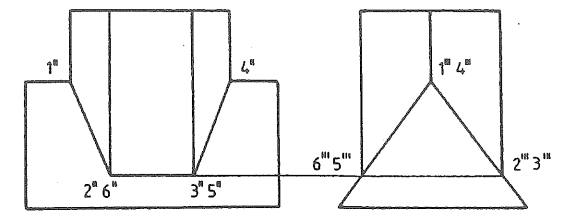
Az áthatási vonalat a dőféspontok térbeli helyzetük sorrendjének megfelelő összekötése útján kapjuk, amely szintén zárt térbeli sokszöget alkot.

A 251. ábrán *hatoldalú hasáb és négyzetes gúla* áthatása látható három vetületével és szemléltető képével.

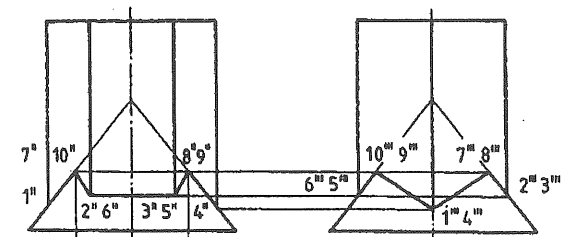
A dőféspontok az egyes vetületeken a felvételtől adódnak, térbeli sorrendiségük meghatározása után az áthatási vonal kirajzolható.

A *négyzetes hasáb* és a *négyzetes gúla* valamennyi dőféspontja az áthatási helyzet három vetületének kiszerkesztéséből nem adódik. A hasáb és a gúla valamennyi dőféspontja viszont rajta van azon a két négyzeten, amit az S_1 és S_2 síkok határoznak meg a gúla felületén 252. ábra.

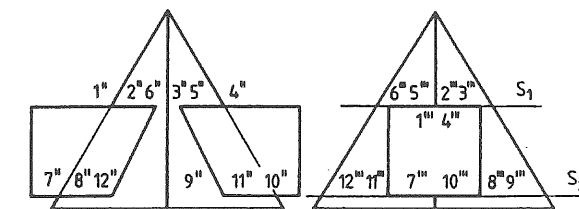
A dőféspontok ismeretében a térbeli helyzet szerint kirajzolható az áthatási vonal.



250. ábra



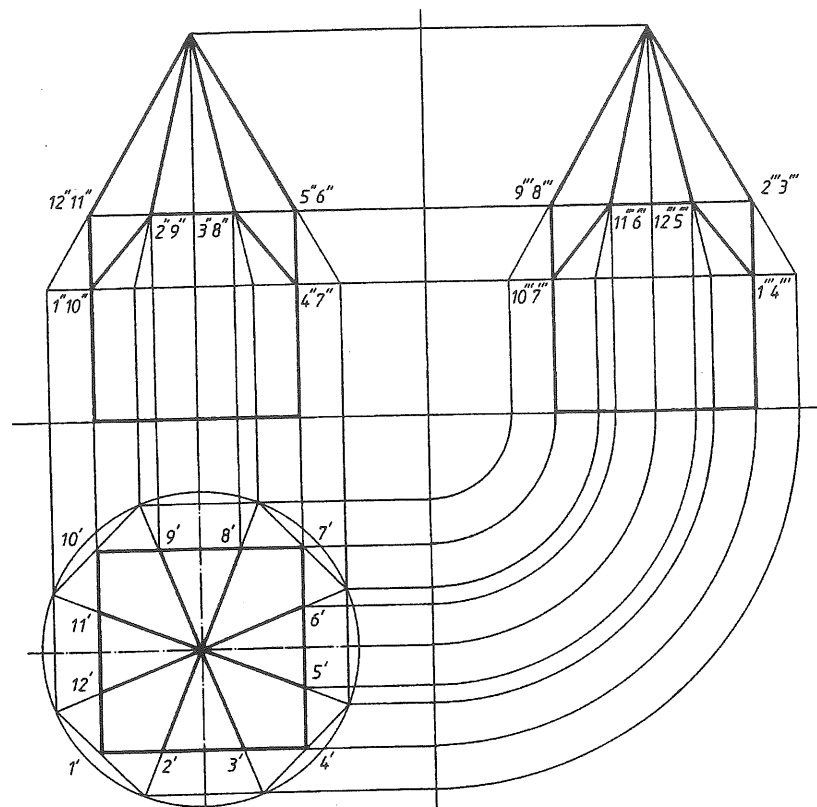
251. ábra



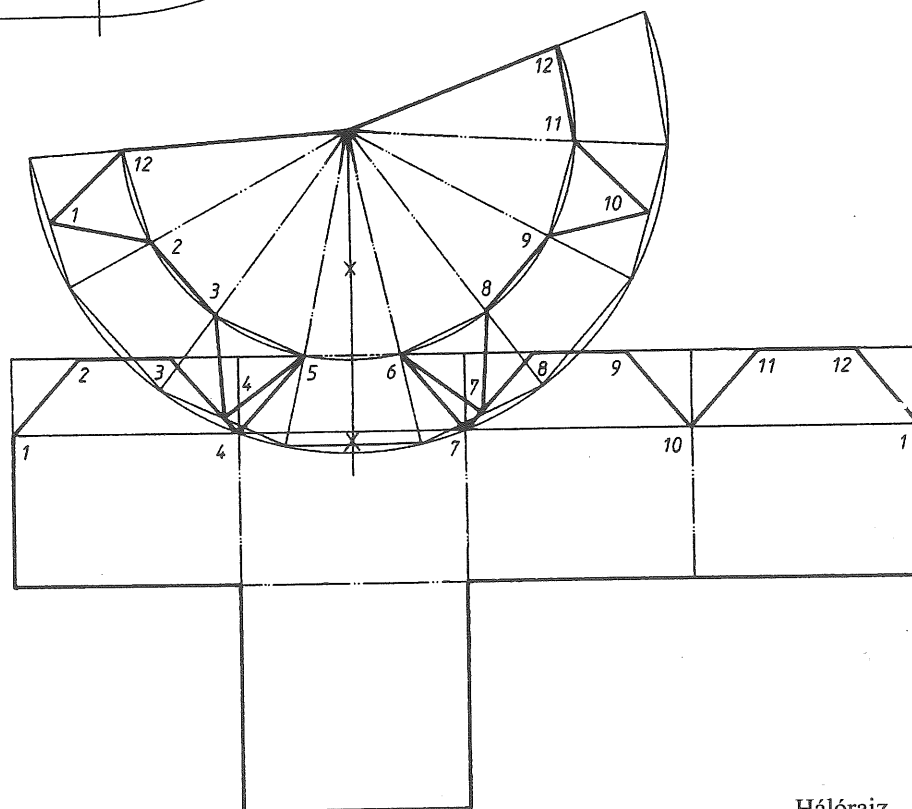
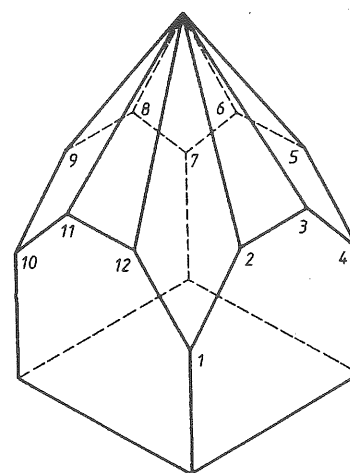
252. ábra

6. Síklapú testek síkmetszése, hálójaja, áthatása

Vetületi rajz



Egyméretű axonometria



Hálójaja

253. ábra

Gyakorló feladat

Készítsük el a 253. ábra szerinti négyoldalú hasáb és a nyolcszögű gúla áthatását három vetületével, egyméretű axonometrikus képével és hálójájával.

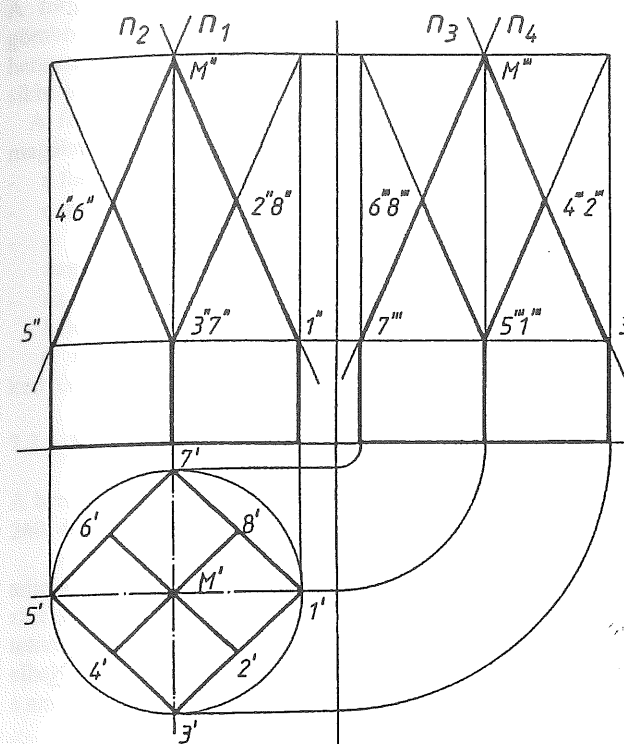
Ismétlő kérdések

1. Miért van szükség síklapú test és egyenes dőféspontja szerkesztésének ismeretére?
2. Milyen sikkal célszerű metszenünk a síklapú testeket?
3. Hogyan ábrázoljuk a metszősíkot a képsík rendszerben?

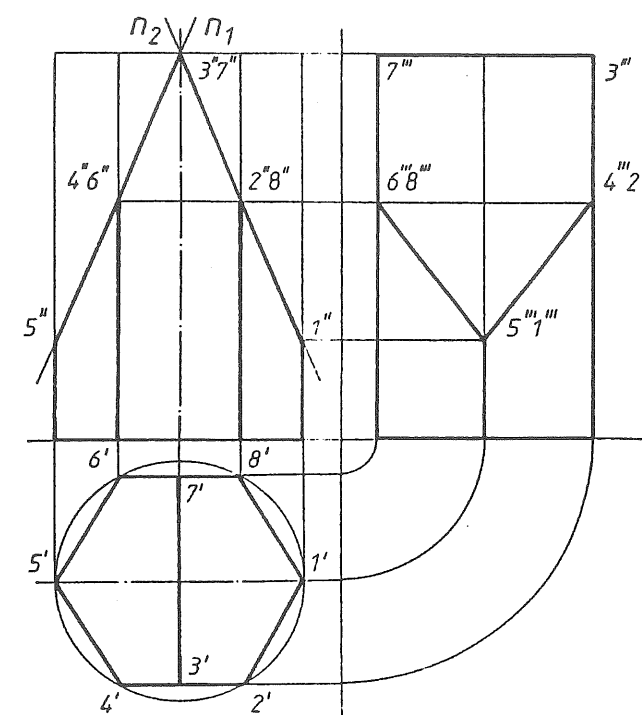
4. Milyen síkidomokból rakható össze a teljes hatoldalú hasáb hálójaja?
5. Milyen síkidomokból rakható össze a teljes ötoldalú gúla hálójaja?
6. Hogyan szerkeszthető meg a metszeti idom valódi nagysága?

Mintarajz

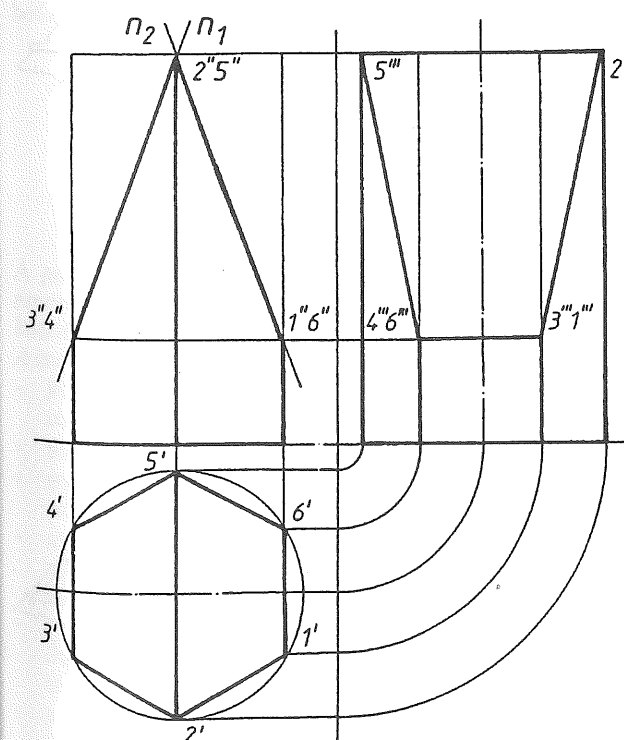
1



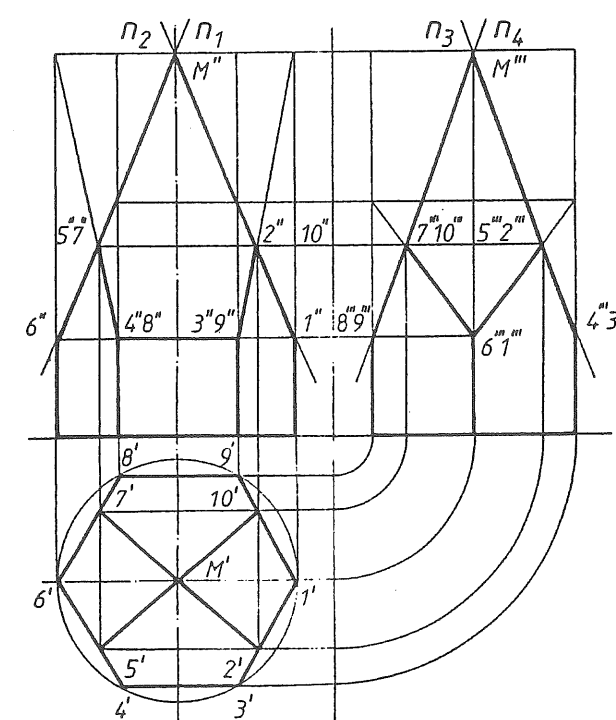
2



3



4



254. ábra

7. Forgástestek síkmetszése, hálójaja, áthatása

7. Forgástestek síkmetszése, hálójaja, áthatása

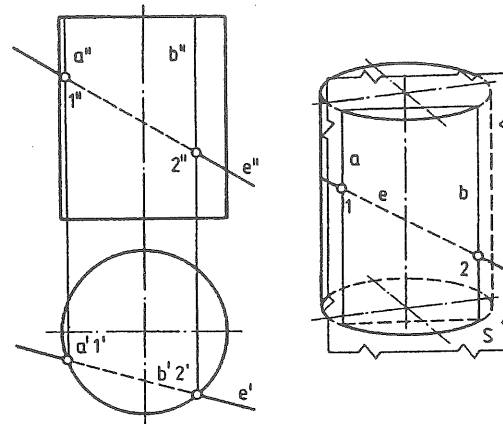
7.1. Forgástestek dőfése egyenessel

A síklapú testekhez hasonlóan a forgástestek és egyenes dőfspont-szerkesztését is meg kell ismernünk, hogy a síkmetszési és áthatási szerkesztéseket eredményesen elvégezhessük.

7.1.1. Henger dőfése egyenessel

A 255. ábra henger egyenessel való dőfését mutatja szemléltető képével és két vetületével. A szemléltető képen jól látható, hogy az e egyenes egy első vetítősíkban helyezkedik el. A vetítősík a henger felületét az a és b alkotókban metszi. Ezeken az alkotókon helyezkedik el az egyenes 1 és 2 dőfspontja.

255. ábra

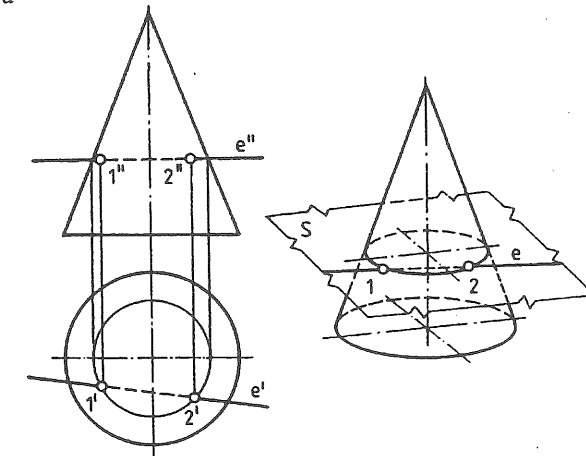


7.1.2. Kúp dőfése egyenessel

A kúpnak egyenessel való dőfését az egyszerűbb szerkesztés érdekében az alaplappal párhuzamos e egyenessel végezzük (256. ábra).

A szemléltető képen jól látható, hogy az e egyenest egy vízszintes segédsík egyeneseként foghatjuk fel. A vízszintes segédsík a kúpot az alaplapjával párhuzamosan vágja el, ami a kúp palástján egy kört ad. Az így keletkező körnek az e egyenessel alkotott metszéspontja lesz a keresett két dőfspont. Az előlnézeten és a felülnézeten ez a szerkesztés látható. A vízszintes segédsík előlnézete egyenes szakasz, amely metszi a kúp alkotóit. A metszéspontokat a felülnézetre levetítve, megrajzolható a képzeletbeli síkmetszésből származó kör. A körnek az e egyenessel alkotott két metszéspontja a felülnézeten megszerkeszthető és visszavetíthető az előlnézetre (1 és 2 pont).

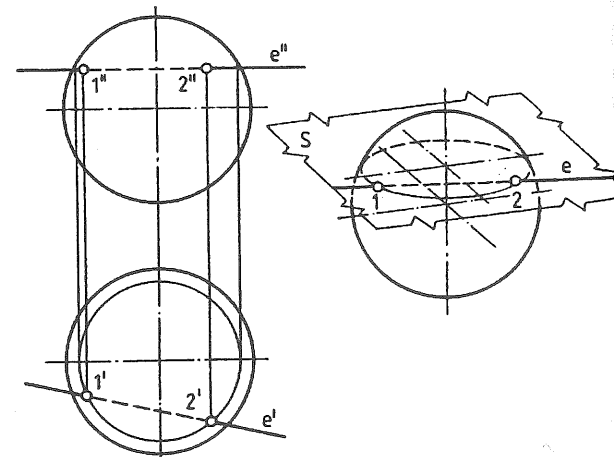
256. ábra



7.1.3. Gömb dőfése egyenessel

A gömb egyenessel való dőfését szintén egy első képsíkkal párhuzamos egyenessel végezzük (257. ábra). A szerkesztés menete hasonlít a kúp egyenessel való dőfése szerkesztéséhez. Ha a gömböt a felülnézeti képsíkjával párhuzamos síkkal metsszük, szintén kört kapunk a gömb felületén, aminek felülnézete is kör. E körnek az e egyenessel alkotott metszéspontjai a keresett dőfspontok.

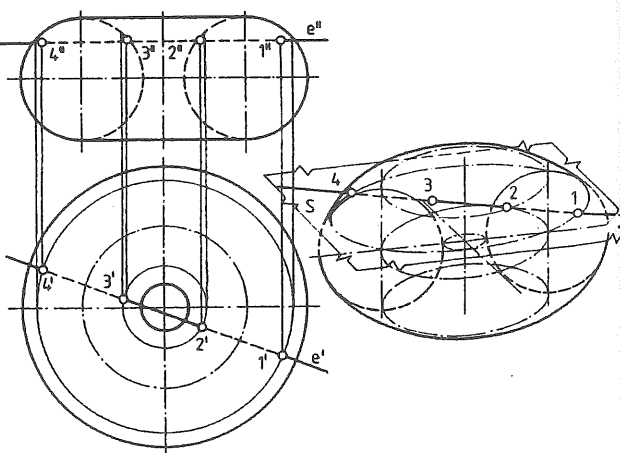
257. ábra



7.1.4. Körgyűrűfelület dőfése egyenessel

A körgyűrűfelület dőfését szintén az első képsíkkal párhuzamos egyenessel végezzük (258. ábra). A körgyűrűfelület - az e egyenest is tartalmazó - vízszintes segédsíkkal alkotott metszészonalain helyezkednek el a keresett 1 , 2 , 3 és 4 dőfspontok.

258. ábra



7. Forgástestek síkmetszése, hálójaja, áthatása

7.2. Forgástestek síkmetszése és hálójaja

A forgástestek síkmetszését a hengerre, a kúpra, a gömbre és a körgyűrűfelületre, a hálójajot csak a hengerre és a kúpra - mint egyszerű szerkesztéssel síkba teríthető forgástestekre - készítettük el.

A forgástestek síkmetszése és hálójaj szerkesztése magában foglalja:

- a forgástest ábrázolását,
- a metszősík jelölését,
- a síkmetszésből származó felület valódi nagyságának megszerkesztését,
- az eredeti és a síkmetszésből származó idom hálójájának kiszerkesztését.

A síkmetszéseket az egyszerűbb értelmezhetőség kedvéért második vetítősíkkal végezzük.

7.2.1. Henger síkmetszése és hálójaja

A henger síkmetszését második vetítősíkkal a 259. és a 260. ábrán láthatjuk.

A henger forgástest, felületén nincsenek élek, amelyet a metszősík elvághatna, megadva ezzel a szerkesztés kiindulópontját. Ezért a henger felületén tetszőleges számú, lehetőleg szimmetrikus elhelyezkedésű alkotót jelölünk ki, ezekkel végezzük el a szerkesztést hasonlóan, mint a hasáb esetén.

A 259. ábrán a hengert második vetítősíkkal metsztük el. A metszeti idom ellipszis, amelynek felülnézete megegyezik az alaplap vetületével.

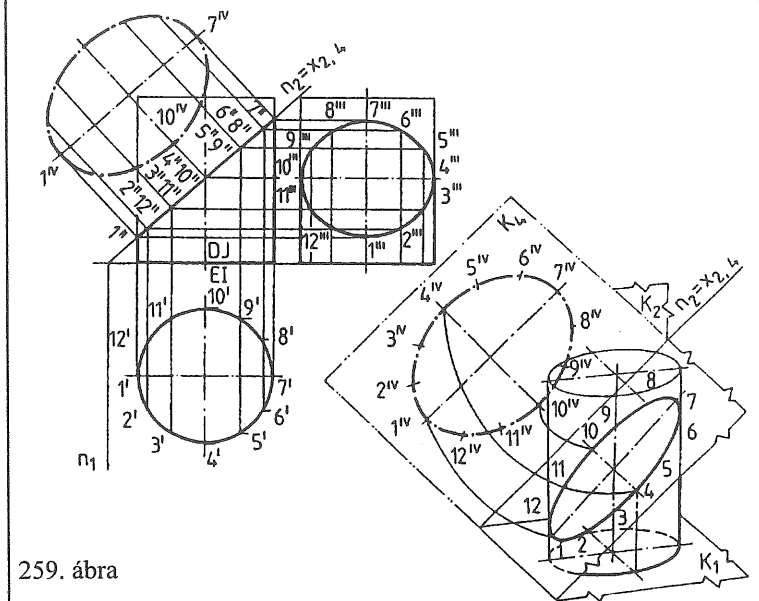
Kijelölünk a henger palástján 12 alkotót. Az alkotók előlnézete metszésbe kerül a metszősík második nyomvonalával. A jelölt metszéspontok transzformálásával megszerkeszthető az ellipszis mint a metszeti idom valódi nagysága.

A 260. ábra szintén a henger síkmetszését mutatja második vetítősíkkal, de a metszeti idom valódi nagyságának megszerkesztése itt az első képsíkba való befordítással jön létre.

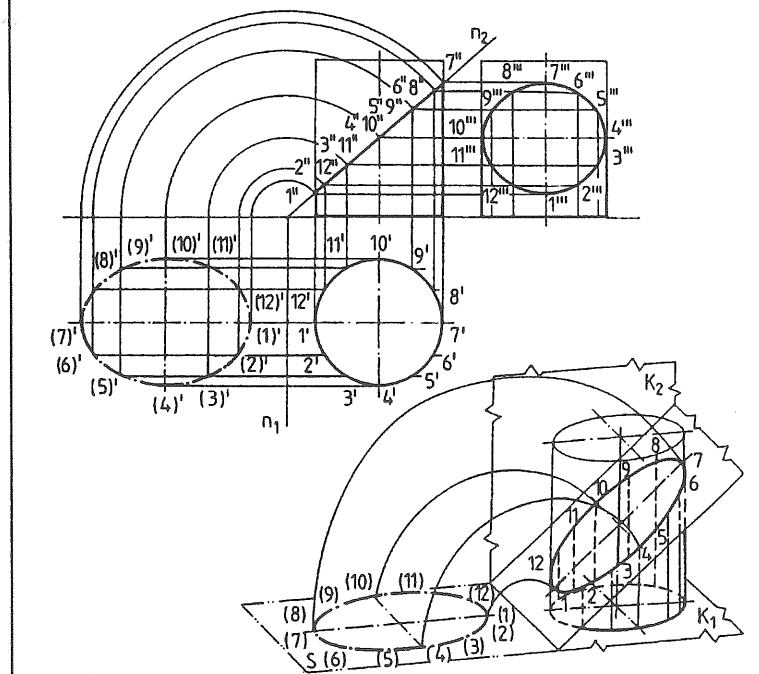
A palástkiterítési és a teljes hálójajot a 261. ábra szerint a henger alaplapjával azonos magasságban készíthetjük el.

A szerkesztés lépései:

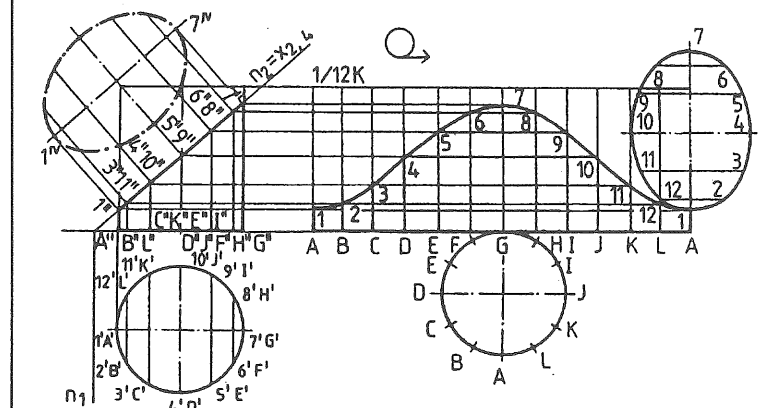
- körzőnyílásba vesszük a henger kerületének $1/12$ részét,
- felmérjük a szerkesztés alapvonalára $12 \times$,
- megrajzoljuk a henger alkotóit, lezárjuk a kiterített palástot a henger eredeti testmagasságánál,
- az alapvonalal párhuzamosan átvetítjük a megfelelő alkotókra a síkmetszésből származó metszéspontokat,
- az így kapott metszéspontokat görbe vonallal összekötve, megkapjuk a henger metszősík alatti részének palástját,
- a kiszerkesztett palásthöz hozzákapsoljuk az alaplapot és a metszeti idom valódi nagyságát.



259. ábra



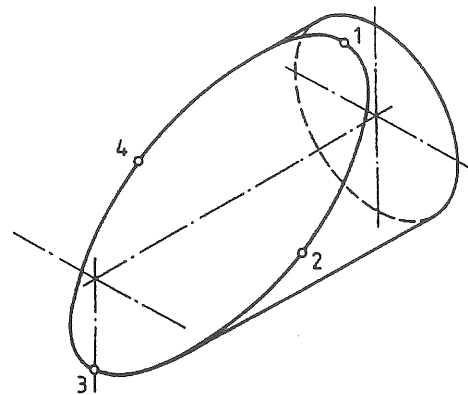
260. ábra



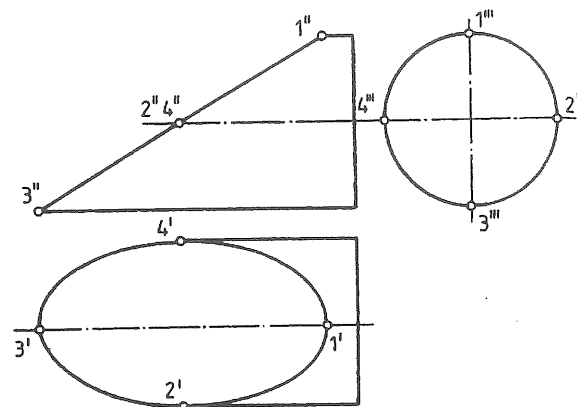
261. ábra

7. Forgástestek síkmetszése, hálójaja, áthatása

Szemléltető kép

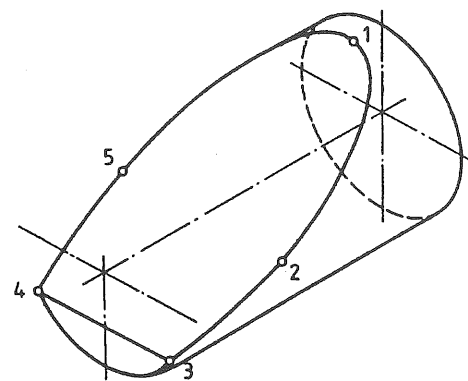


Vetületi kép

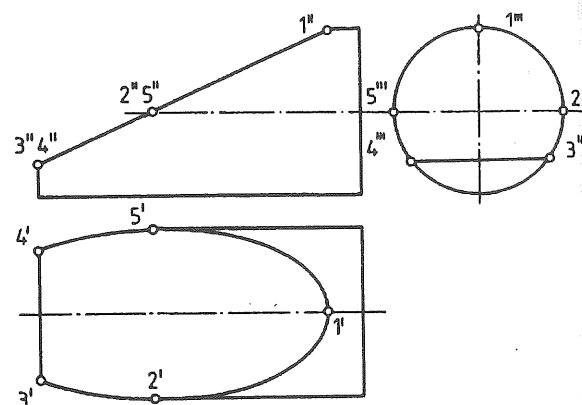


262. ábra

Szemléltető kép

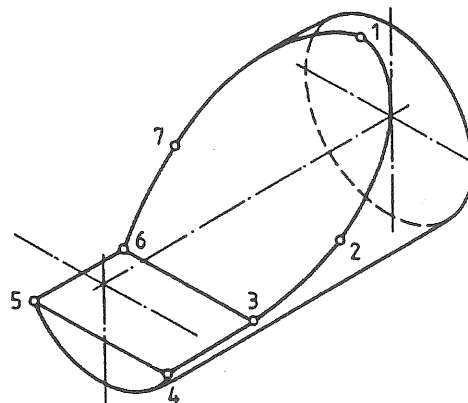


Vetületi kép

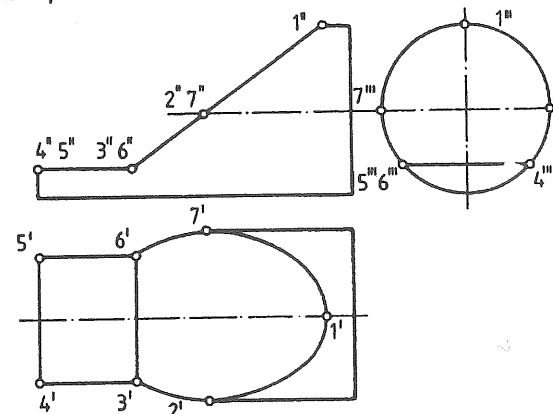


263. ábra

Szemléltető kép

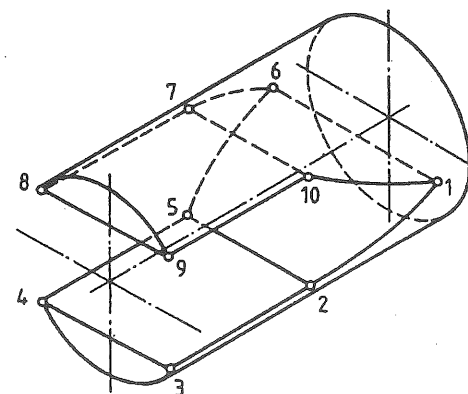


Vetületi kép

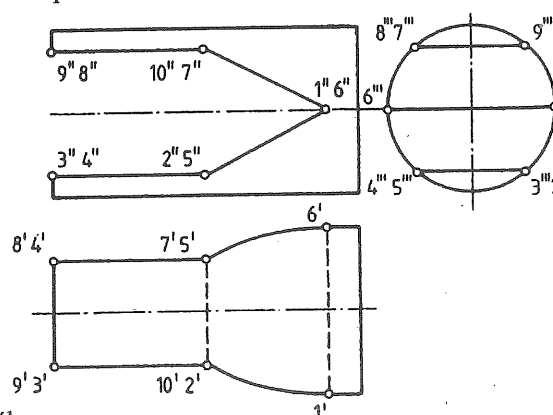


264. ábra

Szemléltető kép



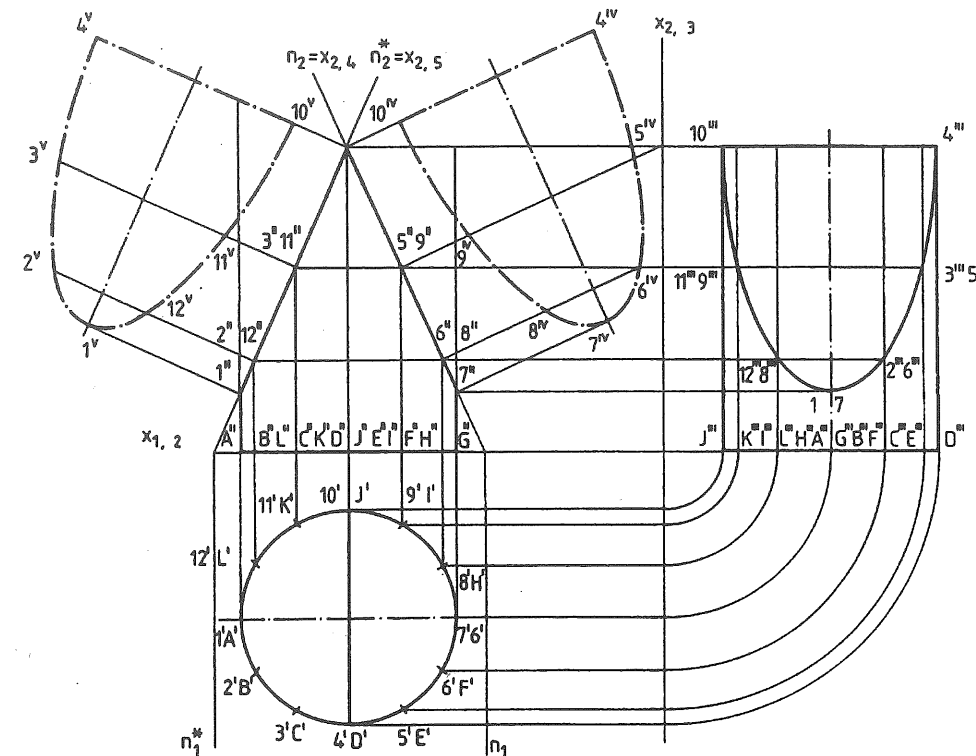
Vetületi kép



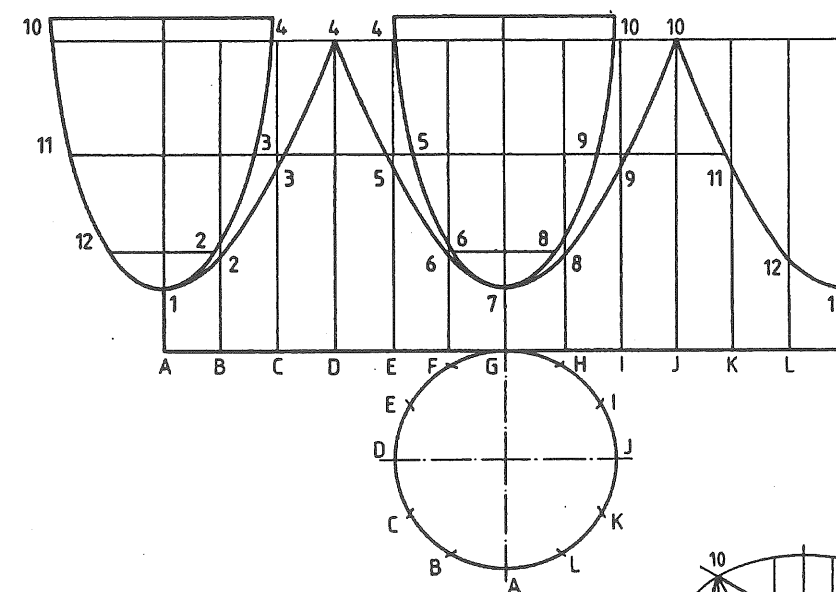
265. ábra

7. Forgástestek síkmetszése, hálójaja, áthatása

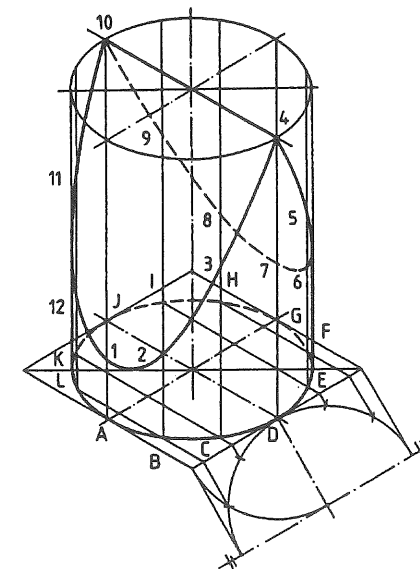
Vetületi rajz a metszeti idom valódi nagyságának kiszerkesztésével



A csomkolt henger teljes hálójaja



A csomkolt henger egyméretű axonometrikus képe



266. ábra

Gyakorló feladat

A 262-265. ábrán gyakorló feladatokat látunk henger síkmetszésére.

Készítsük el a 266. ábra alapján a henger síkmetszésének (n_1 , n_2) vetületi ábrázolását, szerkesszük meg a metszeti idom valódi nagyságát és a teljes hálójajot!

Ábrázoljuk a síkmetszett hengert egyméretű axonometriában!

8. Ipari formák nézeti ábrázolása

8.1. Összetett mértani test fogalma

Az eddigi gondolatot követve, az *összetett mértani test* kialakítása olyan, hogy szerkezetében felismerhető az a tagoltság, amelynek segítségével elemei - mint építőidomok - visszavezethetők az ismert mértani testek síkmetszéssel vagy áthatással kialakított darabjaira.

Összetett mértani testekhez (alakzatokhoz) az építőidomok ismeretében eljuthatunk:

1. összerakó vagy felépítő eljárással és
2. lebontó eljárással.

Az *összerakó* vagy *felépítő eljárás*nál az összetett alakzatot elemeiből, építőidomaiból állítjuk össze.

A 286. ábrán szemléltető képével látható összetett mértani test befoglaló méreteit megfigyelve, csonkolt kocka. A szemléltető kép alatt látható, hogy milyen építőidomokból és ezek milyen csatlakozásával hozható létre az összetett mértani test.

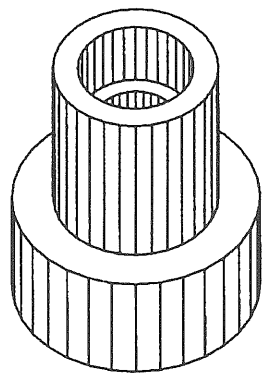
A kocka csonkolásával származtatott mértani test látható a 215. ábrán is.

Mai szóhasználattal szokás ezt *robbantott ábrának* nevezni, összhangban a kezelési, szerelési utasítások szemléltető ábráinak elnevezésével.

A 287. ábrán az előző csonkolt kockát látjuk, a befoglaló forma - a kocka - *lebontó eljárással* való kialakításával. Az ábrán jól látható, hogy a kockából milyen szabályos elemek eltávolításával jutunk az összetett tömör mértani testhez.

Üreges test elemzésekor az üreget anyag nélküli mértani testnek tekintjük. Ha az üreg összetett mértani test, akkor azt az előzőekhez hasonlóan elemeire bonthatjuk.

AutoCAD programmal készített szemléltető kép:



A 288. ábra üreges forgástest származtatását mutatja, bemutató

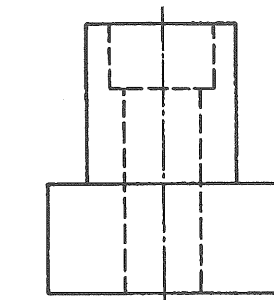
- az üreges forgástest vetületi rajzát,
- az üreges forgástest szemléltető rajzát,
- az üreges forgástest külső építőelemeit,
- az üreges forgástest belső építőelemeit.

Az összetett mértani testek és az azokat felépítő idomok tanulmányozása során végezhetünk:

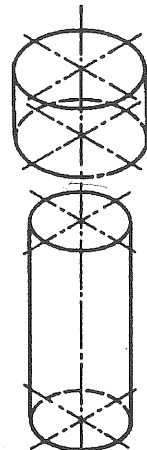
- felületelemzést és
- idomelemzést,

attól függően, hogy az elkészítési műveletek és technológia melyiket indokolja. Felületelemzés például a forgácsolt munkadarabokon indokolt, idomelemzéssel pedig a hegesztett munkadarabok felépítéséhez szükséges elemek alakját határozzuk meg.

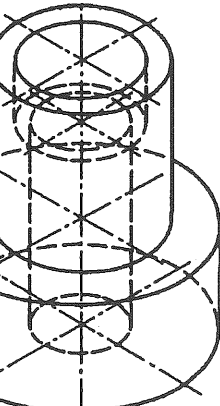
288. ábra



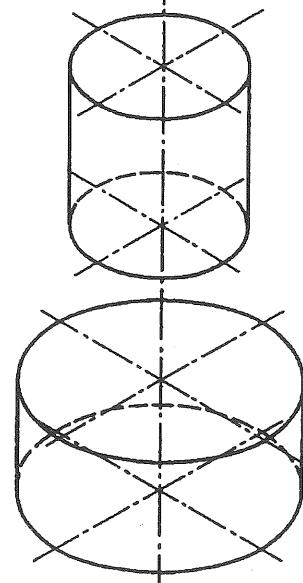
Belső építőelemek



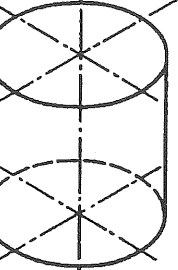
Henger



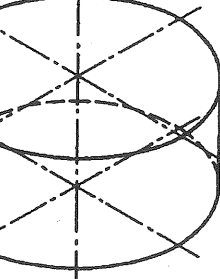
Henger



Külső építőelemek



Henger



Henger

8. Ipari formák nézeti ábrázolása

8.1.1. Felületelemzés

Gyakorlati tevékenységünk során - amikor munkadarabot kell készítenünk vetületi rajzai alapján - nélkülözhetetlen, hogy gondolatban a bonyolultnak tűnő ipari formát szétbontsuk építőelemeire, hogy megvizsgáljuk egyes felületeit és a felületek által takart idomokat. Szükséges ezt elvégeznünk elsősorban azért, hogy a vetületi rajzok elvontságát feloldva, a magunk számára elképzelhető legyen a munkadarab, annak egyes felületeit és idomdarabjait el tudjuk különíteni egymástól, mivel eltérő megmunkálási technológiát alkalmazunk a felületek elkészítése során.

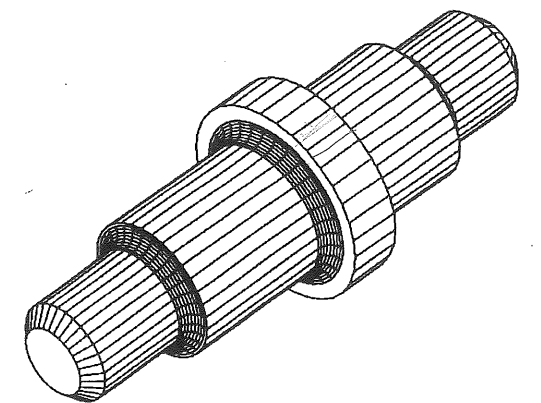
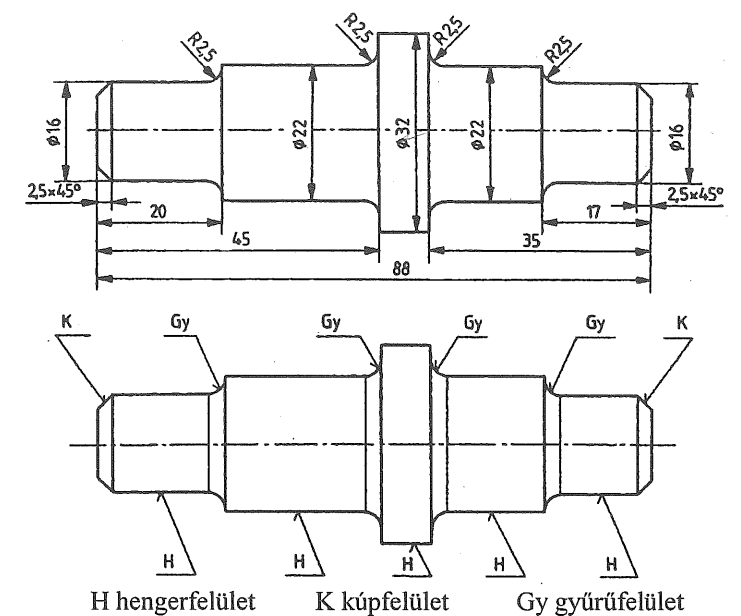
Az elkészítendő munkadarabokat rendszerint egyszerű vagy összetett sík és görbe felületek határolják. A sík vagy görbe felületekkel határolt formák rendszerint lebonthatók egyszerű geometriai felületekre, ill. felületekkel lehatárolt testekre, ún. építőidomokra.

Az *építőidomok* felületeinek határolása lehet:

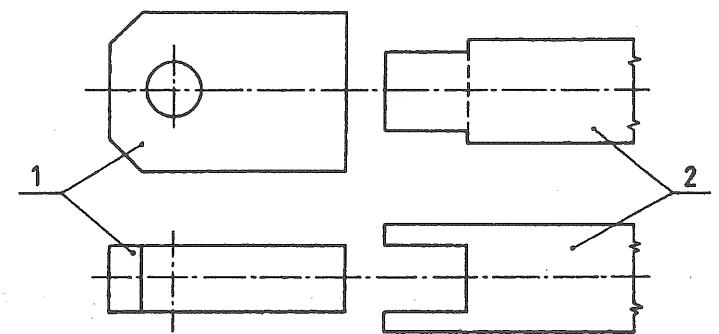
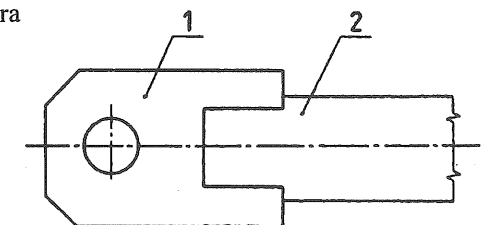
- vetítési síkba eső határolóvonal (kontúr) és jól felismerhető, éles metsződés, látható él (a vetületi rajzon A típusú, vastag folytonos vonallal rajzoljuk meg),
- gömbölyített vagy tompított, nem éles metsződés (a vetületi rajzon B típusú, vékony folytonos ún. tagoló vonallal rajzoljuk meg, és nem éri el a kontúrt),
- sima átmenetű csatlakozás, pl. közös tengelyű gyűrűfelület és henger vagy kúpfelület törésmentes csatlakozása, vagy az egymásra merőleges felületek közötti hengerszalagnak az érintősíkhöz való csatlakozása. (Ezt a csatlakozást a géprajz nem jelöli.) A 289. ábra tengely vetületi rajzát mutatja, majd az ábra kiegészítéseként tartalmazza azt a *felületelemzést*, amit forgácsolt alkatrészek készítése során minden szakembernek el kell végeznie.

A felületelemek típusát (sík, henger, kúp, gyűrű) rajzaikon jelölhetjük:

- színessel,
- betűjelzéssel,
- eltérő felületi vonalkázással.



289. ábra



290. ábra

8.1.2. Idomelemzés

Az idomelemzés a tárgy alakját meghatározó építőelemek felismerését és különválasztását jelenti. A 290. ábrán két alkatrészből (1 furatos lemez; 2 szár) összeállított egyszerű szerkezetet láthatunk

a) hegesztési kötés elkészítéséhez beállított helyzetben,

b) a szerkezetet felépítő idomok legyártás utáni különválasztásával.

Vizsgáljuk meg a rajzi feldolgozás lépéseit:

1. Adott a gépkatrész méreteivel.
2. Szétbontjuk képzeletben, megvizsgáljuk felületeit és építőidomait.
3. Felépítjük az elemekből a kész formát.
4. Megszerkesztjük vetületeit.
5. Elkészítjük a méretmegadást (291. ábra).

8. Ipari formák nézeti ábrázolása

8.2. Különböző nézeti képek egymáshoz rendelése

A testek geometriai ábrázolásában a vetületek egymáshoz rendelését a képsík nyomvonalak felrajzolása és a pontok képeinek azonos jelölése egyértelművé teszi.

Ez az ábrázolási mód a gondolati műveletek eredményeit rögzíti. Tervezéskor - meglévő vagy közvetlenül megtekinthető tárgy hiányában - ezt a gondolatmenetet kell követni.

Meglévő - kézbe vehető - testek ábrázolásakor azonban a vetületek egymáshoz rendelésének szabályai helyettesíthetők a test látható képei alapján szerzett tapasztalatokkal. Így a harmadik kép szerkesztése helyett mondható, hogy a test oldalirányból nézve látott képét rajzoljuk meg. Ezt a harmadik képet megrajzolhatjuk úgy is, hogy a testet az előlnézeti képen látható helyzetéből függőleges éle körül 90° -kal elgördítjük, és ebben a helyzetben látható képét rajzoljuk meg *balnézetként*. A balnézet ilyen képzéséhez hasonlóan bal irányba gördítéssel a *jobbnézetet* rajzolhatjuk meg, vagy vízszintes él mentén felfelé gördítve az *alulnézetet*. Ha pedig a testet valamelyik oldalnézeti helyzetéből függőleges tengely körül tovább gördítjük, akkor a hátulnézethez jutunk (292-293. ábra).

Az így képzett vetületek közös jellemzője, hogy a test függőleges élei, tengelyei - ahol egyáltalán megmutathatók - függőlegesnek látszanak. Ezért ezt a nálunk, ill. Európában használt vetület elhelyezést *függőlegestartó európai nézetrendnek* nevezzük.

8.2.1. Nézetrend

Az előlnézeten, a felülnézeten és a balnézeten (294. ábra) kívül a testek egyértelmű ábrázolásának megvalósítására képezhetünk jobbnézetet, alulnézetet és hátulnézetet.

A nézetek képzési iránya és megnevezése:

- a irányú nézet: *előlnézet (főnézet)*,
- b irányú nézet: *felülnézet*,
- c irányú nézet: *balnézet*,
- d irányú nézet: *jobbnézet*,
- e irányú nézet: *alulnézet*,
- f irányú nézet: *hátulnézet*.

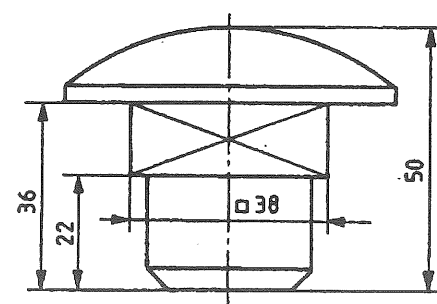
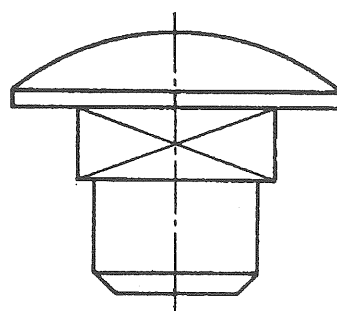
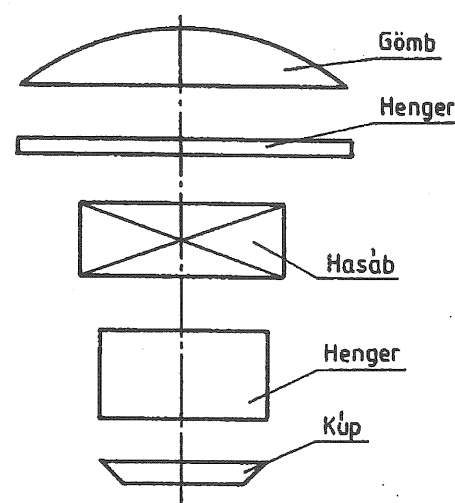
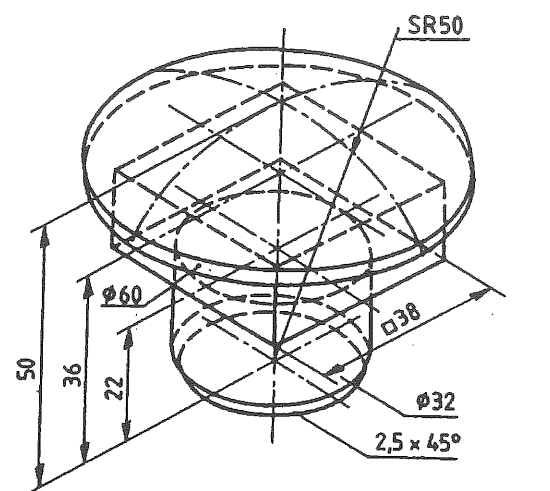
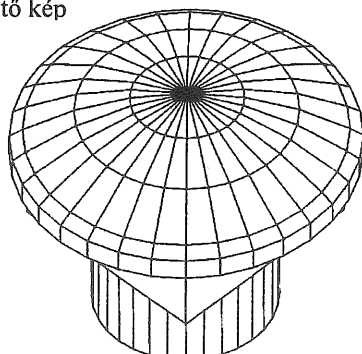
A vetületek egymáshoz viszonyított elhelyezését a nézetrend határozza meg.

A nézetek elhelyezésére kétféle merőleges vetítési mód van:

- európai vetítési mód (E),
- amerikai vetítési mód (A).

Mindkét vetítési mód azonos értékű, de arra ügyelni kell, hogy egy tárgy vagy munkadarab összes azonos, ill. különböző méretarányú vetületét azonos vetítési mód szerint képezzük.

Szemléltető kép

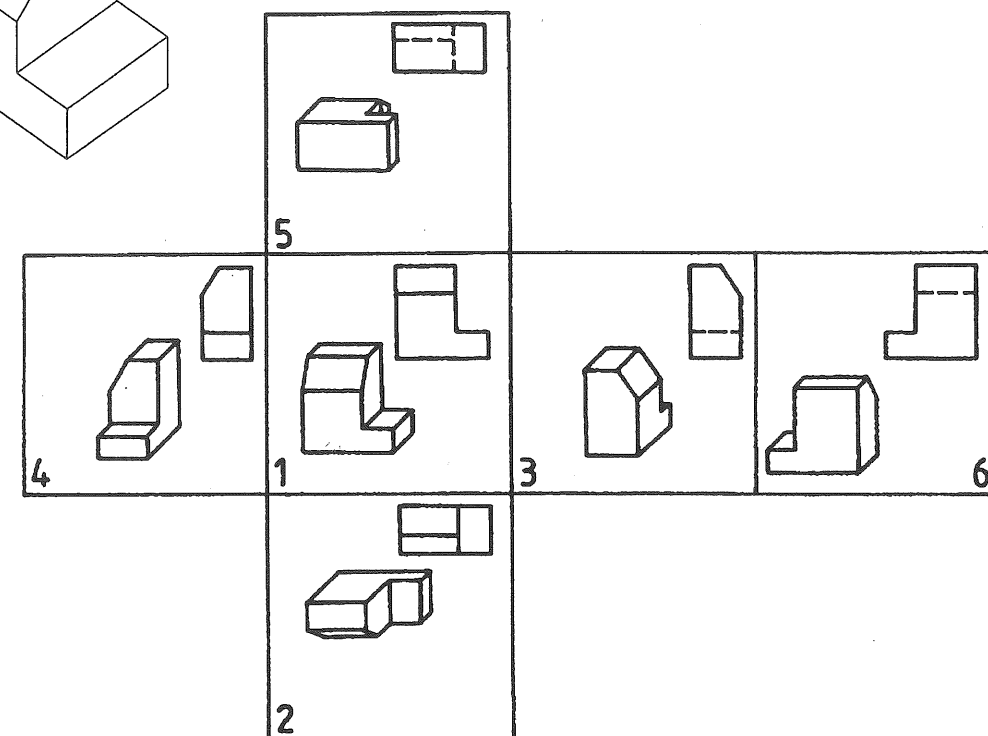
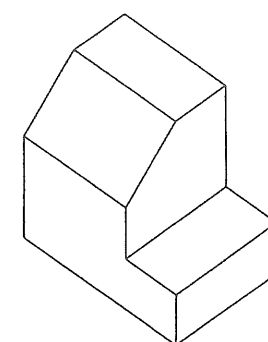


291. ábra

8. Ipari formák nézeti ábrázolása

Európai nézetrend

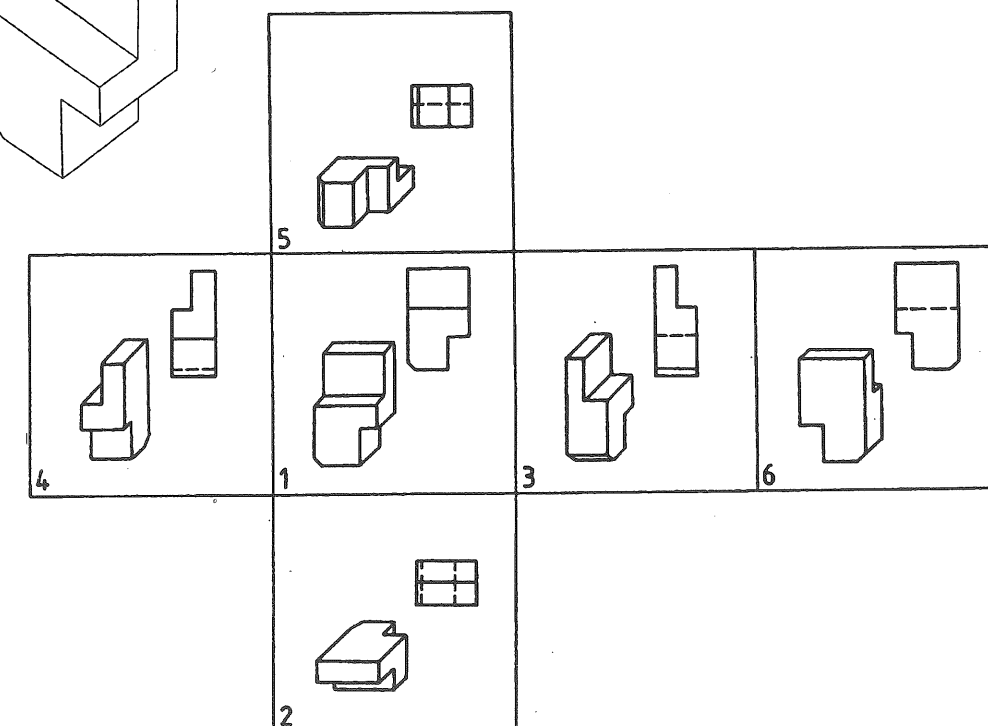
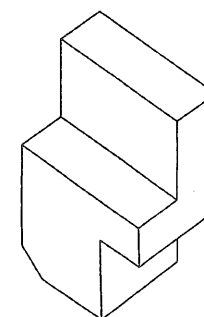
Szemléltető kép



292. ábra

Amerikai nézetrend

Szemléltető kép



293. ábra

8. Ipari formák nézeti ábrázolása

8.2.2. Az európai vetítési mód nézetrendje

Az előlnézethez (a) mint főábrához viszonyítva a többi nézetet a következők szerint kell elhelyezni (295. ábra):

- a felülnézetet (b) az előlnézet alatt,
- a bal oldali nézetet (c) az előlnézettől jobbra,
- a jobb oldali nézetet (d) az előlnézettől balra,
- az alulnézetet (e) az előlnézet felett,
- a hátulnézetet (f) az oldalnézettől balra vagy jobbra, tetszés szerint.

8.2.3. Az amerikai vetítési mód nézetrendje

Az előlnézethez (a) viszonyítva a többi nézetet a következők szerint kell elhelyezni (296. ábra):

- a felülnézetet (b) az előlnézet felett,
- a bal oldali nézetet (c) az előlnézettől balra,
- a jobb oldali nézetet (d) az előlnézettől jobbra,
- az alulnézetet (e) az előlnézet alatt,
- a hátulnézetet (f) az oldalnézettől balra vagy jobbra, tetszés szerint.

8.3. Üreges alkatrészek metszeti ábrázolása

Az eddigiek alapján egy összetett mértani test külső felületén lévő részlet alkalmasan választott vetületen nézetben megmutatható, így a szaggatott vonalú ábrázolás elkerülhető.

A test belsejében lévő részletek azonban továbbra is eltakart részletek maradnak, és így általában csak szaggatott vonallal ábrázolhatók. A szaggatott vonalak használatának elkerülésére speciális ábrázolási módot, az ún. *metszeti ábrázolást* kellett bevezetni.

A belső részletek szaggatott vonalú megrajzolása helyett a gyakorlat egyszerűbb rajzolási módra törekszik oly módon, hogy az ábrázolt testet a belső részen keresztülhaladó síkkal képzeletben elmetstsi. A metszősík és a szemünk közé eső részt eltávolítva képzeletben a metszősík mögött maradó rész nézetét rajzoljuk meg úgy, hogy a metszősíkkal képzeletben átmetszett felületet a vetületen vonalkázással megkülönböztetjük a ténylegesen látható felületektől. Az ilyen belső részletek megmutatására alkalmas ábrázolást metszetnek nevezzük.

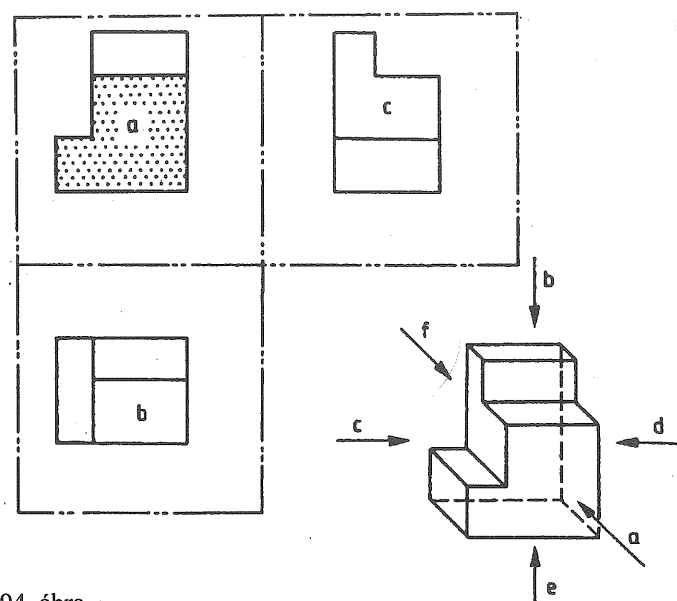
A 297-298. ábra üreges forgástest metszeti rajzának származtatását szemlélteti. Az ábrák tartalmazzák

- az üreges forgástest nézeti rajzát,
- az üreges forgástest szemléltető rajzát,
- az üreges forgástest metszetképzésének szemléltető rajzát,
- az üreges forgástest méretezett metszeti vetületét.

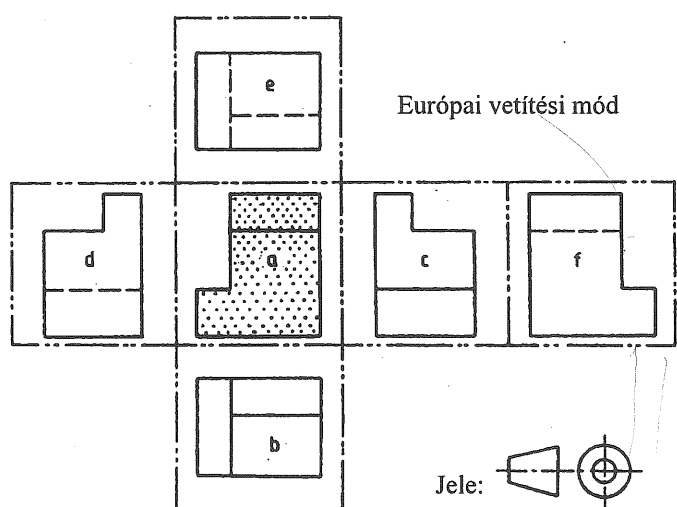
Gyakorló feladatok

A 299-302. ábrán gyakorló feladatok láthatók fejes csavart, csavaranyákat utánzó származtatott formák nézeti, ill. metszeti ábrázolására, nézeteinek rajzi elemzéséhez.

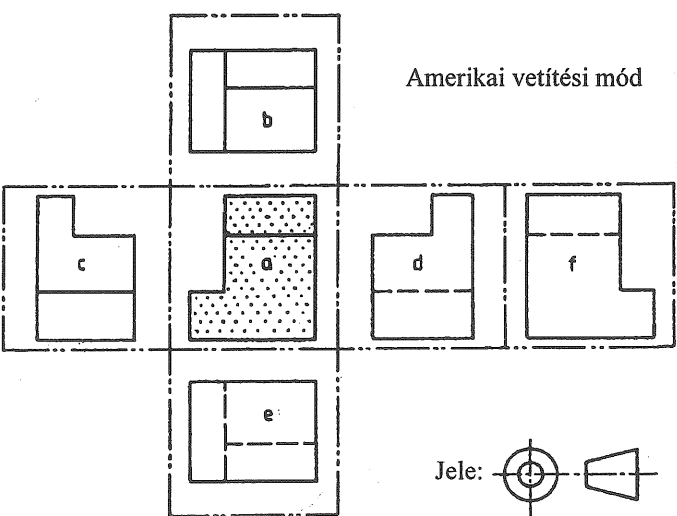
Az ábrák a szemléltető bemutatás mellett tartalmazzák a nézeti rajzokat gyakorlási szándékkal - két, ill. három vetület feltüntetésével - az ábrázoló geometriai, a műszaki és a metszeti ábrázolás szabályainak megfelelően.



294. ábra



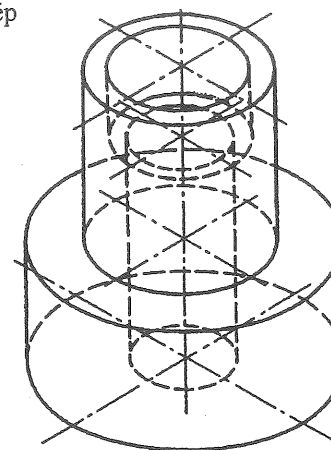
295. ábra



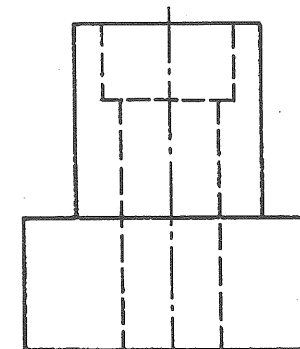
296. ábra

8. Ipari formák nézeti ábrázolása

Szemléltető kép

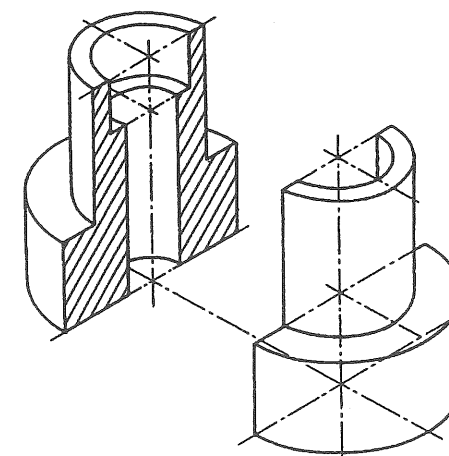


Vetületi kép szaggatott vonalakkal

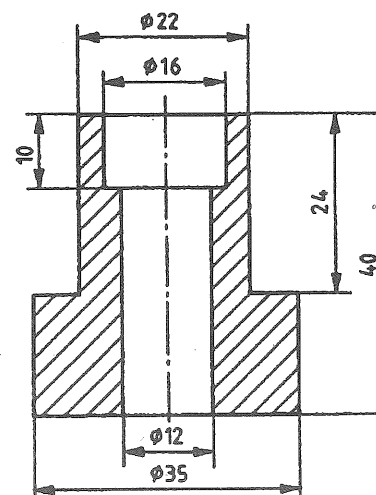


A metszet képzésének szemléltető képe

297. ábra

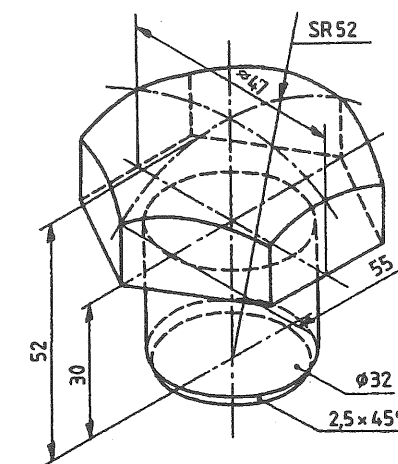


Méretezett metszeti vetület

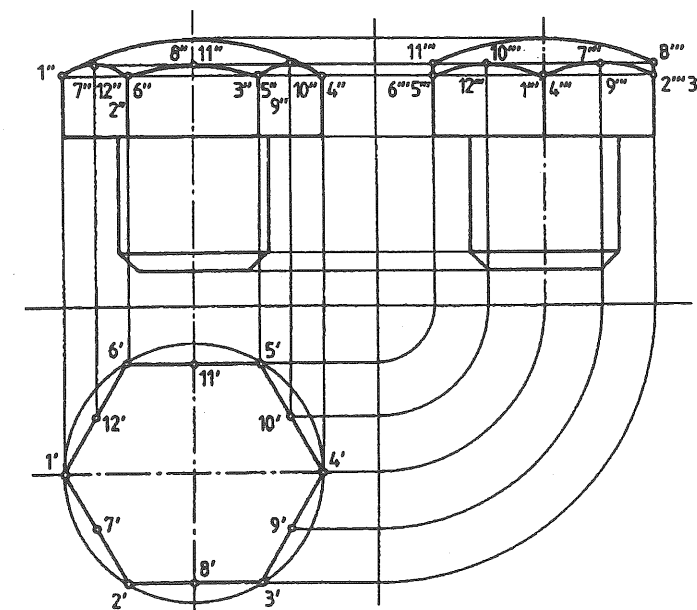


298. ábra

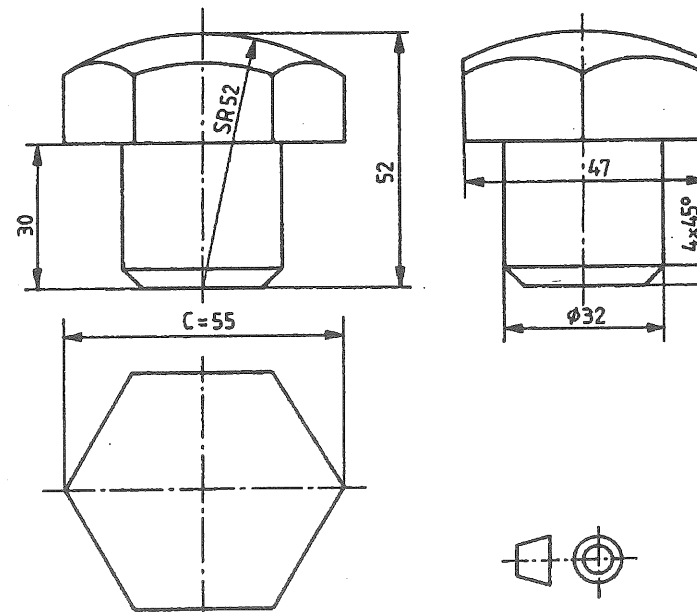
Méretezett szemléltető kép



Vetületi kép vetítővonalakkal



Vetületi kép mérethálózattal



299. ábra

9. Nézeti ábrázolás, ábrázolási különlegességek

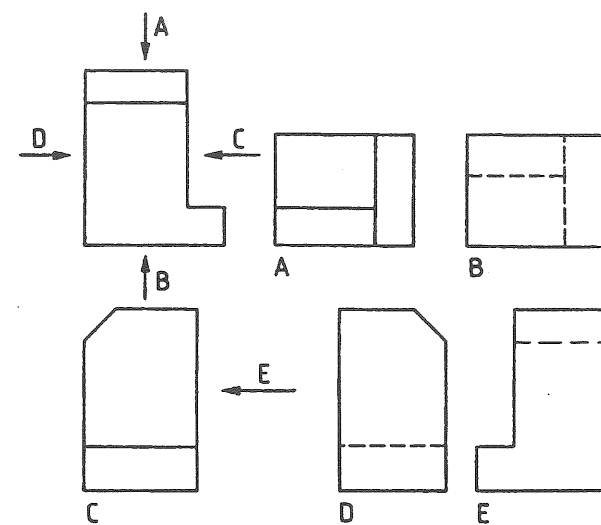
9. Nézeti ábrázolás, ábrázolási különlegességek

9.1. Nézetek elhelyezése az európai és amerikai vetítési módtól eltérően

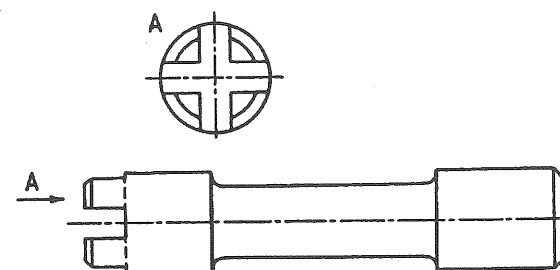
A szabványos nézetrendek közös jellemzője az, hogy az előnézetet tekintjük főábrának, és a vetületet úgy helyezzük el, hogy a főábrán felismerhető függőleges irány az oldalnézeteken és a hátulnézeteken is függőlegesnek látszódjék. Ezt kell egyéb vetület-rendezésnél is betartani.

Ha az európai és az amerikai vetítési mód alkalmazása nem lehetséges (pl. helyszűke miatt), vagy nem előnyös, akkor a nézési irányt mutató nyilak feltüntetésével a nézetek tetszés szerint elhelyezhetők (304. ábra).

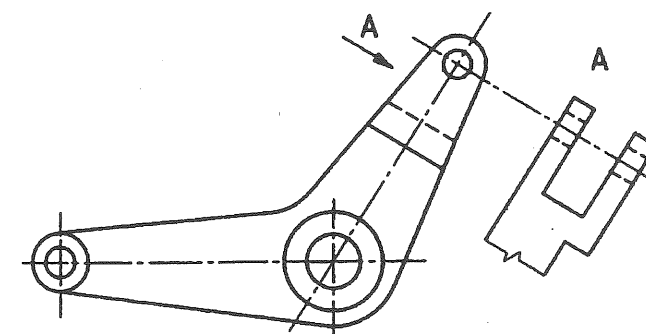
Az így azonosított nézeteket a főnézettől függetlenül elhelyezhetjük el. A nézeteket azonosító nagybetűket közvetlenül a nézetrajz alá vagy fölé lehet írni, de egy rajzon belül mindig azonos módon. Az így készített rajzon az európai vagy az amerikai vetítési mód egyezményes megkülönböztető jelképeit nem szükséges feltüntetni.



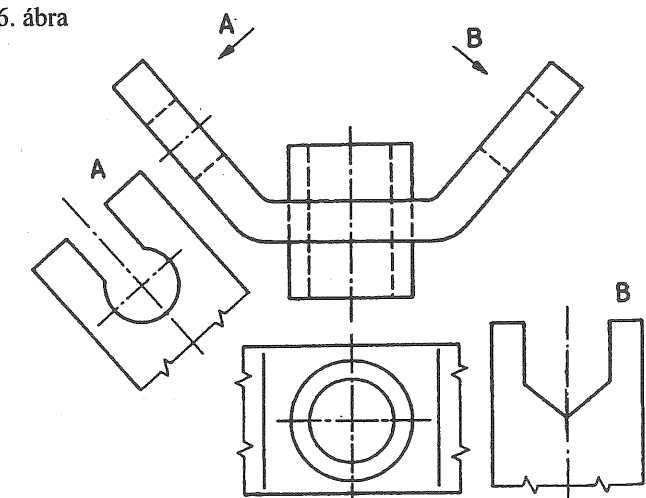
304. ábra



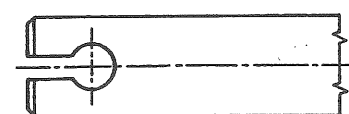
305. ábra



306. ábra



307. ábra



308. ábra

9.2. Különleges (a nézetrendtől eltérő) nézetek

Az európai nézetrend szerint megrajzolt viszonylag hosszú főábra vége és a hozzá kapcsolt oldalnézet összetartozó részletei egymástól távol vannak, így nehezen tekinthetők át. Ezért célszerű lehet az oldalnézetet a nézési iránynak megfelelően a főábra megfelelő részének közelében elhelyezni. Az oldalnézet azonosítására betűjelet kell használni (305. ábra).

Ha a nézetrendekben felsorolt nézetektől (előnézet, felülnézet, balnézet stb.) eltérő nézetre van szükség, akkor az ábra a nézési irányt mutató nyíllal és azonosító betűvel azonosítható az előzőekben tanultak szerint. Ezt az ábrázolási módot alkalmazzuk ferde helyzetű részleteket tartalmazó tárgyak ábrázolásakor (306. ábra).

A villás kialakítás mérethelyesen olyan ferde segéd képsíkon ábrázolható, amely a megmutatni kívánt felülettel párhuzamos. Ezt a résznézetet a vetítés irányában kell elhelyezni, nyílazott vonallal és betűjellel jelölni kell.

Ez a megoldás akkor is, amikor a ferde részletet elcsúsztatva vagy elfordítva ábrázoljuk a főábrához viszonyítva (307. ábra).

9.3. Résznézetek (részletek)

Résznézetről akkor beszélünk, ha a teljes nézetnek csak egy részét rajzoljuk meg, és a semmitmondó, új információt nem tartalmazó részét elhagyjuk.

A résznézetet folytonos vékony, szabadkézi törésvonallal vagy folytonos vékony egyenes törésvonallal kell határolni (308. ábra)

9. Nézeti ábrázolás, ábrázolási különlegességek

9.4. Törésvonallal megszakított ábrázolás

Hosszú tárgyakat, általában rúd alakú testeket (tengely, cső, hengeres rúd stb.), ha rajtuk hosszabb szakaszon semmilyen kialakítási részletet nem kell megmutatni, akkor az eddig tanultak szerint megrajzolni célszerűtlen. Ezeket a tárgyakat ábrázolhatjuk úgy, hogy a tárgy semmitmondó részeit elhagyjuk, és csak azokat a részeit rajzoljuk meg, amelyek a meghatározáshoz szükségesek.

A tárgy kitört részeit elhagyva, a megmaradt részeket szorosan egymás mellett kell ábrázolni. Ezeket az ábrázolt tárgyrészeket vékony szabadkézi vagy egyenes törésvonallal határoljuk (309. ábra).

9.5. Szimmetrikus tárgyak részábrázolása (félvetület, negyedvetület)

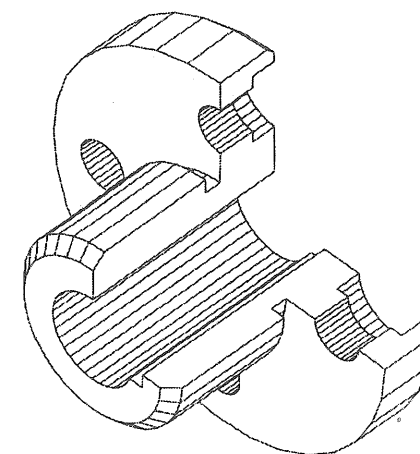
A tárgy vetületének (nézetének, metszetének) szimmetrikusságát általában a szimmetriatengellyel jelöljük. A tengelyvonalakat vékony pontvonallal a vetület, ill. szimmetrikus részlet kontúrján túl húzva kell megrajzolni.

A szimmetrikus vetületnek (idő- és helymegtakarítás érdekében) szabad csak egy részét - a felét vagy a negyedét - ábrázolni (310. és 311. ábra). Ezekben az esetekben a szimmetriavonalat a két végén rá merőleges irányú két-két rövid párhuzamos vékony vonallal kell jelölni (312. ábra).

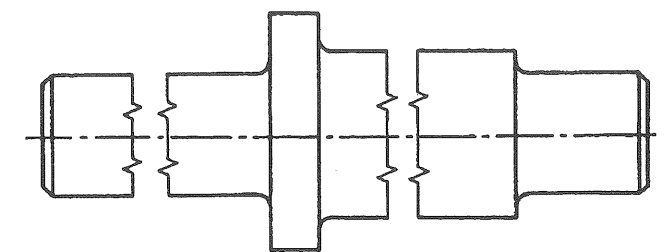
A rövid párhuzamos vonalak elhagyhatók abban az esetben, ha a tárgy körvonalai egy kissé túlnyúlnak a szimmetriavonalon (313. ábra). Ezt a megoldást alkalmazzuk akkor is, ha a tárgy szimmetriavonalát vastag folytonos vonal (pl. látható él) fedi, és ilyenkor a középvonalat fedő nézetvonal közelében törésvonalat is rajzolunk.

9.6. Helyi nézetek

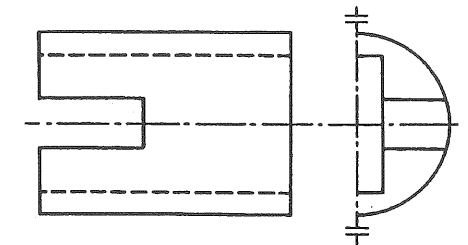
Ha egy vetület valamelyik részlete miatt nem egyértelmű, akkor meg kell adni a kérdéses részlet helyi nézetét egy újabb teljes vetület ábrázolása helyett.



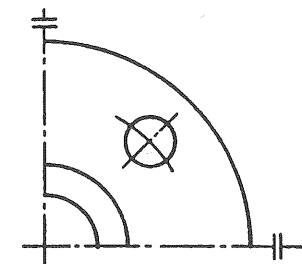
A helyi nézet az amerikai vetítési mód szerint készül, függetlenül az adott vetítési módtól. A helyi nézeteket folytonos vastag vonallal kell rajzolni és a főnézethez középvonallal kell hozzákapcsolni (314. és 315. ábra).



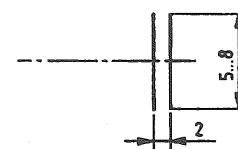
309. ábra



310. ábra

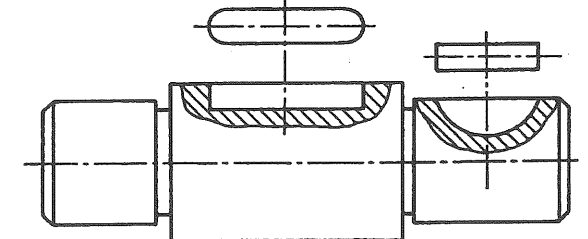


311. ábra

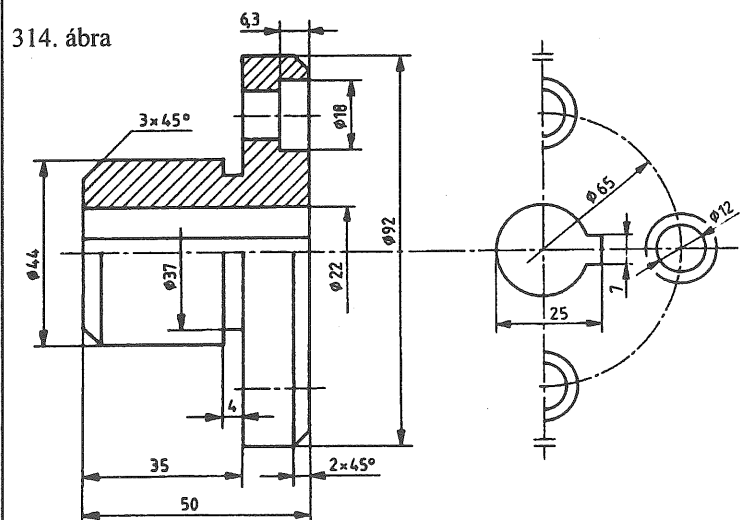


312. ábra

313. ábra



314. ábra



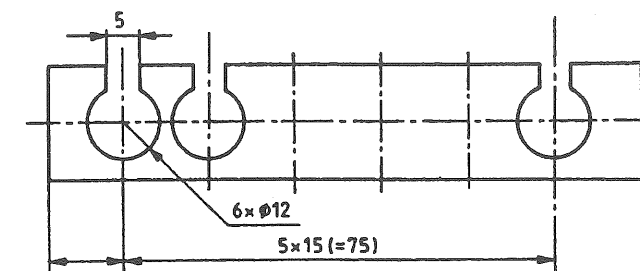
315. ábra

9. Nézeti ábrázolás, ábrázolási különlegességek

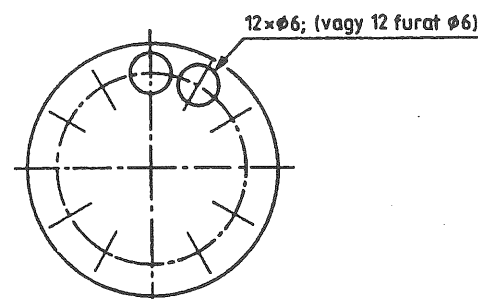
9.7. Ismétlődő alakzatok egyszerűsített ábrázolása

Az ismétlődő alakzatokat lehet egyszerűsítve ábrázolni úgy, hogy minden esetben meg kell adni az ismétlődő alakzatok számát és fajtáját mérettel vagy szöggel.

Az ismétlődő alakzatot legalább egyszer - ha a méretmegadás miatt szükséges, többször is - részletesen meg kell rajzolni (316. és 317. ábra).



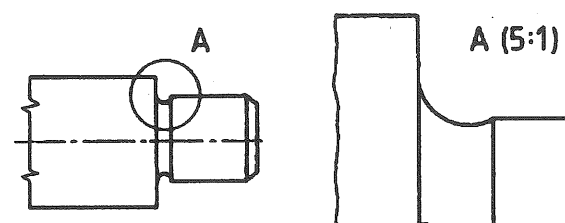
316. ábra



317. ábra

9.8. Nagyobb léptékű (kiemelt) részletek

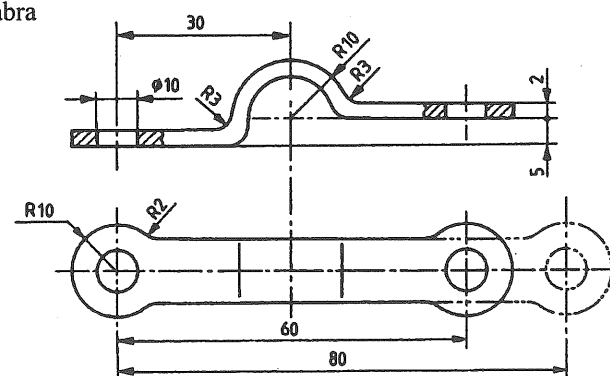
Ha a tárgy részleteit nem lehet a rajzon alkalmazott méretarányban ábrázolni vagy méretezni, akkor a kiemelt részt folytonos vékony vonallal körül kell határolni és nagybetűvel kell azonosítani. Ezt a körülhatárolt részletet az azonosító betű feltüntetésével az ábra közelében nagyobb léptékben ki kell rajzolni. A méretarányt zárójelbe tesszük (318. ábra).



318. ábra

9.9. Eredeti (alakítás előtti) körvonal

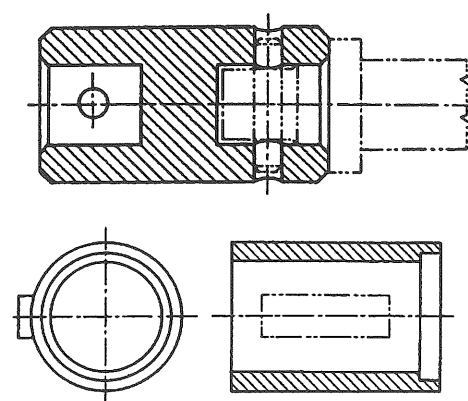
Ha a tárgy eredeti (pl. hajlítás előtti) alakját is szükséges megadni (pl. méretmegadás céljából), akkor azt vékony kétpont-vonallal kell ábrázolni (319. ábra).



319. ábra

9.10. Csatlakozó alkatrészek ábrázolása

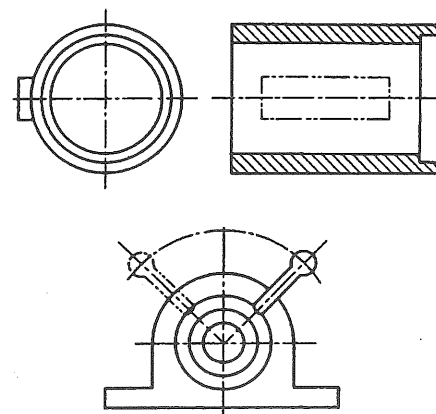
A csatlakozó - de a rajz tárgyát nem képező - alkatrészeket csak magyarázatként ábrázoljuk. Körvonalát és nézetvonalát vékony kétpont-vonallal rajzoljuk. A csatlakozó alkatrészt átlátszónak kell tekinteni, ezért nem takarja az ábrázolt tárgy nézetvonalait és körvonalait (320. ábra).



320. ábra

9.11. Metszősík előtti részek ábrázolása

A metszősík előtti egyszerűbb formák vékony kétpont-vonallal ábrázolhatók, ha az ilyen rajzi kiegészítéssel újabb vetület (nézet) megrajzolását tehetjük feleslegessé. A jelképes ábrázolás csak a szemléltetést szolgálja (321. ábra).



321. ábra

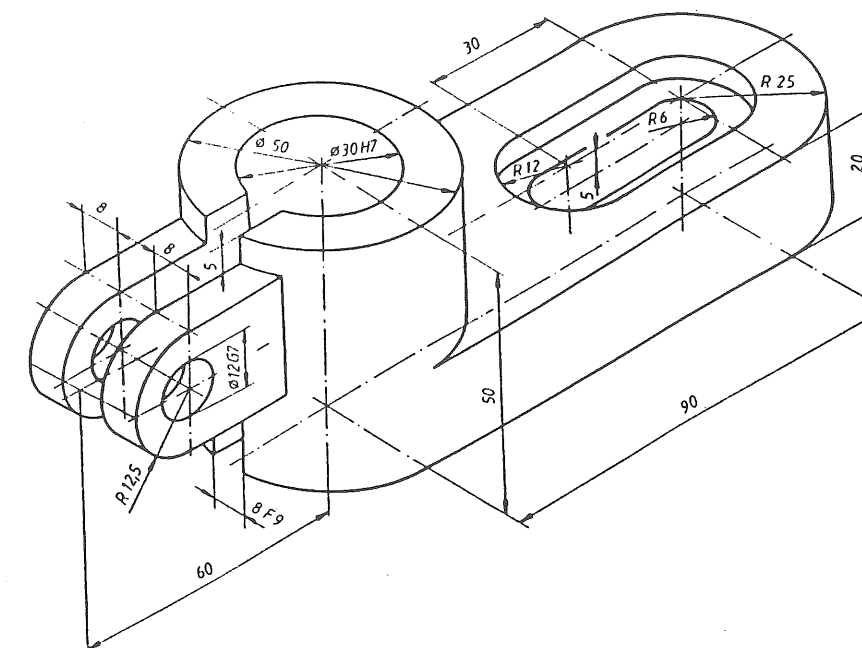
9.12. Mozdó alkatrészek szélső vagy váltakozó helyzetének ábrázolása

Szélső vagy váltakozó helyzetű mozgó tárgy egyik körvonalát vékony kétpont-vonallal kell rajzolni. A mozgó alkatrész körvonalával határolt rész mögött levő kontúrvonalak és nézetvonalak láthatóságát az egybeeső vonalak ábrázolási elsőbbsége határozza meg (322. ábra).

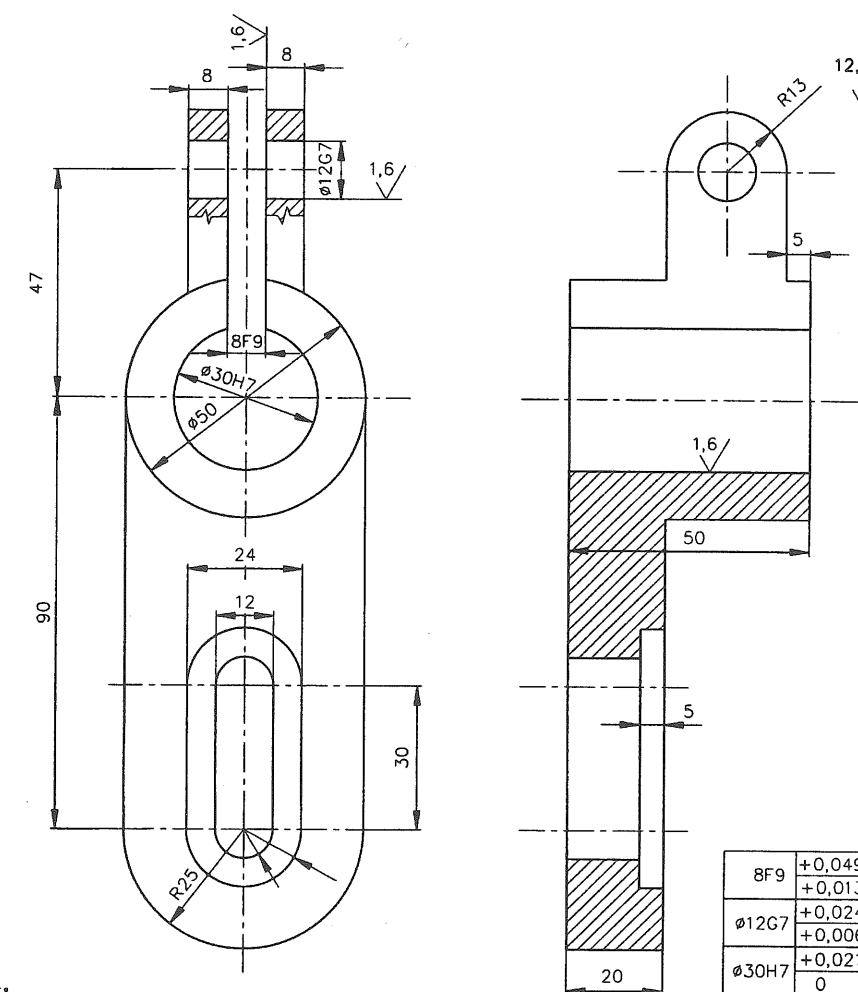
322. ábra

Mintarajz

Szemléltető kép



Vetületi kép



323. ábra

Ismétlő kérdések:

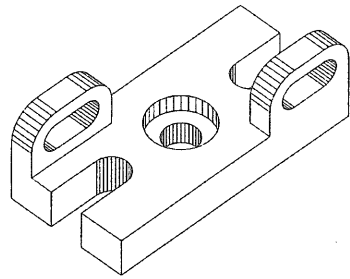
1. Mikor térhetünk el az európai és az amerikai vetítési módtól?
2. Hogyan ábrázolhatunk ferde részletű tárgyat?
3. Mikor ábrázolhatjuk a tárgyakat részarábrázolással, résznézetben?
4. Hosszú tárgyak töréssel megszakított ábrázolásánál hogyan helyezzük el és választjuk szét a megmaradt tárgyrészeket?
5. Szimmetrikus tárgyak ábrázolásánál milyen rajzi egyszerűsítést alkalmazhatunk?
6. A helyi nézeteket milyen vetítési mód szerint készítjük?

7. A helyi nézetet hogyan kapcsoljuk a főnézethez?
8. Hogyan ábrázoljuk egy tárgy ismétlődő részleteit egyszerűsítve?
9. Mikor alkalmazunk kiemelt részletet, és hogyan jelöljük?
10. Hogyan ábrázoljuk egy hajlított tárgy alakítás előtti körvonalát?
11. Hogyan ábrázoljuk a csatlakozó alkatrészeket?
12. Hogyan ábrázoljuk a metszősík előtti egyszerűbb részleteket?

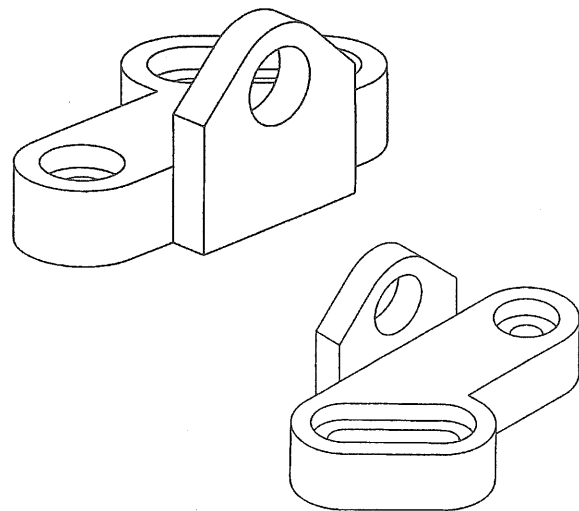
8F9	+0,049 +0,013
Ø12G7	+0,024 +0,006
Ø30H7	+0,021 0

10. Metszeti ábrázolás

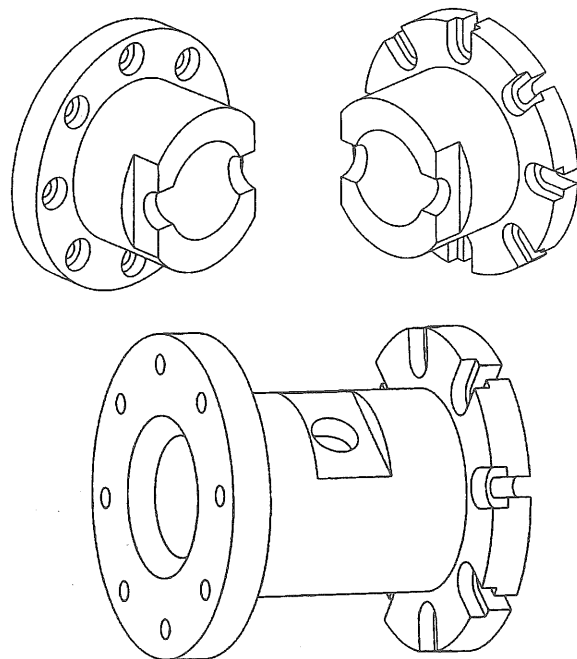
Készíthetünk a 331. ábrán látható alkatrész rendezett két vetületéhez - elől- és felülnézetéhez - kiegészítő metszeti képet jelölt nyomvonallal és azonosító betűjelzéssel.



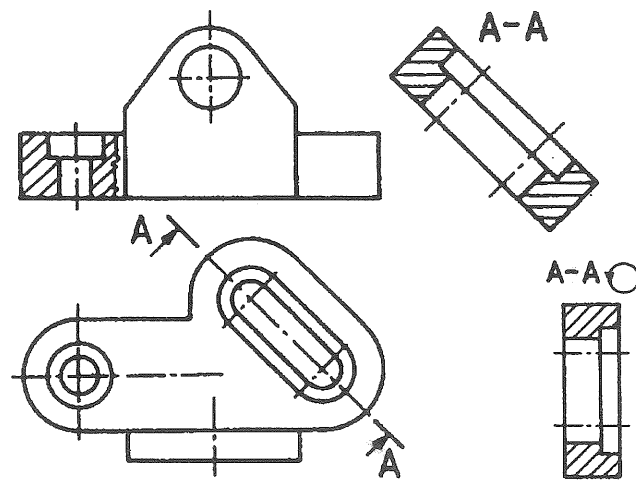
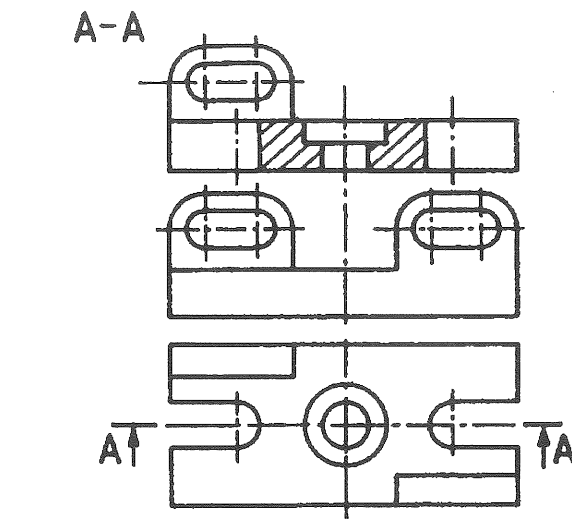
Képezhetünk ferde részletekről is metszetet, megrajzolhatjuk rendezett vetületeként, ill. vízszintes vagy függőleges helyzetbe fordítva, ez utóbbi esetben az elfordítás jelét alkalmazzuk (332. ábra).



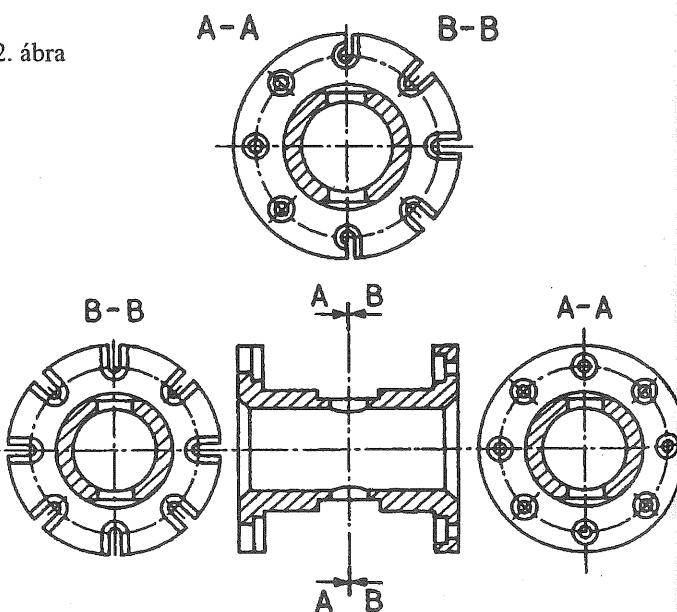
Egy metszősikkal képezhetünk két irányból is vetületet, de ilyenkor a metszetképzés irányait külön jelölni kell. Ha a képzett metszetek szimmetrikusak, akkor a félvetületek egyesíthetők (333. ábra).



331. ábra



332. ábra



333. ábra

10. Metszeti ábrázolás

10.2.2. A lépcsős metszet

Sok esetben az egy munkadarabon lévő furatok, üregek nem esnek egy síkba. Ilyenkor csak több teljes metszettel vagy több részmetsszettel lehetne ábrázolni. A 334a ábrán olyan alkatrész szemléltető képe látható, amelyen három különböző síkban helyezkednek el a belső kimunkálások. A három metszősíknál képzett teljes metszet a 334b ábra tanúsága szerint részben bonyolulttá teszi az ábrázolást, ugyanakkor a sok metszeti vonalkázás felesleges rajzi munkát jelent.

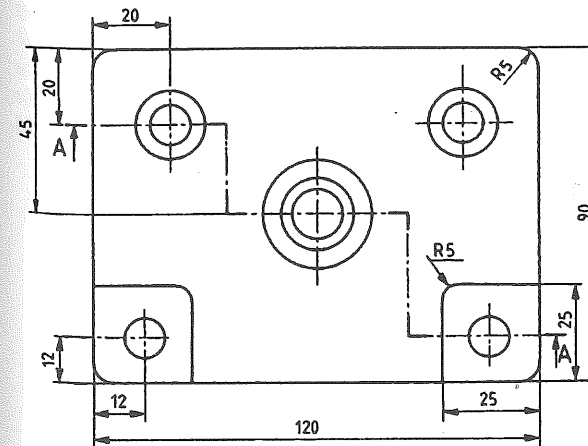
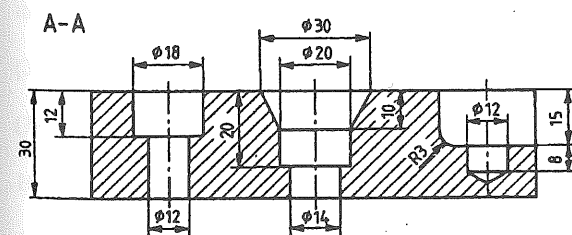
A három teljes metszet mindegyikéből kiemelhető az a metszeti környezet - nevezzük *részmetsszettel* -, amelyre az adott metszősíknál az ábrázolás során szükségünk van (334c ábra).

A felesleges, csak metszeti vonalkázást, ill. a szimmetria alapján ismétlődő részletet tartalmazó metszeti részt a rajzi munka megkönnyítésére elhagyjuk. A kimunkálások alakját megmutató részmetsszettek egy vetületen belül egyesítve rajzoljuk meg.

A *lépcsős metszet* párhuzamos metszősikkal képzett részmetsszettekkel összetett metszet.

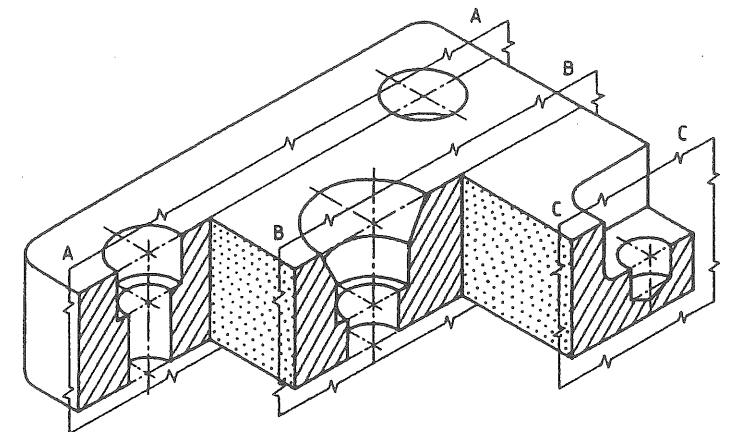
A 335. ábrán látható a munkadarab műszaki rajza. A felülnézetben vastagított végű vékony pontvonallal rajzoljuk meg a metszősík lépcsős nyomvonalát, az előlnézet ennek megfelelő metszeti vetület.

Ha két vagy több részmetsszettel egymás mellé, vagyis egy vetületben egyesítve rajzolunk meg, akkor az így létrehozott egyesített metszetet *összetett metszetnek* nevezzük.



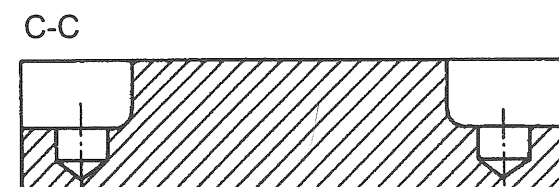
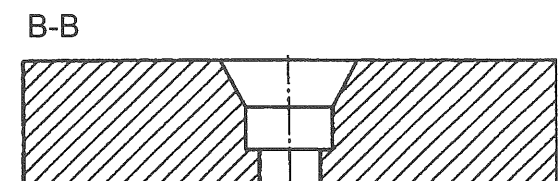
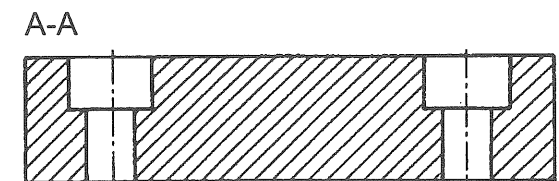
A lépcsősmetszet alkalmazása alkatrészrajzon

335. ábra



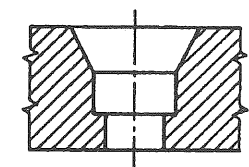
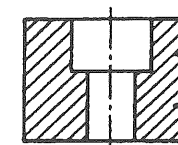
A teljes metszetekből kiemelt részmetsszettek

a)



A jelölt metszősík teljes metszetei

b)



c)

A lépcsős metszet több párhuzamos metszősikkal képzett részmetsszettekkel tevődik össze

334. ábra

10. Metszeti ábrázolás

10.2.3. A befördített metszet

A befördített metszet két egymással szöget bezáró metszősíkkal képzett részmetszetből összetett metszet.

A 336. ábrán szemléltető képével és a 337. ábrán vetületeivel ábrázolt munkadarab részmetszeteinek metszősíkjai szögben metszik egymást.

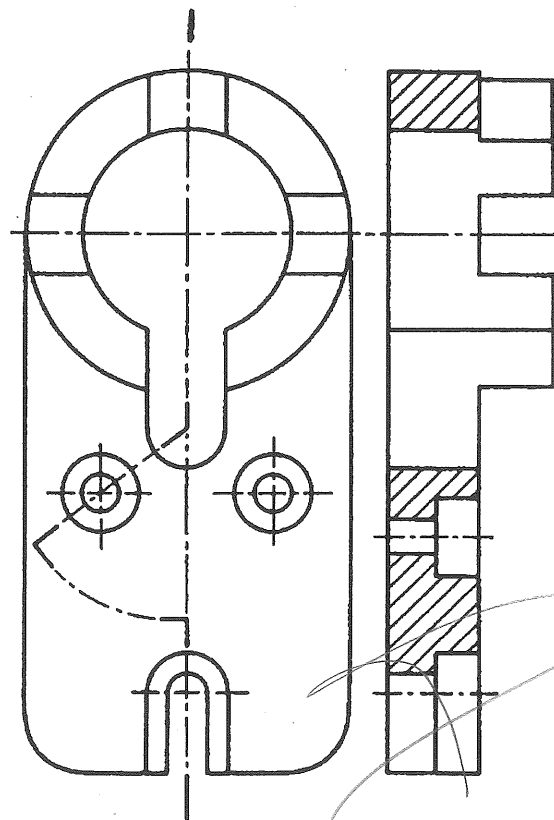
Az egymással szöget bezáró metszősíkok egyikét - rajta a metszeti képpel - a közös síkba kell fordítanunk. A közös sík mindig párhuzamos valamelyik képsíkkal. Egy munkadarab metszeti vetületének megrajzolásánál, a ferde metszősík mögött látható nézeteket a metszősíkra merőlegesen rávetítjük, ezután forgatjuk a közös síkba, és rajzoljuk meg a metszeti vetületét.

A részmetszetek metszősíkjának nyomvonalait vastagított végű, vékony pontvonallal rajzoljuk meg. A metszetképzés irányát nyílazott vonallal jelöljük. A metszősíkot és a metszeti vetületet betűjelzéssel azonosítjuk.

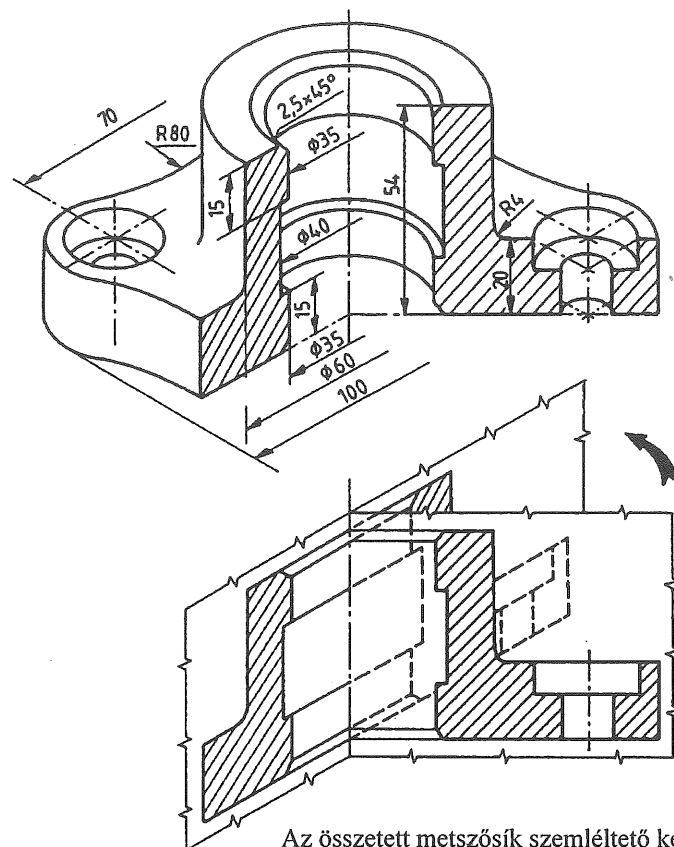
Befördített metszet rajzolásánál a metszeti vetület szélesebb is lehet a munkadarab azonos irányból képzett nézeti vetületénél.

A befördített lépcsős metszet párhuzamos és egymással szöget bezáró metszősíkokkal képzett részmetszetekből összetett metszet (338. ábra).

A befördített lépcsős metszet képzésénél és rajzánál alkalmazzuk a lépcsős- és a befördített-metszetképzés és rajzolás szabályait.

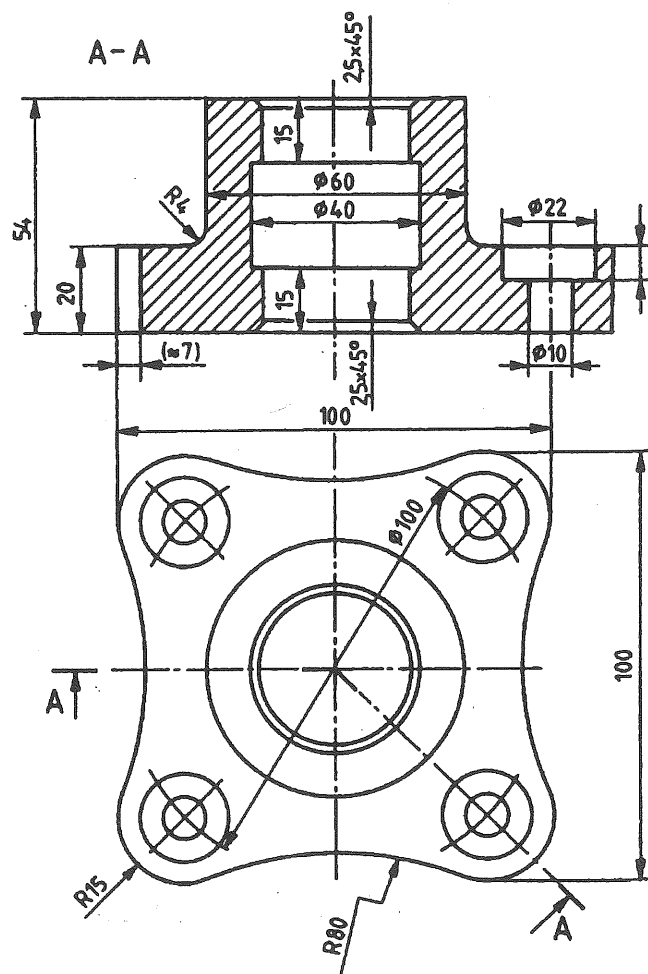


338. ábra



Az összetett metszősík szemléltető képe a közös síkba forgatás értelmezésére

336. ábra



337. ábra

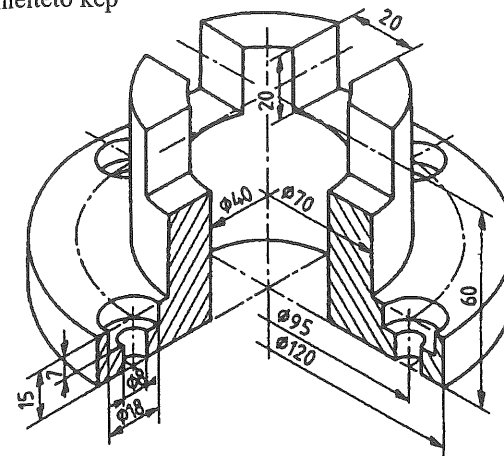
10. Metszeti ábrázolás

10.2.4. A félmetset

Szimmetrikus alkatrészek nézeti és metszeti vetületeinek fele egyesíthető egy vetületben. Ábrázoláskor a két félvetületet elválasztó vonal a vetület vékony pontvonallal megrajzolt szimmetriatengelye.

Ha az egyértelmű rajzi ábrázolást nem zavarja, szimmetrikus alkatrészekről rajzolhatunk félvetületet is a 339. ábra szerint.

Szemléltető kép



Félmetset rajzolható függőleges és vízszintes tengelyű munkadarabokról, a metszeti és nézeti oldal elhelyezkedése tetszőleges (340. ábra).

Nem kerülhet a szimmetriatengely helyére nézetben vagy metszetben látható nézetvonal (341. ábra).

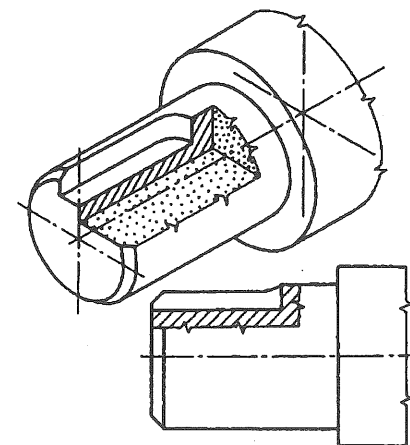
A szimmetriatengelybe eső nézetvonal esetén törésvonal választja el egymástól a nézethez, ill. metszethez tartozó részeket (342. ábra).

Összeállítási rajz is készíthető félnézet-félmetsetben (343. ábra).

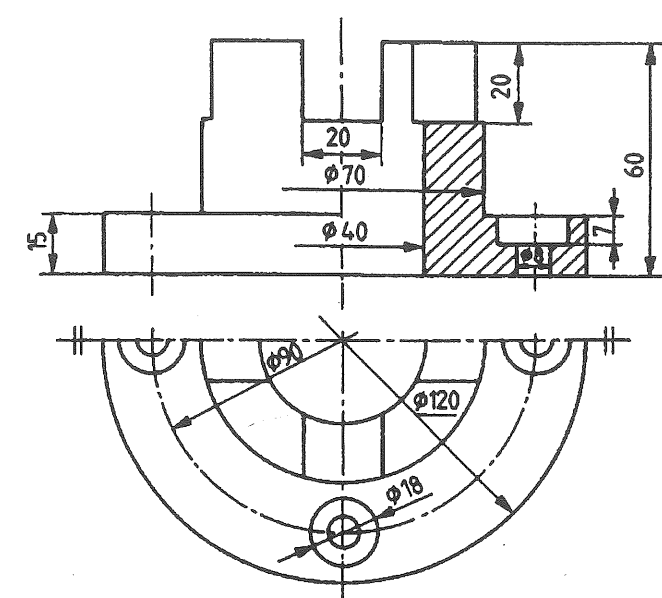
Félmetsetben is alkalmazható a síkfelület jelzése (344. ábra).

10.2.5. A kitörés

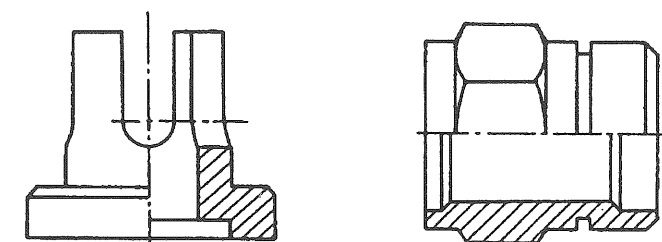
A nézetben ábrázolt tárgy meghatározott részét metszetben lehet ábrázolni akkor, ha teljes vagy félmetset megajzolás nem szükséges. A kitörésben megadott részmetszetet folytonos vékony, szabadkézi törésvonallal vagy folytonos vékony, egyenes törésvonallal kell határolni (345. ábra).



345. ábra



339. ábra



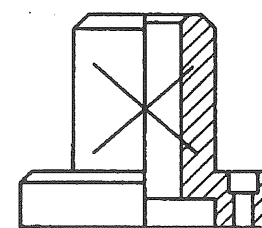
a)

b)

340. ábra

Hibás rajz

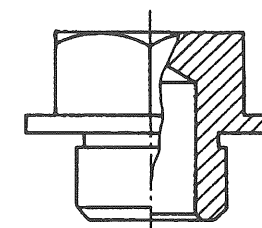
A helyes megoldás



a)

b)

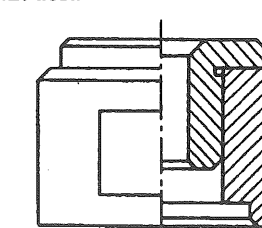
341. ábra



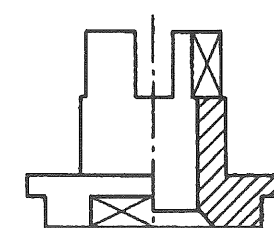
a)

b)

342. ábra



343. ábra



344. ábra

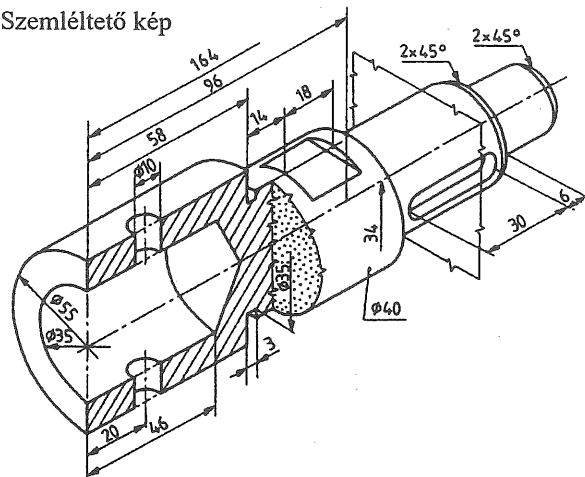
10. Metszeti ábrázolás

10.2.6. A szelvény

Metszeti ábrázolás esetén gyakran nincs szükség a metszősík mögötti részek bemutatására, elegendő, ha a tárgy metszősíkkal érintkező felületét - szelvényét - ábrázoljuk.

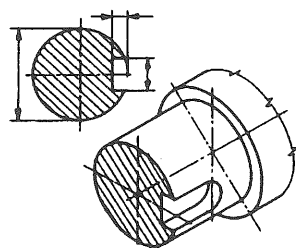
A szelvény a képzeletben elmetezett tárgy metszésfelülete, a metszősík mögötti nézetrészek ábrázolása nélkül. Rajzi ábrázolásnál a szelvényt befodítjuk a képsíkba, felületét 45°-os vékony folytonos vonallal vonalkázzuk, és megadjuk méreteit (346. ábra).

Szemléltető kép

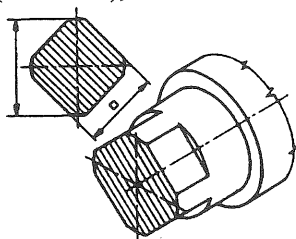


**A szelvény elhelyezhető:
a vetületi rajzon belül**

a) a kontúrvonal megszakítása nélkül vékony folytonos határoló vonallal (347. ábra),

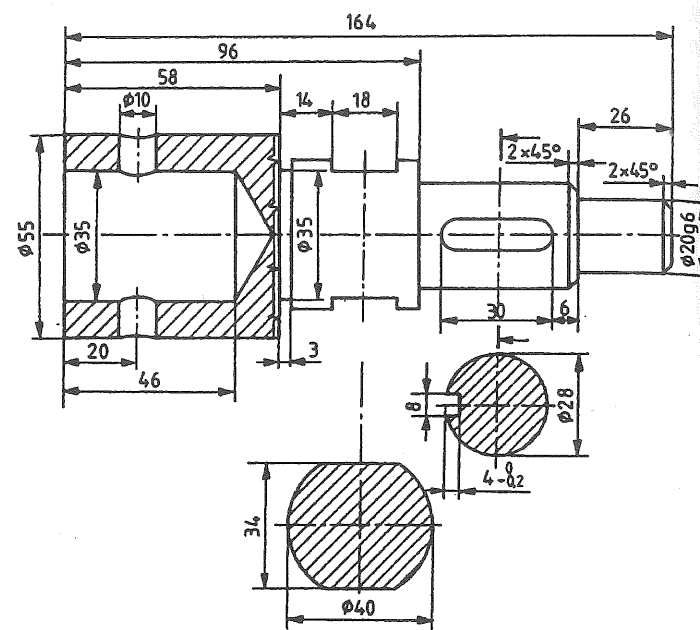
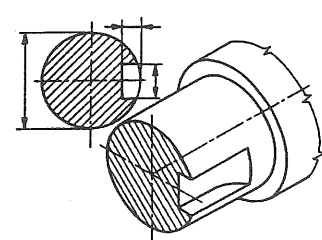


b) a kontúrvonal megszakításával vastag vonalú határolással (348. ábra),

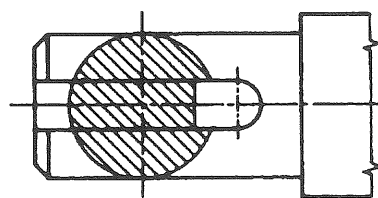


a vetületi rajzon kívül

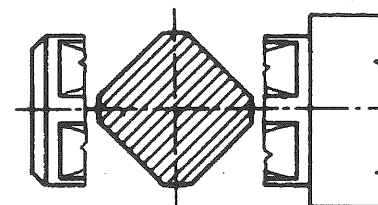
a) a metszősík nyomvonalának meghosszabbításán (349. és 350. ábra),



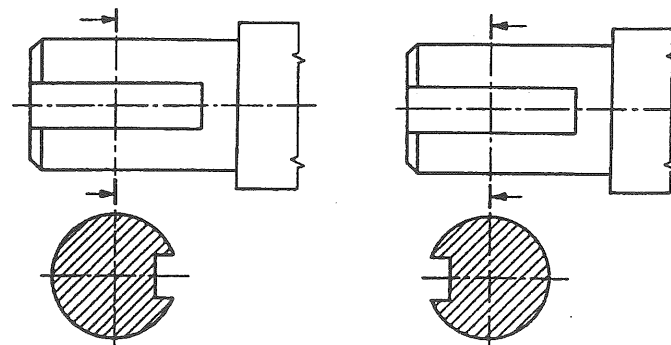
346. ábra



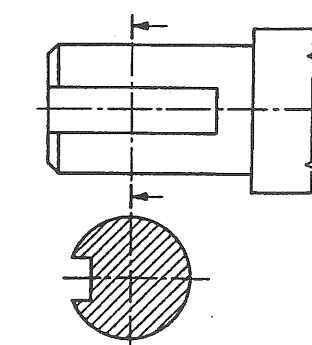
347. ábra



348. ábra



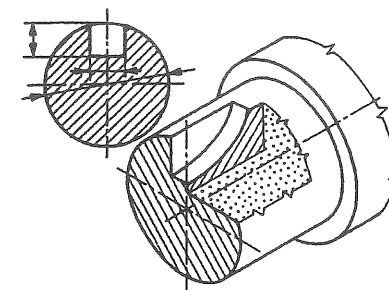
349. ábra



350. ábra

10. Metszeti ábrázolás

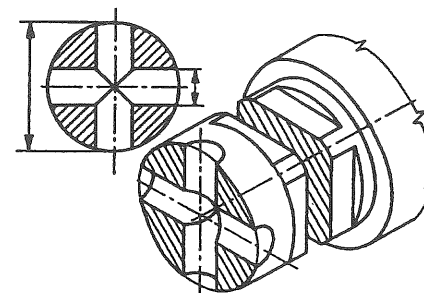
b) a munkadarab tengelyvonalának meghosszabbításán (351. ábra),



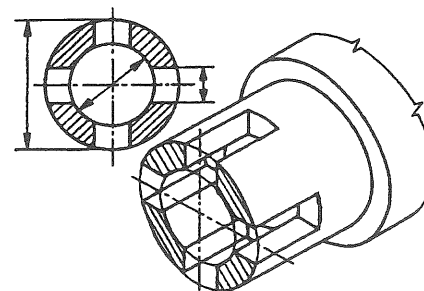
c) általános elhelyezésben, a rajz tetszőleges szabad helyén.

Néhány szabály és mintarajz a szelvények készítésének rajzi kivitelére.

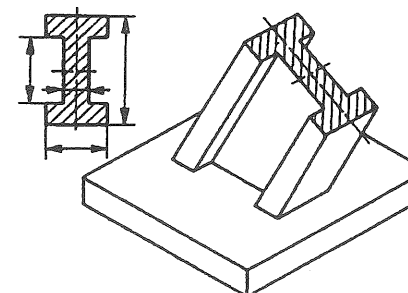
Képezhetünk szelvényeket párhuzamos metszősíkokkal (352. ábra).



Szelvényként lehetőleg összefüggő síkidomot rajzoljunk. Ha furat vagy horony miatt a szelvény részekre szakadna, úgy e részek összetartozását a metszősík mögött látható nézetvonalak megrajzolásával fejezzük ki (353. ábra).

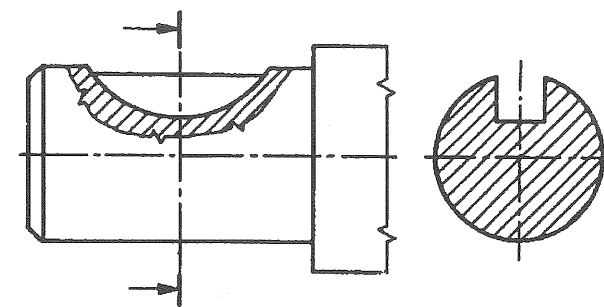


Képezhetünk szelvényt ferde kialakítású munkadarab tengelyvonalára vagy kontúrvonalára merőlegesen, és az így kapott szelvényt a rajzolás megkönnyítésére elfordíthatjuk (354. ábra).

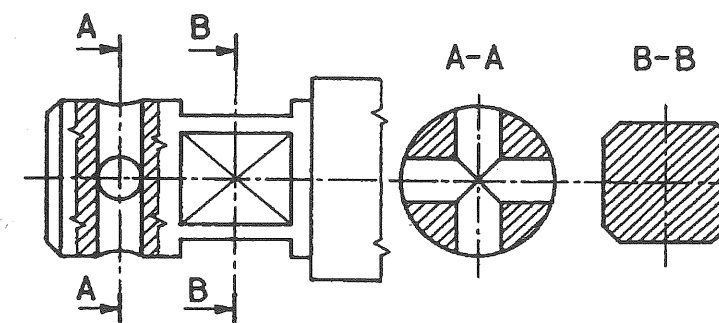


Az azonos alakú szelvényeket ugyanazzal a betűvel jelöljük, és az azonos alakú szelvényt csak egyszer rajzoljuk meg (355. és 356 ábra).

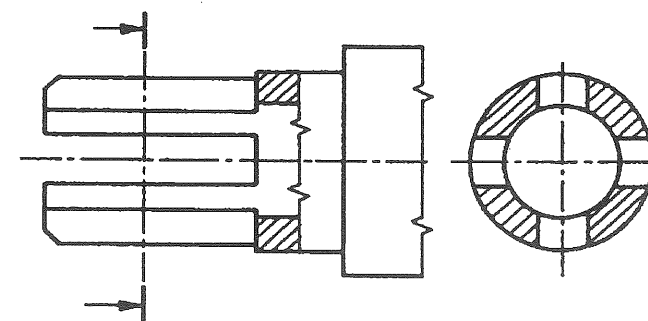
A nem párhuzamos felületekkel határolt munkadarab szelvényeként csak a torzulásmentes szelvényrészeket rajzoljuk meg (357. ábra).



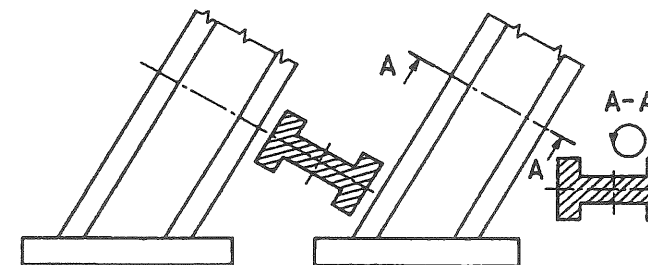
351. ábra



352. ábra



353. ábra



354. ábra

10. Metszeti ábrázolás

10.2.7. A kiterített metszet

Kiterített metszetet íves kialakítású munkadarabról készíthetünk. A metszőfelület ebben az esetben több egymáshoz szögben hajló sík vagy hengerfelület. A keletkező metszetet az íves metszőfelületen jelentkező metszet síkba terítésével rajzoljuk meg. A kiterített metszet mindig szélesebb lesz az adott irányú nézetnél (358. ábra).

10.3. A metszeti ábrázolás sajátos szabályai

10.3.1. Az anyagtól független metszetjelölések

Összeállítási rajzon általában nem használunk megkülönböztető anyagjelölést (mert a darabjegyzékből a tételszám azonosítása alapján minden alkatrész anyaga megállapítható), de magyarázó rajzokon megengedett a 359-363. ábra szerinti megkülönböztető anyagjelölések alkalmazása.

Összeállítási rajzokon a csatlakozó alkatrészeket eltérő irányú és változó sűrűséggel vonalkázzuk (359. ábra).

Ha a munkadarab jellegzetes alakjának iránya 45° -os, akkor a metszeti vonalkázás iránya 60° -os vagy 30° -os legyen (360. ábra).

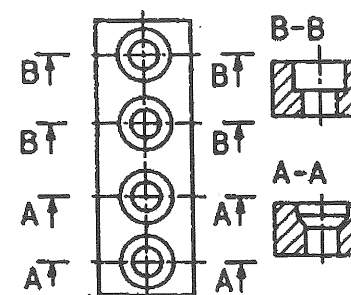
Határozatlan vagy nagy kiterjedésű csatlakozó elemek szelvényén elegendő csak a szegélyén lévő sávot vonalkázni (361. ábra).

Vékony falú szerkezeti elemek elkülöníthetők egymástól, és szelvényeiket a metszeti vonalkázás helyett feketítjük (362. ábra).

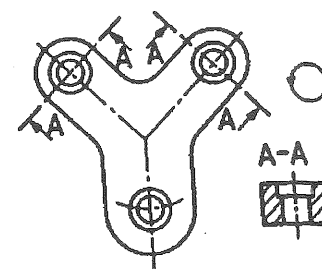
Az anyagfajták metszeti megkülönböztetésére a 363. ábra jelöléseit használjuk.

Fémes anyag	
Műanyag	
Fa keresztmetszete	
Fa hosszmetzete	
Beton	
Üveg	
Szemcsés anyag	
Folyadék	

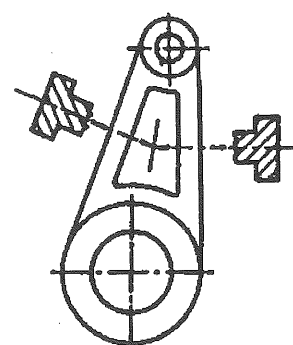
363. ábra



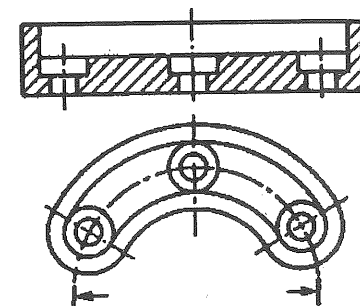
355. ábra



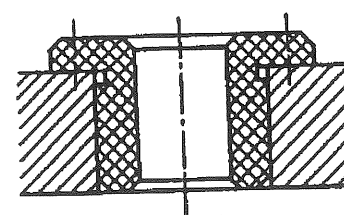
356. ábra



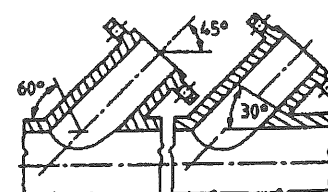
357. ábra



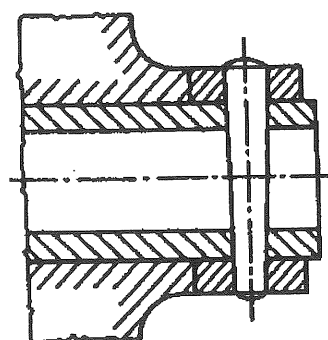
358. ábra



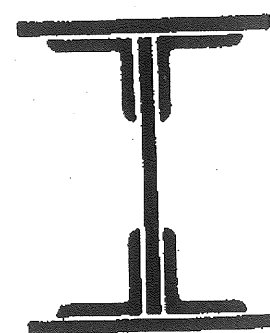
359. ábra



360. ábra



361. ábra



362. ábra

10. Metszeti ábrázolás

10.3.2. Nem metszendő alkatrészek, részletek

Ne rajzoljunk metszetben olyan alkatrészt vagy részletet, amelynek metszete nem ad több információt nézeténél!

Az ábrázolási szabály szerint;

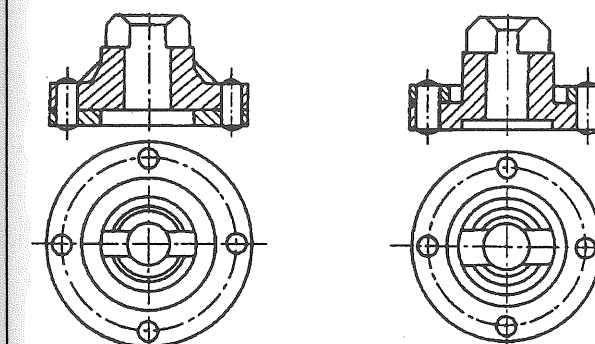
- tömör hengeres alkatrészt (pl. tengelyt, csavart, szeget, orsót),
- tömör egyszerű alkatrészt (pl. kúposzeget, éket, reteszt, golyót, fogantyút, kart, tartót, fogat, láncot, kapcsot),
- nagy kiterjedésű tömör részletet (pl. küllőt, bordát, vékony falat) még akkor is nézetben kell ábrázolni, ha a részlet fő irányával párhuzamos metszősík keresztülhalad rajta.

Metszetet csak akkor rajzolhatunk róluk, ha az olyan részletet is tartalmaz, ami nézetben nem határozható meg.

Ha ilyen alkatrészen vagy részleten furat, horony, helyi bemélyedés fordul elő, kitöréssel tesszük láthatóvá.

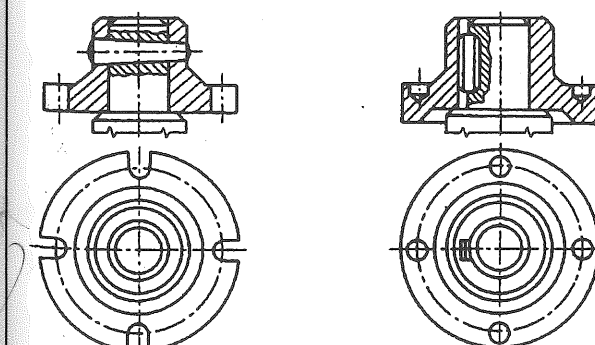
A bemutatott mintarajzok a metszeti ábrázolás elkerülésének speciális esetei:

nem metszünk szeget (365. ábra),



365. ábra

- nem metszünk kúpos szeget, éket

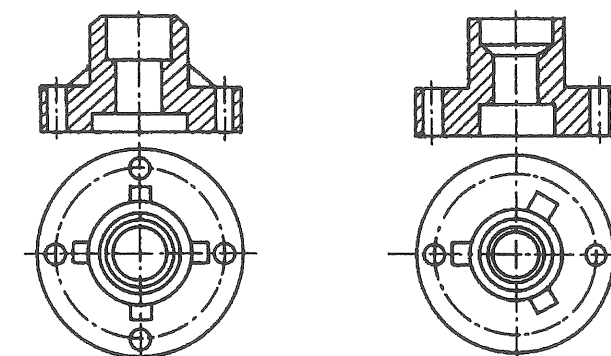


367. ábra

Gyakorló feladat:

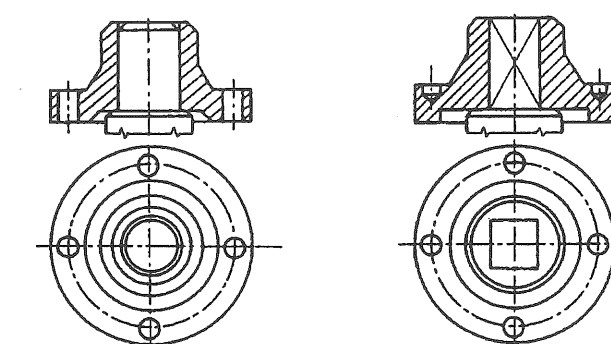
A metszeti ábrázolásban tanultak begyakorlására a 369-374. ábrák alapján képzeljük el az alkatrészeket, gondoljuk át geometriai felépítésüket, fogalmazzuk meg ismétlésként - az adott szerkezethez csatolva - a rajzolás kérdésekre adott válaszokat.

- nem metszünk bordát (364. ábra),



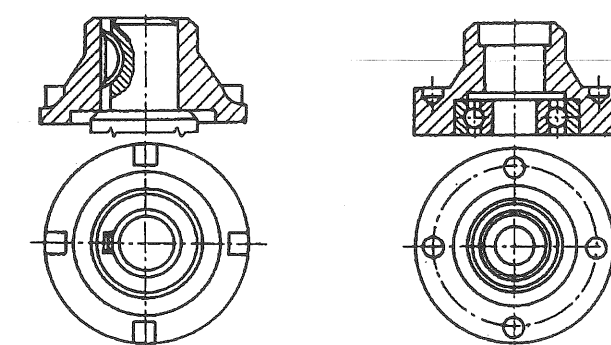
364. ábra

- nem metszünk tengelyt hosszában (366. ábra),



366. ábra

- nem metszünk reteszt és golyót (368. ábra).



368. ábra

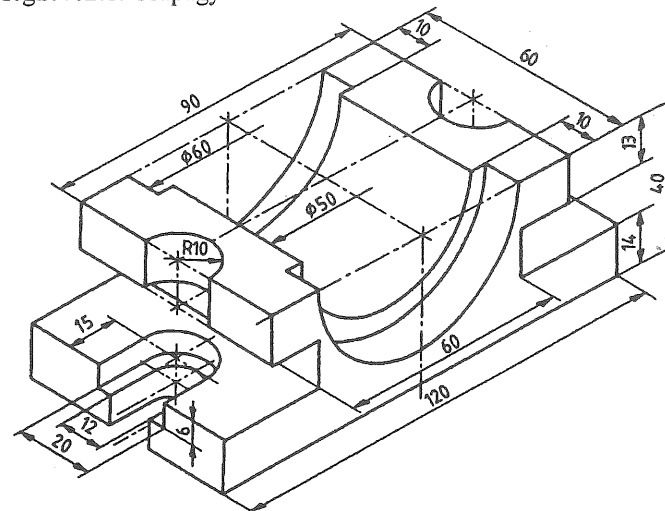
10. Metszeti ábrázolás

Rajzolasó kérdések

1. Milyen jellegű alkatrész látható a 369. ábrán?
2. Milyen információkat tartalmaz az alkatrészrajz?
3. Milyen vetületekkel ábrázolható a csapágyház?
4. Mit jelent a főnézet fogalma?
5. Mi a metszeti ábrázolás lényege?
6. Hogyan alkalmazható a metszeti ábrázolás alkatrészrajzon?
7. Milyen alkatrészekről készíthető félmetszet?
8. Hol adjuk meg az egyes méreteket?

A rajzolasó kérdések megválaszolása után rajzoljuk meg a csapágyház alkatrészrajzát!

Megnevezés: Csapágyház



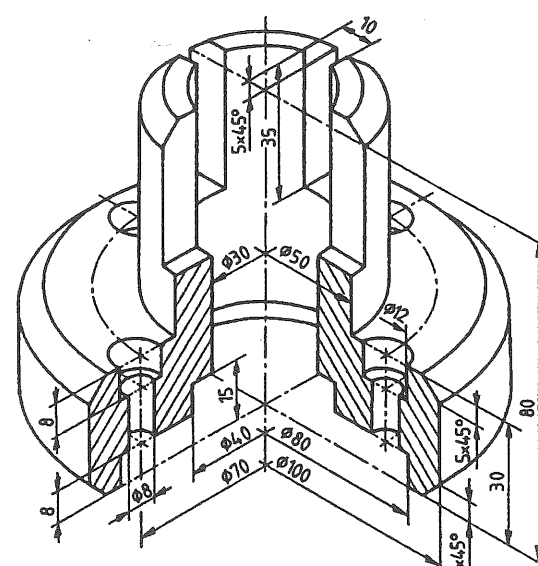
369. ábra

Megnevezés: Kapcsolótárcsa

Rajzolasó kérdések

1. Milyen jellegű alkatrész látható a 370. ábrán?
2. Milyen információkat tartalmaz az alkatrészrajz?
3. Mit jelent a szükséges elegendő számú vetület fogalma?
4. Hogyan választjuk ki az alkatrész előlnézetét?
5. Milyen vetületekkel ábrázolható a kapcsolótárcsa?
6. Mi a metszeti ábrázolás lényege?
7. Milyen alkatrészekről készíthető félmetszet?
8. Hogyan méretezzük a félmetszetben rajzolt alkatrészrajzot?

A rajzolasó kérdések megválaszolása után rajzoljuk meg a kapcsolótárcsa alkatrészrajzát!



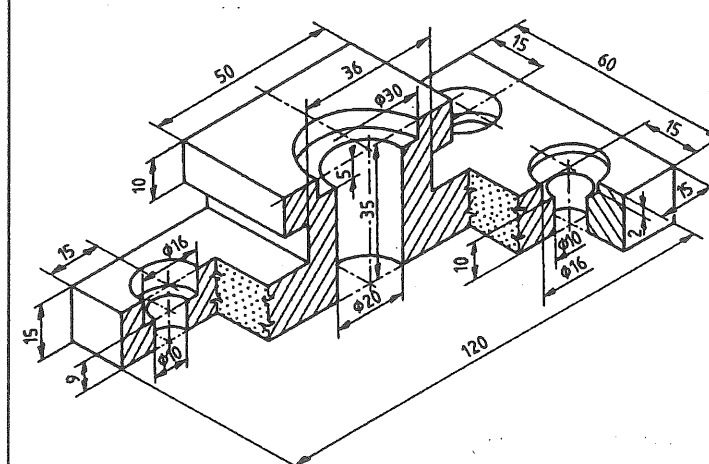
370. ábra

Megnevezés: Vezetősín

Rajzolasó kérdések

1. Milyen jellegű alkatrész látható a 371. ábrán?
2. Milyen információkat tartalmaz az alkatrészrajz?
3. Hány vetületével ábrázolható a vezetésín?
4. Mit jelent a fő- és a kiegészítő-nézet fogalma?
5. Milyen előnyöket jelent a metszeti ábrázolás alkalmazása?
6. Mit jelent a lépcsős metszet?
7. Milyen jelölési szabályok vannak a lépcsős metszet esetén?
8. Hogyan ábrázoljuk a lépcsős metszet kiegészítő vetületeit?

A rajzolasó kérdések megválaszolása után rajzoljuk meg a vezetésín alkatrészrajzát!



371. ábra

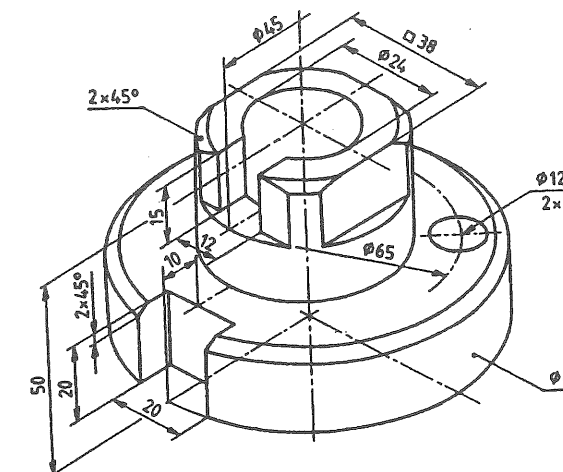
10. Metszeti ábrázolás

Rajzolasó kérdések

1. Milyen jellegű alkatrész látható a 372. ábrán?
2. Hány vetületével ábrázolható a hornyos perem?
3. Milyen elemi hengerekből építhető össze az alkatrész?
4. Milyen helyzetű, egymáshoz képest a 20 mm-es horony és a 12 mm-es furat?
5. Milyen metszettel lehetne mindkettőt egy vetületen belül megmutatni?
6. Mit tudunk a befördített metszetről?
7. Mi lehet a különbség tárcsák és szögletes testek befördített metszete között?
8. Milyen egyedi kimunkálások láthatók a hornyos peremen?

A rajzolasó kérdések megválaszolása után rajzoljuk meg a hornyos perem alkatrészrajzát!

Megnevezés: Hornyos perem



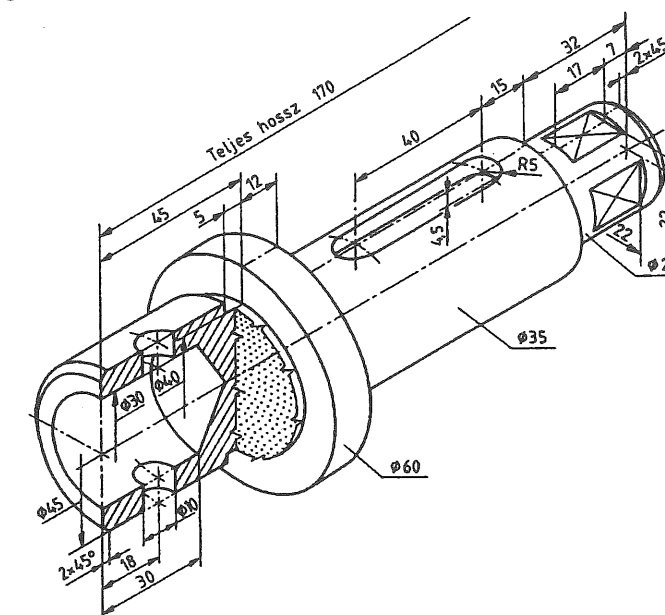
372. ábra

Megnevezés: Peremes tengely

Rajzolasó kérdések

1. Milyen jellegű alkatrész látható a 373. ábrán?
2. Hány elemi hengerből építhető fel a peremes tengely?
3. Milyen egyedi kimunkálások láthatók az egyes elemi hengereken?
4. Hány vetület szükséges a peremes tengely alkatrészrajzához?
5. Mikor célszerű alkalmazni szelvényt alkatrészrajzoknál?
6. Mi a különbség metszet és szelvény között?
7. Hol helyezhetjük el a szelvényt az alkatrészrajzon?
8. Hány szelvényt érdemes rajzolni a peremes tengely alkatrészrajzában?

A rajzolasó kérdések megválaszolása után rajzoljuk meg a peremes tengely alkatrészrajzát!



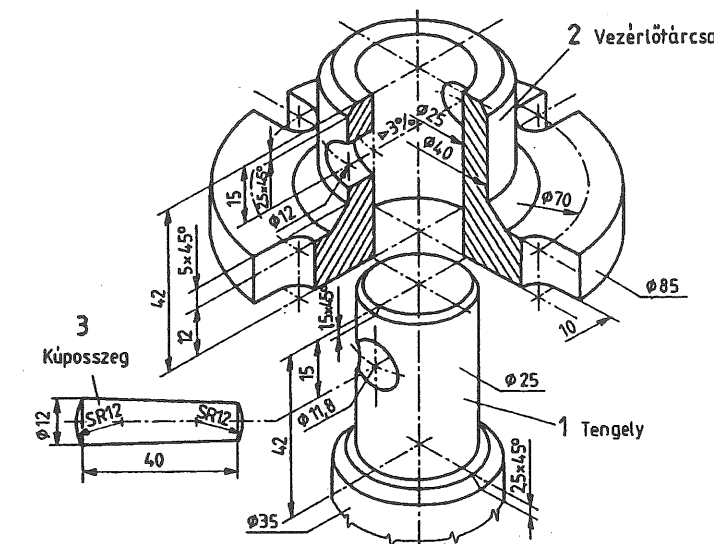
373. ábra

Rajzolasó kérdések

1. Milyen jellegű alkatrészek láthatók a 374. ábrán?
2. Hogyan szerelhetők össze az alkatrészek?
3. Milyen ábrázolási lehetőség kínálkozik a szerelt vezérlőtárcsa megrajzolásához?
4. Milyen alkatrészek, ill. alkatrészműkök metszeti ábrázolását kerüljük?
5. Hogyan ábrázoljuk a vezérlőtárcsát az összeállítási rajzon?
6. Hogyan ábrázoljuk a tengelyt az összeállítás rajzon?
7. Mit jelent a részmetset fogalma?
8. Hogyan ábrázoljuk a kúposzeget az összeállítási rajzon?

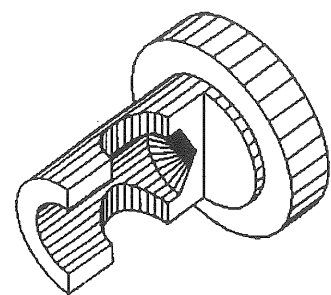
A rajzolasó kérdések megválaszolása után rajzoljuk meg a szerelt vezérlőtárcsa összeállítási rajzát!

A 375-394. ábrákon gyakorló feladatokat látunk üreges furatos tengelycsapok áthatási vonalainak metszeti vetületen való ábrázolására.

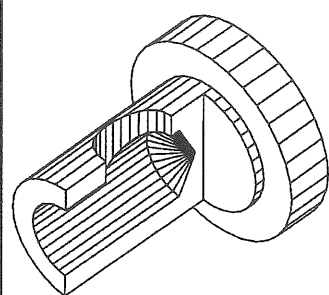


374. ábra

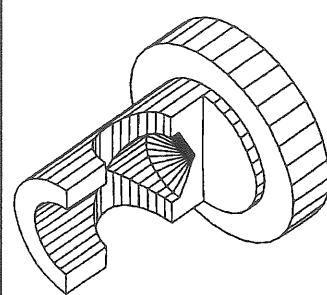
10. Metszeti ábrázolás



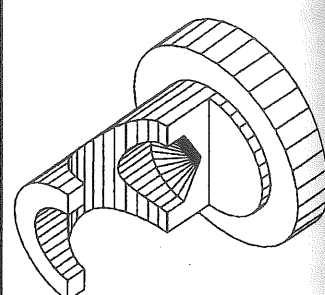
375. ábra



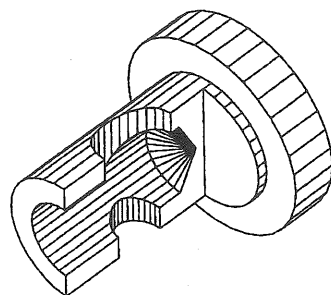
376. ábra



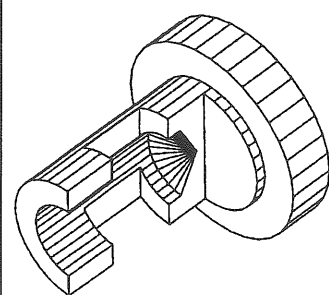
377. ábra



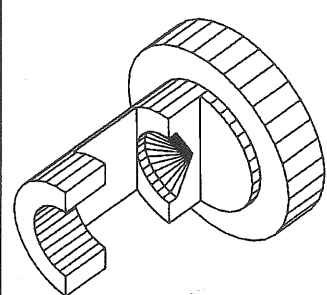
378. ábra



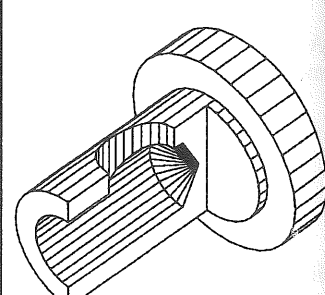
379. ábra



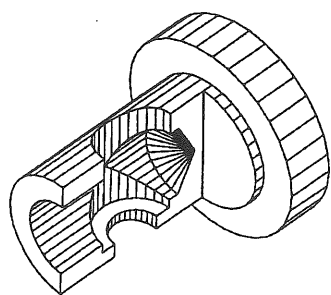
380. ábra



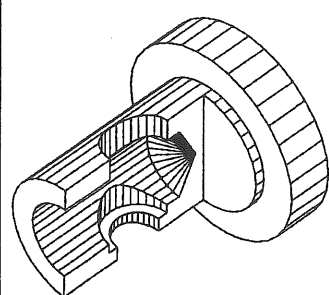
381. ábra



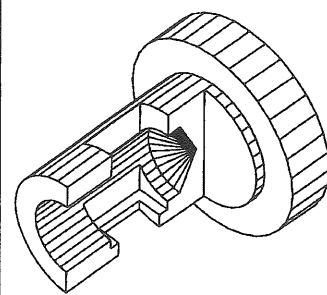
382. ábra



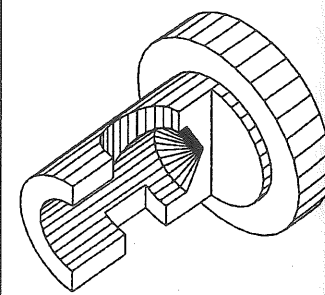
383. ábra



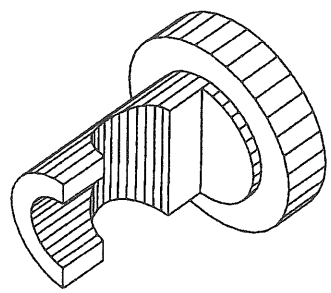
384. ábra



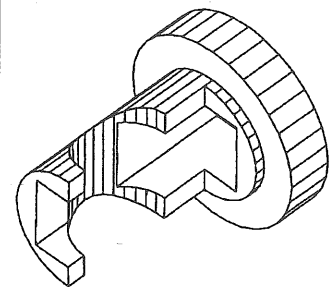
385. ábra



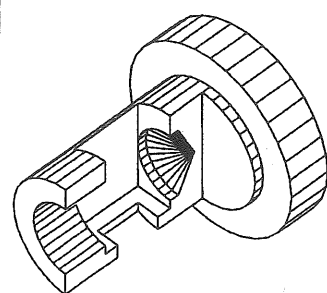
386. ábra



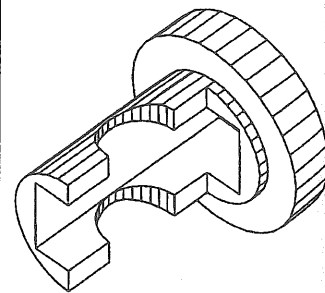
387. ábra



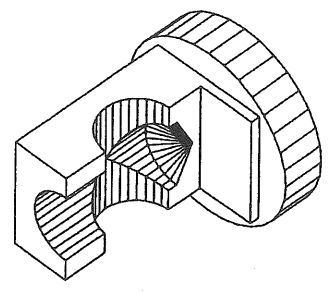
388. ábra



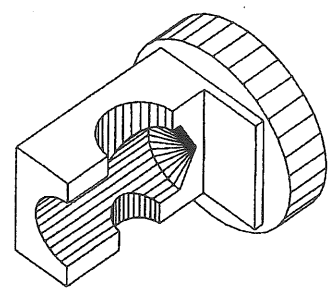
389. ábra



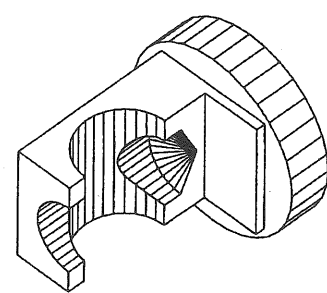
390. ábra



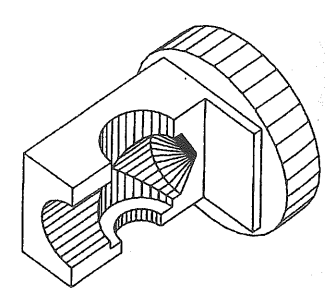
391. ábra



392. ábra



393. ábra



394. ábra

11. Mérethálózat

11. Mérethálózat

11.1. Különleges méretmegadások és egyszerűsítések

Osztókörön megengedett a zárt méretlánc (395. ábra).

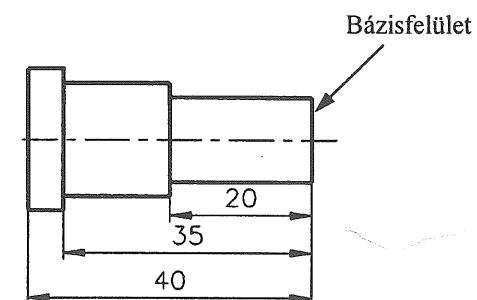
Az egyenlő osztás megadható az osztókör átmérőjével, az osztás méretével és az osztókörön elhelyezkedő furatok számával (396. ábra).

Furatok helyzetének megadásakor figyelembe kell venni a furatok gyártási módját és egymáshoz való helyzetüket is (fúrás, lyukasztás). Megfelelően körülhatárolt területen a furatok helyzete bázisvonalról is megadható (397. ábra).

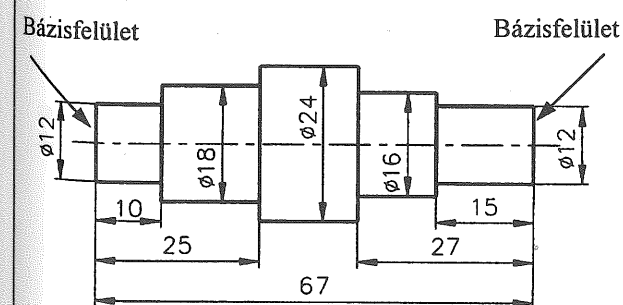
Esztérgált alkatrészek méretmegadása az esztérgálás műveleti sorrendjét követi. A homlokfelülettől (bázisfelülettől) kiindulva kell az összes hosszúsági méretet megadni. (398. ábra).

Két végéről esztérgált alkatrész méretezési bázisfelülete a munkadarab két végének homlokfelülete, innen adjuk meg a hosszúsági méreteket, a legnagyobb átmérőhöz tartozó hosszúság kiadódó méret lesz (399. ábra).

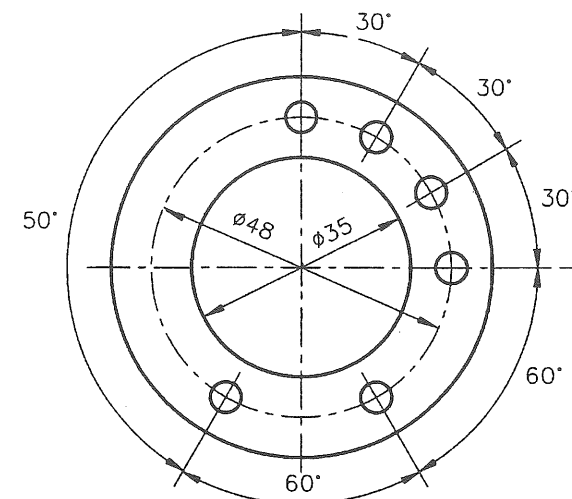
Az átmérők méretei a középvonalra szimmetrikusan felváltva hol jobb, hol bal oldalra írhatók.



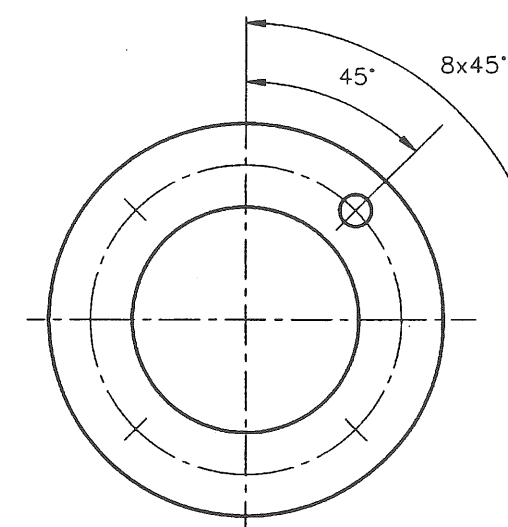
398. ábra



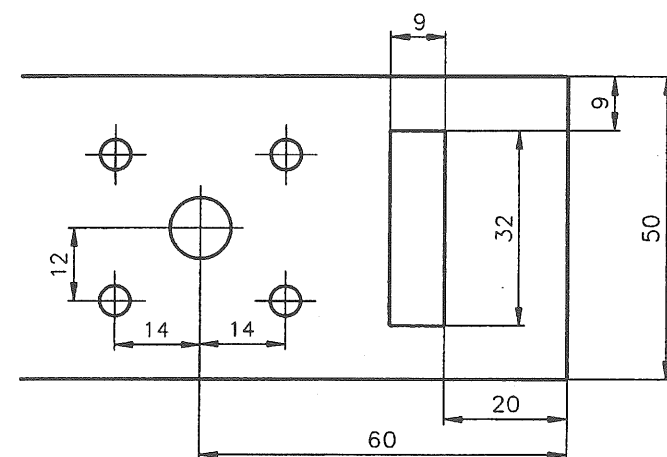
399. ábra



395. ábra



396. ábra



397. ábra

11. Mérethálózat

Hasáb alakú munkadarabokon a hornyokat nézetben kell méretezni úgy, hogy a horony szélessége és mélysége mint *gyártástechnológiailag* összetartozó méretek egyértelműen megadhatók legyenek (400. ábra).

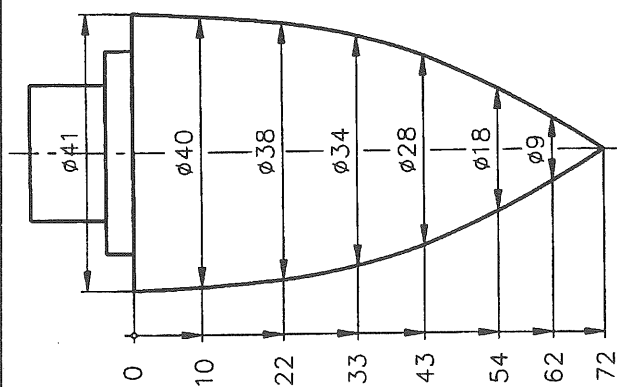
Az esztergált alkatrészekben a normál méretezéstől eltérően azt a hornyot, amely egy adott átmérőhöz tartozik, csak a szélességével és átmérőjével kell megadni. Amennyiben a horony hengeres felülethez csatlakozik, akkor a működés szerint is méretezni kell (401. ábra).

Hengeres munkadarab legömbölyített végét sugár megadásával kell méretezni. A munkadarab hosszát a legömbölyítéssel együtt kell megadni (402. ábra).

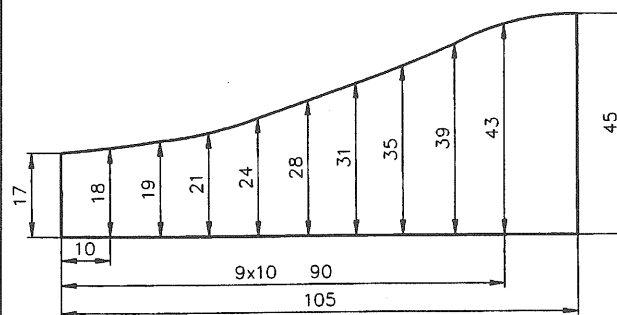
Kúpos munkadarabok méretezésekor a kúpszöget elegendő hely esetén közvetlenül a kúpon kell megadni. Ha a kisebb alkatrészméret ezt nem teszi lehetővé, akkor a kúpon kívül méretsegédvonalakkal lehet megadni (403. ábra).

Hengeres munkadarabok végének éltompítását az élettörés szögével és hosszával kell megadni. Csak 45°-os élettörés esetén lehet egyszerűsített méretmegadást alkalmazni (404. ábra).

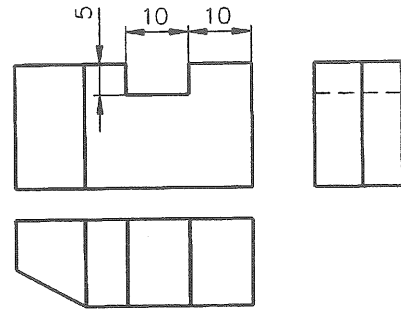
Szabálytalan kontúrvonalú alkatrészek méretei az egyes pontok koordináta méreteinek megadásával határozhatók meg (405. és 406. ábra).



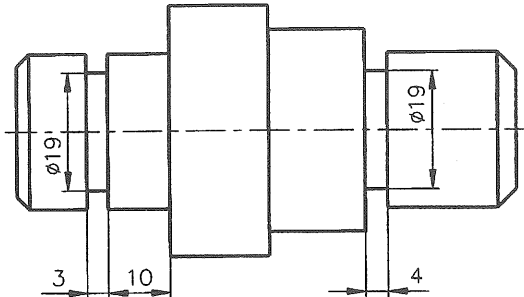
405. ábra



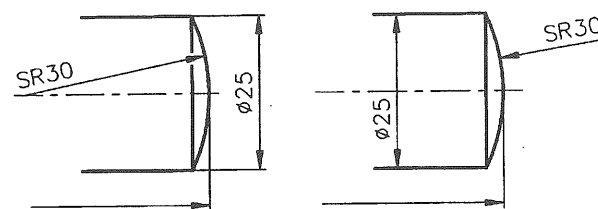
406. ábra



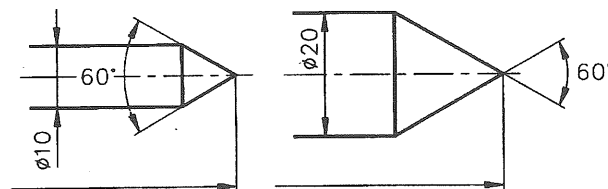
400. ábra



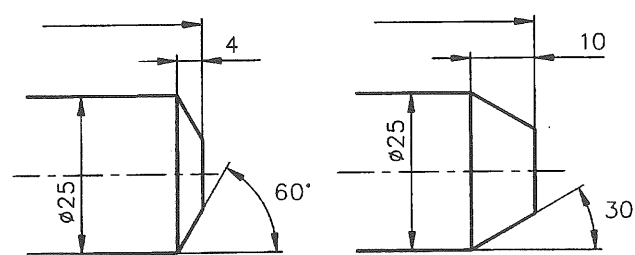
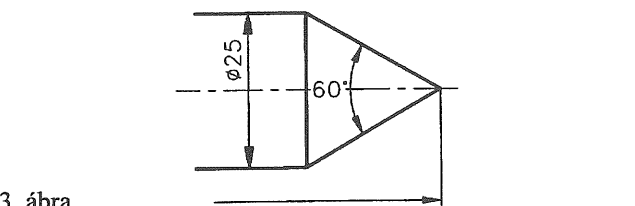
401. ábra



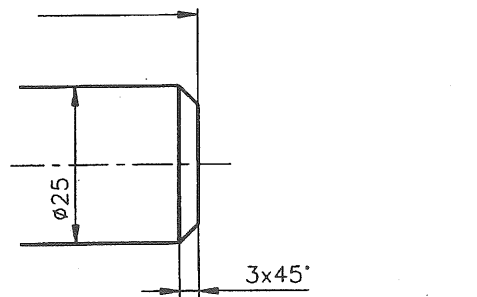
402. ábra



403. ábra



404. ábra



11. Mérethálózat

11.2. Furatok egyszerűsített méretmegadása

Zsúfolt vagy kis méretarányú rajzokon, ha a furatok eddig ismert méretmegadása az áttekinthetőséget nehezíti, megengedett a furatok egyszerűsített méretmegadása. A *furatméretet a furattengelytől kiinduló mutatóvonalon kell megadni*. Az első szám a furat átmérője, a második szám a furat mélységére vonatkozik (407. ábra).

Átmenőlyuknak csak az átmérőjét írjuk elő. Ezért ha a méretmegadás csak a lyuk átmérőjét tartalmazza, akkor a lyuk átmenőnek tekintendő.

A hengeresen vagy kúposan sülyesztett furatok egyszerűsített méretmegadásakor a mutatóvonalat a sülyesztés oldalán kell megadni. Az első szám az alapfurat átmérőjét, a második a sülyesztés átmérőjét, a harmadik a sülyesztés mértékét vagy a kúpos sülyesztés központi szögét jelenti (408. ábra).

Ha a sülyesztés mértéke és a kúpszög megadása egyaránt szükséges, akkor a sülyesztés mértékét követi a kúpszög megadása (409. ábra).

11.3. Lejtés és a kúposág jelölése

Adott ferde síknak egy ún. alapsíkhoz viszonyított hajlását lejtésnek nevezzük. A lejtés méretszáma a ferde sík és az alapsík által bezárt szög tangense. Ezt a rajzon aránnyal (1 : x) vagy százalékban (y %) fejezzük ki. A méretszám előtti (/) jel csúcsa a lejtés irányába mutasson. A lejtést a 410. ábra szerint értelmezzük.

$$\text{A lejtés} = \frac{A - B}{L} = \frac{1}{x} = 1 : x$$

$$\text{Lejtés \%} = \frac{A - B}{L} 100 \% = y \%$$

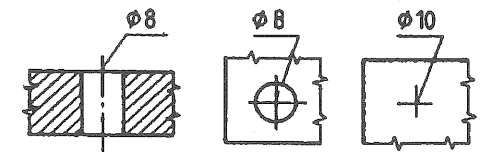
Számadatokkal, ha A=20; B=10; L=50

$$\text{a lejtés} = \frac{20 - 10}{50} = \frac{1}{5} = 1 : 5$$

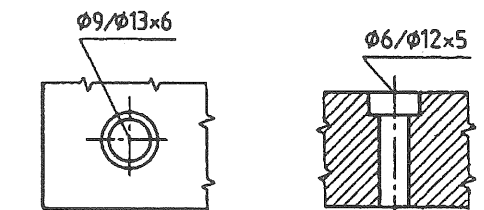
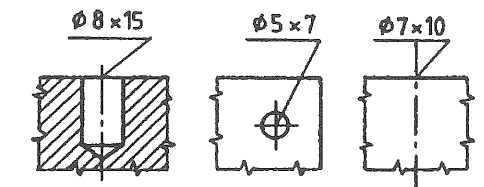
$$\text{százalékosan} \frac{20 - 10}{50} 100 \% = 20 \%$$

A lejtést a lejtős felületet ábrázoló vonalon vagy annak meghosszabbításán adjuk meg. Megadhatjuk még mutatóvonalon is (411. ábra).

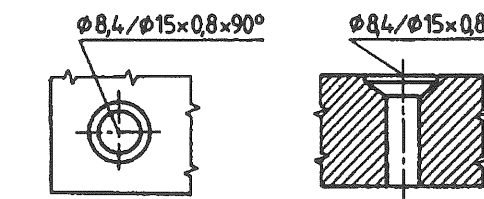
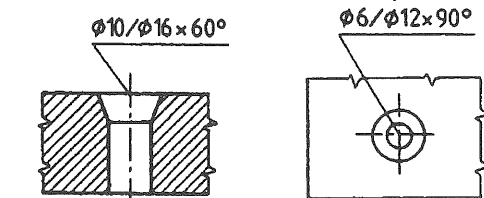
Négyzetes gúla adatait oldalaik lejtésével is megadhatjuk (412. ábra).



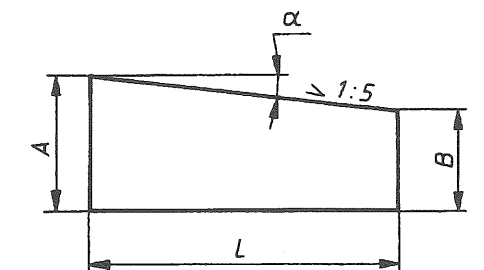
407. ábra



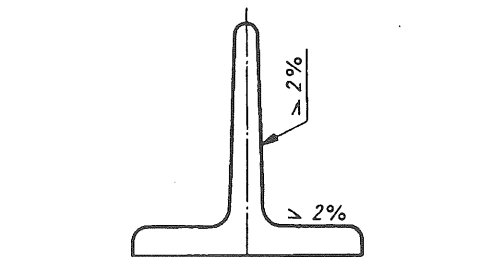
408. ábra



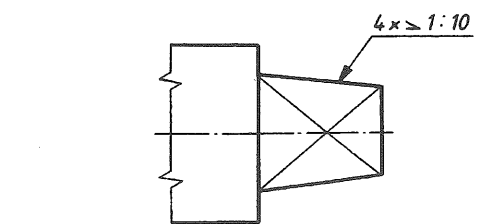
409. ábra



410. ábra



411. ábra



412. ábra

11. Mérethálózat

A kúposág a forgáskúp-felületű test két zárófelületének átmérője közötti különbség, viszonyítva az átmérők közötti távolsághoz. Ez a rajzon aránnyal vagy százalékosan fejezhető ki (413. ábra)

$$\text{A kúposág} = \frac{D-d}{L} = \frac{1}{x} = 1:x$$

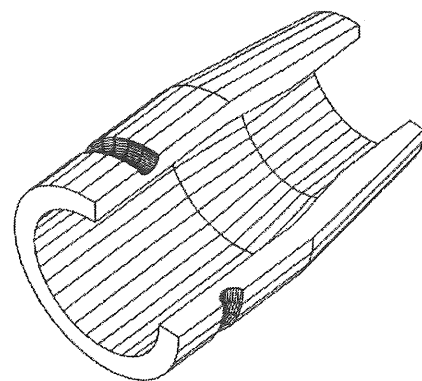
$$\text{százalékosan } \frac{D-d}{L} \cdot 100\% = y\%$$

ill. számadatokkal, ha $D = 31$; $d = 26$; $L = 40$

$$\text{A kúposág} = \frac{31-26}{40} = \frac{1}{8} = 1:8$$

$$\text{százalékosan } \frac{31-26}{40} \cdot 100\% = 12,5\%$$

A kúposág értékét a kúposág irányát mutató jellel () és a mellé írt aránnyal vagy százalékosan adjuk meg a kúp középvonala fölött vagy azzal párhuzamos segédvonalon. A jel csúcsa a kúp csúcsának irányába mutat (414. ábra). A kúpalkotó és a kúp tengelye által bezárt szög tangense a kúpalkotó - tengelyhez viszonyítva - lejtése fele a kúposágnak.

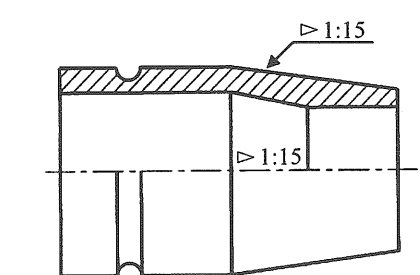
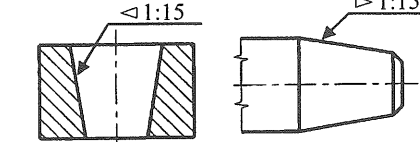
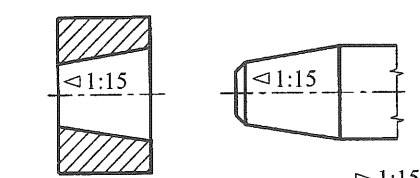
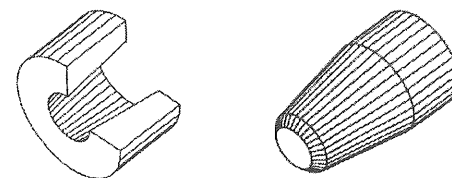
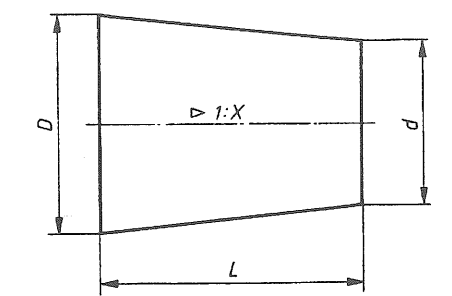


Ha szükséges - pl. ha több kúpfelület középvonala egybeesik -, a kúposág mutatóvonalon is megadható (415. ábra).

11.4. A recézés jelölése

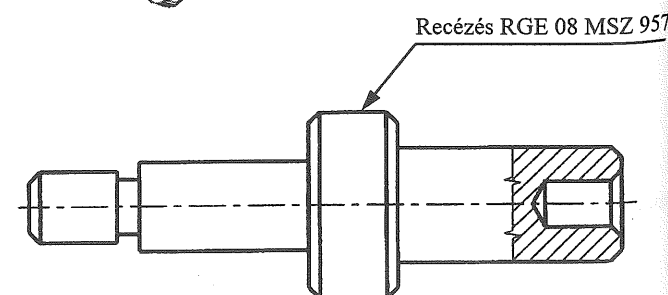
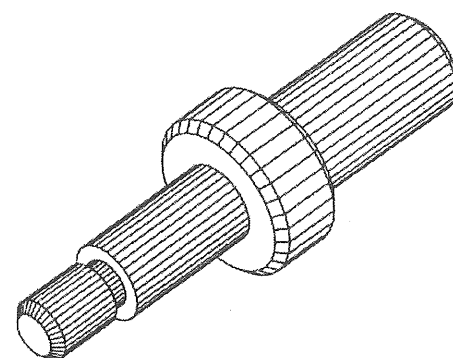
A recézés mechanikai úton, forgácsolás nélküli alakítással létrehozott felületi mintázat. A recézés iránya, ill. kialakítása alapján osztályozható (4. táblázat). A táblázat ábráin jelölt profilszög általában 90°, de alkalmazható a 105°-os profilszögű recézőkerék is. A recézés t osztásának választható értékei: 0,5; 0,6; 0,8; 1; 1,2; 1,6.

A szabvány a recézés megadásakor is lehetőséget ad az egyszerűsítésre. A recézést a táblázatban feltüntetett alakjellel (betűjellel), a recézés osztásának tízszeres számával és szabványszámmal kell előírni, nyílban végződő mutatóvonalon (416. ábra). A 90°-os profilszögre nem kell külön utalni, a 105°-os profilszöget az osztáshoz kapcsolva kell megadni. Pl.: Recézés RKE 08 MSZ 957 Recézés RGV 12-105 MSZ 957



414. ábra

415. ábra



416. ábra

11. Mérethálózat

Recézések jelölése és kialakítása

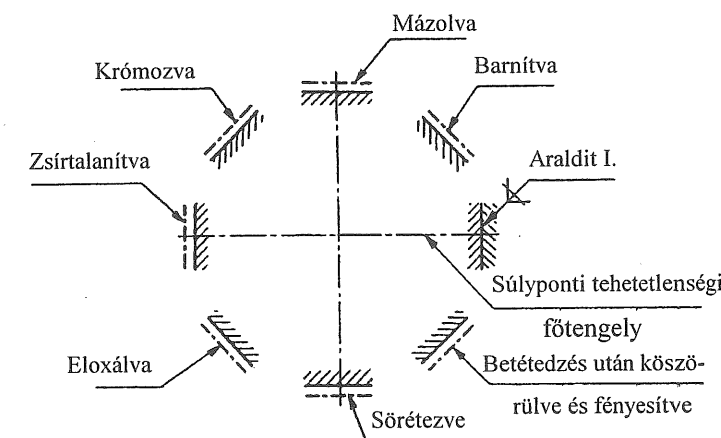
4. táblázat

Alakjel	Megnevezés és kialakítás	Alakjel	Megnevezés és kialakítás
RAA	Egyenes recézés 	RGE	Átlós recézés kiemelkedő csúcsokkal
RBL	Bal irányú ferde recézés 	RGV	Átlós recézés mélyített csúcsokkal
RBR	Jobb irányú ferde recézés 	RKE	Keresztrecézés kiemelkedő csúcsokkal

11.5. A felületkikészítés és a hőkezelés rajzi megadása

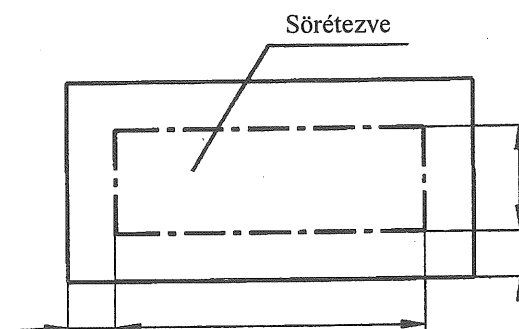
Ha az alkatrész valamilyen különleges állapotát is jelölni kell, pl. a felületkikészítés területét vagy a hőkezelés helyét kell mérettel megadni, akkor azt a területet vagy a helyet a felülettől kis távolságra és azzal párhuzamosan rajzolt vastag pontvonallal kell jelölni.

A felületkikészítés módját nyílban végződő mutatóvonalon adjuk meg. A szöveges utasítás mindig az alkatrész kész állapotát fejezi ki (pl. "Söréztve", 417. ábra).



417. ábra

Ha szükséges, a felületkikészítés helyét mérettel kell meghatározni (418. ábra).



418. ábra

11. Mérethálózat

Ha a helymeghatározás forgásfelületre vonatkozik, akkor a jelölést elegendő csak az egyik oldalon megadni (419. ábra).

Hőkezelendő termék rajzán fel kell tüntetni a termék hőkezelés utáni tulajdonságait (pl. keménységét). A kezelés felületmélységét h betűvel kell jelölni (420. ábra). Pl. $h\ 0,7...0,9\text{ mm}$; $40...44\text{ HRC}$; vagy $h\ 0,8...1\text{ mm}$; $42\pm 2\text{ HRC}$.

Ha a munkadarab csak egy részére vonatkozik a hőkezelési utasítás, akkor ezt jelölni kell (421. ábra).

A működő felületek épségének megóvása érdekében a keménységmérés helyét szöveggel jelöljük meg (422. ábra).

11.6. Műszaki követelmények

Olyan követelményeket, utasításokat, előírásokat, magyarázatokat, amelyek ábrázolással nem fejezhetők ki, és többsoros összefüggő szöveget igényelnek, vagy nem egy felületre, hanem a teljes alakra vonatkoznak, a műszaki követelményekben adjuk meg. Ezeket a követelményeket a feliratmező felett vagy külön lapo(ko)n kell elhelyezni.

A műszaki követelményeket jellegük azonossága és hasonlósága szerint célszerű a következőképpen csoportosítani:

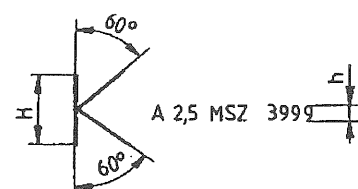
1. Anyagra, munkadarabokra és a kész alkatrész anyagi tulajdonságaira vonatkozó (elektromos, mágneses, dielektromos stb.) követelmények (pl. demagnetizálva).
2. Méretre, méret-, alak- és helyzetűzésre, tömegre vonatkozó követelmények (pl. tűrésetlen méretek: 3-finom MSZ 302).
3. Felületminőségre vonatkozó követelmények, hőkezelési utasítások (pl. Cementálva $h\ 0,8...1,2$; $52...58\text{ HRC}$ stb.).

11.7. Központfurat, lekerekítés, beszúrás méretmegadása

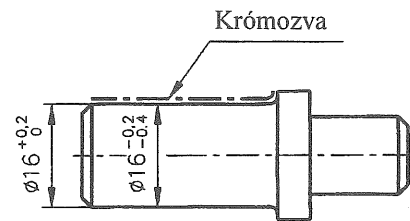
A szabványos alakú és méretű központfuratot (MSZ 3999) a géprajzokon a furatfajta rajzjelével, az alak betűjelével és a névleges átmérővel kell megadni. A szabványos központfuratok alakját a 423. ábra egyszerűsített jelölését és megadását a 424. ábra szemlélteti.

A központfurat rajzjele vastag folytonos vonalú A jel, magassága 1,4-szerese az alak betűjelének A tiltó jel magassága kb. kétszerese a méret magasságának.

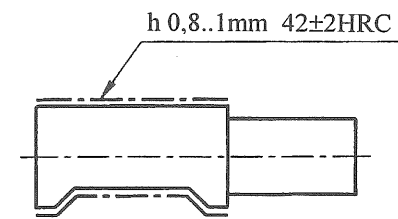
A nem szabványos méretű vagy alakú központfuratot ábrázolni kell, megadva az elkészítéshez szükséges méreteket.



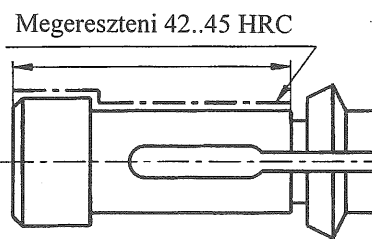
419. ábra



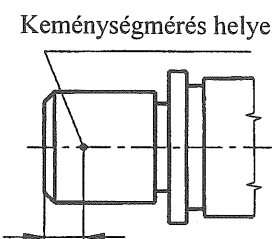
420. ábra



421. ábra



422. ábra



A alak

423. ábra

Feltétel	A központfurat megadása
Ha a központfurat a kész alkatrészben előírás	A 2,5 MSZ3999
Ha a központfurat a kész alkatrészben látszódhat, de ne előírás	
Ha a központfurat a kész alkatrészben nem látszódhat	

424. ábra

11. Mérethálózat

Tengelyeken az átmérőlépcsők átmeneti felületeinek kialakítására nagy gondot kell fordítani szilárdsági, technológiai és működési szempontból.

Kis átmérőlépcső ($D/d \leq 1,25$) kialakítására példát a 425. ábra, nagy átmérőlépcsős ($D/d > 1,25$) átmenetre példát támasztóváll nélküli kialakítás esetén a 426. ábra, támasztóvállas kialakítás esetén a 427. és 428. ábra szemléltet.

Gépalkatrészek szabvány szerinti beszúrásait jelképesen kell megadni. A beszúrás alakját (L, J, U, V) és méretét nyílban végződő mutatóvonalon kell megadni.

11.8. Kötőelemek felfekvő felületének jelölése

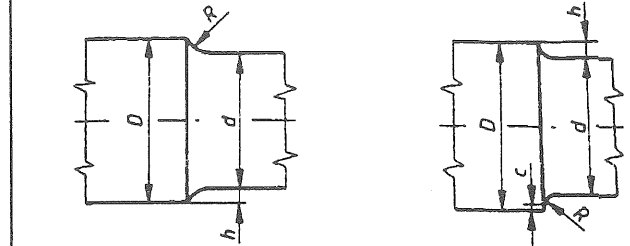
Az öntvények felülete a formázási ferdeség vagy a durva felület miatt általában nem alkalmas felfekvő felületként csavarfej vagy más kötőelem, csatlakozó alkatrész számára. Ezért a furatok környékét - adott átmérőjű részen - meg kell munkáltatni. E sík helye más megmunkált felülethez viszonyított helyzetének előírása helyett a nyers felület torzulásaihoz igazodhat. Ezt csak kör alakú tisztító forgácsolással érhetjük el. A felfekvő felület méretét mutatóvonalon jelöljük, a nyílal kapcsolts mutatóvonal azonban nem végződhet a furat tengelyvonala és kontúrvonala metszéspontjában. A pont sem kapcsolódhat a furat középpontjához (429. ábra).

11.9. Magától értetődő méretek

Azokat a méreteket, amelyek az ábrázolásból méretmegadás nélkül is egyértelműen megállapíthatók, magától értetődő méreteknek nevezzük. Ezeket a méreteket csak akkor kell megadnunk, ha erre különleges okunk van (pl. tűréssel kell ellátni az ilyen méretet).

Ilyen magától értetődő méretek (430. ábra):

- a merőlegesnek rajzolt élek, vagy felületek merőlegessége;
- a párhuzamosra rajzolt élek, középvonalak párhuzamossága;
- a szabályos hatszög szöge;
- a középvonallal felezett méretek félméretének egyenlősége;
- az átmenőfuratok jellege, ha a mélységük nem adott;
- az osztások szögmeretei, ha a rajzon az osztások megadott számából az egyértelműen következik.

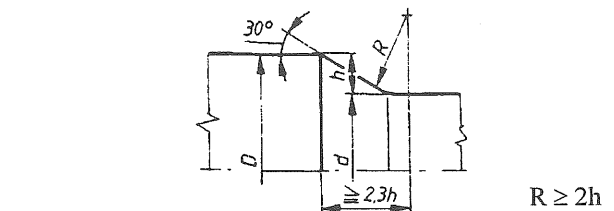


425. ábra

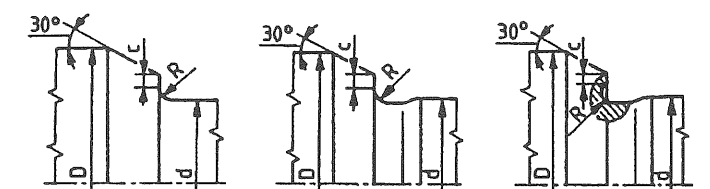
$$R \geq 2h$$

$$R < h \text{ és } d \geq 8h \\ c = h - R$$

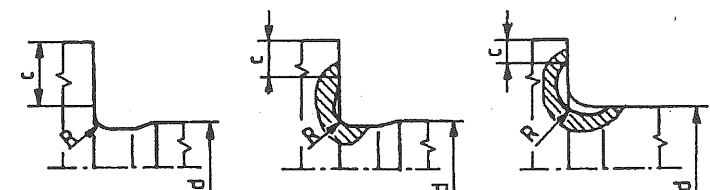
426. ábra



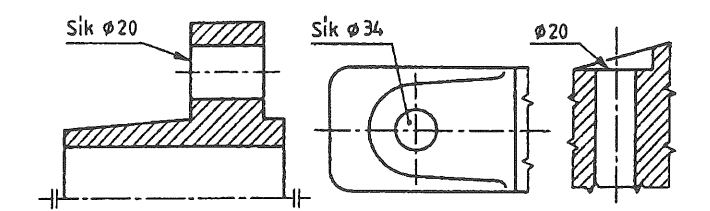
427. ábra



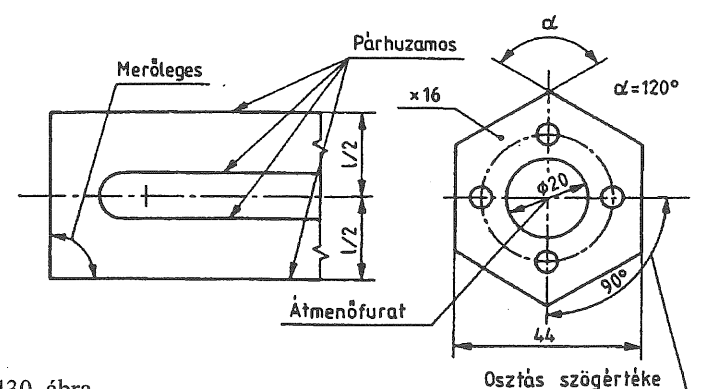
428. ábra



429. ábra



430. ábra



11. Mérethálózat

11.10. A mérethálózat felépítése

11.10.1. A mérethálózat felépítésének általános szabályai

Mérethálózatnak nevezzük a rajzon megadott összes méretet. A mérethálózat felépítésén az alkatrész egyértelmű meghatározásához szükséges méretek rendezett elhelyezését értjük.

A mérethálózat felépítésekor tekintettel kell lenni az alkatrész vagy szerkezet működésére és elkészítésének módjára, továbbá figyelembe kell venni a gyártásközi és a végső ellenőrzés, valamint mérés módját is.

A műhelyrajz az alkatrészt elkészítés utáni állapotában ábrázolja.

Az alkatrész rajzán annyi méretet kell és csak annyit szabad megadni, amennyi az egyértelmű meghatározásához szükséges. Minden méret lehetőleg csak egyszer - a legjellemzőbb vetületen - szerepeljen. A méretmegadás egyes elemeinek meg kell felelniük az eddig tanult szabványos előírásoknak.

11.10.2. Láncszerű méretmegadás

Ez a mérethálózat csak ott alkalmazható, ahol a mérettűrések, ill. a méret határeltéréseinek összeadódása nem ütközik az alkatrész funkcionális követelményeivel (431. ábra).

11.10.3. Bázistól induló méretmegadás

Ez a mérethálózat ott alkalmazható, ahol az azonos irányú méretek közös alaptól indulnak.

A bázisvonal lehet:

- a működés szempontjából fontos méret határvonala (432. ábra);
- a működés szempontjából fontos szimmetriatengely (433. ábra);
- a főméret valamelyik határoló vonala (434. ábra);
- egy adott távolságra fekvő, a vetület kontúrjain kívül levő, de a szerkesztéshez vagy gyártáshoz felhasznált pont, egyenes, sík is (435. ábra).

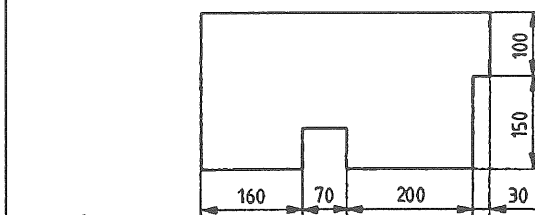
Célszerű, ha a szerkesztési, a gyártási és az ellenőrzési bázisfelületek egybeesnek.

Ez a méretmegadási mód lehet:

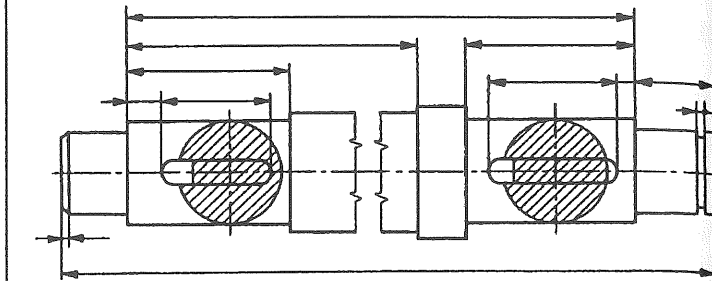
- párhuzamos méretmegadás, amikor az egyes méretvonalak egymással párhuzamosan helyezkednek el, olyan távolságra, hogy a méretek jól el lehessen helyezni;
- összevont (halmozott) méretmegadás, amely a párhuzamos méretmegadás egyszerűsítése. Ott alkalmazható, ahol leolvasási nehézségek nem merülnek fel.

A közös kiindulási pontot a legalkalmasabb helyen kell elhelyezni, és kb. 3 mm átmérőjű üres körrel és 0 méretszámmal jelölni. A közös méretvonal végpontja nyílban végződik. A méretszámokat a méretvonal-határolók közelében helyezzük el a 436. és 437. ábra szerint.

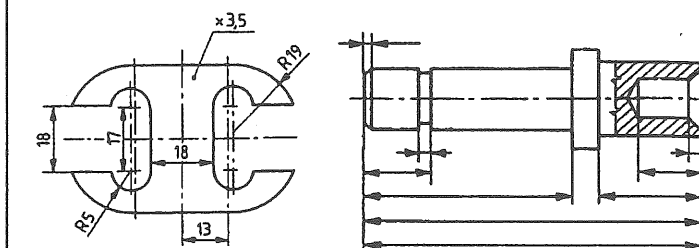
A méreteket az egyes vetületeken a külső és belső tagoltságnak megfelelően csoportosítani célszerű. Ezt kívánja meg a könnyebb áttekinthetőség és a megmunkálás folyamata is. Ha a tárgynak ugyanazon elemét nézetben és metszetben egyaránt ábrázoljuk, akkor a külső méreteket a nézetben, a belső méreteket a metszeti képen célszerű megadni (438. ábra).



431. ábra

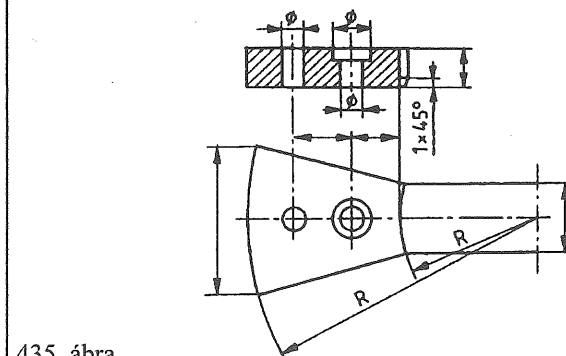


432. ábra

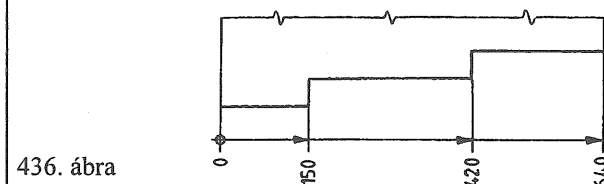


433. ábra

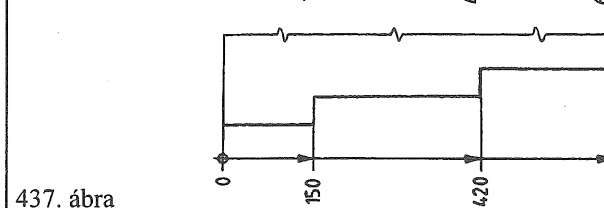
434. ábra



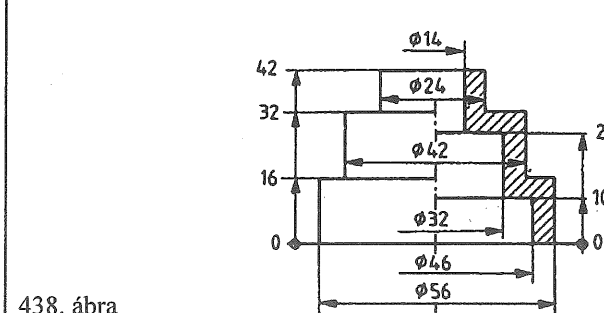
435. ábra



436. ábra



437. ábra



438. ábra

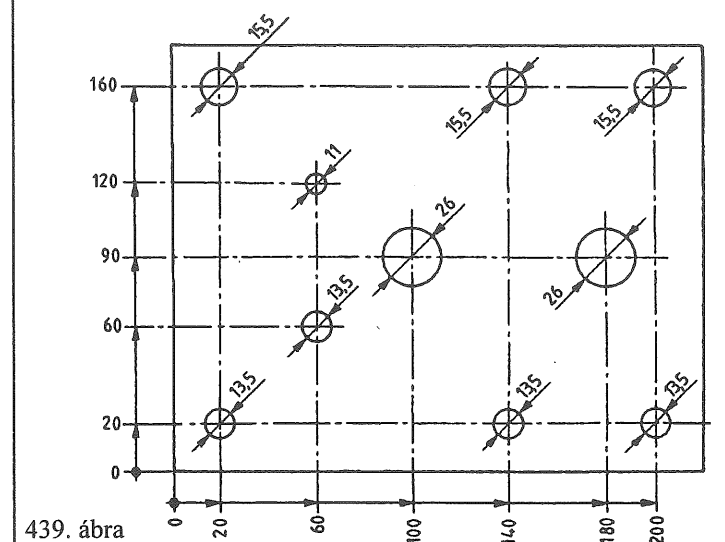
11. Mérethálózat

A nyersen maradó és a megmunkált felületek meghatározásához a szükséges méreteket is célszerű különválasztva csoportosítani.

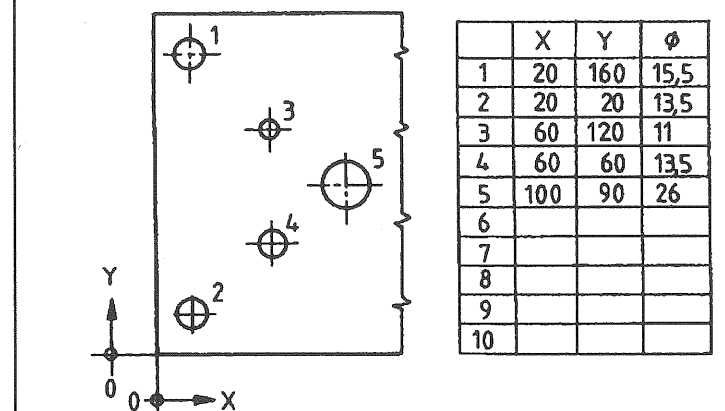
Az összevont (halmozott) méretmegadást két irányban is alkalmazhatjuk, lemezen levő lyukak elhelyezésének megadására. Ebben az esetben a kiindulási pontokat a 439. ábra szerint helyezzük el.

11.10.4. Táblázatos méretmegadás

Ezt a méretmegadási módot a két irányban alkalmazott összevont (halmozott) méretmegadás helyett alkalmazhatjuk. A helyzetmeghatározó méretpárhoz hozzárendeljük a furat átmérőjét is. A közös kiindulási pontokat itt is a legalkalmasabb helyen kell elhelyezni, és kb. 1 mm átmérőjű ponttal és 0 méretszámmal jelöljük (440. ábra).



439. ábra



440. ábra

11.10.5. Kombinált méretmegadás

Mint az elnevezés is mutatja két méretmegadási mód ötvözetéről van szó. A méretek egyenkénti (láncszerű) és az összevont (közös pontból kiinduló) méretmegadásának együttes alkalmazását jelenti (441. ábra).

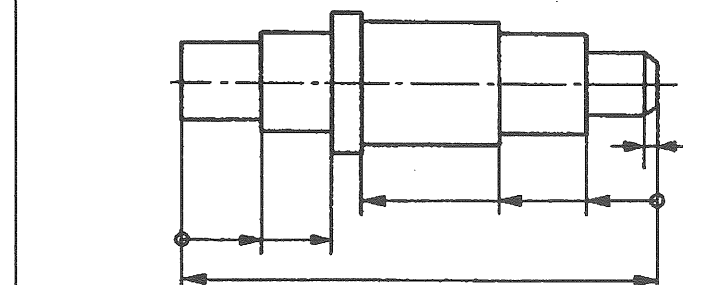
11.10.6. Méretek elosztása a rajzon

A mérethálózatnak határozott rendszerben kell tartalmaznia az előző pontokban tanultak szerint azokat a méreteket, amelyek a munkadarab meghatározásához szükségesek. A méretek célszerű elosztása a rajzon nemcsak a rajz esztétikai értékét növeli, de könnyíti a megértést is.

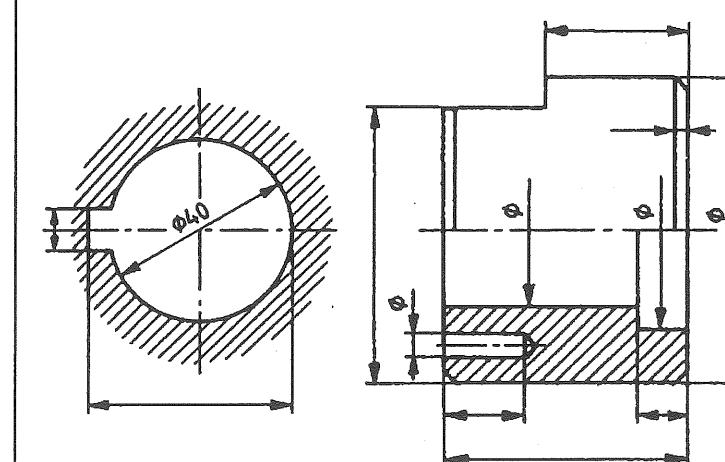
Forgásfelületek tengelyirányú vetületén sok a koncentrikus kör. Az átmérők méreteit tehát inkább a hengerfelületek másik vetületén adjuk meg.

A főméreteket úgy adjuk meg, hogy azokat könnyen megtalálhassuk a rajzon. Az értelemszerűen összefüggő méreteket a legjellemzőbb vetületen összefüggő mérethálózatban kell megadni, pl. a reteszhorony szélességét, mélységét (442. ábra).

Az egy munkafolyamathoz tartozó méreteket lehetőleg egy vetületen adjuk meg (443. ábra).



441. ábra



442. ábra



443. ábra

13. Mérettűrés

13. Mérettűrés

13.1. A tűrés

Az alkatrészek - rajzon megadott - névleges méretei, szögei, eszményi alakja, méreteik egymáshoz való viszonya a gyakorlatban a leggyakrabban megmunkálással sem készíthető el tökéletes pontossággal. Bár nem tudjuk az abszolút pontosságot elérni, de nem is érdemes törekedni erre, hiszen a gyakorlatból tudjuk, hogy egy munkadarab mérete vagy alakja bizonyos határok között eltérhet a pontos mérettől anélkül, hogy alkalmatlanná válna rendeltetésének betöltésére. Nem kell tehát arra törekednünk, hogy költséges műveletekkel az előírt méretet a lehető legjobban megközelítsük. Megelégedhetünk azzal, hogy meghatározzuk, mekkora *méretszóródás* mellett gazdaságos a gyártás, a válogatás és utánmunkálás nélküli szerelhetőség és cserélhetőség.

13.2. A mérettűrés alapfogalmai

A *méret* a hosszúság valamilyen mértékegységben (általában milliméterben) kifejezett számértéke.

A rajzon a méretszámmal megadott méretet *névleges méretnek* (N) nevezzük.

Az alkatrészaraj alapján elkészített munkadarab valóságos méretét pontosan nem is tudjuk megállapítani, mert a mérés eredményét befolyásolják az ún. rendszeres hibák (környezeti tényezők, elsősorban a hőmérséklet ingadozása) és a szubjektív hibák is (pl. a fáradtság).

Az alkatrész *tényleges méretének* egy megengedett hibájú mérőeszközzel mért (észlelt) méretét tekintjük. A mindenkori követelmény az, hogy a *tényleges méret* minél jobban közelítse meg a *névleges méretet*. Ennek érdekében határt szabhatunk a *tényleges méret* és *névleges méret* közötti eltérésnek.

Határméretnek nevezzük azt a két méretet, amelyek között a *tényleges méretnek* el kell helyezkednie. Határesetként a *tényleges méret* megegyezhet a *határmérettel* is.

A *határméreteket* úgy kell megállapítani, hogy az alkatrész használhatóságát, működési feltételeit az elkészült alkatrész kielégítse.

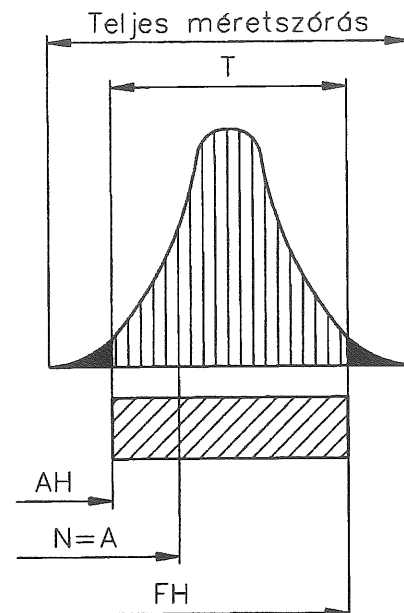
A *felső határméret* (FH) a két határméret közül a nagyobb.

Az *alsó határméret* (AH) a két határméret közül a kisebb.

A *közepes méret* (M) a felső és alsó határméret számtani közepe.

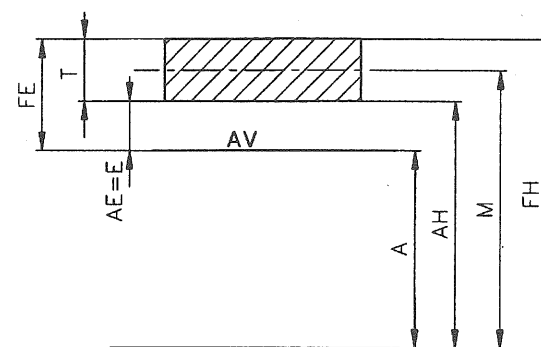
Ha sorozatban gyártott alkatrészek valamelyik méretét több darabon rendre megmérjük, és a mért *tényleges méreteket* feljegyezzük, majd a mérések eredményét gyakoriság szerint diagramon ábrázoljuk, a 474. ábrához hasonló alakú görbét kapunk. Ezt a görbét *normális eloszlási görbének* vagy Gauss-görbének nevezzük.

Ha az alkatrész rajzán megadott alsó és felső határméretet berajzoljuk a görbébe, látjuk, hogy néhány alkatrész a megengedettnél kisebbre, ill. nagyobbra készült. Ezeket az alkatrészeket tekintjük selejtesnek. A *felső és az alsó határméret különbsége a tűrés* (T). Ez egyben a méretszórás megengedett nagysága is. $T = FH - AH$. Sorozatgyártáskor nincs is szükség arra, hogy a *tényleges méretet* megállapíthassuk, ehelyett általában *határmérő* idomszerekkel vagy más módon azt állapítjuk meg, hogy a *tényleges méret* az előírt határon belül van-e.

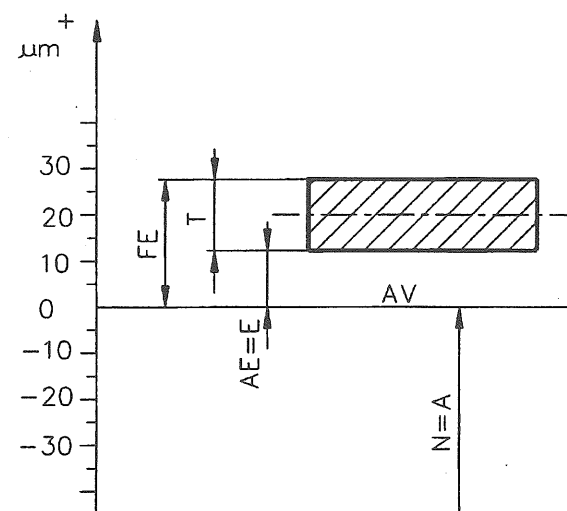


T tűrésnagyság
 AH alsó határméret
 FH felső határméret
 $N=A$ névleges méret

474. ábra



475. ábra



476. ábra

13. Mérettűrés

A megmunkálási eljárás során arra kell törekednünk, hogy az elkészült munkadarab *tényleges mérete* a *közepes méretet* minél jobban megközelítse.

Az ISO illesztési rendszerben *alapeltérésen* mindig azt a *határeltérést* értjük, amelyik az *alapvonalhoz* közelebb helyezkedik el, kisebb az abszolút értéke (475. ábra).

A gyakorlatban előfordul, hogy az alkatrész tűrését ábrázolni kell. Ilyenkor a természetes méretarány nem használható, mivel a névleges mérethez képest az eltérések túl kis mértékűek. Ha nagyítást alkalmazunk, az eltérések ábrázolhatók ugyan, de akkor a névleges és a határméret adódnak túlságosan nagyra. A feladatot csak úgy tudjuk megoldani ha a számunkra semmitmondó részleteket (alpméret, határméret stb.) torzítjuk, és csak az eltéréseket ábrázoljuk a célszerűen megválasztott nagyítással. Ilyen ábrázolásmódban az alpméretet az alapvonal - nullavonal - helyettesíti. Az eltéréseket ettől mérjük fel.

Ha az alapvonalat vízszintesre rajzoljuk, akkor az alapvonal felett a pozitív, alatta a negatív eltéréseket ábrázoljuk (476. ábra).

Az alapvonal a névleges mérettel meghatározott vonal, amely a tűrésmezők ábrázolásában a 0 határeltérésnek felel meg. Ha az összefüggéseket szemléltetni kívánjuk, akkor ezeket a legcélszerűbben hengeres alkatrészekben mutathatjuk be (477-478. ábra).

Mivel a méretszóródás alapvetően befolyásolja az alkatrészek kapcsolódását, ill. működését, ezért a megengedhető méretszóródást a határméret előírásával meg kell adni. A határméretet a névleges méret és egy előjeles határeltérés együttesével adjuk meg. Az így előírt eltérést *határeltérésnek* nevezzük.

A *felső határeltérés* (FE) a felső határméret és a névleges méret különbsége: $FE = FH - N$

Az *alsó határeltérés* (AE) az alsó határméret és a névleges méret közötti különbség: $AE = AH - N$.

A határeltéréseket közvetlenül a névleges méret után írjuk előjelüket feltüntetve. A 0 számértékű határeltérést is kiírjuk, természetesen előjel nélkül. A számok írásnagysága egy fokozattal kisebb legyen a névleges méretszám írásnagyságánál. (Számítógéppel készített rajzokon a határeltérések számjegyeinek írásnagysága a névleges mérettel azonos lehet.) A felső határeltérést kell az alsó fölé írni. Az azonos számértékű, de ellenkező előjelű határeltéréseket $\pm$ előjellel és egy számértékkel kell megadni. Ilyenkor a számjegy magassága az alpméret számjegyével azonos.

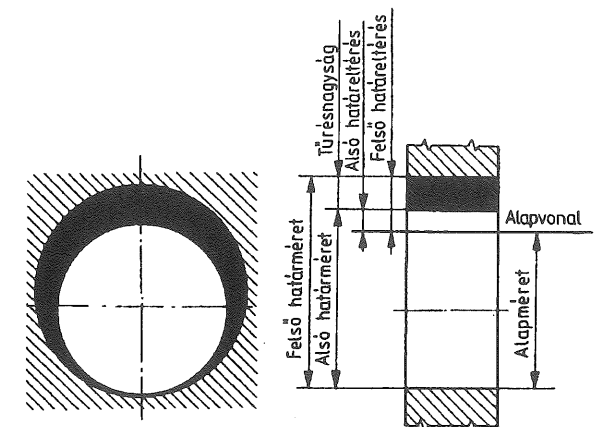
A névleges méret és a határeltérések együttes megadását *tűrésezett méretnek* nevezzük.

A tűrésezett méret rajzi megadására példákat a 479. ábrán látunk.

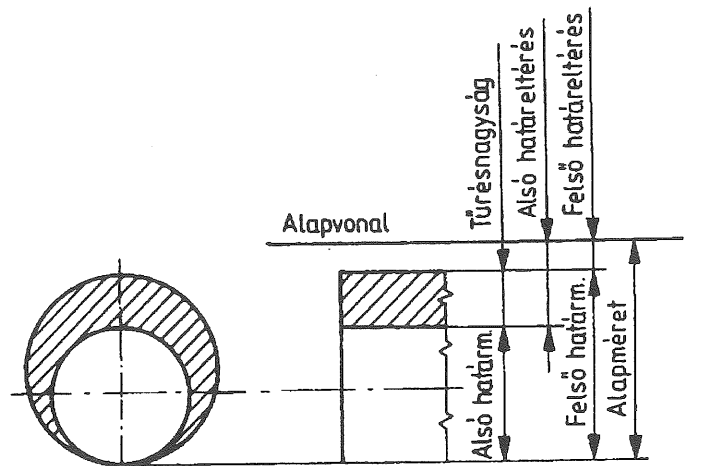
13.3. A tűrésmező, a tűrésnagyság és a tűrés elhelyezkedése

A tűrés magában foglalja a méretszóródás megengedett nagyságát, és meghatározza annak helyzetét az alapvonalhoz viszonyítva.

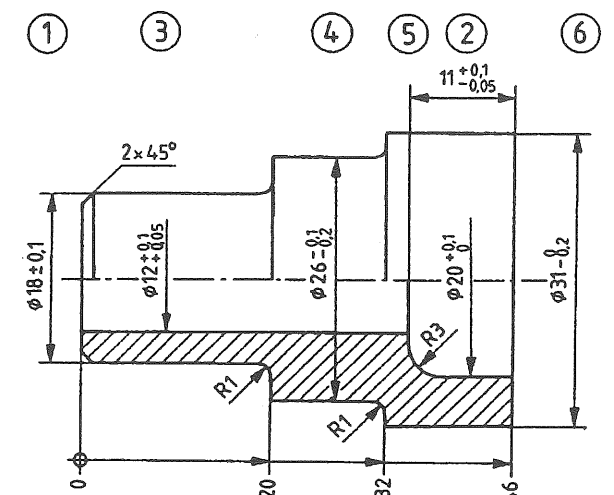
A tűrések ábrázolásakor a névleges méretnek megfelelő vonal az alapvonal. A tűrésmezőt erősen nagyítva ($M 500:1$; $M 1000:1$) rajzoljuk úgy, hogy az alapvonalal párhuzamos két egyenes határolja.



477. ábra



478. ábra



Példa	T	FH	AH
1	0,2	18,1	17,9
2	0,18	11,1	10,95
3	0,05	12,1	12,05
4	0,1	25,9	25,8
5	0,1	20,1	20
6	0,2	31	30,8

479. ábra

13. Mérettűrés

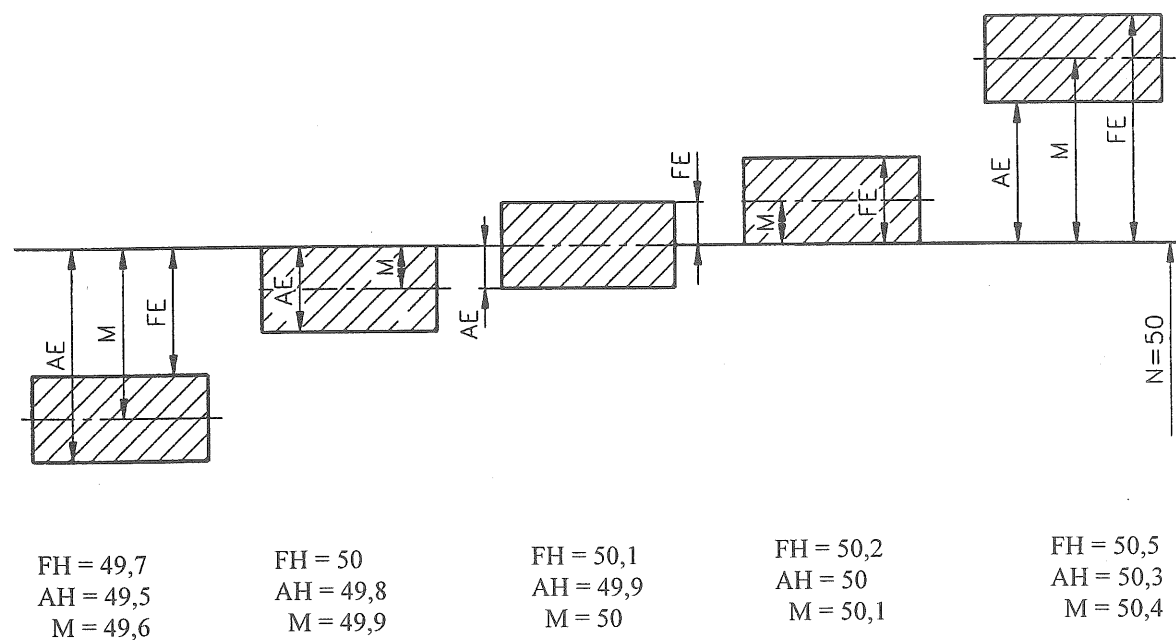
FE = 0,3
AE = 0,5

AE = 0,2

FE = 0,1
AE = 0,1

FE = 0,2

FE = 0,5
AE = 0,3



FH = 49,7
AH = 49,5
M = 49,6

FH = 50
AH = 49,8
M = 49,9

FH = 50,1
AH = 49,9
M = 50

FH = 50,2
AH = 50
M = 50,1

FH = 50,5
AH = 50,3
M = 50,4

a)

A tűrésmező ilyen formában való ábrázolása azért célszerű, mert a meghatározásokat láthatóvá, érzékelhetővé tesszük, egyben a tűrésmező nagyságáról és az alapvonalhoz viszonyított relatív helyzetéről is jól értelmezhető képet kapunk.

A tűrésmező alapvonalhoz viszonyított hat lehetséges helyzetét a 480. ábra szemlélteti.

13.4. Hosszméretek tűrése

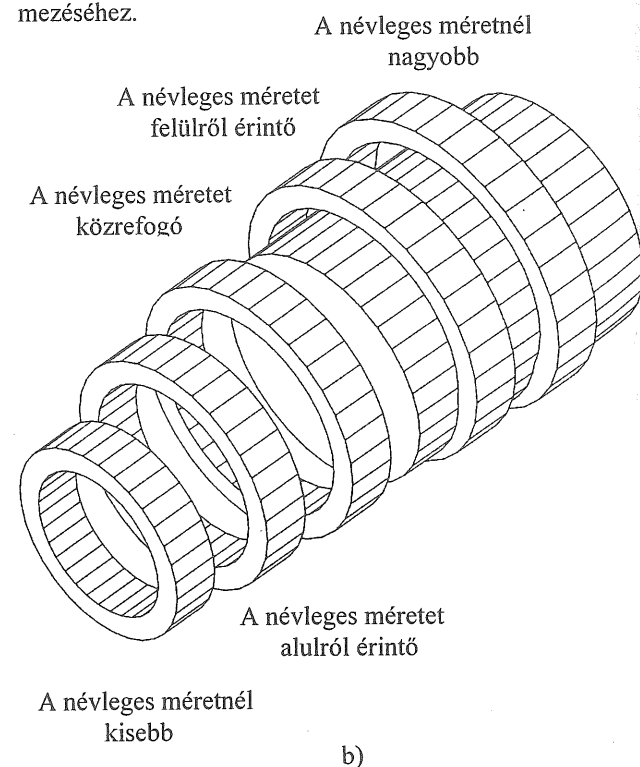
Tűrészett méretmegadásnál a névleges méret mellett a határeltéréseket is megadjuk.

Tűrészett méretek előírhatók tengelyek, csapok és furatok átmérőjére, továbbá középpontok, élek, tengelyvonalak és felületek távolságára egyaránt.

1. Feltétlenül tűréssel kell ellátni a méretet, ha - a munkadarab működése megkívánja, hogy a méretnek előírt határok között kell lennie (pl. dugattyú átmérője, tengelyátmérők stb.);
2. az egymástól függetlenül elkészített alkatrészeket mindenféle utánmunkálás nélkül kell összeszerelni (pl. csapágyak, kötőelemek stb.);
3. megköveteljük, hogy a pótalkatrészeket minden utánmunkálás nélkül lehessen az eredeti helyükre beépíteni (pl. törött vagy kopott alkatrészek cseréje).

Ezenkívül tűréssel kell ellátni azokat a méreteket, amelyek az előbbi három csoportba nem tartoznak ugyan, de a gyártás folyamán valamilyen oknál fogva fontosak (pl. készülékbe kell helyezni), és minden egyéb hossz méretnél is növeli a gazdaságosságot a megengedhető legnagyobb tűrés előírása (l. az 1.5.7. Az egyik irányban határolt méretek és a 1.5.10. Tűrészetlen méretek pontossága c. alfejezetet).

A tűrésmező alapvonalhoz viszonyított helyzetét mutatja a szemléltető kép, a névleges átmérőjű hengerhez kapcsolt „tűrésmező gyűrűkkel”. Szemléltető kép a tűrésmezők lehetséges helyzetének értelmezéséhez.



480. ábra

13. Mérettűrés

13.5. Szögméreték tűrése

A szögméreték tűrését a hossz méretek tűréséhez hasonlóan, a fokban kifejezett méretszám után írjuk. A szögméreték tűrését fokban, percben, másodpercben kell megadni (481. ábra).

13.6. A lejtés és a kúposág tűrése

Ha a lejtés és a kúposág mérete százalékban adott, akkor a tűrést is százalékban kell megadni (482. ábra). A 482a ábrán a munkadarabon található előírás szerint a lejtős felületek lejtése 9,5%-tól 10,5%-ig készíthető. A 4x azt jelenti hogy a méret mind a négy felületre vonatkozik.

A 482b ábra kúpos furata akkor megfelelő, ha a kúposág aránya nem tér el 0,005-nél nagyobb mértékben egyik irányban sem. Az aránnyal adott előírás átszámítva $29,167\% \pm 5\%$ -nak felel meg, így a kúposág 28,667% és 29,667% határok között fogadható el.

13.7. Az egyik irányban határolt méretek

Az egyik irányban határolt méretnek vagy csak a felső, vagy csak az alsó határméretét írjuk elő. A névleges méret ilyenkor határméret, és ezért ezt a max vagy min jellel egészítjük ki (483. ábra).

13.8. Egyenlő osztásban ismétlődő elemek méreteinek tűrése

Az egyenlő osztásban ismétlődő elemek (furatok, hornyok, fogak stb.) közötti méret tűrése kiemelten megadható (484. ábra).

A $\pm 0,1$ -es tűrés bármely két szomszédos furat távolságának a tűrése. A 40-es méret kiadódó méret, ezért kerek zárójelbe kell tenni a tűréssel együtt.

13.9. Tűrés-alapsorozatok

A tűrés nagyságát nem célszerű öletszerűen választani, ezért a mérettől és a megmunkálás pontosságától függően ajánlott tűrésnagyságokat szabványban rögzítették. Az egységes tűrés- és illesztési rendszerben a tűrésnagyságnak előre meghatározott minőségi fokozatai vannak, ezek közül választjuk ki a megfelelőt.

Az azonos minőségi fokozathoz tartozó tűrésnagyságok sorozata alapsorozatot alkot, amelynek jele az IT (ISO tolerancia) betűjeléből és a minőséget jelző számból áll. A szabvány (MSZ 180) 19 minőségi fokozatot különböztet meg (IT0, I; IT0: IT1; IT2-IT17).

A szabványos tűrés-alapsorozatot a 11. táblázat tartalmazza. A mérettartományba csak az alsó határnál nagyobb és a felső határt is magában foglaló méretek tartoznak. A táblázatból kitűnik, hogy a tűrésnagyság a méret nagyságától és a minőségtől is függ.

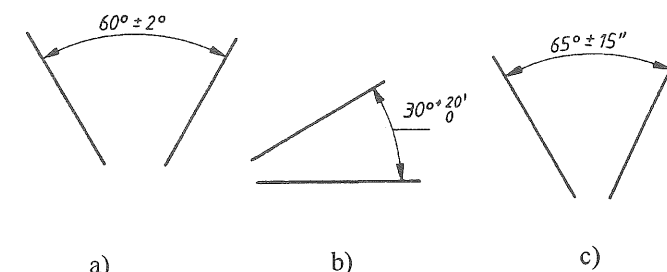
A táblázat felépítésekor az

$$i = 0,45 \sqrt[3]{D} + 0,001 \cdot D$$

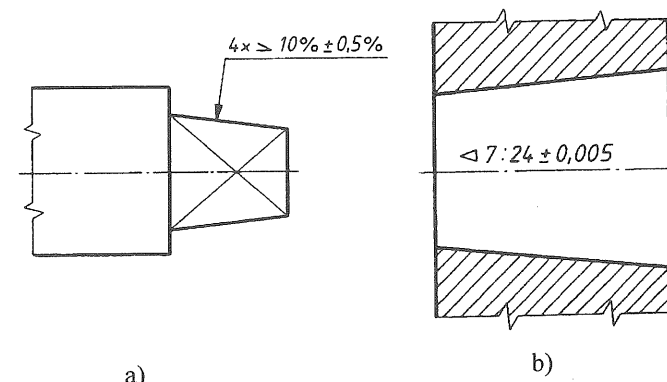
tűrésegységet vették alapul, ahol D μm -ben értendő, i pedig mm-ben adódik. (Ez 500 m m-ig használatos.) A tűrésnagyság általában a tűrésegység többszöröseként

$$T = q_i$$

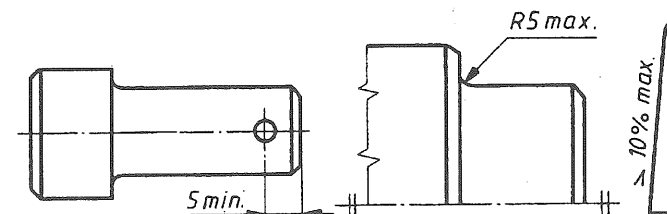
számítható. Alkatrészek csatlakozásához az IT5-IT12 minőségű tűréseket alkalmazzák.



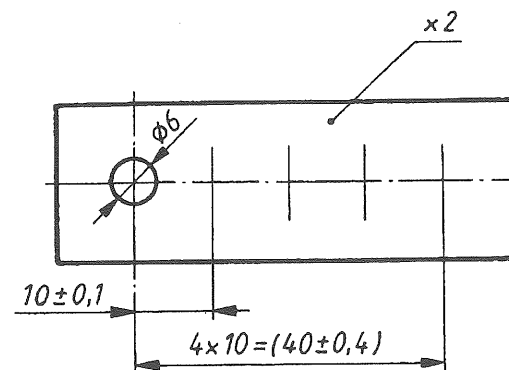
481. ábra



482. ábra



483. ábra



484. ábra

13. Mérettűrés

11-1. táblázat

Tűrés alapsorozatok

Minőségjel Méret, mm		IT 01	IT 0	IT 1	IT 2	IT 3	IT 4	IT 5	IT 6	IT 7	IT 8
		Tűrésnagyság, µm									
felett	-ig										
	3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14
3	6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18
6	10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22
10	18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27
18	30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33
30	50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39
50	80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46
80	120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54
120	180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63
180	250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72
250	315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89
400	500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97
500	630	4,5	6	9	11	16	22	30	44	70	110
630	800	5	7	10	13	18	25	35	50	80	125
800	1000	5,5	8	11	15	21	29	40	56	90	140
1000	1250	6,5	9	13	18	24	34	46	66	105	165
1250	1600	8	11	15	21	29	40	54	78	125	195
1600	2000	9	13	18	25	35	48	65	92	150	230
2000	2500	11	15	22	30	41	57	77	110	175	280
2500	3150	13	18	26	36	50	69	93	135	210	330
3150	4000	16	23	33	45	60	84	115	165	260	410
4000	5000	20	28	40	55	74	100	140	200	320	500
5000	6300	25	35	49	67	92	125	170	250	400	620
6300	8000	31	43	62	84	115	155	215	310	490	760
8000	10000	38	53	76	105	140	195	270	380	600	940

11-2. táblázat

Tűrés alapsorozatok

Minőségjel Méret, mm		IT 9	IT 10	IT 11	IT 12	IT 13	IT 14	IT 15	IT 16	IT 17
		Tűrésnagyság, µm								
felett	-ig									
	3	25	40	60	100	140	250	400	600	1000
3	6	30	48	75	120	180	300	480	750	1200
6	10	36	58	90	150	220	360	580	900	1500
10	18	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800
18	30	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100
30	50	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500
50	80	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000
80	120	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500
120	180	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000
180	250	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600
250	315	130	210	320	520	810	1300	2100	3200	5200
315	400	140	230	360	570	890	1400	2300	3600	5700
400	500	155	250	400	630	970	1550	2500	4000	6300
500	630	175	280	440	700	1100	1750	2800	4400	7000
630	800	200	320	500	800	1250	2000	3200	5000	8000
800	1000	230	360	560	900	1400	2300	3600	5600	9000
1000	1250	260	420	660	1050	1650	2600	4200	6600	10500
1250	1600	310	500	780	1250	1950	3100	5000	7800	12500
1600	2000	370	600	920	1500	2300	3700	6000	9200	15000
2000	2500	440	700	1100	1750	2800	4400	7000	11000	17500
2500	3150	540	860	1350	2100	3300	5400	8600	13500	21500
3150	4000	660	1050	1650	2600	4100	6600	10500	16500	26000
4000	5000	800	1300	2000	3200	5000	8000	13000	20000	32000
5000	6300	980	1550	2500	4000	6200	9800	15500	25000	40000
6300	8000	1200	1950	3100	4900	7600	12000	19500	31000	49000
8000	10000	1500	2400	3600	6100	9400	15000	24000	36000	61000

13. Mérettűrés

13.10. Tűrésetlen méretek pontossága

Az alkatrészrajzon a névleges méretekhez gyakran nincs tűrés feltüntetve. Ezek a *tűrésetlen méretek*. Az így megadott méretek pontosságát is be kell határolni. Ellenkező esetben tetszőleges méretszóródással készülhetnek az alkatrészek. Ez nem engedhető meg, hiszen olyan alkatrész valójában nincsen, amely tetszőleges méreteltérésekkel is megfelel rendeltetésének.

A tűrésetlen méretek méretszóródásának nagysága IT minőségekkel vagy az MSZ ISO 2768-1:1991 szerinti osztályokkal (finom, közepes, durva, nagyon durva) határozható meg. (12. táblázat)

A minden méretfajtára érvényes pontossági osztályok szerinti szimmetrikus elhelyezkedésű tűrések értékeit a 13. táblázat tartalmazza.

Az egyoldalas tűrések számértékei a 14. táblázatban, a tűrésetlen szögméretek határeltérései a 15. táblázatban találhatók.

A tűrésetlen méretek méretpontosságát a műszaki követelményekben adhatjuk meg:

- a változat jele (1, 2, 3, 4) után
- kötőjellel kapcsolva a minőség számjelét (12, 14, 16, 17, amelyek megfelelnek a finom, közepes, durva és nagyon durva minőségének) és
- a vonatkozó MSZ ISO 2768-1:1991 szabványjelzetet. Például:
Tűrésetlen méretek: I-14 MSZ ISO 2768-1:1991
Tűrésetlen méretek: 3- finom MSZ ISO 2768-1:1991

A tűrésetlen méretek határeltéréseinek megválasztásakor előnyben kell részesíteni az IT14-es minőséget vagy a közepes minőségi osztályt.

Ismétlő kérdések

1. Mi teszi szükségessé mérettűrések előírását?
2. Mit nevezünk tényleges és névleges méretnek?
3. Mit jelent a felső, ill. alsó határméret?
4. Hogyan értelmezhető a felső, ill. alsó határeltérés?
5. Hogyan írjuk a határeltéréseket a rajzra?
6. Mi a tűrés?
7. Hogyan helyezkedhet el a tűrésmező az alaponálhoz viszonyítva?
8. Hogyan tűrésezzük a hossz méreteket?
9. Hogyan írjuk elő szögméretek tűrését?
10. Hogyan tűrésezzük a lejtést és kúposágot?
11. Hogyan adjuk meg az egy irányban határolt méreteket?
12. Hogyan tűrésezzük az egyenlő osztásban ismétlődő elemek méreteit?
13. Hogyan határozzuk meg a tűrésetlen hossz méretek pontosságát?
14. Hogyan határozzuk meg a tűrésetlen szögméretek pontosságát?
15. Mit értünk tűrés-alapsorozaton?

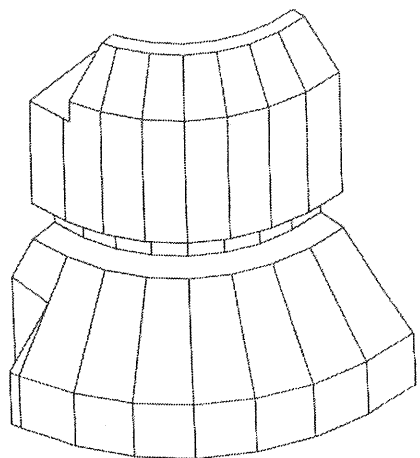
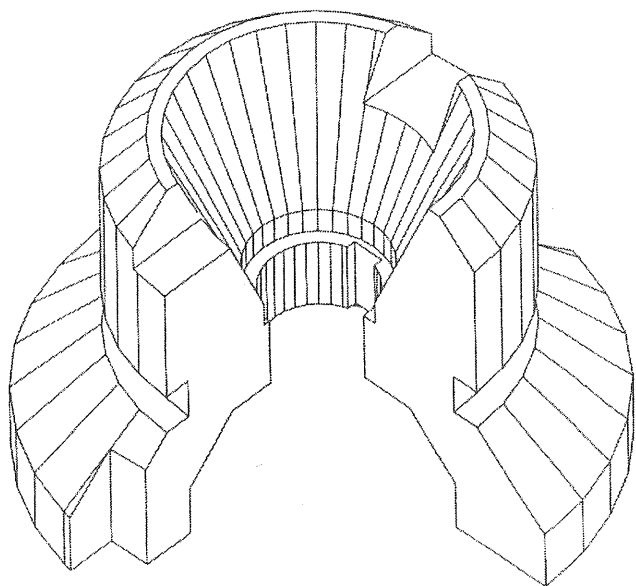
12. táblázat

Változat	Csapméret		Lyukméret		Egyéb méret, amely nem tekinthető sem csap sem lyukméretnek
	Körszelvényű	egyéb	Körszelvényű	egyéb	
Határeltérések az egyes változatokra					
1	-IT		-IT		$\pm \frac{t}{2}$
2	-t		+t		$\pm \frac{t}{2}$
3	$\pm \frac{t}{2}$				
4	-IT	$\pm \frac{t}{2}$	+IT	$\pm \frac{t}{2}$	$\pm \frac{t}{2}$

Mintarajz

A 485. ábrán egy kúpos furatú tárcsa szemléltető képe, AutoCAD programmal készített felületi hálójá és vetületi rajza látható.

Az alkatrész értelmezéséhez, valamint a félnézet-félmetszet vetületi rajz elkészítéséhez nyújthat segítséget az AutoCAD programmal készített szemléltető felületi háló.



13. Mérettűrés

13. táblázat

Tűrészetlen méretek szimmetrikus fekvésű megengedett szórásának határeltérései										
A pontossági osztály		Névleges méret, mm								
		0,5 felett 3-ig	3 felett 6-ig	6 felett 30-ig	30 felett 120-ig	120 felett 315-ig	315 felett 1000-ig	1000 felett 2000-ig	2000 felett 3150-ig	3150 felett 5000-ig
megnevezése	jele	Határeltérések, mm								
Finom	$\pm \frac{t_1}{2}$	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2
Közepes	$\pm \frac{t_2}{2}$	±0,10	±0,10	±0,2	±0,30	±0,5	±0,8	±1,2	±2,0	±3,0
Durva	$\pm \frac{t_3}{2}$	±0,15	±0,20	±0,5	±0,80	±1,2	±2,0	±3,0	±4,0	±8,0
Nagyon durva	$\pm \frac{t_4}{2}$	±0,15	±0,20	±1,0	±1,50	±2,0	±3,0	±5,0	±8,0	±12,0

A pontossági osztály		Névleges méret, mm							
		5000 felett 8000-ig	8000 felett 10000-ig	10000 felett 12500-ig	12500 felett 16000-ig	16000 felett 20000-ig	20000 felett 25000-ig	25000 felett 31500-ig	31500 felett 40000-ig
megnevezése	jele	Határeltérések, mm							
Finom	$\pm \frac{t_1}{2}$	±2	±3	±4	±5	±6	±8	±10	±12
Közepes	$\pm \frac{t_2}{2}$	±5	±8	±10	±12	±15	±20	±25	±30
Durva	$\pm \frac{t_3}{2}$	±12	±20	±25	±30	±40	±50	±60	±80
Nagyon durva	$\pm \frac{t_4}{2}$	±20	±30	±40	±50	±60	±80	±100	±120

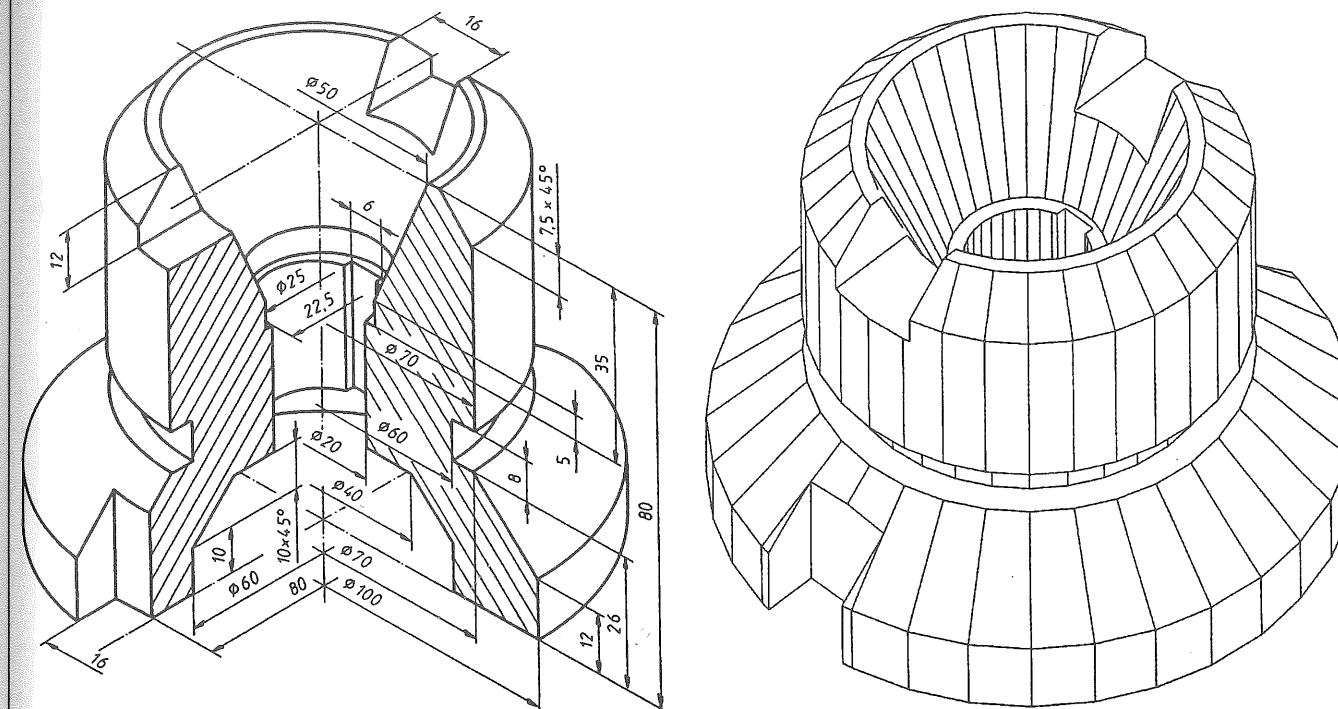
14. táblázat

A pontossági osztály		Névleges méret, mm								
		0,5 felett 3-ig	3 felett 6-ig	6 felett 30-ig	30 felett 120-ig	120 felett 315-ig	315 felett 1000-ig	1000 felett 2000-ig	2000 felett 3150-ig	3150 felett 5000-ig
megnevezése	jele	Határeltérések, mm								
Finom	$+t_1$	+0,1 0	+0,1 0	+0,2 0	+0,3 0	+0,4 0	+0,6 0	+1,0 0	+1,6 0	+2,4 0
	$-t_1$	0 -0,1	0 -0,1	0 -0,2	0 -0,3	0 -0,4	0 -0,6	0 -1,0	0 -1,6	0 -2,4
Közepes	$+t_2$	+0,2 0	+0,2 0	+0,4 0	+0,6 0	+1,0 0	+1,6 0	+2,4 0	+4,0 0	+6,0 0
	$-t_2$	0 -0,2	0 -0,2	0 -0,4	0 -0,6	0 -1,0	0 -1,6	0 -2,4	0 -4,0	0 -6,0
Durva	$+t_3$	+0,3 0	+0,4 0	+1,0 0	+1,6 0	+2,4 0	+4,0 0	+6,0 0	+10,0 0	+16,0 0
	$-t_3$	0 -0,3	0 -0,4	0 -1,0	0 -1,6	0 -2,4	0 -4,0	0 -6,0	0 -10,0	0 -16,0
Nagyon durva	$+t_4$	+0,3 0	+1,0 0	+2,0 0	+3,0 0	+4,0 0	+6,0 0	+10,0 0	+16,0 0	+24,0 0
	$-t_4$	0 -0,3	0 -1,0	0 -2,0	0 -3,0	0 -4,0	0 -6,0	0 -10,0	0 -16,0	0 -24,0

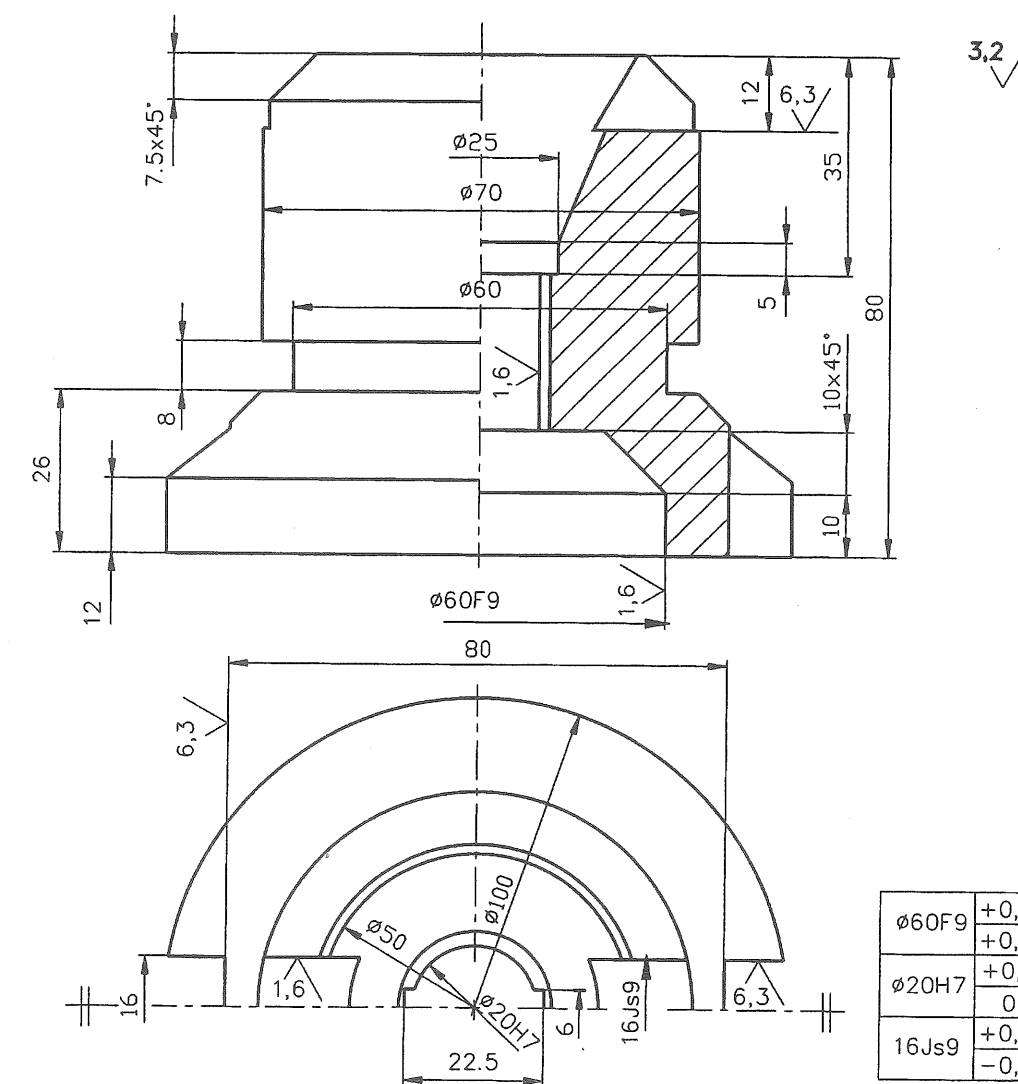
Mintarajz

Szemléltető kép

AutoCAD programmal készített felületi háló



Vetületi kép



485. ábra

15. Alak- és helyzetűrések

15. Alak- és helyzetűrések

15.1. Általános előírások és fogalmak

Az alkatrészeket egymáshoz képest meghatározott helyzetű felületek határolják (sík, henger-, kúpfelület stb.). A *valóságos felület* a test valóban elkészült felülete (az a felület, amely a testet határolja). A *névleges felület* (ideális mértani felület) az a felület, amelynek névleges alakját a rajz vagy egyéb műszaki dokumentáció határozza meg.

Ha a valóságos felületet egy másik felülettel (metszősíkkal) metsszük, akkor *valóságos profilt*, ha a névleges felületet metsszük el, akkor *névleges profilt* (ideális profilt) kapunk.

A valóságos felület és a valóságos profil a gyártási hibák mellett (gép pontatlansága, gép rezgése, megmunkáló szerszám hibája és kopása stb.) csak megközelíti az ideális felületet, ill. ideális profilt.

Az alkatrész működése szempontjából még megengedett és előírt alak- és helyzeteltérést *alakűrésnek*, ill. *helyzetűrésnek* hívjuk.

Az alak- és helyzetűrés rajzjelét, a tűrésnagyságot és szükség esetén a bázis betűjelét két vagy három mezőre osztott tűréskeretbe kell beírni az 503. ábra szerint.

15.2. Az alakeltérések és az alakűrések értelmezése

Az *alakűrésmező* a síknak vagy térnek az a része, amelyen belül kell elhelyezkednie a vizsgált vonal, ill. felület minden pontjának.

Egyenes tűrésmezője henger, és ennek átmérője az egyenes alakűrésének nagysága.

Sík alakűrésmezőjét ráfekvő felületek (ideális síkok) határolják, ezek távolsága a sík alakűrésének nagysága.

15.2.1. Egyenesség eltérés és egyenességtűrés

A valóságos egyenesnek két előre meghatározott távolságban levő egyenes közé kell esnie. A két párhuzamos egyenes és a valóságos egyenes egy síkba esik. A sík bármely hosszirányú sík lehet.

15.2.2. Síklapúságtűrés és síklapúság tűrés

A ráfekvő sík és a valóságos felület pontjai közötti legnagyobb távolság a síklapúság eltérés. A valóságos felületnek két egymással párhuzamos, tűrésezéssel előírt távolságban levő sík között kell elhelyezkednie. Ezek a síkok párhuzamosak. A ráfekvő sík a valóságos felülettel érintkező sík, amely a test anyagán kívül úgy helyezkedik el, hogy a vizsgált felület határain belül a közte és a valóságos felület legtávolabbi pontja között az eltérés a legkisebb.

15.2.3. Köralakeltérés és köralak tűrés

Egy forgásfelület tengelyére merőleges bármely síkban a ráfekvő kör és a valóságos profil pontjai közötti legnagyobb sugárirányú távolság a köralak eltérés. A köralak tűrés a megengedett köralak eltérés. Jellegzetes köralak eltérés az ovalitás és a szögletesség.

15.2.4. Hengerességtűrés és hengeresség tűrés

A ráfekvő henger és a valóságos felület pontjai közötti legnagyobb távolság a hengeresség eltérés. Ennek megengedett mértéke a hengeresség tűrés.

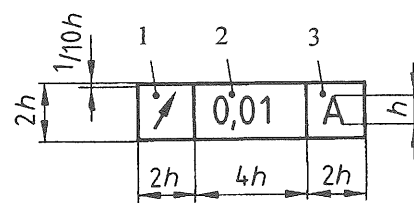
A hengerfelület - mértanilag - egy tengelytől adott távolságban levő, vele párhuzamos egyenes alkotónak tengely körüli körbeforgatásával nyert felület. A valóságban azonban a henger képzéséhez felhasznált elemek (tengely, alkotó) alakhibák, görbék, és a helyzetet rögzítő kötöttségek (párhuzamosság, adott távolság) pontatlanok. A hengerfelület eltorzult valóságos alakjából ezek a hibák kielemezhetők.

A hengeresség tűréselőírás kiegészítéseként többnyire a köralak hibát és a hossz-szelvény profilhibáját szokás külön korlátozni és vizsgálni.

15.2.5. A hossz-szelvény profileltérése és profiltűrése

Hengerfelületek tengelyén átmenő bármely síkban a valóságos profilok pontjai és a ráfekvő profilok közötti legnagyobb távolság a hossz-szelvény profileltérése. Ennek megengedett mértéke a hossz-szelvény profiltűrése.

Az alakűrések értelmezését és rajzi megadását mutatja a 24. táblázat.



Az alak- és helyzetűrések rajzjelét és számértékét két (vagy három) mezőre osztott tűréskeretbe írjuk a következő sorrendben:

- az 1. mezőbe a tűrés jelét,
- a 2. mezőbe a tűrés nagyságát mm-ben,
- a 3. mezőbe az esetleges bázisra utaló betűt.

503. ábra

15. Alak- és helyzetűrések

Alaktűrések

MSZ 14001-1:1989

24. táblázat

Rajzjel	Megnevezés	Példa	Meghatározás	Értelmezés
—	Egyenességtűrés		A valós egyenesnek két előre meghatározott távolságban levő egyenes közé kell esnie.	
	Síklapúságtűrés		A valós felületnek két egymással párhuzamos, előre meghatározott távolságban levő sík között kell elhelyezkednie.	
○	Köralakűtés		A valóságos profilnak előre meghatározott átmérőkülönbségű két kör közé kell esnie.	
	Hengerességtűrés		A valós felületnek két - közös tengelyű - hengerfelület közé kell esnie.	
≡	A hossz-szelvény profiltűrése		A valóságos profilnak a tengelyen átmenő bármely síkban két pár, egymástól adott távolságban levő közös szimmetriatengelyű párhuzamos egyenes között kell elhelyezkednie.	
	Adott profil alakűrése		A koordináta-méretekkal megadott profil valóságos pontjai és a névleges profil között várható legnagyobb távolság tűrése.	
	Adott felület alakűrése		A koordináta-méretekkal megadott felület valóságos pontjai és a névleges felület között várható legnagyobb távolság tűrése.	

15. Alak- és helyzetűrések

15.3. Helyzeteltérések és helyzetűrések értelmezése

15.3.1. Párhuzamosságeltérés és párhuzamosság-tűrés

Két sík, két él vagy két középvonal ráfekvő elemei közötti legnagyobb és legkisebb távolság különbsége a párhuzamosság-eltérés.

A párhuzamosság-eltérés megengedett mértéke a párhuzamosság-tűrés.

A vizsgált két elem egyikére ráfekvő elemet bázisnak (alapsíknak) tekintjük, és ettől vizsgáljuk a másik ráfekvő elem helyzetét.

15.3.2. Merőlegességeltérés és merőlegesség tűrés

Egymásra merőleges sík felületek, élek, középvonalak vagy középvonal és felület egymáshoz viszonyított ráfekvő elemeinek eltérése mm-ben a 90°-tól a merőlegesség eltérés.

Ennek megengedett értéke a merőlegesség tűrés.

15.3.3. Hajlásszögeltérés és hajlásszögtűrés

Sík síkhoz viszonyított hajlásszög tűrésemezeje két olyan egymással párhuzamos síkokkal határolt térrész, amelyek egymástól a hajlásszögtűrésnek megfelelő távolságra vannak és a bázishoz viszonyítva a névleges szög alatt helyezkednek el.

A hajlásszögtűrés a megengedett hajlásszögeltérés. A szög névleges értékét keretben adjuk meg.

15.3.4. Egytengelyűség-eltérés és egytengelyűség-tűrés

A vizsgálandó forgásfelület ráfekvő felületének tengelye és a bázistengely közötti legnagyobb távolság az egytengelyűség-eltérés.

Ennek megengedett legnagyobb mértéke az egytengelyűség tűrés: a tűréshenger átmérője.

15.3.5. Szimmetriaeltérés és szimmetriatűrés

A vizsgálandó felületek szimmetriasíkja és a bázisnak tekintett szimmetriasík közötti legnagyobb távolság a szimmetria eltérés.

A megengedett szimmetria eltérés a szimmetriatűrés: a tűréstér vastagsága.

15.3.6. Pozícióeltérés és pozícióűtés

Pont, tengelyvonal vagy sík felület ráfekvő elemének helyzete és a névleges helyzete közötti legnagyobb távolság a pozíció eltérés.

Ennek megengedett mértéke a pozícióűtés, a tűrés-henger átmérője.

15.3.7. Tengelymetsződés-eltérés és tengely-metsződés-tűrés

A névlegesen metsződő tengelyek a valóságban nem egy síkban vannak, hanem kitérők. A vizsgált elemek ráfekvő elemeinek tengelyei közti legkisebb távolság a tengelymetsződés-eltérés.

Ennek megengedett mértéke a tengelymetsződés tűrés, amely a két elem elméleti tengelyirányával meghatározott síkra merőlegesen értendő, és a tengelymetsződés tűrésterét a tűrésnagyságnak megfelelő távolságban fekvő két sík határolja.

15.4. Összegzett alak- és helyzetűrések

15.4.1. Űtéstűrések

A radiális űtés, az axiális űtés és az adott irányú űtés megengedett mértéke a radiális űtés-, az axiális űtés- és az adott irányú űtés tűrése.

15.4.2. Teljes űtéstűrések

A teljes radiális űtés a köralak hibát és az alkotók, ill. a forgástengely egyenesség eltérését egyszerre veszi figyelembe.

A teljes homlokűtés a ráfekvő felület homlokűtését és a homlokfelület síklapúság tűrését egyszerre veszi figyelembe.

15.5. Az alak- és helyzetűrések rajzi megadása

A helyzetűrések értelmezését és rajzi megadását mutatja a 25. táblázat.

A tűréskeretet nyílban végződő kötővonal kapcsolja a tűrésezett elem kontúrvonalához, méretsegédvonalához vagy középvonalához. A tűréskeretet semmilyen vonal ne keresztesse.

A bázis jele a méretszámok iránynagyságával közel azonos magasságú fekete háromszög. A bázist külön keretbe írt nagybetűvel jelöljük vagy kötővonalal kapcsoljuk a tűréskerethez.

A tűréskeretben a 26. táblázatból választott értéket mm-ben adjuk meg.

15.6. Az alak- és helyzetűrések számértékei

Az alkatrészek alakhűségét, felületeik, ill. tengelyeik alak- és helyzetpontosságát meghatározó tűrésnagyságokat a 26. táblázat tartalmazza.

Ismétlő kérdések

- Hogyan írjuk elő rajzokon az alak- és helyzetűréseket?
- Hogyan jelöljük az egyenesség és a síklapúság tűréseit?
- Hogyan írjuk elő a köralakűség a hengeresség és a hossz-szelvény profiltűrését?
- Hogyan jelöljük a párhuzamosság tűrését?
- Hogyan írjuk elő a merőlegesség és a hajlásszög tűrését?
- Hogyan jelöljük az egytengelyűség tűrését?
- Hogyan jelöljük a radiális-, a homlokűtés és az adott irányú űtés tűrését?
- Hogyan jelöljük a bázisfelületet?

15. Alak- és helyzetűrések

Helyzetűrések

MSZ 14001-1:1989

25-1 táblázat

Rajzjel	Megnevezés	Példa	Meghatározás	Értelmezés
//	Párhuzamosság-tűrés		Két síkpár, két él vagy két középvonal párhuzamosságának megengedhető eltérése.	
⊥	Merőlegességtűrés		Sík felületek, élek, középvonalak vagy középvonal és felület egymáshoz viszonyított merőlegességének eltérése.	
∠	Hajlásszögtűrés		A tűrésezett síknak két, egymástól a tűrt távolságra lévő, egymással párhuzamos és a bázissíkhoz adott szög alatt hajló sík között kell elhelyezkednie.	
⊙	Egytengelyűség-tűrés		Az elméletileg közös középvonalú felületek tényleges középvonalainak tűrésezett távolsága.	
≡	Szimmetriatűrés		Középvonal vagy középsík legnagyobb eltéréseinek tűrése.	
⊕	Pozícióűtés		Pont, tengelyvonal vagy sík felület helyzetének megengedett szóródása.	
×	Tengelymetsződés-tűrés		A tűrésezett tengelyeknek két párhuzamos, egymástól az adott tűrésnyire lévő síkok között kell lenni.	

15. Alak- és helyzettűrések

Helyzettűrések

MSZ 14001-

25-2.. táblázat

Rajzjel	Megnevezés	Példa	Meghatározás	Értelmezés
	A radiális ütés tűrése		A forgásfelület tűrésezett való-ságos profilja pontjainak a bá-zisztengelyre merőleges bármely síkban két, egymástól a adott távolságra lévő a bázisztengelyre középpontos kör között kell elhelyezkednie.	
	Homlokütéstűrés		A homlokfelület való-ságos profilpontjainak a homlokfelületnek bármilyen átmérőjű és a bázis-tengellyel egybeeső tengelyű hengerrel való metszetében a henger palástfelületén egymástól a tűrt távolságra lévő két kör között kell elhelyezkednie.	
	Adott irányú ütés tűrése		Az ütés iránya lehet az adott.	
	A teljes radiális ütés tűrése		A radiális ütést és az alkotók egyenességtérését egyszerre vesszük figyelembe. Pl.: a való-ságos hengerfelületnek két egymástól a tűrésnek megfelelő távolságra lévő és a bázis-tengellyel egytengelyű henger-felületek között kell lennie.	
	A teljes-homlok-ütés tűrése		A homlokütést és a homlokfelület síklapúságtűrését egyszerre veszi figyelembe.	

Az alak- és helyzettűrések tűrésnagyságai μm -ben

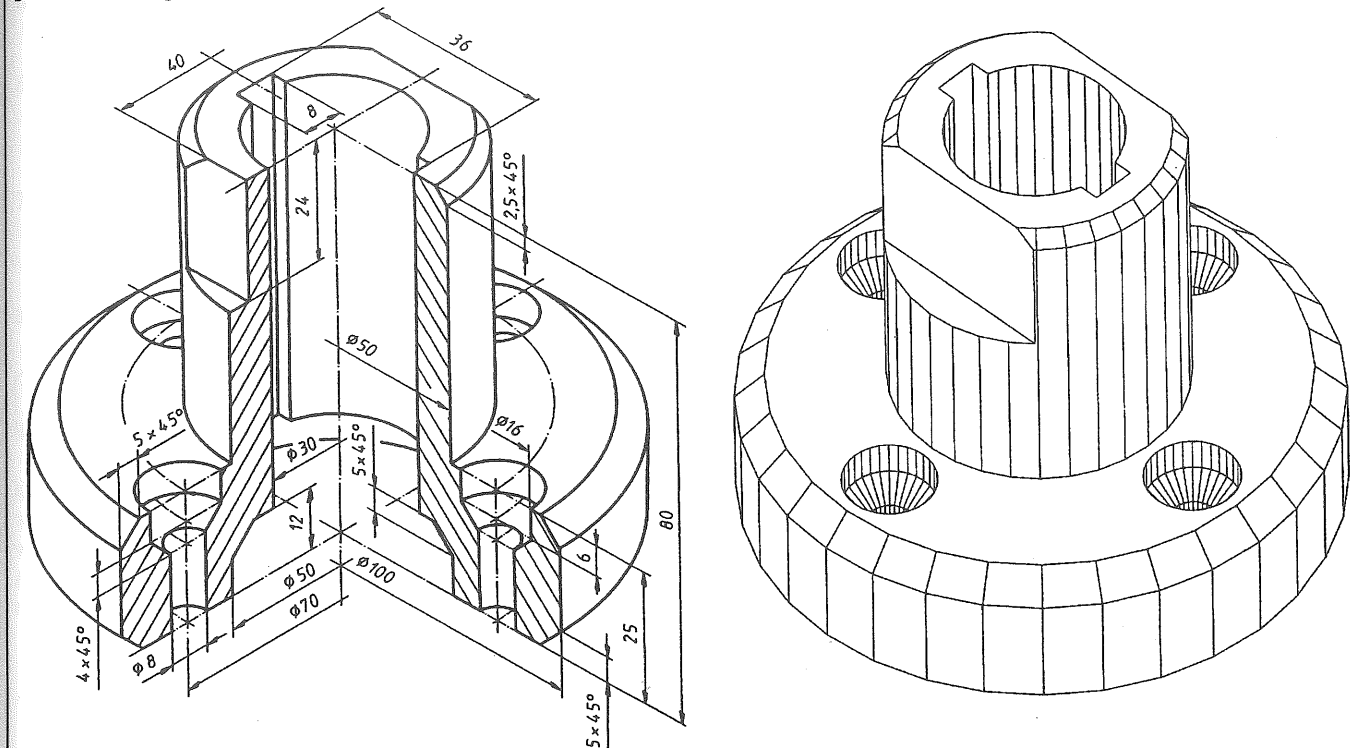
26. táblázat

0,1	0,12	0,16	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
1,0	1,2	1,6	2,0	2,5	3	4	5	6	8
10	12	16	20	25	30	40	50	60	80
100	120	160	200	250	300	400	500	600	800
1000	1200	1600	2000	2500	3000	4000	5000	6000	8000

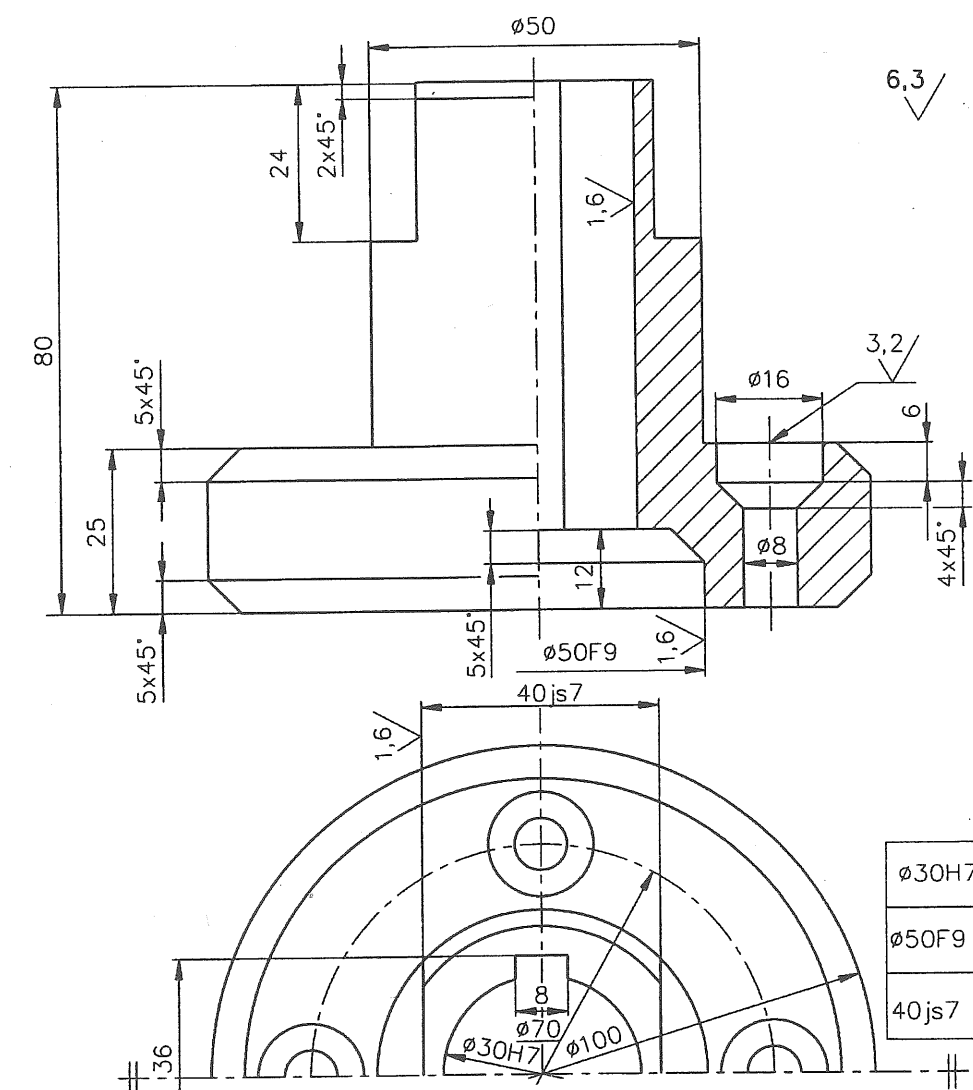
Mintarajz

Szemléltető kép

AutoCAD programmal készített felületi háló



Vetületi kép

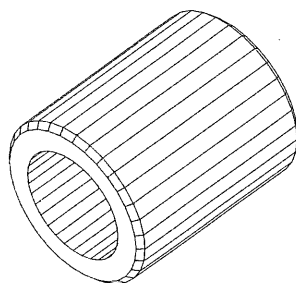


504. ábra

14. Illesztések

A gyakorlatban mindkét rendszerre szükség van, de az *alapluk rendszert előnyben kell részesíteni.*

A szabványos tűrés- és illesztési rendszerhez tartozó csap- és lyuktűréseket a 499. ábra szerint írjuk elő a rajzon.



Az 1...500 mm-es mérettartomány számára az ajánlott illesztés választékot aplaluk rendszerben a 16. táblázat, alapsap rendszerben a 17. táblázat tartalmazza.

14.2.3. Az illesztés jelölése

Az egyberajzolt illeszkedő felületek illesztése megadható tört alakban úgy, hogy a számlálóban a lyuk, nevezőben a csap tűrése szerepel (500. ábra).

Lehetséges a tűrésmegadás azonosító felirattal is, ekkor az alapméretek előtt rövid feliratot kell elhelyezni, amely egyértelművé teszi, hogy a tűrések melyik alkatrésze vonatkoznak (501. ábra).

14.2.4. A tűrésezett méretek és a felületi érdesség összefüggése

Az egyes minőségi fokozatoknak megfelelő tűrések megvalósítása a felületi érdességgel összefügg. Például kis tűréseket durva megmunkálással nem célszerű készíteni, mert a felület kopása az alkatrész összeszerelés előtti játékát (fedését) jelentősen megváltoztathatja. A gyakorlat azt mutatja, hogy a különböző megmunkálási módszerekkel gazdaságosan előállítható tűrés nagysága $T \approx (8...10)R_z$.

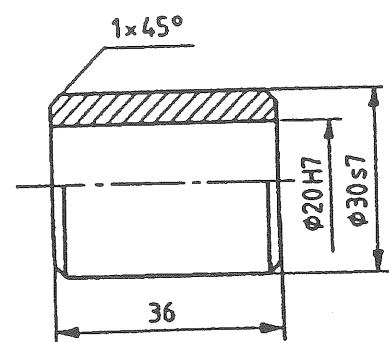
A 18. táblázat a különböző felületi érdességek és a tűrésnagyság közötti összefüggést tartalmazza, a 19. táblázat pedig azt, hogy forgács nélküli alakítással, ill. 20. táblázat szerint darabolással és forgácsolással az átlagos érdesség különböző fokozatait milyen megmunkálással lehet elérni, a különleges, általános és durva gyártási feltételek esetén.

14.3. Csap- és lyuktűrések táblázata

Az illesztéshez tartozó szabványos csaptűrések határeltéréseit a 21. táblázat, a szabványos lyuktűrések határeltéréseit a 22. táblázat tartalmazza.

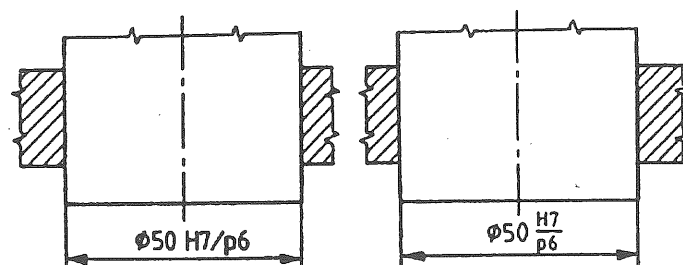
A táblázatok a szabványos tűréseket a 16. és 17. táblázatban ajánlott illesztés választékának megfelelően az 1...500 mm mérettartományba eső méretekhez tartalmazzák.

Az egyes minőségekhez tartozó oszlopokban található, a névleges méretnek megfelelő méretcsoporthoz a határeltérések számértékét mikrométerben adtuk meg. Ezek határozzák meg az adott méret szabványos tűrését.

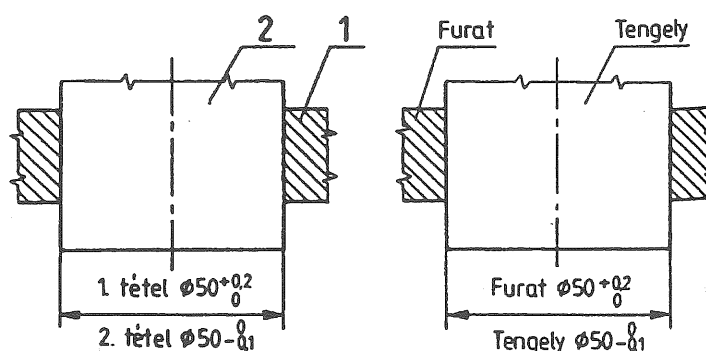


$\varnothing 20H7$	$+0,021$ 0
$\varnothing 20s7$	$+0,056$ $+0,035$

499. ábra



500. ábra



501. ábra

14. Illesztések

Ajánlott illesztés választék az 1-től 500 mm-ig terjedő mérettartományban. Alap lyukrendszerben

16. táblázat

Az alapluk tűrésjele	A csap alapeltéréseinek betűjele																				
	a	b	c	d	e		f	g	h		j _s	k	m	n	p	r	s	t	u	x	z
	Illesztések																				
H5								$\frac{H5}{g4}$	$\frac{H5}{h4}$	$\frac{H5}{j_s4}$	$\frac{H5}{k4}$	$\frac{H5}{m4}$	$\frac{H5}{n4}$								
H6							$\frac{H6}{f6}$	$\frac{H6}{g5}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{H6}{j_s5}$	$\frac{H6}{k5}$	$\frac{H6}{m5}$	$\frac{H6}{n5}$	$\frac{H6}{p5}$	$\frac{H6}{r5}$	$\frac{H6}{s5}$					
H7			$\frac{H7}{c8}$	$\frac{H7}{d8}$	$\frac{H7}{e7}$	$\frac{H7}{e8}$	$\frac{H7}{f7}$	$\frac{H7}{g6}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{H7}{j_s6}$	$\frac{H7}{k6}$	$\frac{H7}{m6}$	$\frac{H7}{n6}$	$\frac{H7}{p6}$	$\frac{H7}{r6}$	$\frac{H7}{s6}$	$\frac{H7}{s7}$	$\frac{H7}{t7}$	$\frac{H7}{u7}$		
H8			$\frac{H8}{c8}$	$\frac{H8}{d8}$	$\frac{H8}{e8}$		$\frac{H8}{f7}$	$\frac{H8}{f8}$		$\frac{H8}{h7}$	$\frac{H8}{h8}$	$\frac{H7}{j_s7}$	$\frac{H8}{k7}$	$\frac{H8}{m7}$	$\frac{H8}{n7}$		$\frac{H8}{s7}$		$\frac{H8}{u8}$	$\frac{H8}{x8}$	$\frac{H8}{z8}$
				$\frac{H8}{d9}$	$\frac{H8}{e9}$		$\frac{H8}{f9}$			$\frac{H8}{h9}$											
H9				$\frac{H9}{d9}$	$\frac{H9}{e8}$	$\frac{H9}{e9}$	$\frac{H9}{f8}$	$\frac{H9}{f9}$		$\frac{H9}{h8}$	$\frac{H9}{h9}$										
H10				$\frac{H10}{d10}$						$\frac{H10}{h9}$	$\frac{H10}{h10}$										
H11	$\frac{H11}{a11}$	$\frac{H11}{b11}$	$\frac{H11}{c11}$	$\frac{H11}{d11}$						$\frac{H11}{h11}$											
H12		$\frac{H12}{b12}$								$\frac{H12}{h12}$											

Ajánlott illesztés választék az 1-től 500 mm-ig terjedő mérettartományban. Alap csaprendszerben

17. táblázat

Az alapsap tűrésjele	A lyuk alapeltéréseinek betűjele																		
	A	B	C	D	E	F	G	H	Js	K	M	N	P	R	S	T	U		
h4							g5 h4	H5 h4	js5 h4	k5 h4	m5 h4	n5 h4							
h5						f7 h5	g6 h5	H6 h5	js6 h5	k6 h5	m6 h5	n6 h5	p6 h5						
h6				p8 h6	e8 h6	f7 h6	f8 h6	g7 h6	H7 h6	js7 h6	k7 h6	m7 h6	n7 h6	p7 h6	r7 h6	s7 h6	t7 h6		
h7				p8 h7	e8 h7		f8 h7		H8 h7	js8 h7	k8 h7	m8 h7	n8 h7					u8 h7	
h8				p8 h8	p9 h8	e8 h8	e9 h8	f8 h8	H8 h8	H9 h8									
h9				p9 h9	p10 h9	e9 h9		f9 h9	H8 h9	H9 h9	H10 h9								
h10				p10 h10					H10 h10										
h11	a11 h11	n11 h11	c11 h11	p11 h11					H11 h11										
h12		n12 h12							H12 h12										

14. Illesztések

18. táblázat

Összefüggés a tűrésnagyság (T) és a felületi érdesség között																
Felületi érdesség Ra µm	0,012-0,8															
	0,8-6,3															
	0,8-12,5															
	3,2-50															
Tűrés-alapsorozat	IT															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

19. táblázat

Forgács nélküli alakítással elérhető átlagos érdességek														
Gyártási eljárás	50	25	12,5	6,3	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01	
Öntés homokformába														
Öntés héjformába														
Viaszmintás prec. öntés														
Kokillaöntés, nyomásos öntés														
Meleghengerlés														
Kovácsolás														
Sajtolás														
Rúdsajtolás (extrudálás)														
Szemcseszórás, homokfúvás														
Görgőzés														
Hideghengerlés														
Lemezhúzás														
Polírhengerlés														
Dombornyomás														
Kémiai maratás														
Elektronsugárzás														
Lézeres megmunkálás														
Elektrokémiai eljárások														

:Durva gyártási feltételek esetén

:Normál gyártási feltételek esetén

:Különleges gyártási feltételek esetén

14. Illesztések

20. táblázat

Darabolással, illetve forgácsolással elérhető átlagos érdességek													
Gyártási eljárás	50	25	12,5	6,3	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	0,05	0,02 5	0,01 2
Lángvágás													
Fűrészelés													
Hossz- és furatesztgálás													
Síkesztgálás													
Beszűrő- és menetesztgálás													
Gyalulás													
Marás													
Reszelés													
Fúrás													
Felfúrás													
Süllyesztés													
Hántolás													
Üregelés													
Dörzsölés													
Köszörülés													
Elektrolitikus köszörülés													
Dörzsköszörülés (hónolás)													
Elektropolírozás													
Polírozás													
Tükrösítés (leppelés)													
Tükrösítés (szuperfiniselés)													
Ultrahangos tükrösítés													
Csiszolás dobban													
Szikraforgácsolás													

:Durva gyártási feltételek esetén
 :Normál gyártási feltételek esetén
 :Különleges gyártási feltételek esetén

14. Illesztések

21-1. táblázat

Az alaplyukrendszer tűrés- és illesztésválasztéka															MSZ EN 20286-2:1995		
Méret mm től-ig	Lyuk	Csap					Lyuk	Csap									
	H 5	h4	js4	k4	m4	n4	H6	f6	g5	h5	js5	k5	m5	n5	r5	s5	
1...3	+4	0	+1,5	+3	+5	+7	+6	-6	-2	0	+2,0	+4	+6	+8	+10	+14	
	0	-3	-1,5	0	+2	+4	0	-12	-6	-4	-2,0	0	+2	+4	+14	+18	
3...6	+5	0	+2,0	+5	+8	+12	+8	-10	-4	0	+2,5	+6	+9	+13	+20	+24	
	0	-4	-2,0	+1	+4	+8	0	-18	-9	-5	-2,5	+1	+4	+8	+15	+19	
6...10	+6	0	+2,0	+5	+10	+14	+9	-13	-5	0	+3,0	+7	+12	+16	+25	+29	
	0	-4	-2,0	+1	+6	+10	0	-22	-11	-6	-3,0	+1	+6	+10	+19	+23	
10...18	+8	0	+2,5	+6	+12	+17	+11	-16	-6	0	+4,0	+9	+15	+20	+31	+36	
	0	-5	-2,5	+1	+7	+12	0	-27	-14	-8	-4,0	+1	+7	+12	+23	+28	
18...24	+9	0	+3,0	+8	+14	+21	+13	-20	-7	0	+4,5	+11	+17	+24	+37	+44	
24...30	0	-6	-3,0	+2	+8	+15	0	-33	-16	-9	4,5	+2	+8	+15	+28	+35	
30...40	+11	0	+3,5	+9	+16	+24	+16	-25	-9	0	+5,5	+13	+20	+28	+45	+54	
40...50	0	-7	-3,5	+2	+9	+17	0	-41	-20	-11	-5,5	+17	+34	+43	+2	+9	
50...65	+13	0	+4,0	+10	+19	+28	+19	-30	-10	0	+6,5	+15	+24	+33	+54	+66	
65...80		0	-8	-4,0	+2	+11	+20	0	-49	-23	-13	-6,5	+2	+11	+20	+41	+53
80...100	+15	0	+5,0	+13	+23	+33	+22	-36	-12	0	+7,5	+18	+28	+38	+56	+72	
100...120		0	-10	-5,0	+3	+13	+23	0	-58	-27	-15	-7,5	+3	+13	+23	+43	+59
120...140	+18	0	+6,0	+15	+27	+39	+25	-43	-14	0	+9,0	+21	+33	+45	+81	+110	
+63															+92		
140...160															+83	+115	
160...180	0	-12	-6,0	+3	+15	+27	0	-68	-32	-18	-9,0	+3	+15	+27	+65	+100	
180...200	+20	0	+7,0	+18	+31	+45	+29	-50	-15	0	+10,0	+24	+37	+51	+86	+126	
+68															+108		
200...225															+97	+142	
225...250															+77	+122	
250...280	+23	0	+8,0	+20	+36	+50	+32	-56	-17	0	+11,5	+27	+43	+57	+100	+150	
280...315															+80	+130	
315...355															+104	+160	
355...400	0	-18	-9,0	+4	+21	+37	0	-98	-43	-25	-12,5	+4	+21	+37	+84	+140	
400...450	+27	0	+10,0	+25	+43	+60	+40	+68	-20	0	+13,5	+32	+50	+67	+117	+181	
450...500															+94	+158	
															+121	+193	
	0	-20	-10,0	+5	+23	+40	0	-108	-47	-27	-13,5	+5	+23	+40	+98	+170	
															+133	+215	
															+108	+190	
															+139	+233	
															+114	+208	
															+153	+259	
															+126	+232	
															+159	+297	
															+132	+252	

14. Illesztések

21-2. táblázat

Az alaplyukrendszer tűrés- és illesztésválasztéka												MSZ EN 20286-2:1995			
Méret mm től-ig	Lyuk	Csap													
	H7	d8	e8	f7	g6	h6	js6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	s7	
1...3	+10	-20	-14	-6	-2	0	+3,0	+6	+8	+10	+12	+16	+20	+24	
	0	-34	-28	-16	-8	-6	-3,0	0	+2	+4	+6	+10	+14	+14	
3...6	+12	-30	-20	-10	-4	0	+4,0	+9	+12	+16	+20	+23	+27	+31	
	0	-48	-38	-22	-12	-8	-4,0	+1	+4	+8	+12	+15	+19	+19	
6...10	+15	-40	-25	-13	-5	0	+4,5	+10	+15	+19	+24	+28	+32	+38	
	0	-62	-47	-28	-14	-9	-4,5	+1	+6	+10	+15	+19	+23	+23	
10...18	+18	-50	-32	-16	-6	0	+5,5	+12	+18	+23	+29	+34	+39	+46	
	0	-77	-59	-34	-17	-11	-5,5	+1	+7	+12	+18	+23	+28	+28	
18...24	+21 0	-65	-40	-20	-7	0	+6,5	+15	+21	+28	+35	+41	+48	+56	
24...30		-68	-73	-41	-20	-13	-6,5	+2	+8	+15	+22	+28	+35	+35	
30...40	+25 0	-80	-50	-25	-9	0	+8,0	+18	+25	+33	+42	+50	+59	+68	
40...50		-119	-89	-50	-25	-16	-8,0	+2	+9	+17	+26	+34	+43	+43	
50...65	+30 0	-100	-60	-30	-10	0	+9,5	+21	+30	+39	+51	+60	+72	+83	
65...80		-146	106	-60	-29	-19	-9,5	+2	+11	+20	+32	+41	+53	+53	
80...100	+35 0	-120	-72	-36	-12	0	+11	+25	+35	+45	+59	+73	+93	+106	
100...120		-174	-126	-71	-34	-22	-11,0	+3	+13	+23	+37	+51	+71	+71	
120...140	+40 0	-145 -208	-85 -148	-43 -83	-14 -39	0 -25	+12 -12,5	+28 +3	+40 +15	+52 +27	+68 +43	+76	+101	+114	
140...160												+54	+79	+79	
160...180												+88	+117	+132	
180...200	+46 0	-170 -242	-100 -172	-50 -96	-15 -44	0 -29	+14 -14,5	+33 +4	+46 +17	+60 +31	+79 +50	+63	+92	+92	
200...225												+90	+125	+140	
225...250												+65	+100	+100	
250...280	+52 0	-190 -271	-110 -108	-56 -191	-17 -49	0 -32	+16, -16,0	+36 +4	+52 +20	+66 +34	+88 +56	+93	+133	+148	
280...315												+68	+108	+108	
315...355												+106	+151	+168	
355...400	+57 0	-210 -299	-125 -214	-62 -119	-18 -54	0 -36	+18, -18,0	+40 +4	+57 +21	+73 +37	+98 +62	+77	+122	+122	
400...450												+109	+159	+176	
450...500												+80	+130	+130	
	+63 0	-230 -327	-135 -232	-68 -131	-20 -60	0 -40	+20, -20,0	+45 +5	+63 +23	+80 +40	+108 +68	+113	+169	+186	
												+84	+140	+140	
												+126	+190	+210	
	+63 0	-230 -327	-135 -232	-68 -131	-20 -60	0 -40	+20, -20,0	+45 +5	+63 +23	+80 +40	+108 +68	+94	+158	+158	
												+130	+202	+222	
												+98	+170	+170	
	+63 0	-230 -327	-135 -232	-68 -131	-20 -60	0 -40	+20, -20,0	+45 +5	+63 +23	+80 +40	+108 +68	+144	+226	+247	
												+108	+190	+190	
												+150	+244	+265	
	+63 0	-230 -327	-135 -232	-68 -131	-20 -60	0 -40	+20, -20,0	+45 +5	+63 +23	+80 +40	+108 +68	+114	+208	+208	
												+166	+272	+295	
												+126	+232	+232	
	+63 0	-230 -327	-135 -232	-68 -131	-20 -60	0 -40	+20, -20,0	+45 +5	+63 +23	+80 +40	+108 +68	+172	+292	+315	
												+132	+252	+252	

14. Illesztések

21-3. táblázat

Az alaplyukrendszer tűrés- és illesztésválasztéka														MSZ EN 20286-2:1995				
Méret mm tól-ig	Lyuk	Csap						Lyuk	Csap									
	H8	d9	e8	h7	h8	u8	x8	H11	a11	b11	c11	d11	h11					
1...3	+14 0	-20 -45	-14 -28	0 -10	0 -14	+32 +18	+34 +20	+60 0	-270 -330	-140 -200	-60 -120	-20 -80	0 -60					
3...6	+18 0	-30 -60	-20 -38	0 -12	0 -18	+41 +23	+46 +28	+75 0	-270 -345	-140 -215	-70 -145	-30 -105	0 -75					
6...10	+22 0	-40 -76	-25 -47	0 -15	0 -22	+50 +28	+56 +34	+90 0	-280 -370	-150 -240	-80 -170	-40 -130	0 -90					
10...14	+27 0	-50 -93	-32 -59	0 -18	0 -27	+60 +33	+67 +40	+110 0	-290 -400	-150 -260	-95 -205	-50 -160	0					
14...18							+72 +45						-110					
18...24	+33 0	-65 -117	-40 -73	0 -21	0 -33	+74 +41 +81 +48	+87 +54	+130 0	-300 -430	-160 -290	-110 -240	-65 -195	0					
24...30							+97 +64						-130					
30...40	+39 0	-80 -142	-50 -89	0 -25	0 -39	+99 +60 +109 +70	+199 +80	+160 0	-310 -470	-170 -330	-120 -280	-80 -240	0					
40...50							+136 +97		-320 -480	-180 -340	-130 -290		-160					
50...65	+46 0	-100 -174	-60 -106	0 -30	0 -46	+133 +87 +148 +102	+168 +122	+190 0	-340 -530	-190 -380	-140 -330	-100 -290	0					
65...80							+192 +146		-360 -550	-200 -390	-150 -340		-190					
80...100	+54 0	-120 -207	-72 -126	0 -35	0 -54	+178 +124 +198 +144	+232 +178	+220 0	-380 -600	-220 -440	-170 -390	-120 -340	0					
100...120							+264 +210		-410 -630	-240 -460	-180 -400		-220					
120...140	+63 0	-145 -245	-85 -148	0 -40	0 -63	+233 +170 +253 +190 +273 +210	+311 +248	+250 0	-460 -710	-260 -510	-200 -450	-145 -395	0 -250					
140...160							+343 +280		-520 -770	-280 -530	-210 -460							
160...180							+373 +310		-580 -830	-310 -560	-230 -480							
180...200	+72 0	-170 -285	-100 -172	0 -46	0 -72	+308 +236 +330 +258 +356 +284	+422 +350	+290 0	-660 -950	-340 -630	-240 -530	-170 -460	0 -290					
200...225							+457 +385		-740 -1030	-380 -670	-260 -550							
225...250							+497 +425		-820 -1110	-420 -710	-280 -570							
							+396 +315 +431 +350		+556 +475 +606 +525	-920 -1240 -1050 -1370	-480 -800 -540 -860			-300 -620 -330 -650				
250...280	+81 0	-190 -320	-110 -191	0 -52	0 -81	+479 +390 +524 +435	+679 +590	+360 0	-1200 -1560	-600 -960	-360 -720	-210 -570	0					
280...315							+749 +660		-1350 -1710	-680 -1040	-400 -760		-360 -760					
315...355	+89 0	-210 -350	-125 -214	0 -57	0 -89	+479 +390 +524 +435	+679 +590	+360 0	-1200 -1560	-600 -960	-360 -720	-210 -570	0					
355...400							+749 +660		-1350 -1710	-680 -1040	-400 -760		-360 -760					
400...450	+97 0	-230 -385	-135 -232	0 -63	0 -97	+587 +490 +637 +540	+837 +740	+400 0	-1500 -1900	-760 -1160	-440 -840	-230 -630	0					
450...500							+837 +740		-1500 -1900	-760 -1160	-440 -840		-230 -630					

14. Illesztések

22-1. táblázat

Az alaplyukrendszer tűrés- és illesztésválasztéka														MSZ EN 20286-2:1995		
Méret mm től-ig	Csap	Lyuk					Csap	Lyuk								
	h5	H6	J _s 6	K6	M6	N6	h6	F7	G7	H7	J _s 7	K7	M7	N7	P7	
1 ...3	0	+6	+3,0	0	-2	-4	0	+16	+12	+10	+5	0	-2	-4	-6	
	-4	0	-3,0	-6	-8	-10	-6	+6	+2	0	-5	-10	-12	-14	-16	
3...6	0	+8	+4,0	+2	-1	-5	0	+22	+16	+12	+6	+3	0	-4	-8	
	-5	0	-4,0	-6	-9	-13	-8	+10	+4	0	-6	-9	-12	-16	-20	
6...10	0	+9	+4,5	+2	-3	-7	0	+28	+20	+15	+7	+5	0	-4	-9	
	-6	0	-4,5	-7	-12	-16	-9	+13	+5	0	-7	-10	-15	-19	-24	
10...18	0	+11	+5,5	+2	-4	-9	0	+34	+24	+18	+9	+6	0	-5	-11	
	-8	0	-5,5	-9	-15	-20	-11	+16	+6	0	-9	-12	-18	-23	-29	
18...24	0	+13	+6,5	+2	-4	-11	0	+41	+28	+21	+10	+6	0	-7	-14	
24...30	-9	0	-6,5	-11	-17	-24	-13	+20	+7	0	-10	-15	-21	-28	-35	
30...40	0	+13	+8,0	+3	-4	-12	0	+50	+34	+25	+12	+7	0	-8	-17	
40...50	-11	0	-8,0	-13	-20	-28	-16	+25	+9	0	-12	-18	-25	-33	-42	
50...65	0	+19	+9,5	+4	-5	-14	0	+60	+40	+30	+15	+9	0	-9	-21	
65...80	-13	0	-9,5	-15	-24	-33	-19	+30	+10	0	-15	-21	-30	-39	-51	
80...100	0	+22	+11,0	+4	-6	-16	0	+71	+47	+35	+17	+10	0	-10	-24	
100...120	-15	0	-11,0	-18	-28	-38	-22	+36	+12	0	-17	-25	-35	-45	-59	
120...140	0	+25	+12,5	+4	-8	-20	0	+83	+54	+40	+20	+12	0	-12	-28	
140...160	-18	0	-12,5	-21	-33	-45	-25	+43	+14	0	-20	-28	-40	-52	-68	
160...180	0	+29	+14,5	+5	-8	-22	0	+96	+61	+46	+23	+13	0	-14	-33	
180...200	-20	0	-14,5	-24	-37	-51	-29	+50	+15	0	-23	-33	-46	-60	-79	
200...225	0	+32	+16,0	+5	-9	-25	0	+10	+69	+52	+26	+16	0	-14	-36	
225...250	-23	0	-16,0	-27	-41	-57	-32	+56	+17	0	-26	-36	-52	-66	-88	
250...280	0	+36	+18,0	+7	-10	-26	0	+11	+75	+57	+28	+17	0	-16	-41	
280...315	-25	0	-18,0	-29	-46	-62	-36	+62	+18	0	-28	-40	-57	-73	-98	
315...355	0	+40	+20,0	+8	-10	-27	0	+131	+83	+63	+31	+18	0	-17	-45	
355...400	-27	0	-20,0	-32	-50	-67	-40	+68	+20	0	-31	-45	-63	-80	-108	
400...450	0	+40	+20,0	+8	-10	-27	0	+131	+83	+63	+31	+18	0	-17	-45	
450...500	-27	0	-20,0	-32	-50	-67	-40	+68	+20	0	-31	-45	-63	-80	-108	

14. Illesztések

22-2 táblázat

Az alapcsaprendszer tűrés- és illesztésválasztéka								MSZ EN 20286-2:1995				
Méret mm tól-ig	Csap	Lyuk					Csap	Lyuk				
	h9	D10	E9	F9	H8	P9	h11	A11	B11	C11	D11	H11
1...3	0	+60	+39	+31	+14	-6	0	+330	+200	+120	+80	+60
	-25	+20	+14	+6	0	-31	-60	+270	+140	+60	+20	0
3...6	0	+78	+50	+40	+18	-12	0	+345	+215	+145	+105	+75
	-30	+30	+20	+10	0	-42	-75	+270	+140	+70	+30	0
6...10	0	+98	+61	+49	+22	-15	0	+370	+240	+170	+130	+90
	-36	+40	+25	+13	0	-51	-90	+280	+150	+80	+40	0
10...18	0	+120	+75	+59	+27	-18	0	+400	+260	+205	+160	+110
	-43	+50	+32	+16	0	-61	-110	+290	+150	+95	+50	0
18...24	0	+149	+92	+72	+33	-22	0	+430	+290	+240	+195	+130
24...30	-52	+65	+40	+20	0	-74	-130	+300	+160	+110	+65	0
30...40	0	+180	+112	+87	+39	-26	0	+470	+330	+280	+240	+160
40...50	-62	+80	+50	+25	0	-88	-160	+310	+170	+120	+80	0
								+480	+340	+290		
								+320	+180	+130		
50...65	0	+220	+134	+104	+46	-32	0	+530	+380	+330	+290	+190
65...80	-74	+100	+60	+30	0	-106	-190	+340	+190	+140	+100	0
								+550	+390	+340		
								+360	+200	+150		
80...100	0	260	+159	+123	+54	-37	0	+600	+440	+390	+340	+220
100...120	-87	+120	+72	+36	0	-124	-220	+380	+220	+170	+120	0
								+630	+460	+400		
								+410	+240	+180		
120...140	0 -100	+305 +145	+185 +85	+143 +43	+63 0	-43 -143	0 -250	+710	+510	+450	+395 +145	+250 0
+460								+260	+200			
+770								+530	+460			
140...160								+520	+280	+210		
160...180								+830	+560	+480		
								+520	+310	+230		
180...200	0 -115	+355 +170	+215 +100	+165 +50	+72 0	-50 -165	0 -290	+950	+630	+530	+460 +170	+290 0
+660								+340	+240			
+1030								+670	+550			
200...225								+740	+380	+260		
225...250								+1110	+710	+570		
								+820	+420	+280		
250...280	0	+400	+240	+186	+81	-56	0	+1240	+800	+620	+510	+320
280...315	-130	+190	+110	+56	0	-186	-320	920	+480	+300	+190	0
								+1370	+860	+650		
								+1050	+540	+330		
315...355	0	+440	+265	202	+89	-62	0	+1560	+960	+720	+570	+360
355...400	-140	+210	+125	+62	0	-202	-360	1200	600	+360	+210	0
								+1710	+1040	+760		
								+1350	+680	+400		
400...450	0	+480	+290	+223	+97	-68	0	+1900	+1160	+840	+630	+400
450....500	-155	+230	+135	+68	0	-223	-400	+1500	+760	+440	+230	0
								+2050	+1240	+880		
								+1650	+840	+480		

14. Illesztések

14.4. Alkalmazási példák illesztések kiválasztására

23. táblázat

Illesztések			
Alkalmazási példák az illesztések kiválasztásához			
Alaplyuk- rendszer	Az illesztés jellege	Alkalmazási példák	Alapcsap- rendszer
Szilárd illesztések			
H8/x8,u8	Sajtoló illesztés, szilárd kötés nagyobb terhelések átvitelére, elfordulás vagy eltolódás ellen nem szükséges biztosítani.	Fogaskerékagyak, járókerekek és lendkerekek, tengelyre sajtolt elemek retesz-, ék- és egyéb alakkal záró kötések biztosítás nélkül. (24 mm-ig HS/x8, 24 mm felett H8/u8)	
H7/s6 H7/r6	Sajtoló illesztés, kisebb terhelés átvitelére alkalmas szilárd kötés, elfordulás ellen nem szükséges biztosítani.	Tengelykapcsolóagyak, bronzkoszorú szürkeöntvény agyon, agyba és házba besajtolt perselyek, kerekek és tolórudak. (160 mm-ig H7/s6, 160 mm felett H7/r6)	
Átmeneti illesztések			
H7/n6	Kalapácsütéssel vagy kézi sajtolóval szerelhető, ill. oldható. Forgatónyomaték átvitelére biztosítás nélkül nem alkalmas.	Fogaskoszorúk keréktesten; házakba és agyakba sajtolt perselyek, homlok és csigakerekek ütőszerű igénybevételnél elfordulás elleni biztosítással; forgórész motortengelyen.	
H7/k6	Kézikalapáccsal szerelhető, viszonylag merev kapcsolatot biztosító illesztés. Elfordulás ellen biztosítani kell.	Ékszíjtárcsák, tengelykapcsolók fogaskerekek a tengelyen, lendkerekek tangenciális ékkel, forgatókarok és kézikerekek, illesztőperselyek.	
H7/js6	Fakalapács-ütésekkel vagy kézzel könnyen szerelhető. Egymáshoz képest elfordulást nem végző alkatrészek illesztése, ha merev kapcsolatra nincs szükség. Elfordulás, eltolódás ellen biztosítani kell.	Gyakrabban kisserelt vagy nehezen beépíthető ékszíjtárcsák, fogaskerekek, kézikerek, csapágyperselyek és alkatrészek központosítása.	
Laza illesztések			
H7/h6	Az illesztés közepes játéka kicsi. Egymáshoz képest kézzel még éppen elmozdítható alkatrészek esetében alkalmazott illesztés.	Váltókerekek a tengelyeken; marók, forgóhüvelyek a marótengelyen; csapágy perselyek és vezetőperselyek külső át mérőinek befogadófuratuk illesztése; tengelykapcsolók és csővezetékek központosító peremei.	H7/h6
H8/h9	Nagyobb közepes illesztés. Az alkatrészek egymáshoz képest kézzel elmozdíthatók.	Kapcsolók mozgó részeinek illesztése; kézforgattyúk, fogaskerekek, tengely kapcsolók; ékszíjtárcsák, amelyeknek a tengelyen eltolhatóknak kell lenniük.	H8/h9
H11/h9 H11/h11	Olyan alkatrészekhez, amelyek esetében a könnyű szerelés és a nagy gyártási tűrés mellett viszonylag nagy játék engedhető meg.	Mezőgazdasági gépeken tengelyekre csappal vagy csavarral rögzített alkatrészek; távtartó perselyek, tűztérajtók csuklócsapjai, kapcsolóemeltük, egyszerű csuklós rudazatok furatai és csapágai, állítógyűrű a tengelyen.	H11/h9 H11/h11