

Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék.....	1
Előszó.....	4
1. A műszaki kommunikáció alapjai.....	5
1.1. A szabványosítás szerepe.....	5
1.2. Nemzetközi és európai szabványosítás.....	5
1.3. Nemzeti szabványosítás.....	6
1.4. A szabvány fogalma.....	8
1.5. Rajzfajták.....	8
2. Ábrázoló geometria.....	9
2.1. Síkgeometriai szerkesztések.....	9
2.1.1. Körérintők, érintőkörök szerkesztése.....	9
2.1.2. Ellipszisek szerkesztése.....	11
2.2. Térgeometriai alapismeretek.....	12
2.2.1. Térelemek, alakzatok.....	12
2.2.2. Térelemek kölcsönös helyzete.....	15
2.3. Geometriai ábrázolás módszere.....	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
2.3.1. Vetítés és ábrázolás módjai.....	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
2.3.2. Térelemek ábrázolása.....	18
2.3.3. Térelemek illeszkedése.....	32
2.3.4. Térelemek metszése (metszésvonal és dőfspont).....	35
2.3.5. Térelemek különleges helyzetben.....	38
2.3.6. Új kép előállítás.....	41
2.3.7. Térelemek valódi nagysága, szög- és távolság feladatok.....	42
2.3.8. Testek ábrázolása.....	50
3. A műszaki rajzok alaki követelményei.....	65
3.1. Rajzlapok kialakítása és méretei.....	65
3.2. Feliratmező, darabjegyzék.....	67
3.3. Tételszámok.....	69
3.4. A műszaki rajzok vonalai.....	70
3.4.1. Rajzadási szabályok.....	71
3.5. A műszaki rajzok feliratai.....	73
3.6. A műszaki rajzok méretaránya.....	75
3.7. Műszaki rajzok módosítása.....	76
3.7.1. Közvetlen rajzmódosítás.....	77
3.7.2. Közvetett rajzmódosítás.....	79
3.7.3. Módosítási értesítő.....	79
4. Tárgyak műszaki ábrázolása.....	81
4.1. Merőleges vetítés.....	82
4.1.1. Első ténnyedbeli vetítési mód.....	83
4.1.2. Harmadik ténnyedbeli vetítési mód.....	84
4.1.3. A nézési irányt mutató nyíl módszere.....	86
4.2. Képies ábrázolás.....	87

4.2.1.	Axonometrikus ábrázolás	87
4.2.1.1.	Izometrikus vetítés	88
4.2.1.2.	Kétméretű vetítés.....	89
4.2.1.3.	Ferde axonometria.....	90
4.2.2.	Perspektivikus ábrázolás	92
4.2.3.	Átlátszó nézet	93
4.2.4.	Robbantott ábra	94
4.3.	Ábrázolás metszetekkel.....	97
4.3.1.	A metszeti ábrázolás elve	97
4.3.2.	A metszetek jelölése.....	99
4.3.3.	A metszetek fajtái.....	100
4.3.3.1.	Egyszerű metszet.....	101
4.3.3.2.	Összetett metszet.....	103
4.3.4.	Szelvények rajzolása	105
4.3.5.	Metszet kerülése	108
4.4.	Géprajzi egyszerűsítések és különleges ábrázolások	109
4.4.1.	Áthatások egyszerűsített ábrázolása.....	109
4.4.2.	Részvetületek alkalmazása.....	111
4.4.2.1.	Szimmetrikus tárgyak ábrázolása.....	111
4.4.2.2.	Törésvonallal megszakított ábrázolás	112
4.4.2.3.	Résznézet.....	112
4.4.2.4.	A nézetrendtől eltérő elhelyezésű résznézet.....	113
4.4.2.5.	Helyi nézet.....	113
4.4.2.6.	Nagyobb léptékű (kiemelt) részlet	113
4.4.2.7.	Ismétlődő alakzatok egyszerűsített ábrázolása.....	114
4.4.3.	Különleges ábrázolási módok	115
4.4.3.1.	Sík felület	115
4.4.3.2.	Metszősík előtti részek	115
4.4.3.3.	Csatlakozó alkatrészek	115
4.4.3.4.	Eredeti (alakítás előtti) körvonal	116
4.4.3.5.	Mozgó alkatrészek szélső helyzete	116
4.4.3.6.	Áttetsző vagy átlátszó tárgyak ábrázolása.....	117
4.4.3.7.	Színek alkalmazása	117
5.	Méretmegadás műszaki rajzokon.....	118
5.1.	A méretmegadás általános előírásai	118
5.2.	A méretmegadás elemei	118
5.2.1.	Méretsegédvonalak, méretvonalak és mutatóvonalak.....	119
5.2.2.	Méretvonal-határoló, végpont és kiindulási pont ábrázolása	120
5.2.3.	Méretek jelölése a rajzon.....	121
5.2.4.	Alakhoz kapcsolódó méretek	123
5.3.	Különleges méretmegadások és egyszerűsítések	124
5.4.	Kúpos és lejtős tárgyrészek méretmegadása	132
5.5.	A mérethálózat felépítése	134
5.5.1.	Láncszerű méretmegadás	135
5.5.2.	Bázistól induló méretezés.....	135
5.5.3.	Méretezés koordinátákkal	139
5.5.4.	Kombinált méretmegadás.....	139
5.5.5.	Gyakorlati szempontok	140
6.	Jelképes ábrázolási módok.....	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
6.1.	A csavarmenetek ábrázolása és jelölése.....	Hiba! A könyvjelző nem létezik.

- 6.2. A csavarmenetek rajzai **Hiba! A könyvjelző nem létezik.**
 - 6.2.1. A csavarmenetek részletes ábrázolása..... **Hiba! A könyvjelző nem létezik.**
 - 6.2.2. A csavarmenetek jelképes ábrázolása **Hiba! A könyvjelző nem létezik.**
 - 6.2.3. A csavarmenetek méretmegadása **Hiba! A könyvjelző nem létezik.**
- 7. Felületminőség **Hiba! A könyvjelző nem létezik.**
 - 7.1. A felületminőség alapfogalmai **Hiba! A könyvjelző nem létezik.**
 - 7.2. A felületi érdesség..... **Hiba! A könyvjelző nem létezik.**
 - 7.3. Az érdesség megadása..... **Hiba! A könyvjelző nem létezik.**
 - 7.3.1. Az érdesség jelölése **Hiba! A könyvjelző nem létezik.**
 - 7.3.2. Az érdesség jelének és számértékének elhelyezése a rajzon..... **Hiba! A könyvjelző nem létezik.**
 - 7.3.3. Egyszerűsítések az érdesség megadásában **Hiba! A könyvjelző nem létezik.**
- 8. Tűrések és illesztések **Hiba! A könyvjelző nem létezik.**
 - 8.1. Tűrések **Hiba! A könyvjelző nem létezik.**
 - 8.1.1. Az eltérések fajtái **Hiba! A könyvjelző nem létezik.**
 - 8.1.2. A méreteltérések és tűréseik..... **Hiba! A könyvjelző nem létezik.**
 - 8.1.3. Csavarmenetek tűrésének és illesztésének jelölése és megadása..... **Hiba! A könyvjelző nem létezik.**

Előszó

Napjainkban a technikai jellegű ismeretek nemcsak az iparban, hanem az élet szinte minden területén (háztartás, közlekedés, egészségügy, ...) nélkülözhetlenné váltak. Az ábrákat is tartalmazó műszaki tartalmú dokumentációk (prospektusok, kezelési útmutatók, ...) megértése minden ember számára fontos lett, a vizuális kommunikáció alapjai ma már az általános műveltség részét képezik.

A szakemberek számára a műszaki gondolatok közlésének és rögzítésének sajátos eszköze a rajz. A műszaki rajz hibát és félreértést nem tűrő okmány. Készítésének szabályait nemzetközileg rögzítették, ezért mondhatjuk, hogy a műszaki rajz világnyelvvé vált a szakemberek számára.

A műszaki rajz elvonatkoztat a valóságos látási módtól, és szabványokban rögzített szabályoknak megfelelően ún. vetületekben ábrázol. Ezek alapján kell a munkadarabot elképzelni, a méreteit és jellemzőit megállapítani, esetleg egyéb szakmai ismeretünkre támaszkodva az elkészítés műveleteit és a sorrendiségét is megtervezni. Mindez a rajz szakszerű elolvasását jelenti.

A szakszerű rajzolásához azonban nem elegendő a rajzi szabályok mechanikus elsajátítása, gazdag és egyben reális térképzelő készségre, térszemléletre is szükségünk van.

Vizuális adottságaink születésünktől fogva meghatározottak, de intuitív térszemléletünk egzakttá fejlesztése életünk során folyamatos. Ezt a célt szolgálja az ábrázoló geometria fejezet. A feladatok megoldása elengedhetetlen a megfelelő rajzolási, szerkesztési készség kialakulásához.

A jegyzet tartalmazza még a rajzok készítésének általános előírásait, a tárgyak alakjának egyértelmű elképzeléséhez szükséges térgeometriai alapismereteket, a tárgyak műszaki ábrázolásának lehetőségeit és a gépelemek valóság-hű, egyszerűsített, ill. jelképes ábrázolásának módszereit.

A műszaki ábrázolás eredményes tanulása – a többi tárggyal egyetemben – fontos feltétele a szaktudás megszerzésének, amellyel, hogy egy nemzetközi kommunikációs lehetőség, amelynek segítségével kapcsolatot teremthetünk. Ehhez kíván segítséget nyújtani ez a jegyzet is.

1. A műszaki kommunikáció alapjai

A műszaki rajz információhordozón (papíron, mikrofilmen, mágneslemezen, ...) rögzített, egyezményes szabályoknak megfelelően, grafikusán ábrázolt műszaki információ, amely rendszerint méretarányos.

A műszaki rajzokkal kapcsolatos elnevezéseket, a rajzok alaki követelményeit (rajzlapméretek, vonalak, ...) szabványok tartalmazzák. Ugyancsak szabványok írják elő a tárgyak műszaki ábrázolásának és méretmegadásának szabályait is. A műszaki gondolatok egyértelmű közlésének és azok megértésének vagyis a műszaki kommunikációnak alapfeltétele a vonatkozó szabványok alapos ismerete.

1.1. A szabványosítás szerepe

A szabványok a szabványosítás, mint folyamat termékei. A szabványosítás gyökereit már az ókorban fellelhetjük. Utak, építészeti elemek, vízvezetékcsövek mutatják az egységesítés jeleit. A mai értelemben vett tudatos szabványosítási tevékenység azonban csak a XIX. század végére tehető. Az ipari méretű szabványosítás az ipari méretű árutermelés hatására jött létre. Az intézményes szabványosítás még később, a XX. század elején kezdődött az iparilag fejlett európai országokban.

Magyarországon az első szabványosítási testület 1921-ben alakult. A szabványosítást mérnökegyletek és más hasonló szakmai tömörülések végezték. Munkájuk eredményeként közmegegyezésen alapuló, önkéntes műszaki megoldások születtek, amelyeket ki-ki a saját érdekében betartott, de alkalmazásuk nem volt kötelező.

A szabványok eleinte az ország határain belül eredményeztek hasznos egységesítést, ma pedig nemzetközi, egy-egy szakterületet, iparágat átfogó szabványok születnek, amelyek előírják a termékek rendeltetésszerű alkalmasságának feltételeit; gondoskodnak azok illeszthetőségéről, csereszabátosságáról; megállapítanak egy gazdaságos választékot; rögzítik a biztonságos használat, a termékvédelem követelményeit; rögzítik a megértést segítő szakkifejezések pontos meghatározását és leírják azokat a vizsgálati módszereket, amelyekkel a termékek egyes jellemzőit ellenőrizni lehet.

1.2. Nemzetközi és európai szabványosítás

A kereskedelem túllépte az országhatárokat, ami nemzetközi egységesítést sürgetett. Ezen célból jött létre:

- a Nemzetközi Szabványügyi Szervezet (ISO),
- a Nemzetközi Elektrotechnikai Bizottság (IEC) és
- a nemzetközi Távközlési Unió (ITU).

Ma mindhárom nemzetközi szervezet szabványait világszerte elismerik, számos ország veszi át ezeket nemzeti szabványként.

A nemzetközi szabványosítás mellett egyes területeken felmerült az igény regionális szabványokra is, főleg ott, ahol a szabványra sürgősen volt szükség, nem lehetett kivárni a nemzetközi szabvány elkészülését.

Így jutott jelentős szerephez az Európai Közösség (EK) és az Európai Szabadkereskedelmi Társulás (EFTA) által létrehozott regionális szabványosítás, amelynek szervei:

- az Európai Szabványügyi Bizottság (CEN),
- az Európai Elektrotechnikai Szabványügyi Bizottság (CENELEC) és

- az Európai Távközlési Szabványügyi Intézet (ETSI).

Az európai szabványok, hasonlóan a nemzetközi szabványokhoz, nem kötelezőek, de az európai integrációs törekvések miatt az egyes tagországok vállalták, hogy ezeket a szabványokat változtatás nélkül vezetik be nemzeti szabványaikba.

A nemzetközi és regionális szabványosítási szervezetek nem egymás ellen, hanem együttműködve, egymás munkáját segítve végzik a szabványosítási tevékenységet.

1.3. Nemzeti szabványosítás

Magyarországon a szabványosítás eleinte párhuzamosan fejlődött Európával. A második világháború után azonban a szabványosítás szerepe megváltozott, és -szovjet mintára-, az államigazgatás egyik eszközévé vált. A munkát a Magyar Szabványügyi Hivatal irányította, amely állami szerv volt, az általa kiadott szabványok pedig kötelezőek voltak. Igaz, ettől előzetes megállapodás alapján el lehetett térni, de az alapállás a kötelezőség volt.

A rendszerváltással alapvető változások következtek be. A szabványosításról szóló 1995. évi XXVIII. törvény értelmében:

- a nemzeti szabványok ma már nem kötelező, hanem közmegegyezéssel létrehozott önkéntes dokumentumok és
- ezek kibocsátására egyedül a Magyar Szabványügyi Testület (MSZT) jogosult, amely nem államigazgatási szerv, hanem „köztestület”, amely közérdekű tevékenységet folytat.

Az MSZT által kibocsátott nemzeti szabványok kibocsátói jele az MSZ, amelyet az azonosító jelzet (szabványszám) követ a kibocsátás évével. Pl.: MSZ 23003:1992.

Az MSZT feladatai közé tartozik a nemzetközi szabványok átvétele, amelyek azonos megegyezőségi fokozattal (tartalmilag és szerkezetileg teljesen megegyeznek a nemzetközi szabványokkal) szintén nemzeti szabványok. Pl.: MSZ ISO 128.

Magyarország, mint az EU tagja, vállalta, hogy változtatás nélkül vezeti be az európai szabványokat, akárcsak a többi teljes jogú tag. Ez volt az egyik feltétele annak, hogy az európai szabványügyi szervezetekben, és az Európai Unióban is teljes jogú tagok lehessünk.

Az európai szabvány nemzeti szabványként az MSZ EN jelzetet kapja. Pl.: MSZ EN 45020.

Ha olyan nemzetközi szabványt vezetünk be, amelyet már európai szabványként is közzétettek, a szabvány jelzete a következő: MSZ EN ISO. Pl.: MSZ EN ISO 5457, amelynek előlapja a következő oldalon látható.

**Termékek műszaki dokumentációja.
A rajzlapok kialakítása és méretei
(ISO 5457:1999)**

Az MSZ ISO 5457:1992 helyett

AZ MSZ EN ISO 5457 2000 december 1-jén közzétett angol nyelvű változatának 2002. január 1-jén megjelent magyar nyelvű változata

Technical product documentation. Sizes and layout of drawing sheets
(ISO 5457:1999)

E nemzeti szabványt a Magyar Szabványügyi Testület a nemzeti szabványosításról szóló 1995. évi XXVIII. törvény alapján teszi közzé. A szabvány alkalmazása e törvény alapján önkéntes, kivéve, ha jogszabály kötelezően alkalmazandónak nyilvánítja.

A szabvány alkalmazása előtt győződjön meg arról, hogy nem jelent-e meg módosítása, helyesbítése, nincs-e visszavonva, továbbá hogy kötelező alkalmazását jogszabály nem rendelte-e el.

Ez a nemzeti szabvány teljesen megegyezik az EN ISO 5457:1999 európai szabvánnyal és a CEN-rue de Stassart, 36 B-1050 Bruxelles, Belgium – engedélyével kerül kiadásra.

This Hungarian Standard is identical with EN ISO 5457:1999 and is published with the permission of CEN, rue de Stassart, 36 B-1050 Bruxelles, Belgium.

Nemzeti előszó

A szabványban lévő hivatkozások magyar megfelelői:

ISO 216:1975 idt MSZ EN 20216:1993

ISO 7200:1984 MSZ ISO 7200:1992

A szabványban hivatkozott, de a felsorolásban nem szereplő nemzetközi szabványoknak, nincs azonos műszaki tartalmú magyar megfelelőjük, ezért ezeket a nemzetközi szabványokat -ha szükséges- közvetlenül kell alkalmazni.

A szabvány forrása az európai szabvány angol nyelvű szövege.

E szabvány az ISO 5457:1999 nemzetközi szabvánnyal is megegyezik.

1.4. A szabvány fogalma

Mint már említettük a szabványosítási tevékenység eredményei a különböző szintű szabványok. A szabvány nemzetközileg elfogadott meghatározásának összetevőit (ISO/IEC Guide 2, magyar megfelelője: MSZ EN 45020 : 1999) tartalmi és eljárásbeli követelményekre osztva, a következő könnyen áttekinthető szerkezetre jutunk:

A szabvány		
ismétlődő műszaki – gazdasági feladatok optimális megoldásának	mintája, amelyet	közmegegyezéssel hoztak létre, az arra illetékes szerv jóváhagyott és (szabványként) közzétett.

Az első tartalmi elem azt jelenti, hogy egyszeri feladat esetén nincs értelme szabvány kiadásának, hanem csak olyankor, ha a megoldás sok helyen, vagy ismételten alkalmazható.

A második tartalmi követelmény azt mutatja, hogy a szabvány fogalmát ne korlátozzák termékek körére.

A harmadik követelmény a szabványoknak azt a szerepét domborítja ki, hogy nem akármilyen megoldást rögzítenek, hanem egy optimumot adnak.

A meghatározás szerint a szabvány fogalmához tartozik az is, hogy azt közmegegyezéssel fogadták el és egy elismert szerv jóváhagyta. Ilyen szerv ma már minden iparilag fejlett országban működik. Ezeknek van joguk arra, hogy országos (nemzeti) szabványt bocsássanak ki.

1.5. Rajzfajták

A műszaki rajzok szakkifejezéseit és a rajzfajtaikat az MSZ ISO 10209-1 szabvány tartalmazza. A műszaki rajzok jellege és tartalma szakterületként változó. A gyakorlatban legtöbbször használt szakkifejezések és rajzfajták a következők:

A **diagram** olyan grafikus ábrázolás, amely két vagy több változó mennyiség közötti összefüggést fejezi ki, általában koordináta – rendszerben ábrázolva.

A **monogram** olyan diagram, amelyből számítás nélkül meghatározható egy vagy több mennyiség közelítő számértéke.

A **funkcionális vázlat** olyan rajz, amely grafikus jelekkel, jelképekkel mutatja be valamely rendszer

A **vázlat** általában szabadkézi, és nem feltétlen méretarányos rajz.

Az **alkatrészrajz** olyan, egyetlen alkatrészt ábrázoló rajz, amely tartalmazza az alkatrész azonosításához szükséges információkat.

A **munkadarabra**z olyan egyetlen, tovább már nem bontható alkatrészt ábrázoló rajz, amely tartalmazza az alkatrész elkészítéséhez szükséges információkat.

A **rész-összeállítási rajz** csoportok vagy alkatrészek korlátozott számát alacsonyabb szerkezeti szinten ábrázoló összeállítási rajz.

A **gyártmány-összeállítási rajz** olyan összeállítási rajz, amely valamely termék összes szerkezeti egységét és alkatrészét ábrázolja.

2. Ábrázoló geometria

2.1. Síkgeometriai szerkesztések

2.1.1. Körérintők, érintőkörök szerkesztése

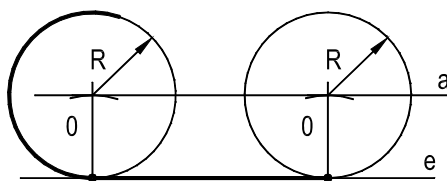
A gépészetben a munkadarabok általában lekerekítéssel készülnek, ezt főleg szilárdsági szempontok teszik szükségessé. A kialakítandó átmeneteket a rajzokon pontosan meg kell adni, ezek megszerkesztéséhez viszont ismerni kell a körérintők, érintőkörök szerkesztését. A leggyakrabban előforduló érintési esetek szerkesztését ábrákon foglaltuk össze.

Egy e egyenest érintő R sugarú körök a 2.1. ábrán láthatók.

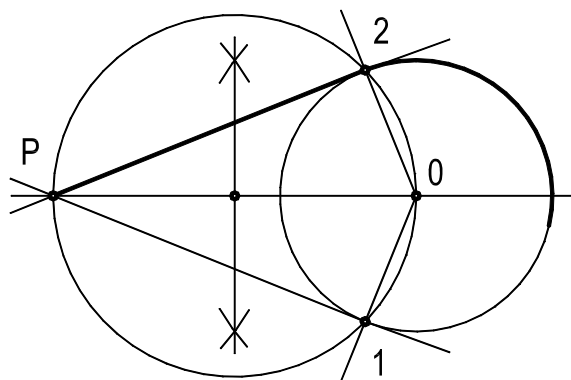
Körhöz külső P pontból húzott érintők szerkesztését a 2.2. ábra szemlélteti.

Két egymást metsző egyenes r sugarú lekerekítése a 2.3. ábrán látható.

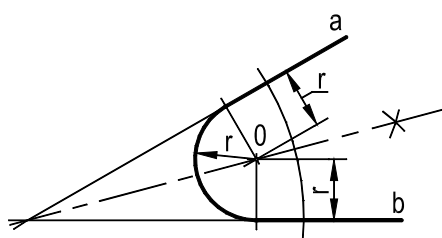
Két kör közös külső érintője a 2.4. ábra alapján szerkeszthető.



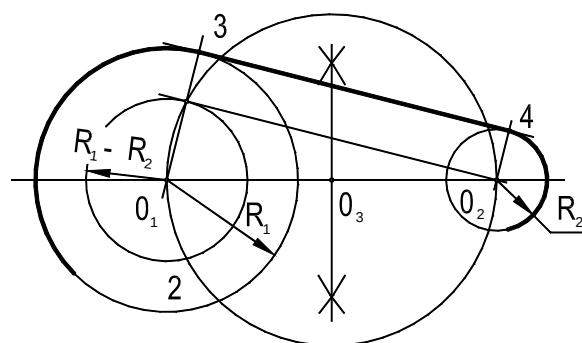
2.1. ábra



2.2. ábra



2.3. ábra



2.4. ábra

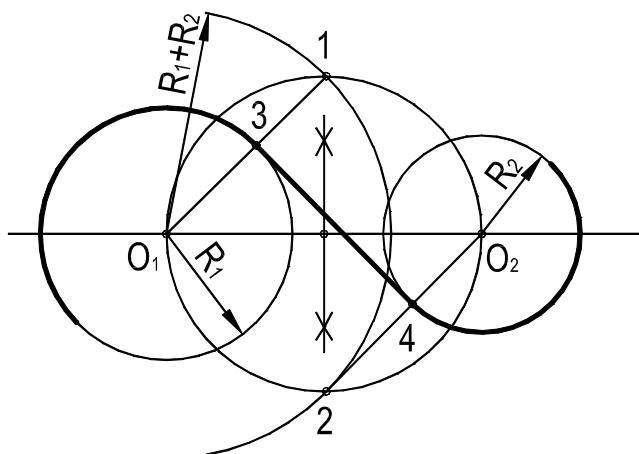
Két kör közös belső érintőjének szerkesztését a 2.5. ábra szemlélteti.

Kört kívül, vagy belülről érintő körök szerkesztése a 2.6. ábrán látható.

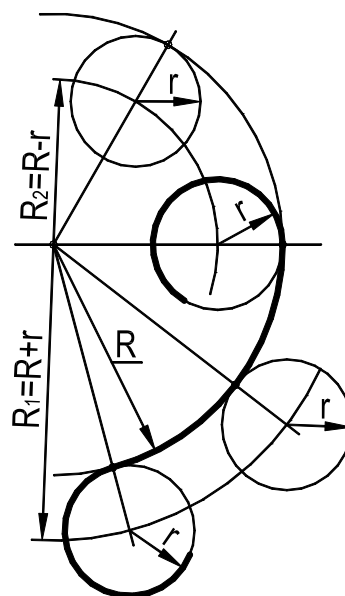
Két kört kívülről érintő kör szerkesztése a 2.7. ábrán látható

Két kört belülről érintő kör a 2.8. ábra alapján szerkeszthető.

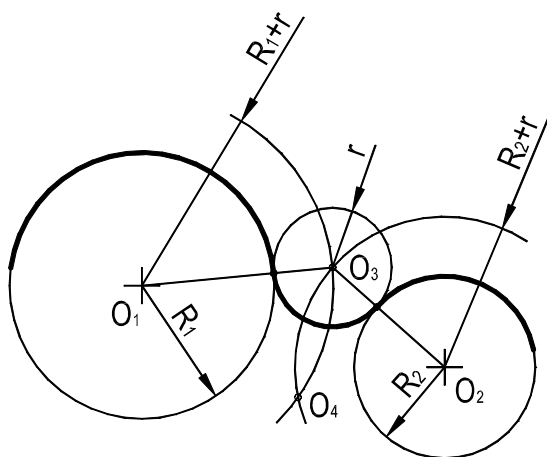
Két kört kívülről és belülről érintő kör szerkesztése a 2.9. ábrán látható.



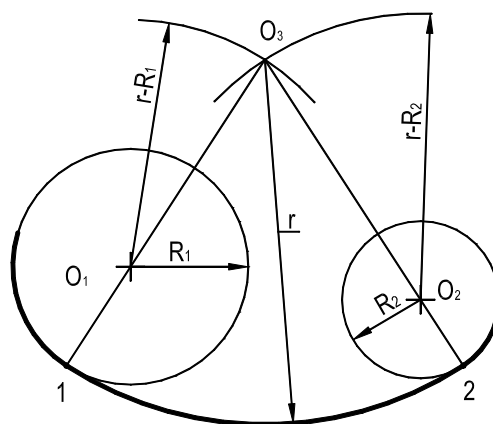
2.5. ábra



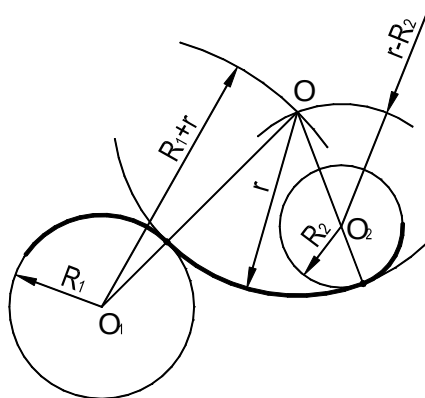
2.6. ábra



2.7. ábra



2.8. ábra



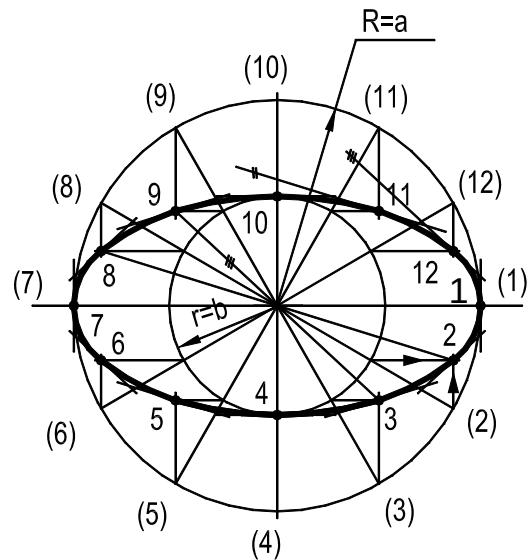
2.9. ábra

2.1.2. Ellipszisek szerkesztése

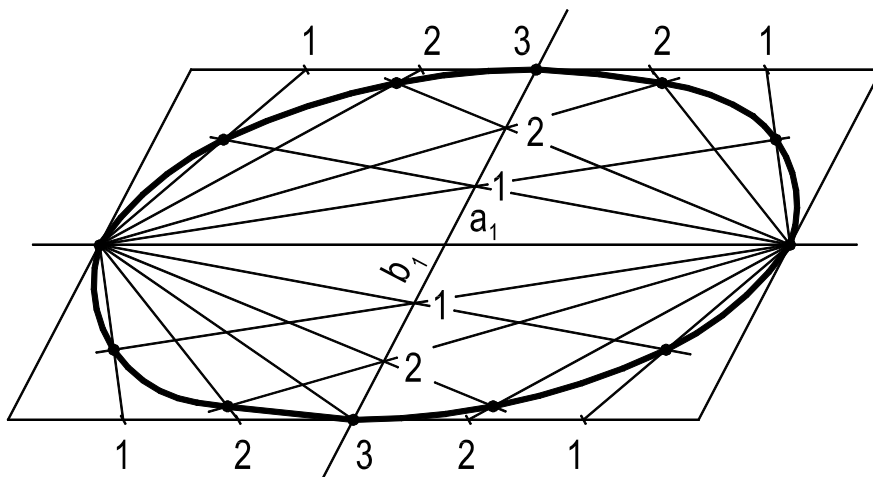
A műszaki gyakorlatban gyakran találkozunk forgásfelületekkel, melyek az ábrázolás során valamely képükben torzultan látszanak.

Főleg az axonometrikus képek szerkesztésénél gyakori, hogy a körök torzultan ellipszisként látszanak. Ahhoz tehát, hogy a testeket, tárgyakat 2.3.9 pontban tárgyaltak alapján axonometrikusan meg tudjuk szerkeszteni, meg kell ismerni az ellipszis szerkesztését is.

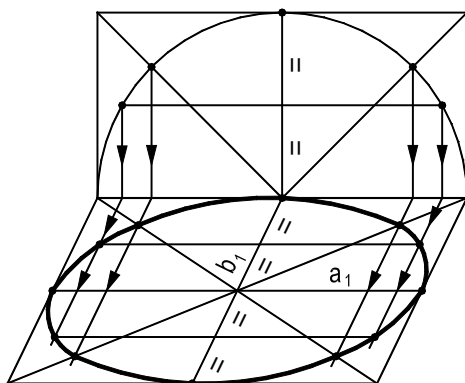
Ha az ellipszis nagytengelye (a) és kistengelye (b) ismert, akkor a 2.10. ábra alapján gyorsan megszerkeszthető az ellipszis.



2.10. ábra



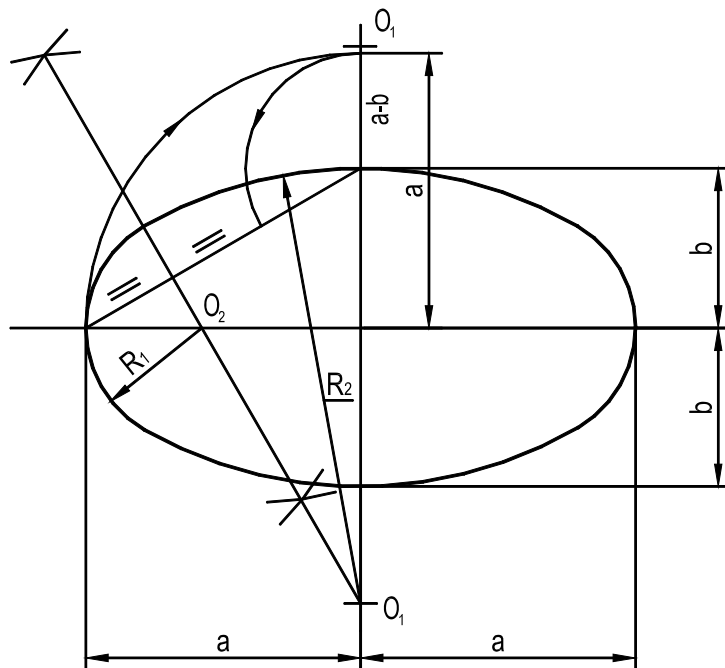
2.11. ábra



2.12. ábra

Ha az ellipszisnek egymásra nem merőleges kapcsolt (konjugált) átmérőpárja (a_1 , b_1) ismert, akkor az ellipszis szerkesztését a 2.11. ábra alapján végezhetjük el. Konjugált átmérők ismeretében az ellipszis affinitással is megszerkeszthető, a 2.12. ábrán láthatóan.

Gyakran előfordul, hogy ellipszis helyett kosárgörbét szerkesztünk ki, mely azt nagyon jól megközelíti, ezért szokás az ellipszis helyettesítő görbéjének is nevezni. Az ellipszis nagy- és kistengelye ismeretekor az ellipszis íveket helyettesítő körívek megszerkesztésével a kosárgörbét kapjuk meg (2.13. ábra).



2.13. ábra

2.2. Téргеometriai alapismeretek

2.2.1. Térelemek, alakzatok

A téргеometria a térben lévő alakok, tárgyak tulajdonságaival foglalkozik. A téргеometria legegyszerűbb elemei a pont, az egyenes és a sík, melyeket közös néven térelemeknek nevezünk. A térelemek együttes alkalmazásával a tér bármely bonyolult tárgyát fel tudjuk építeni. A térelemeknek bizonyos törvényszerűség alapján kiválasztott halmazát alakzatoknak nevezzük. Pl.: a kocka mint alakzat a térelemek (pont, egyenes, sík) kiválasztott halmazából épül fel. A térelemek és alakzatok vizsgálata az ábrázoló geometria fejezetünknek feladata.

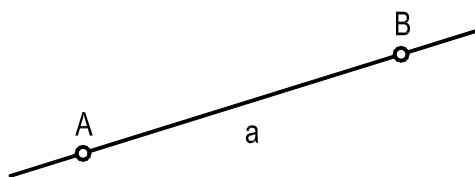
A térelemek alkalmazott jelölései:

- A pontok latin nagybetűk (pl.: A, B, C, ...), vagy arab számjegyek (0, 1, 2, ...).
- Az egyenesek latin kisbetűk. Pl.: a, b, ...
- A síkok jele: $\underline{A}$; $\underline{B}$; $\underline{C}$; ...
- A képsíkokat, mint kitüntetett síkokat a fejezetben K-val jelöljük.
- A képsík számát a betű melletti számmal adjuk meg, pl.: K_1 , K_2 .

A térelemek egymáshoz viszonyított helyzetét gyakran jellel is megadjuk. (Az azonosság jele: $\equiv$, a párhuzamosság jele: $\parallel$, merőlegesség jele: $\perp$)

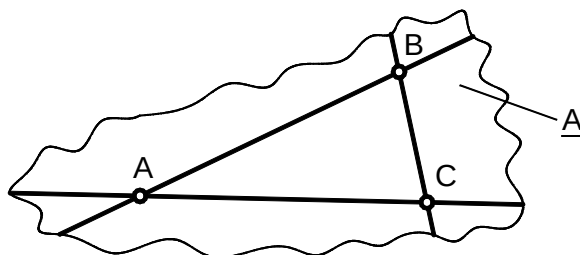
A tételekre vonatkozó tételek.

- a) Két pont meghatároz egy egyenest. (2.14. ábra).



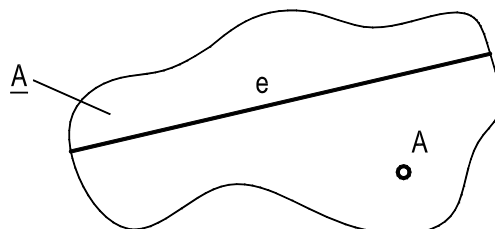
2.14. ábra

- b) Három nem egy egyenesen fekvő pont síkot határoz meg. (2.15. ábra).



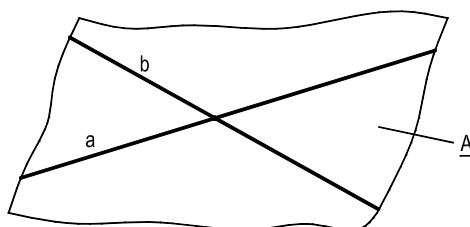
2.15. ábra

- c) Egy egyenes és egy rajta kívül fekvő pont meghatároz egy síkot (2.16. ábra).



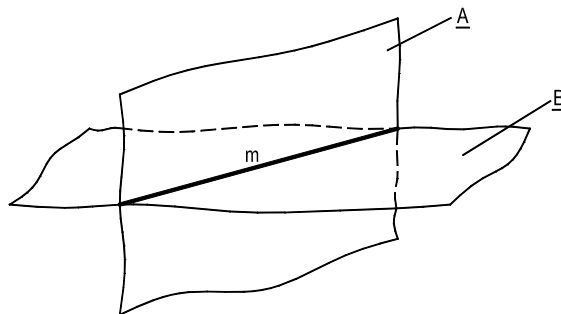
2.16. ábra

- d) Két egymást metsző egyenes meghatároz egy síkot (2.17. ábra).



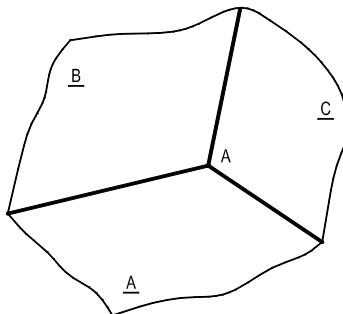
2.17. ábra

- e) Két egymást metsző sík meghatároz egy egyenest (2.18. ábra).



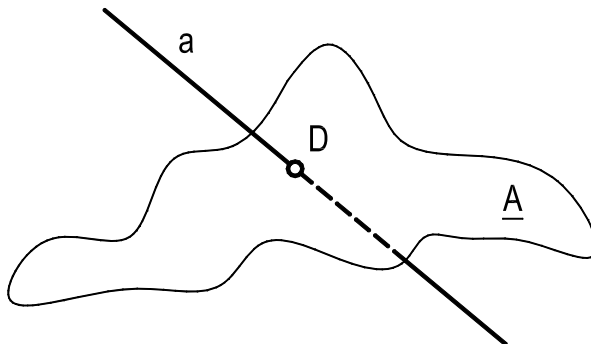
2.18. ábra

- f) Három nem egy egyenesen átmenő, egymást metsző sík, pontot határoz meg (2.19.).



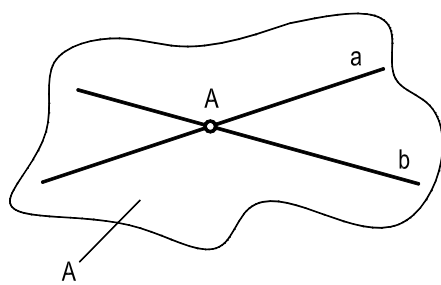
2.19. ábra

- g) Egy sík és a síkot metsző egyenes meghatároz egy pontot (2.20. ábra).



2.20. ábra

h) Két egy síkban fekvő metsződő egyenes meghatároz egy pontot (2.21. ábra).



2.21. ábra

2.2.2. Térelemek kölcsönös helyzete

A térelemek kölcsönös helyzete lehet illeszkedő (egybeeső, azonos), metsző és kitérő. A kölcsönös helyzeteket egynemű és különemű térelemekkel mutatjuk be a 2-1. táblázatban.

2-1. táblázat

Térelemek megnevezése	Illeszkedő	Metsző	Kitérő
Pont-egyenes			
Egyenes-egyenes			
Pont-sík			
Egyenes-sík			
Sík-sík			

2.3. Vetítés és ábrázolás módjai

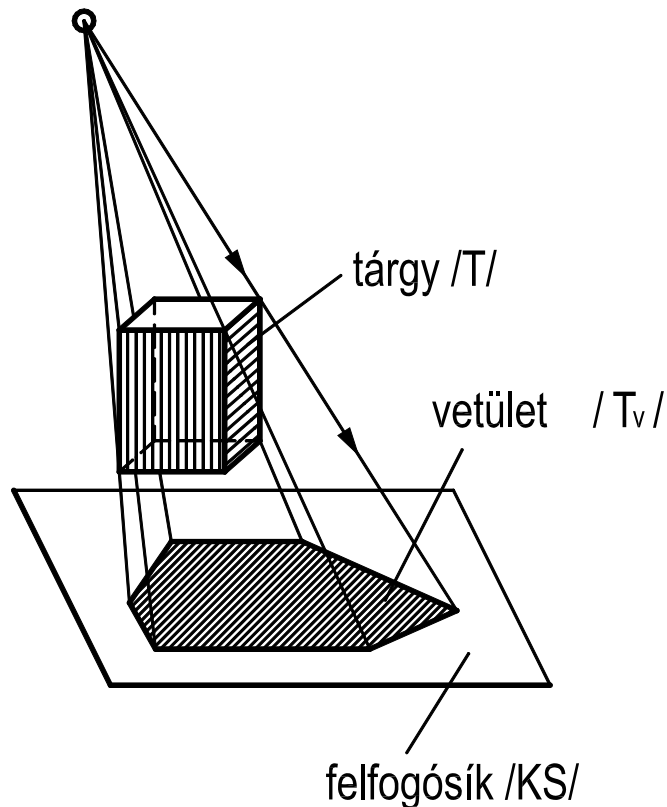
Síkmértani feladatok rajzi kivitelezése, megoldása, nem okoz ábrázolási problémát. Az ilyen feladatok a rajzlap síkján könnyen megszerkeszthetők. Néhány síkmértani szerkesztéssel a 2.1 pontban már foglalkoztunk. Más a helyzet a térgeometriai feladatoknál, mert magukat a téri helyzeteket, térbeli tárgyakat, valamilyen módon a rajzlap síkján kell ábrázolni. Az ábrázolástól megköveteljük, hogy olyan

képet adjon, mely egyértelmű információt nyújt a térelemekből felépített tárgyak geometriai tulajdonságairól, méreteiről stb.

A tárgyak ábrázolása, térelemeinek felvételével történik. A felvétel vetítés, vagy projekció segítségével valósul meg. Ez a geometriai ábrázolás módszere.

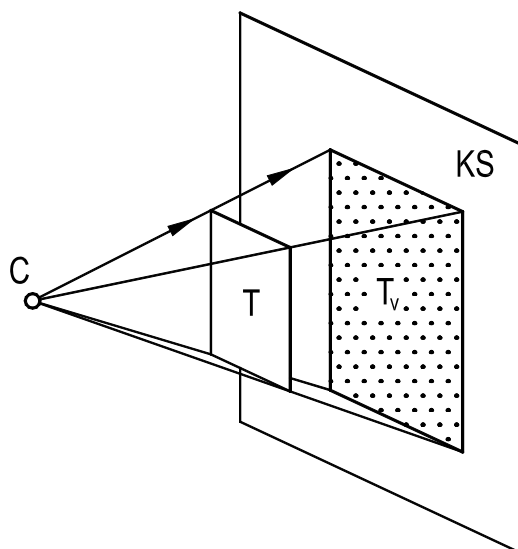
A módszert a 2.22. ábra szemlélteti. A fényforrást vetítési középpontnak (centrumnak), a tárgy képét felfogó síkot képsíknak, a tárgy pontjaira illeszkedő fénysugarakat vetítő egyeneseknek (vetítő sugaraknak), a tárgy egyeneseire illeszkedő fénysíkokat vetítősíkoknak nevezzük.

fényforrás /C/



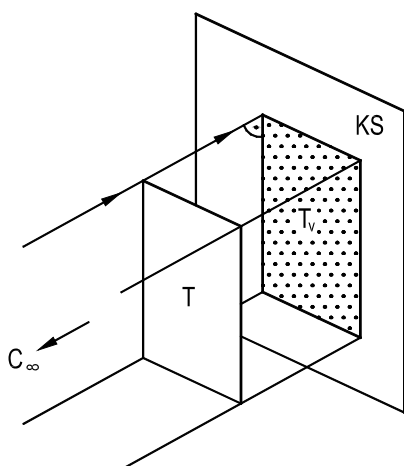
2.22. ábra

A vetítő egyenesek és –síkok metsződése a felfogó síkkal, képsíkkal, adják meg a tárgy képét. Abban az esetben, ha a vetítési középpont a végesben helyezkedik el, s ebből a közös pontból húzott vetítő egyenesekkel hozzuk létre a tárgy vetületét, akkor centrális vetítésről beszélünk (2.23. ábra).

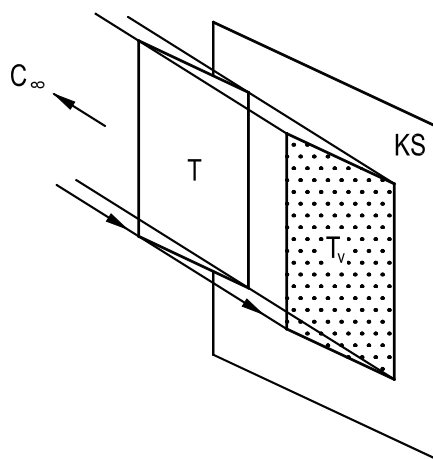


2.23. ábra

Ha a vetítési középpontot a végtelenbe helyezzük, akkor a vetítő egyenesek gyakorlatilag párhuzamosak lesznek, ezért ezt párhuzamos vetítésnek nevezzük (2.24., 2.25. ábra). Ha a párhuzamos vetítő egyenesek merőlegesek a képsíkra, akkor a vetítést merőlegesnek (ortogonálisnak), ha a képsíkkal hegyesszöget zárnak be, akkor ferdeszögűnek (klinogonálisnak) nevezzük. A gépészetben a merőleges vetítést alkalmazzuk.

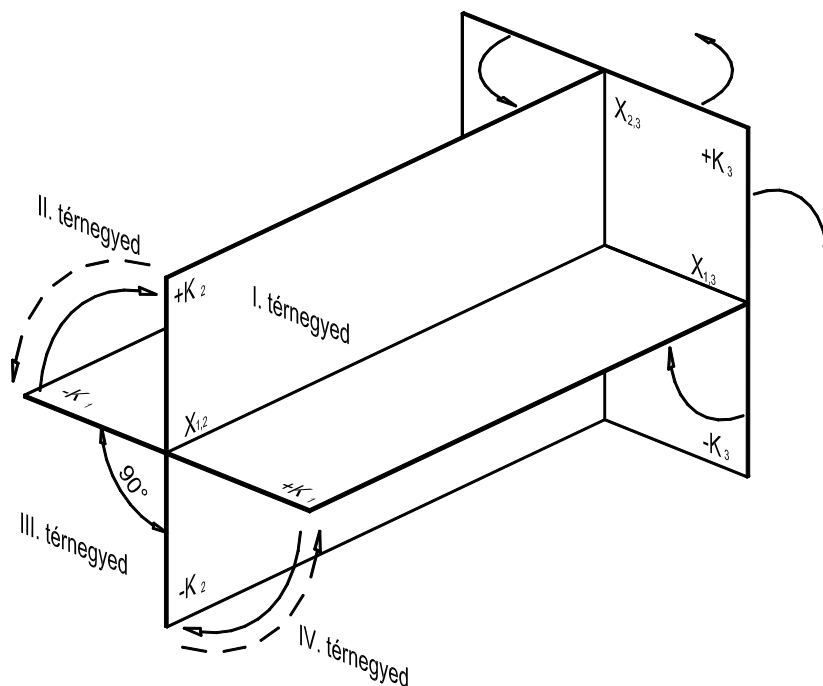


2.24. ábra



2.25. ábra

Ha két egymásra merőleges képsíkot (K_1 , K_2) alkalmazunk, amelyek egy képsíkrendszert alkotnak és ebben merőleges vetítéssel térbeli feladatokat oldunk meg, akkor az ún. Monge-féle ábrázolást alkalmazzuk. A K_1 , K_2 képsíkokra merőlegesen új képsíkot (K_3) is felvehetünk. Ha e három képsíkra vetítjük a tárgyat, akkor az elől-, felül- és oldalnézetes ábrázolást kapjuk.



2.26. ábra

A 2.26. ábrán látható egy képsíkrendszer. A vízszintes sík az első képsík (K_1) a felülnézet síkja, a függőleges a második képsík (K_2) az előlnézet síkja, az ezekre merőleges sík a harmadik képsík (K_3) az oldalnézet síkja. A képsíkok metszésvonalai a képsíktengelyek (pl.: $x_{1,2}$; $x_{1,3}$ ). A képsíkok + és - félsíkokra osztják egymást.

Az első és második képsík a teret négy negyedre osztja. Mi általában az első térfelületben oldjuk meg a problémáinkat.

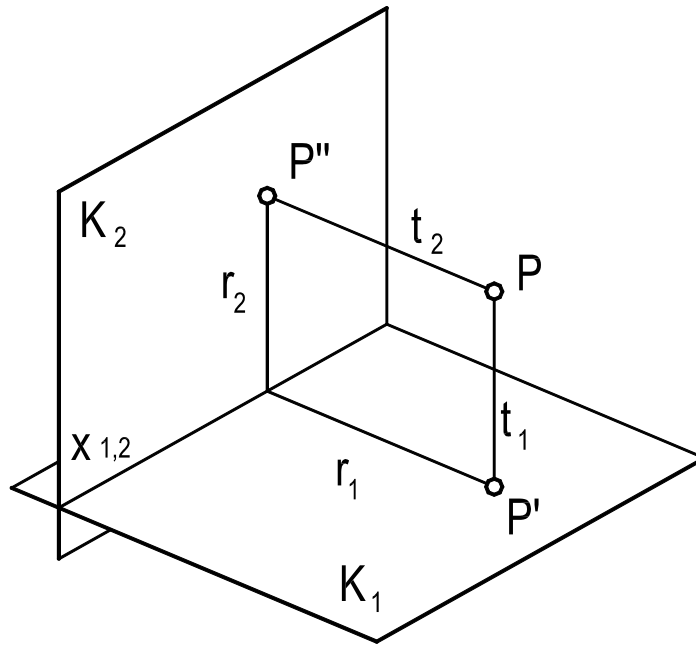
Mivel a szerkesztéseket a rajzlap síkján kell elvégezni, ezért a képsíkrendszert azzal azonosítani (egyesíteni) kell. Mindig pozitív és negatív félsík egyesíthető csak. A három képsík rajzsíkká azonosítása vagy a folyamatos, vagy a szaggatott nyilak irányába történhet (2.26. ábra).

A három képsíkot és a rajzsíkot úgy is egyenesíthetjük, hogy a képsíkok által meghatározott térbeli koordináta-rendszert vetítjük a rajz síkjára. Ez az axonometrikus ábrázolás, mellyel később foglalkozunk

2.4.Tételek ábrázolása

2.4.1.Pont ábrázolása

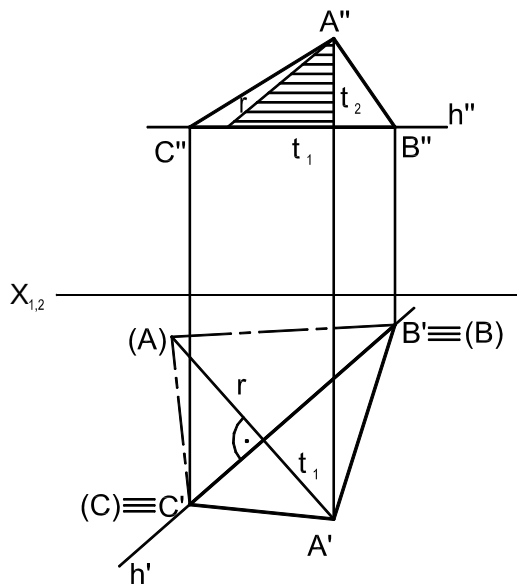
A 2.27.a. ábrán egy első térfelületben lévő P pont ábrázolása látható. A pont első képsíkra vetített képe P' és a második képsíkra vetített P'' . A térbeli P pont képsíkoktól mért távolságai t_1 és t_2 . A vetületi képek képsíktengelytől mért távolságait az r_1 -et és az r_2 -t rendezőknek nevezzük. Az ábrán látható, hogy az $r_1 = t_2$; $r_2 = t_1$.



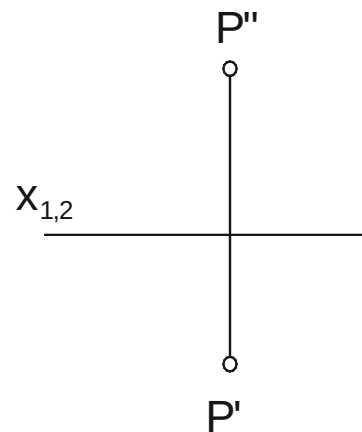
2.27.a ábra

A 2.27.a ábrán térhatásúan mutattuk be a pont ábrázolást, hogy szemléletesebb legyen. Ilyen jellegű ábrákat az ábrázoló geometriai szerkesztéseknél sohasem kell megrajzolni, ezeket könyvünkben csak a könnyebb megértés miatt rajzoltuk le.

A 2.27.b. ábrán még a képsíkok körvonalát megrajzoltuk. Mivel a képsíkokat végtelennek tekintjük, ezért a tengelyes ábrákon a továbbiakban nem rajzoljuk ki (2.27.c. ábra).

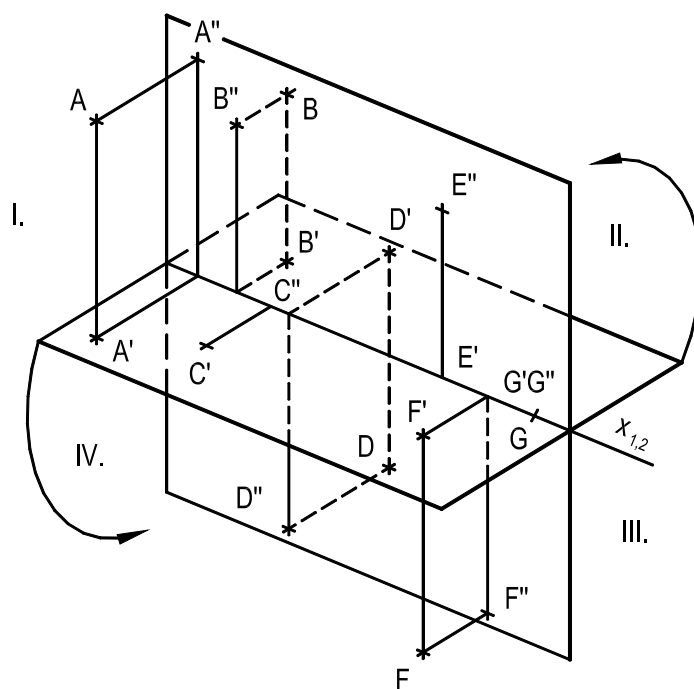


2.27.b ábra



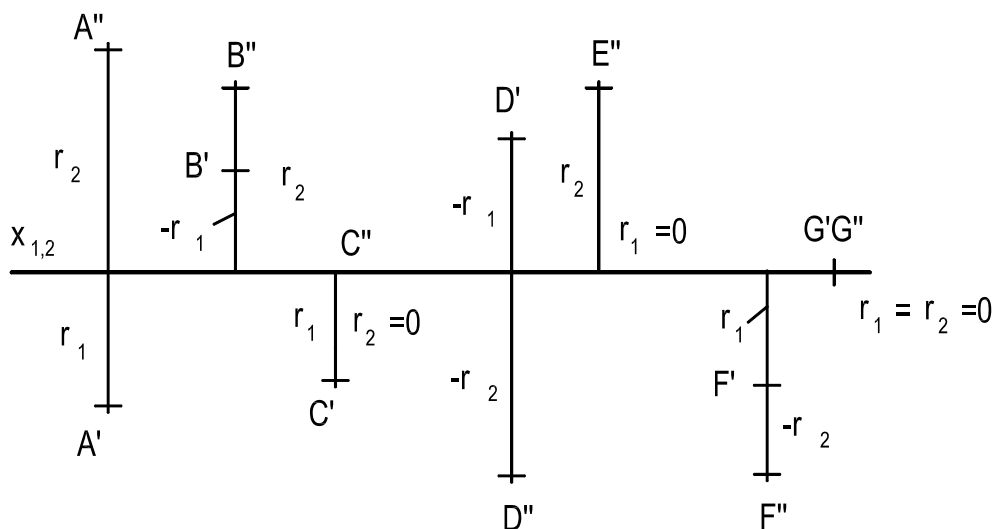
2.27.c ábra

A képsíkrendszerben a pontoknak különféle helyzetük lehet, ezeket szemlélteti a 2.28. ábra.



2.28.a ábra

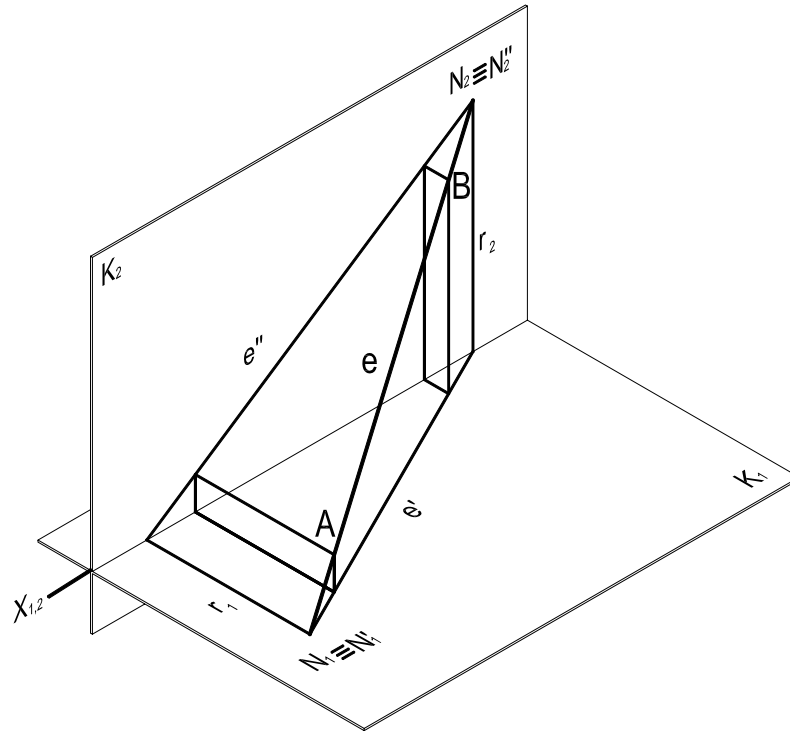
- A pont – I. tértéredben lévő pont
- B pont – II. tértéredben lévő pont
- C pont – 1. képsíkban lévő pont
- D pont – III. tértéredben lévő pont
- E pont – 2. képsíkban lévő pont
- F pont – IV. tértéredben lévő pont
- G pont – 1. és 2. képsíkban lévő pont



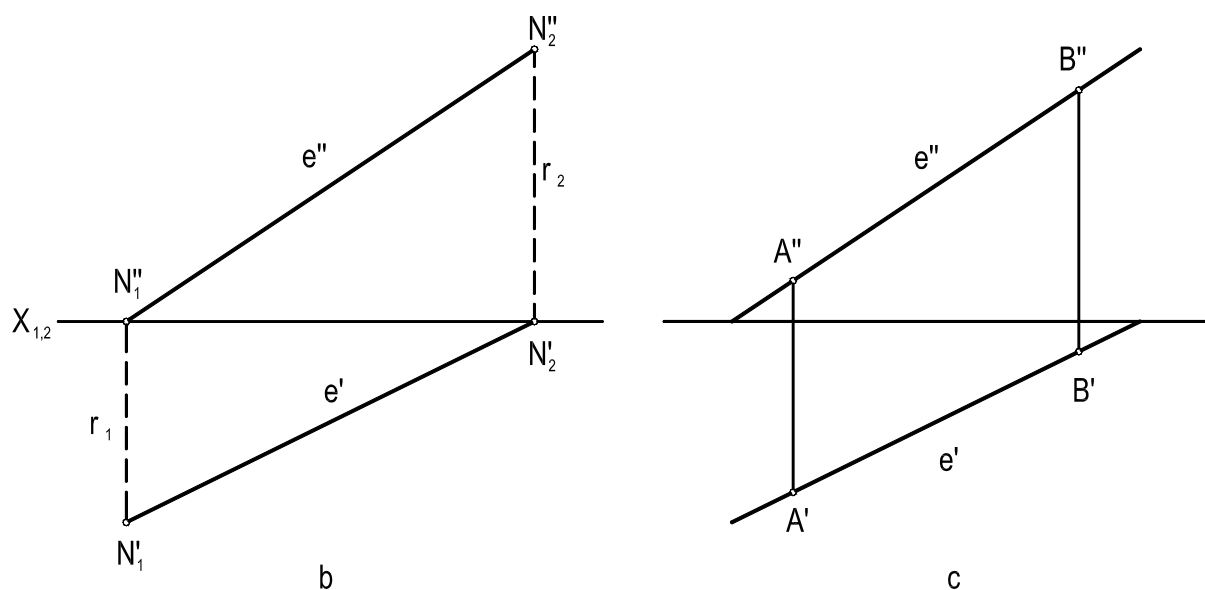
2.28.b ábra

2.4.2.Egyenes ábrázolása

A 2.29, 2.30. ábrákon az általános helyzetű egyenesek ábrázolása látható. Az e egyenesen felvettük az A és B pontokat, illetve bejelöltük az egyenesek képsíkokkal közös pontjait, (dőféspontjait). Az N_1 és N_2 pontokat nyompontoknak nevezzük. Az egyenesek e' és e'' vetületei ezen pontok segítségével megrajzolhatók (2.29.b.c., 2.30.b.c.)

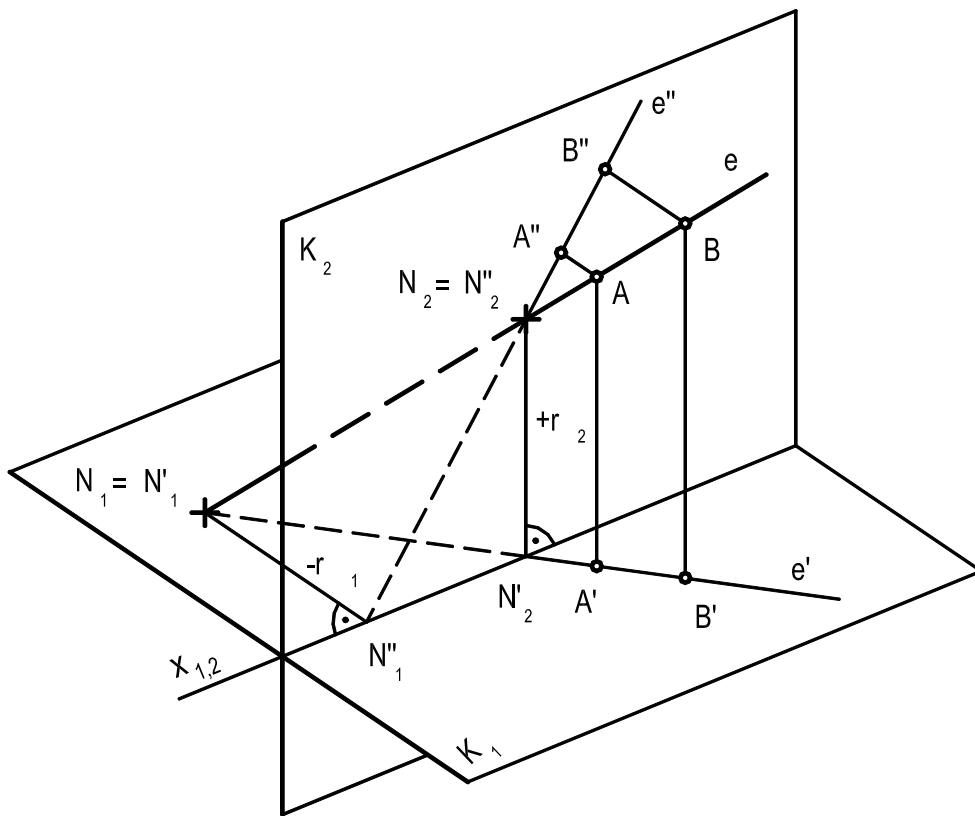


2.29.a ábra

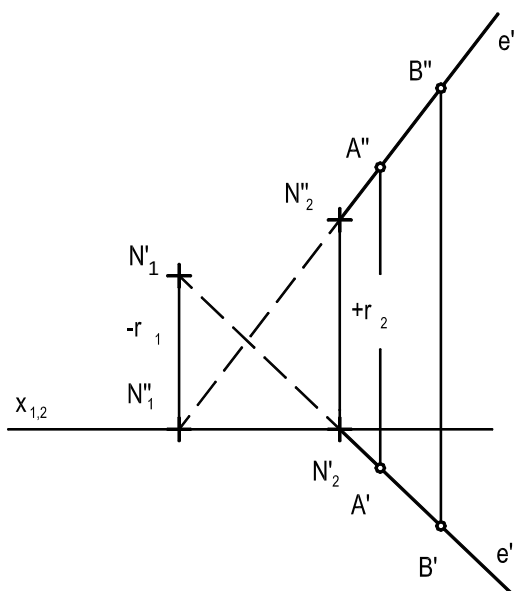


2.29.b ábra

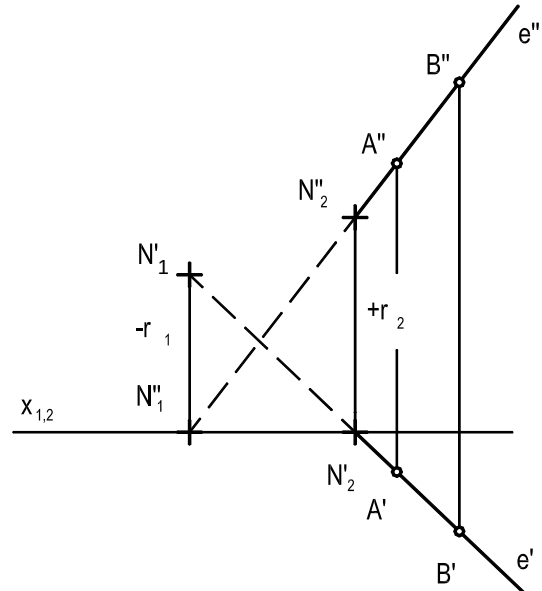
2.29.c ábra



2.30.a ábra

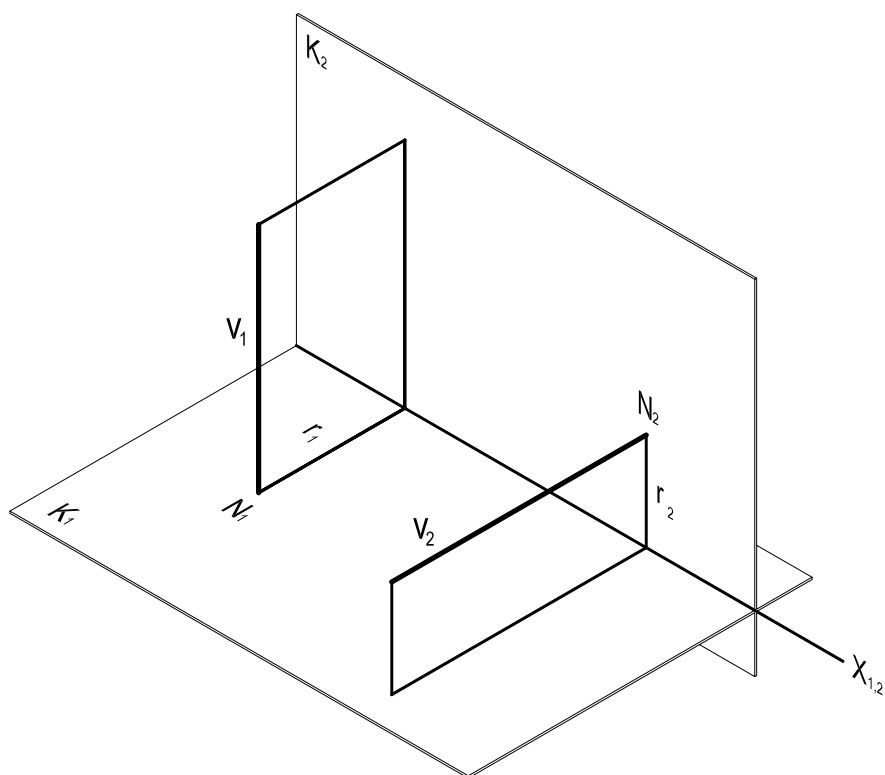


2.30.b ábra



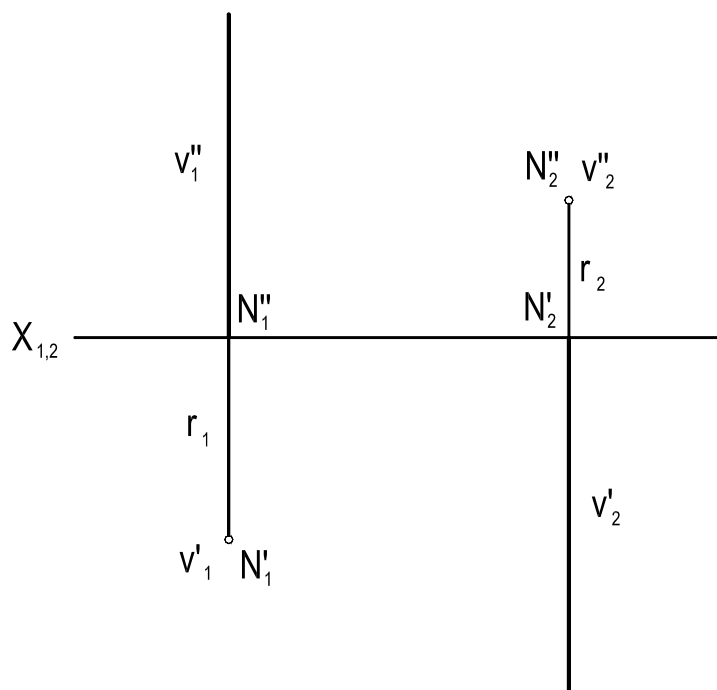
2.30.c ábra

Az egyenesek a képsíkrendszerhez viszonyítva különleges helyzetűek is lehetnek. Ha az egyenes valamelyik képsíkra merőleges, akkor vetítő egyenesnek nevezzük (2.31a. ábra). Az első képsíkra merőleges egyenest első vetítő egyenesnek (v_1), a második képsíkra merőleges egyenest második vetítő egyenesnek (v_2) nevezzük.



2.31.a ábra

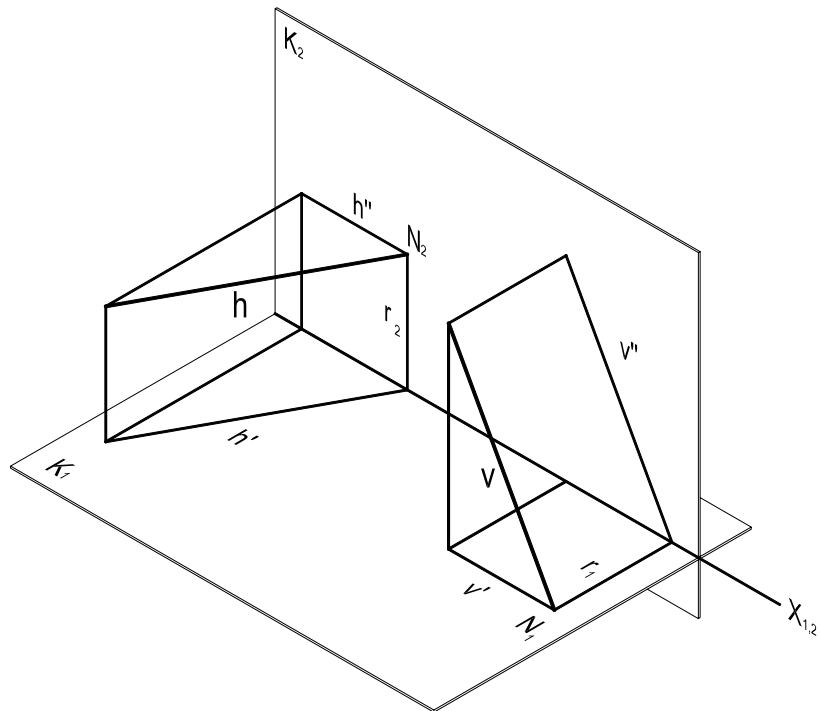
A vetítő egyenesek egyik vetülete mindig pontként látszik (2.31.b. ábra).



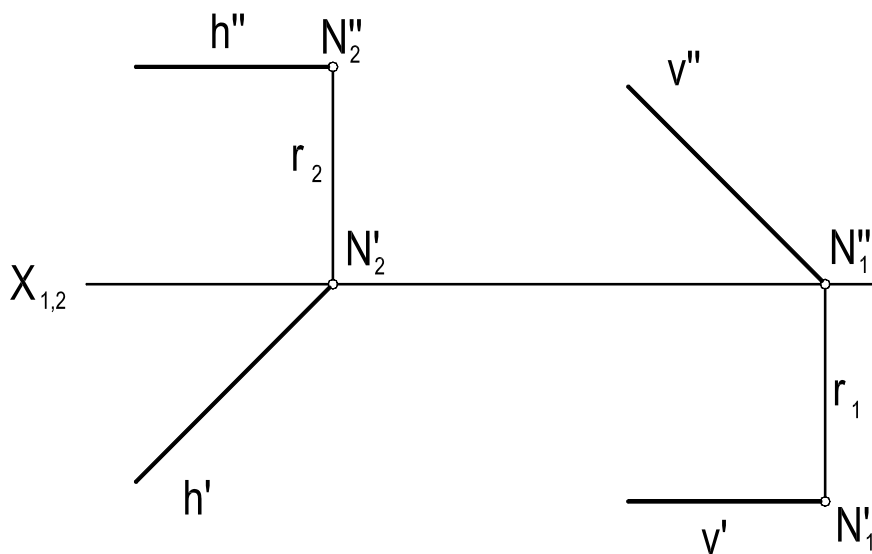
2.31.b ábra

Főegyenesről (fővonal) beszélünk, ha az egyenes egyik képsíkkal párhuzamos és a másik képsíkhöz viszonyítva általános helyzetű (2.32a. ábra). Az első képsíkkal párhuzamost h (horizontális) főegyenesnek, a második képsíkkal párhuzamost v (vertikális) főegyenesnek nevezzük. A 2.32.a. ábrán

jól látható, hogy a h csak a második képsíkot metszi, tehát N_2 második nyompontja van, a v csak az első képsíkot metszi, tehát N_1 első nyompontja van.

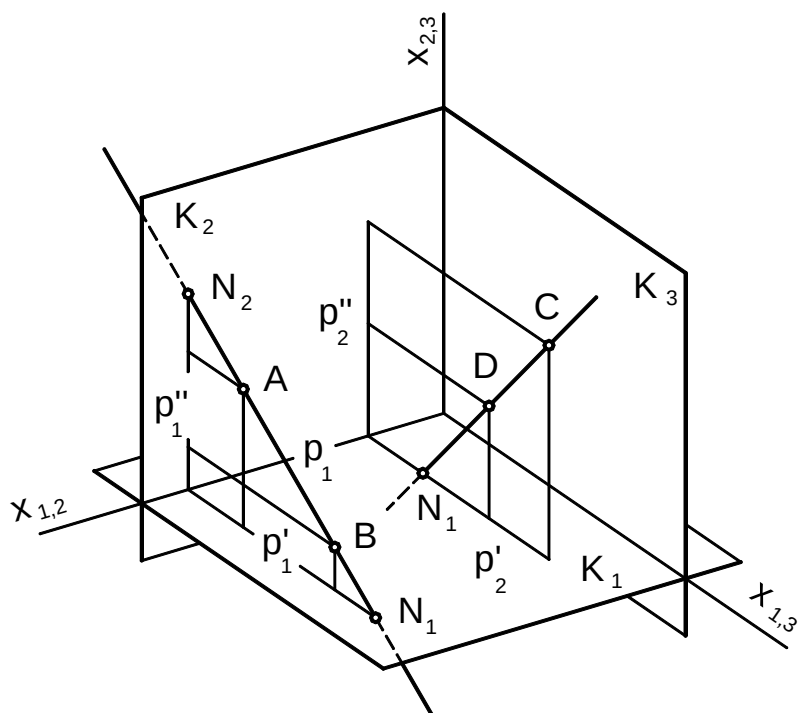


2.32.a ábra

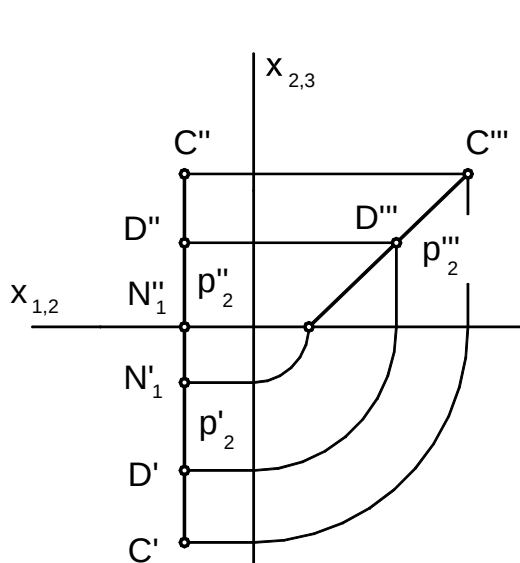


2.32.b ábra

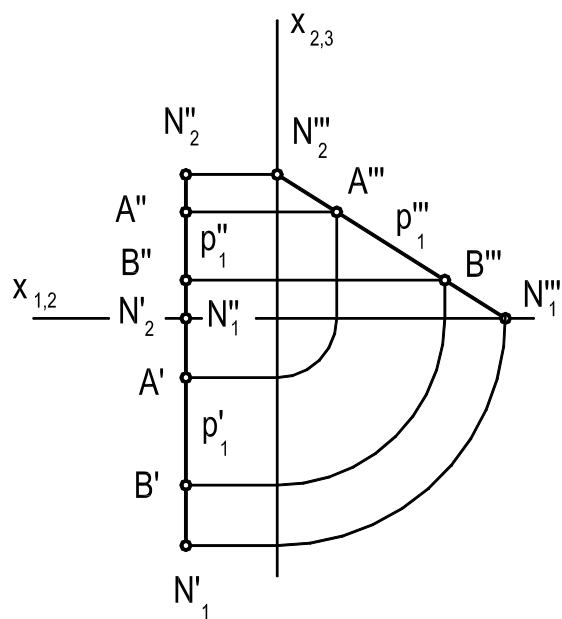
Profilegyenesnek nevezzük az olyan egyenest, amely mindkét képsíkra merőleges síkban, un. profilsíkban helyezkedik el (2.33. ábra). A profilegyenest, (ha nincs kijelölt két pontja) a két vetülete p' és p'' nem határozza meg egyértelműen, ezért általánosan elterjedt, hogy három képével adják meg. Az ábrákon két különböző állású profilegyenest rajzoltunk meg (p_1 dőlt, p_2 feszített), jelöltük a nyompontjaikat és az általános pontjaikat is.



2.33.a ábra

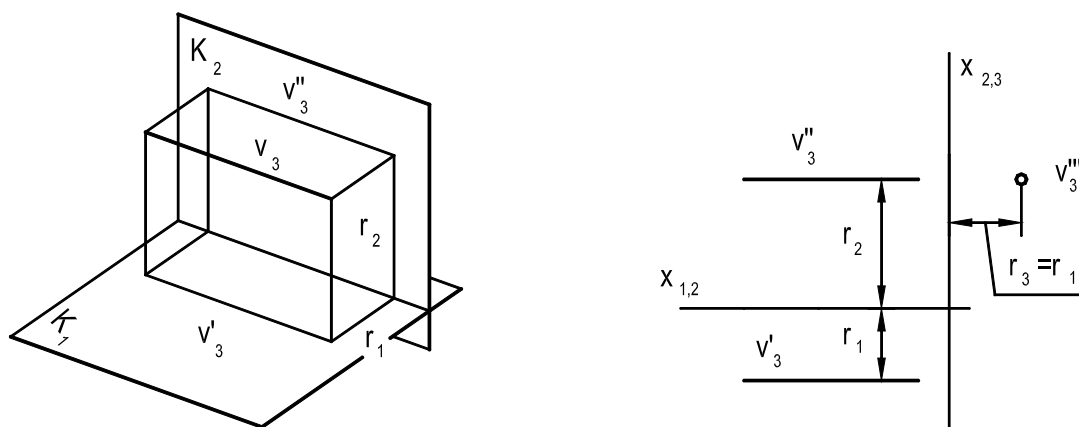


2.33.b ábra



2.33.c ábra

A horizontális helyzetű egyenes mindkét képsíkkal párhuzamos, vetületei az $x_{1,2}$ tengellyel párhuzamosak (2.34. ábra). Ez a speciális egyenes egyben harmadik vetítő egyenes is (v_3), mert a harmadik képsíkra merőleges.

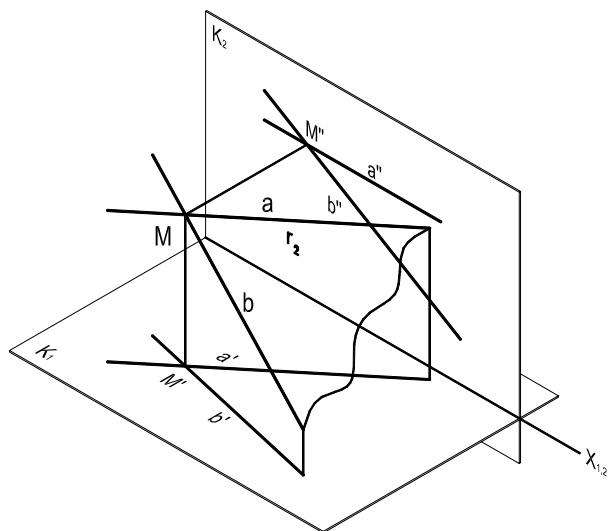


2.34. ábra

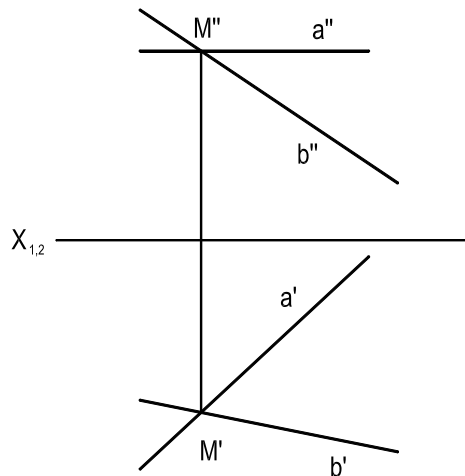
Sík ábrázolása

A síkot egyértelműen térelemeivel tudjuk ábrázolni.

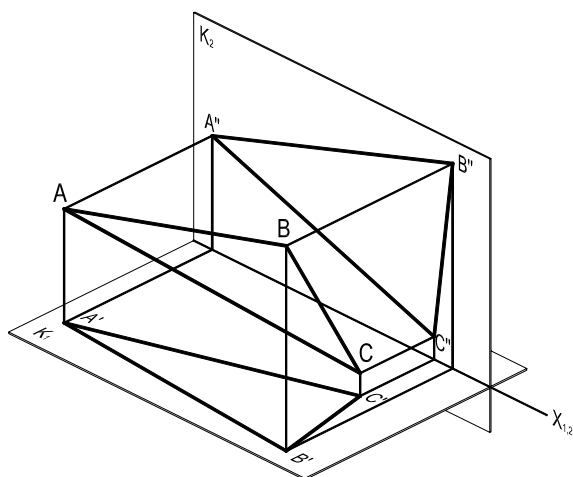
A 2.35.a. ábrán a síkot két metsző egyenesével (tartóegyeneseivel) adtuk meg. Az egyenesek két vetületi képének megrajzolásával a sík egyértelműen meghatározott (2.35.b. ábra). Amennyiben a síkot körülhatárolt idomként akarjuk ábrázolni, akkor a 2.36. ábra szerint kell megrajzolni. A síkokat ábrázolhatjuk különleges egyeneseikkel, a nyomvonalakkal is. (A nyomvonalak a sík és a képsíkok metszésvonalai n_1 és n_2 .) Nyomvonalaival adott síkot szemléltet a 2.37. ábra. Az n_1 és n_2 a térben két különálló egyenes. Az egyik vetületük az $x_{1,2}$ tengelyen van, ezt sohasem jelöljük (2.37.b. ábra).



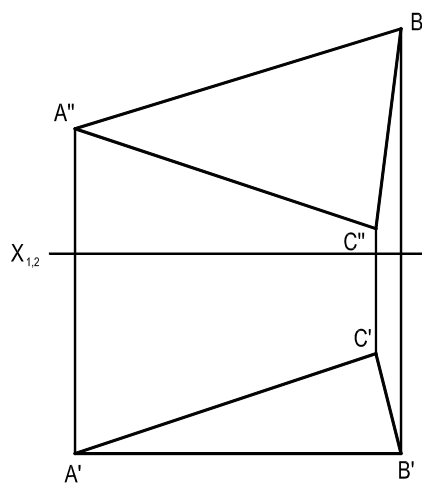
2.35.a ábra



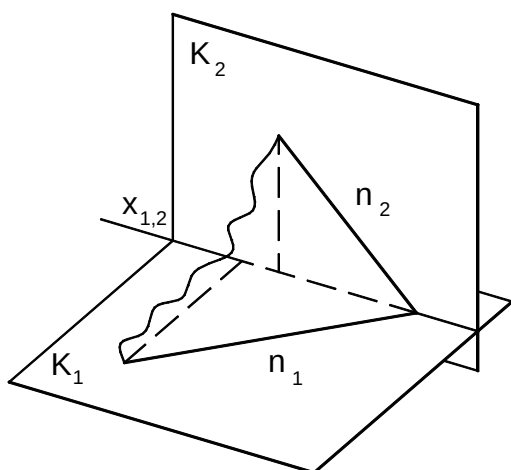
2.35.b ábra



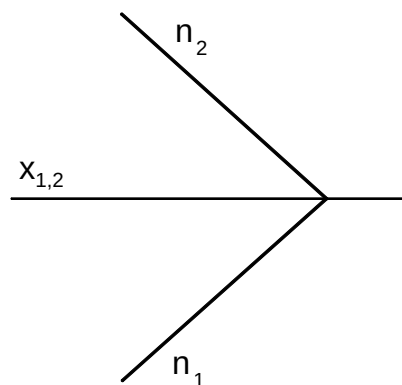
2.36.a ábra



2.36.b ábra



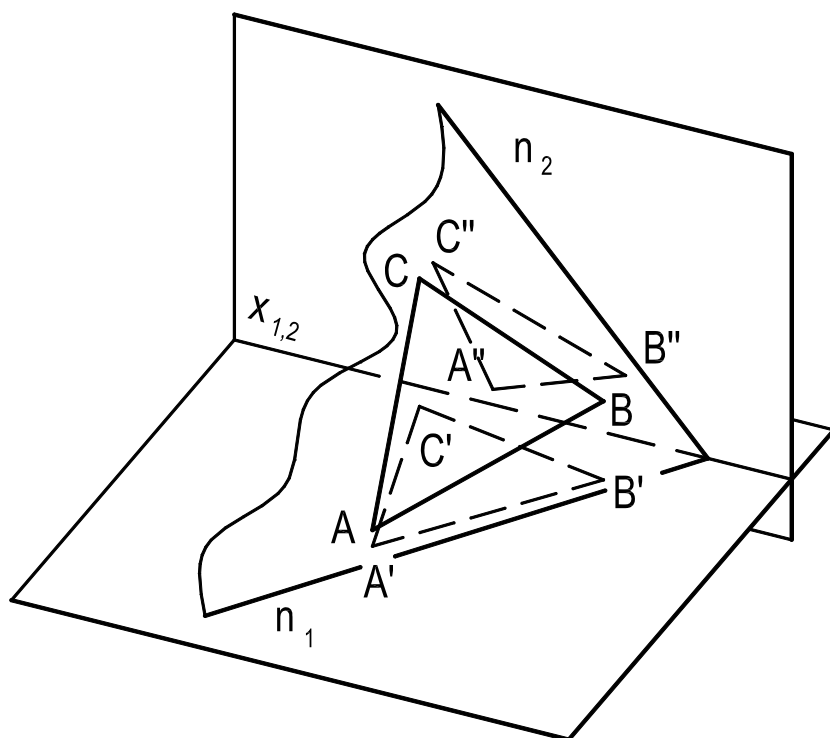
2.37.a ábra



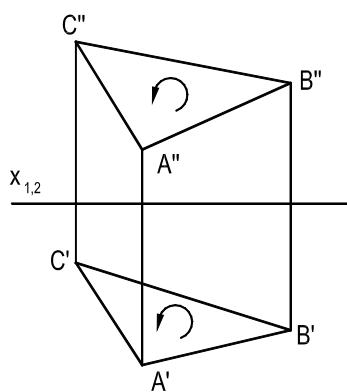
2.37.b ábra

A síkok a képsíkokhoz viszonyítva különféle helyzetűek lehetnek.

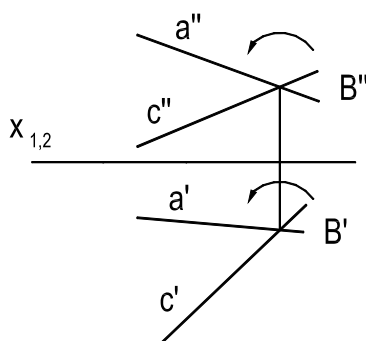
Dőlt helyzetű a sík, ha felülről (első képi vetület) és előlről (második képi vetület) nézve a síknak azonos felületét látjuk (2.38a. ábra). A dőlt sík tengelyes ábrázolásánál (2.38.b.c ábra) a betűzés „körüljárás” iránya azonos, a nyomvonalai (n_1 , n_2) az $x_{1,2}$ tengellyel hegyesszöget zárnak be (2.38.d. ábra).



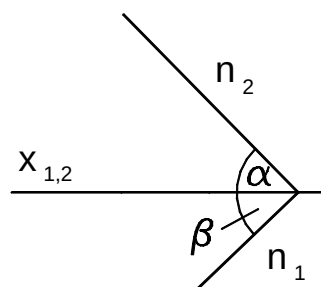
2.38a. ábra



2.38.b ábra

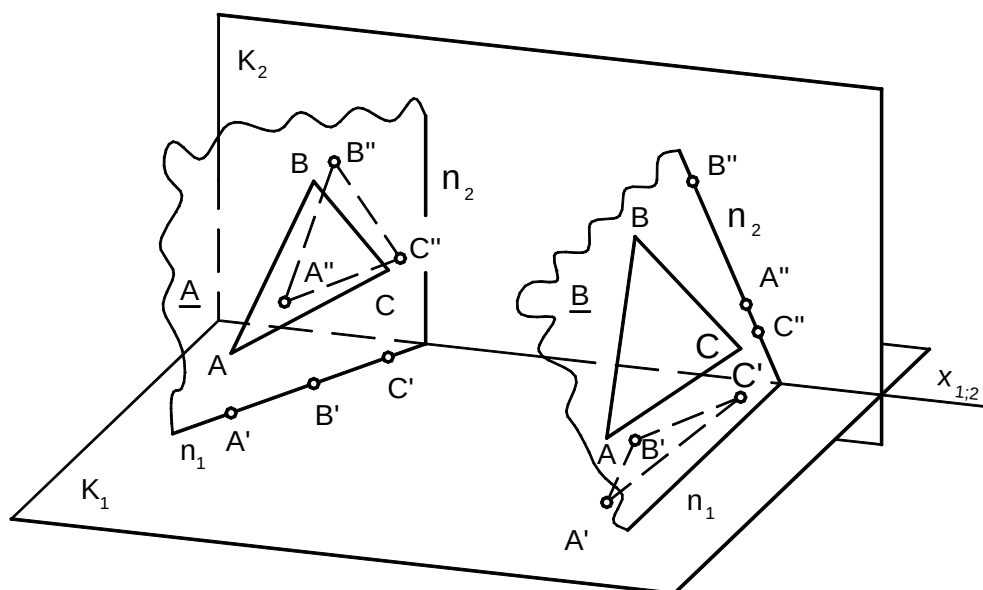


2.38.c ábra



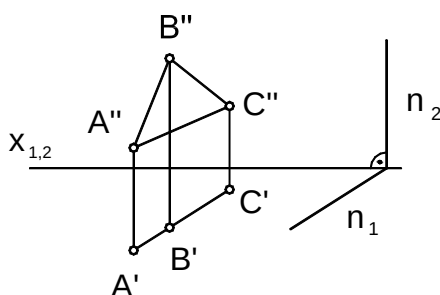
2.38.d ábra

Feszített helyzetű a sík, ha felülről és előlről nézve nem ugyanazt a felületét látjuk (2.39.a. ábra). A feszített sík tengelyes ábrázolásánál a betűzés „körüljárás” iránya ellenkező (2.39.b.c. ábra), a nyomvonalai az $x_{1,2}$ tengellyel hegyes (α) és tompa szöget (β) zárnak be (2.39.d. ábra).

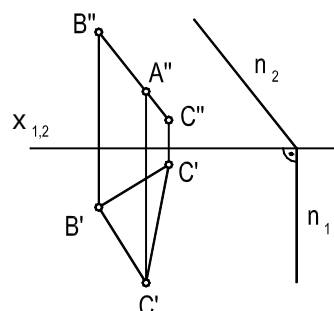


2.40a. ábra

Vetítősíkról beszélünk, ha a sík valamelyik képsíkra merőleges (2.40. ábra). Az ilyen sík az egyik vetületi képen élben látszik. A 2.40.a. ábrán egy első vetítősík (A, első képsíkra merőleges) és egy második vetítősík (B, második képsíkra merőleges) látható. Tengelyes ábrázolással az első vetítősíkot a 2.40.b. ábra, a második vetítősíkot a 2.40.c. ábra szemlélteti.

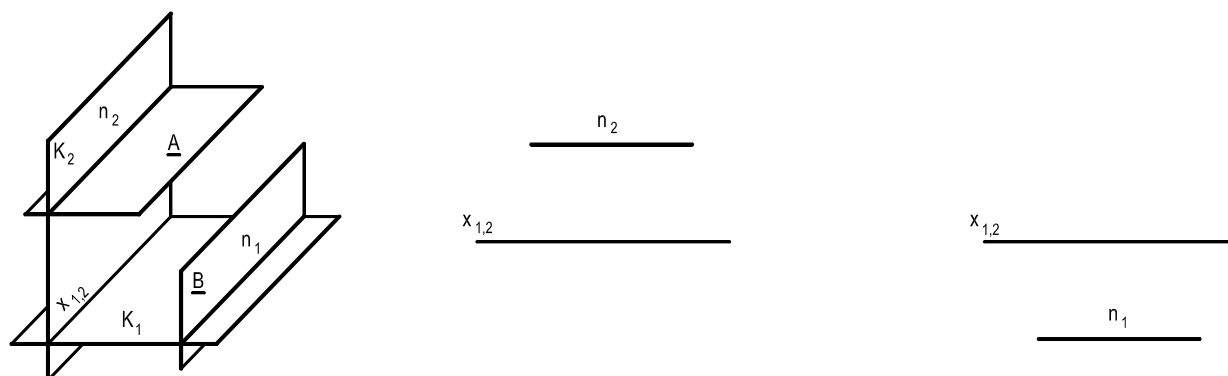


2.40.b ábra



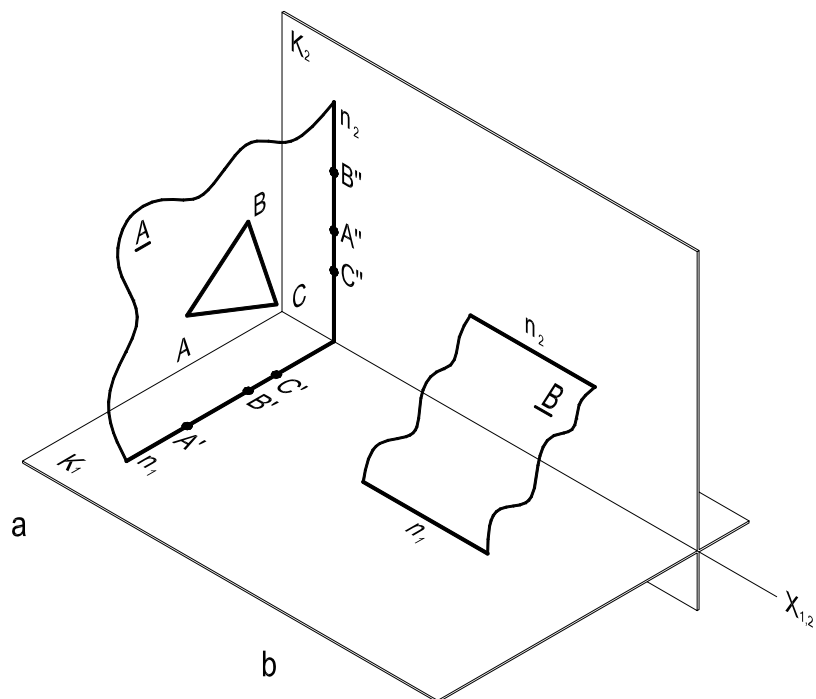
2.40.c ábra

Fősíknak nevezzük a síkot, ha valamelyik képsíkkal párhuzamos (speciális vetítősík) (2.41. ábra). Az első képsíkkal párhuzamos A az első fő sík, a második képsíkkal párhuzamos B pedig a második.

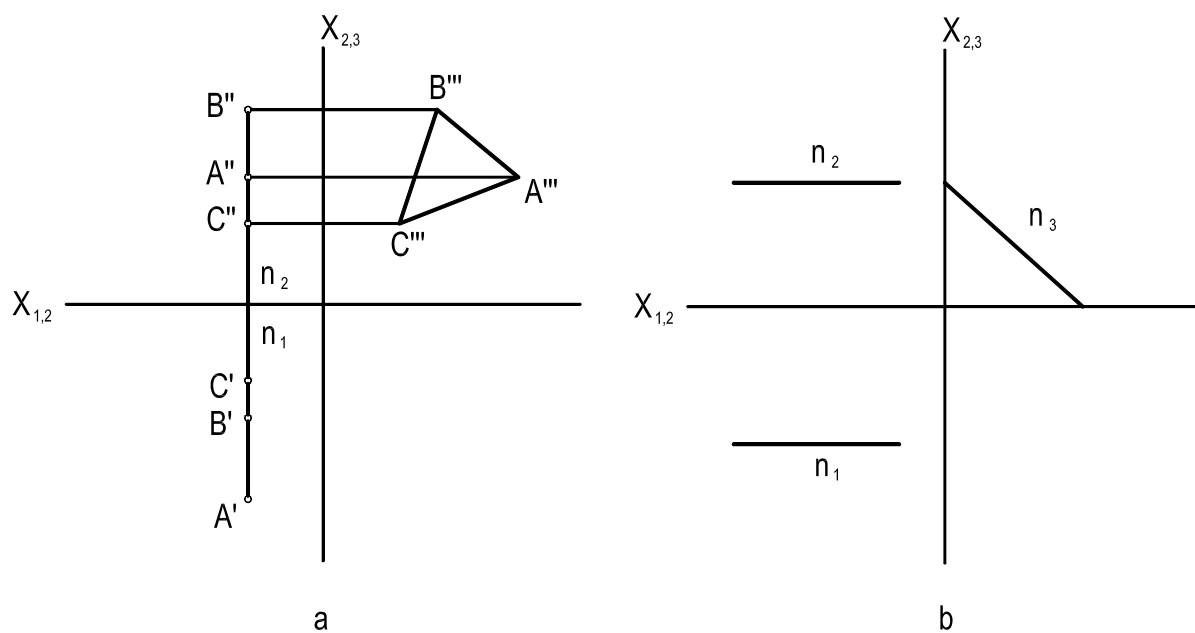


2.41. ábra

A profilsík (A) mindkét képsíkra merőleges, mely csak három vetületével határozható meg egyértelműen harmadik vetülete valódi nagyságú. A harmadik vetítősík (B) párhuzamos az $x_{1,2}$ tengellyel, harmadik vetületében egyenesként látszik (2.42.a. ill. 2.42.b ábra).



2.42.a ábra



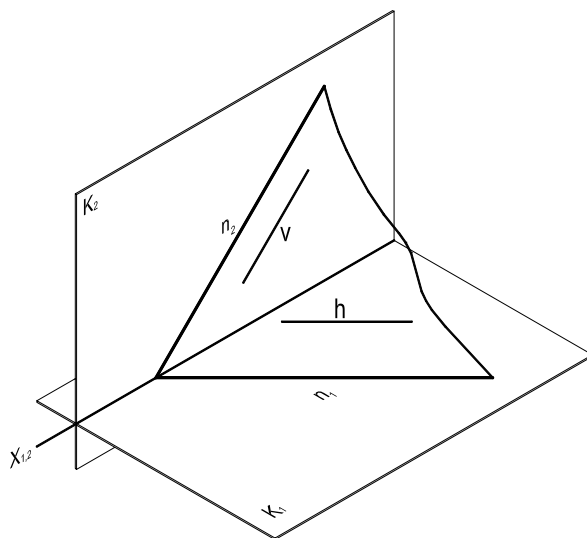
2.42.b ábra

A síkok ábrázolásánál meg kell említeni a síkok különleges egyeneseit, melyek közül a nyomvonalakat a 2.37. ábrán ismertük meg. Tudni kell, hogy a síkban lévő egyenesek nyompontjai a nyomvonalon helyezkednek el.

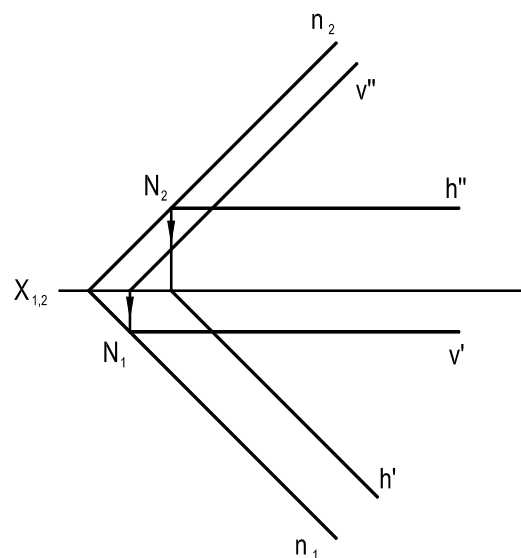
A sík fővonala a síknak képsíkkal, és egyben nyomvonalával párhuzamos egyenese. A 2.43. ábra a sík első (h) és második (v) főegyenését szemlélteti. Az esésvonal (e_1 első, e_2 második) a síknak a nyomvonalára merőleges egyenese, tehát a fővonalára is merőleges (2.44. ábra).

A sík egyeneseinek e_1 , e_2 , h, v megszerkesztésekor a síkon már meglévő egyenesek és az új egyenesek közös pontjait használjuk fel.

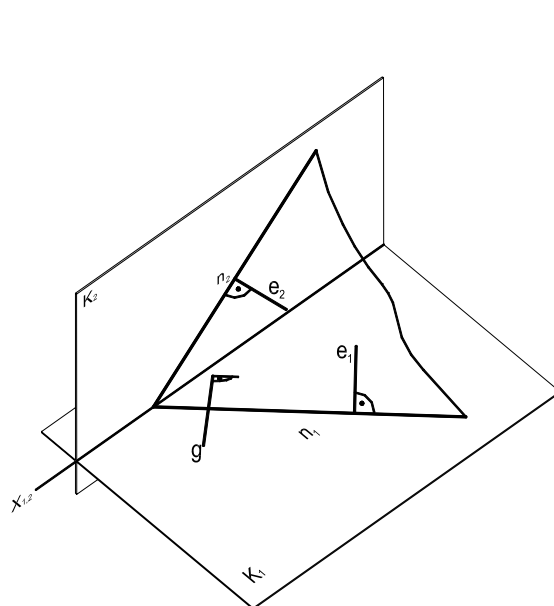
A normális (g) síkra merőleges egyenes, melynek képei a megfelelő képű nyomvonalakra merőlegesek $g' \perp n_1$, $g'' \perp n_2$ (2.44. ábra).



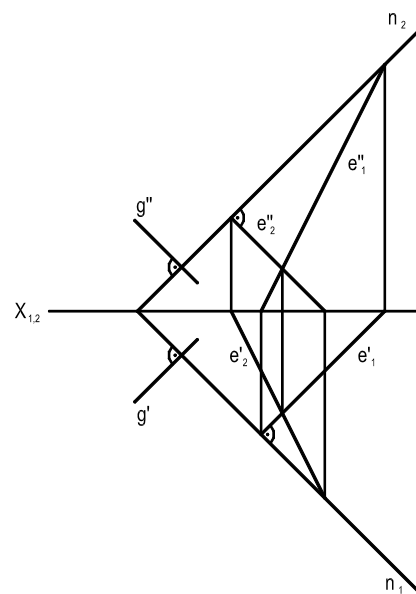
2.43.a ábra



2.43.b ábra



2.44.a ábra



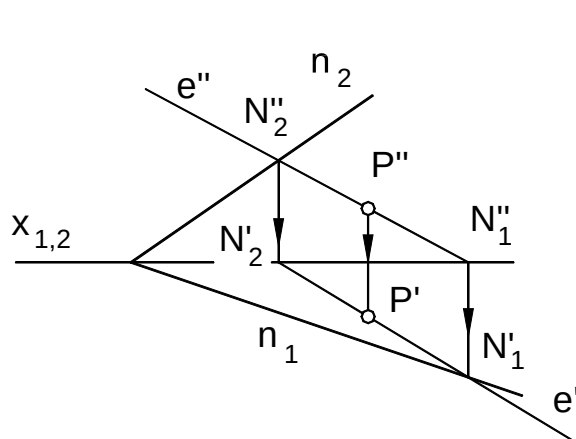
2.44.b ábra

2.2.3. Tételek illeszkedése

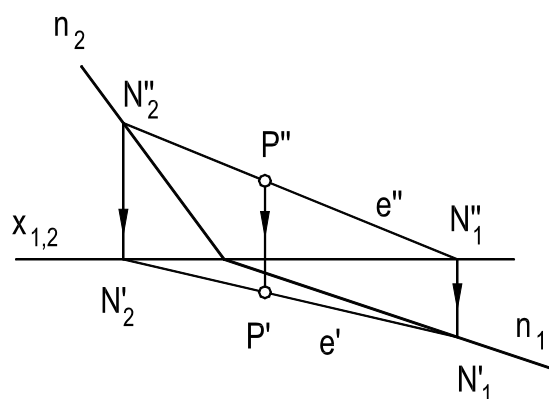
Pont és egyenes illeszkedik egymásra, ha a pont mindkét képe az egyenes képeire esik. (Azonos rendező jelöli ki mindkét pont képét.) Pl.: A 2.29. ábrán az e egyenesre illeszkedik az A pont.

Pont a síkra illeszkedik, ha a pont rajta van a sík egy egyenesén. A 2.45.a.b. ábrán nyomvonalával adott síkra illeszkedő pont (P) felvétele látható. A 2.45.c. ábrán tartóegyeneseivel (a, b egyenesek) adott síkra, a 2.45.d. ábrán látható háromszöként adott síkra (ABC) illesztettünk P pontot. Az adott síkon a pont egyik képe szabadon felvehető. (Mi a második képet vettük fel.) A pont ezen képen keresztül a sík egy egyenese megrajzolható. Az egyenes másik képe, az adott sík és a felvett egyenes közös pontjainak másik képre történő vetítése után húzható meg. Az így megszerkesztett egyenesen a pont másik képe rendezővel kijelölhető.

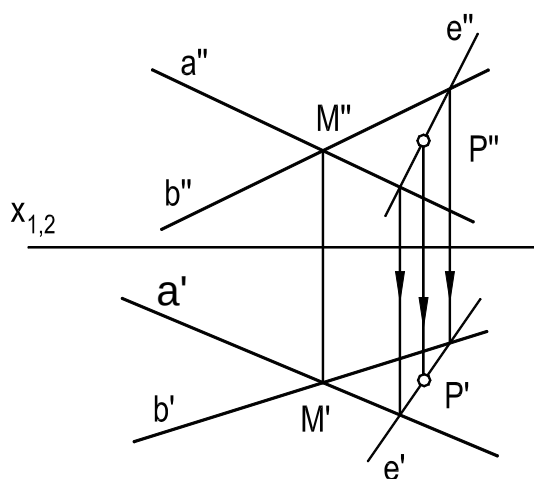
Egyenes illeszkedik egy síkra (binnen van a síkban), ha legalább a sík két egyenesére illeszkedik, vagyis a sík két egyenesével van közös pontja. A 2.45.a.b. ábrákon a felvett e egyeneseknek a sík nyomvonalával van közös pontjuk (a nyompontok), a 2.45.c. ábrán az a, b tartóegyeneseikkel, a 2.45.d. ábrán a háromszög két oldalával. Az egyenesek egyik képe, mindig szabadon felvehető. A másik képe, a közös pontoknak a megfelelő egyenesekre történő vetítése után rajzolható meg.



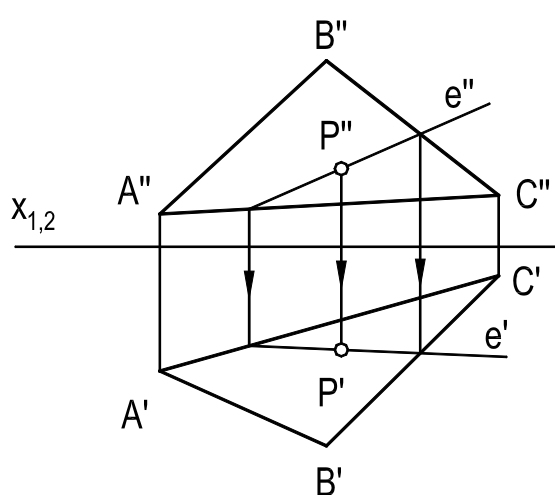
2.45.a ábra



2.45.b ábra



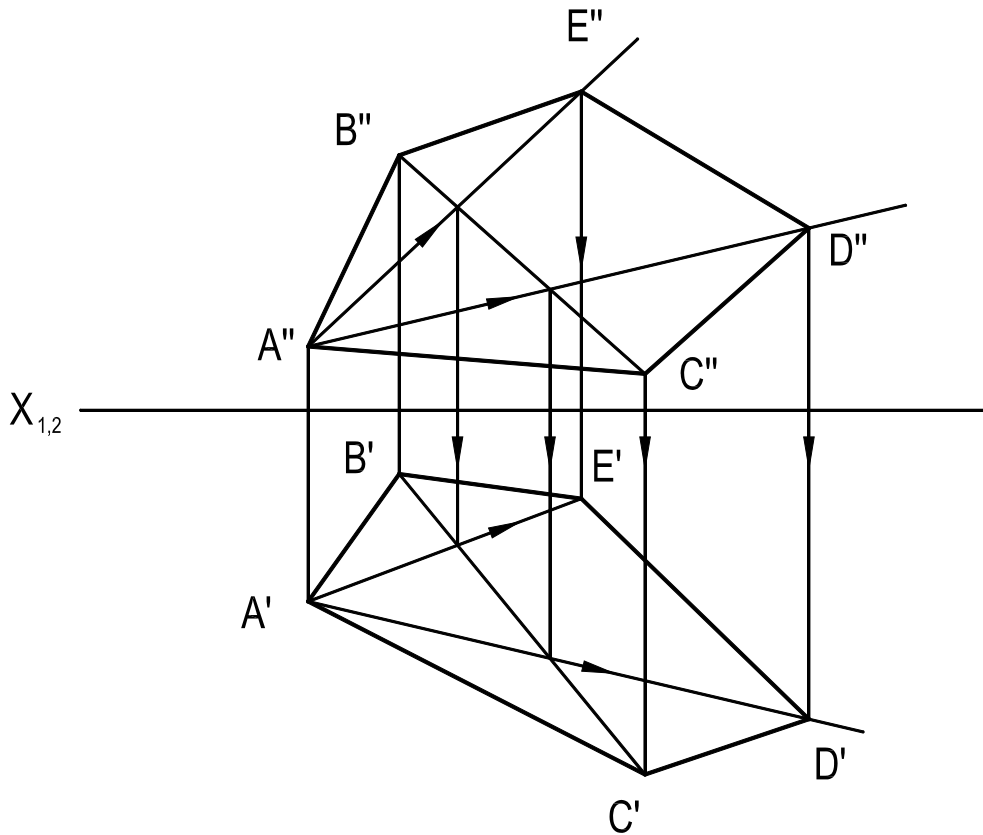
2.45.c ábra



2.45.d ábra

Egyenes síkra történő illeszkedését kell felhasználni háromnál többszögű síkidomok szerkesztésénél. A 2.46. ábrán ötszög felvétele látható. Három pontja A, B, C mindkét képen, a további két pontja D, E csak egyik képen vehető fel szabadon. A két pont hiányzó képét pl.: D', E' -t a $B''C''$ átló és a rá

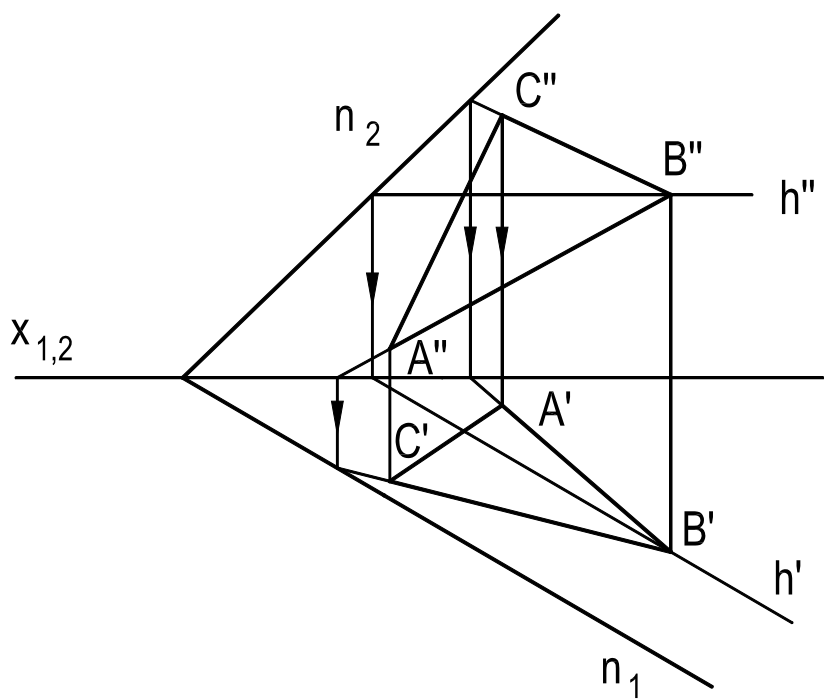
illeszkedő segédegyenesek $A''E''$ és $A''D''$ felhasználásával szerkeszthetjük meg. Az átló és a segédegyenesek metszéspontjait az átló másik képére vetítjük. Az így kapott metszéspontokra és az A' pontra illeszkedő segédegyenesekre rendezőkkel kijelölhetjük a két pont hiányzó képét.



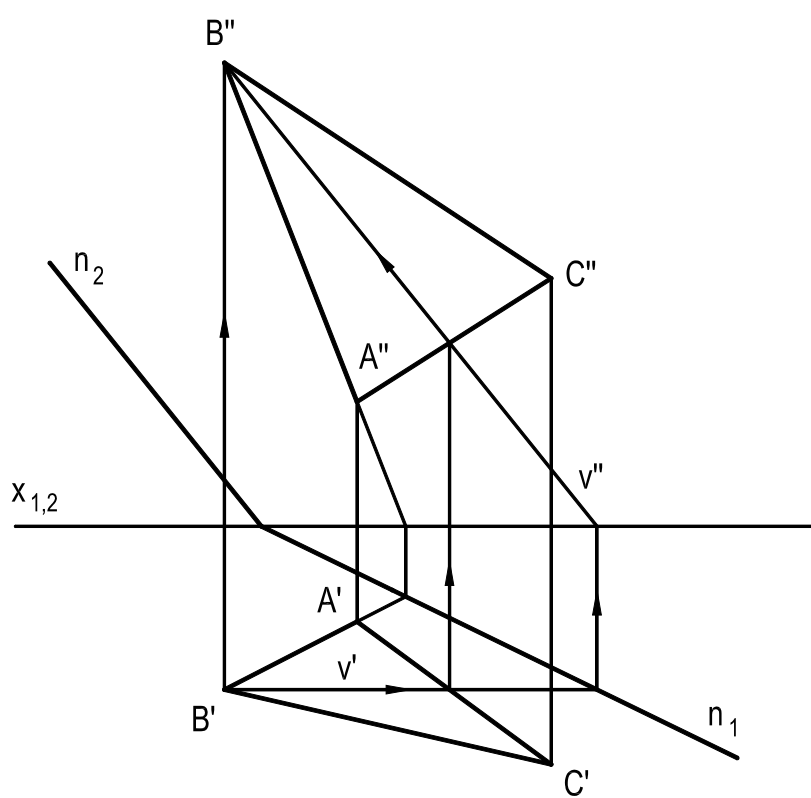
2.46. ábra

Az illeszkedés tárgyalásánál a 2.47. ábrával példát mutatunk arra, hogy nyomvonalával adott síkra hogyan illeszthetünk síkidomot.

szerkeszthető meg. A 2.47.a. ábrán az A'' , B'' , C'' -t felvettük. A B'' -n keresztül megrajzoltuk az első főegyenes második képét (h''), mely az n_2 -t nyompontban metszette. A metszéspont első képe az $x_{1,2}$ -ön van és ezen keresztül n_1 -el párhuzamosan megrajzoltuk a főegyenes első képét (h'), amin rendezővel kijelöltük a B' -t. A másik két pont első képét, a $B''C''$ és $B''A''$ -re illeszkedő egyenesek segítségével szerkesztettük meg. A 2.47.b. ábrán a nyomvonalával adott feszített síkon a háromszög első képét vettük fel és az előbbivel azonos elven szerkesztettük meg a háromszög második képét.



2.47.a. ábra

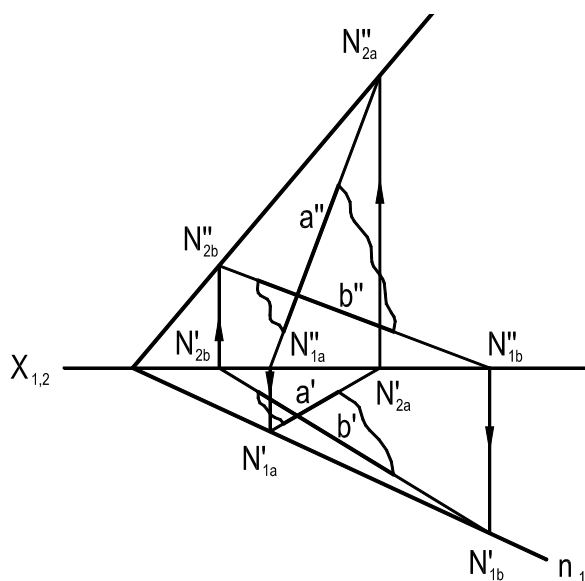


2.47.b ábra

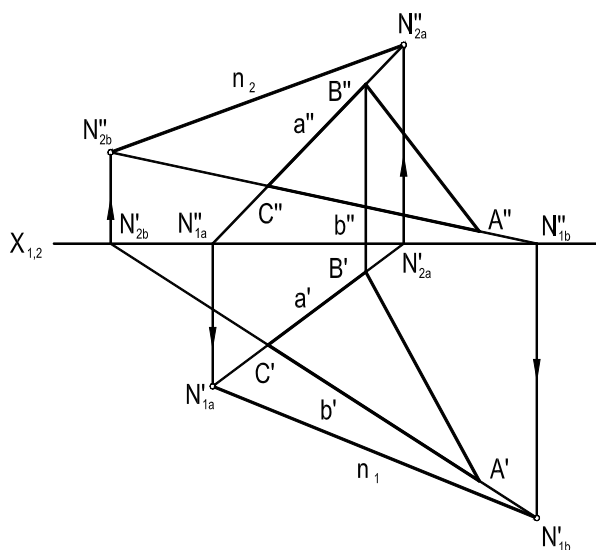
2.2.4. Tételek metszése (metszésvonal és dőléspont)

Két egyenes metszése eddig többször előfordult, pl.: 2.35., 2.38.c., 2.39.c., 2.45.c. ábrákon. Ezzel itt külön nem foglalkozunk.

Sík és sík metszésénél a két sík metszésvonala (közös vonala) jön létre. A sík és képsíkok metszésénél is metszésvonal alakul ki, melyet az előbbieken nyomvonalnak neveztünk. (Speciális metszésvonal.) Ezek láthatók a 2.37., 2.38.a.d; 2.39.a.d; 2.40.; 2.42.; 2.43.; 2.44. ábrákon, de megszerkesztésükről ez ideig nem esett szó. A 2.48.a. ábrán a, b tartóegyeneseivel adott sík, a 2.48.b. ábrán ABC háromszöggént adott sík nyomvonalainak szerkesztése látható. Mindkét esetben a sík két egyenesének a képsíkokkal alkotott metszéspontjait, nyompontjait kell megkeresni. Az a, b egyenesek nyompontjai a nyomvonalaknak is pontjai, tehát meghatározzák a keresett nyomvonalakat.

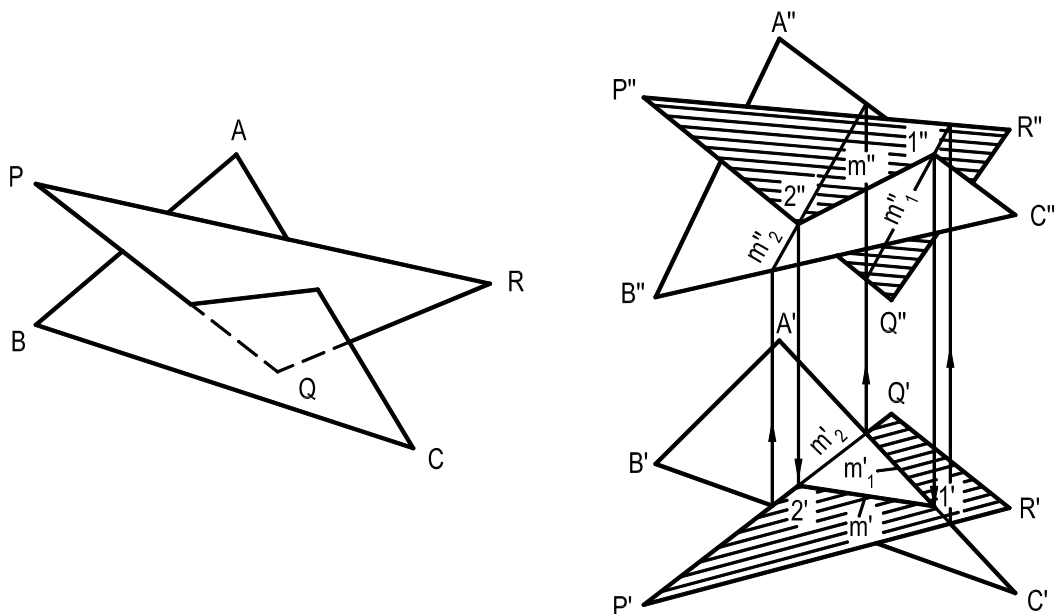


2.48.a ábra



2.48.b ábra

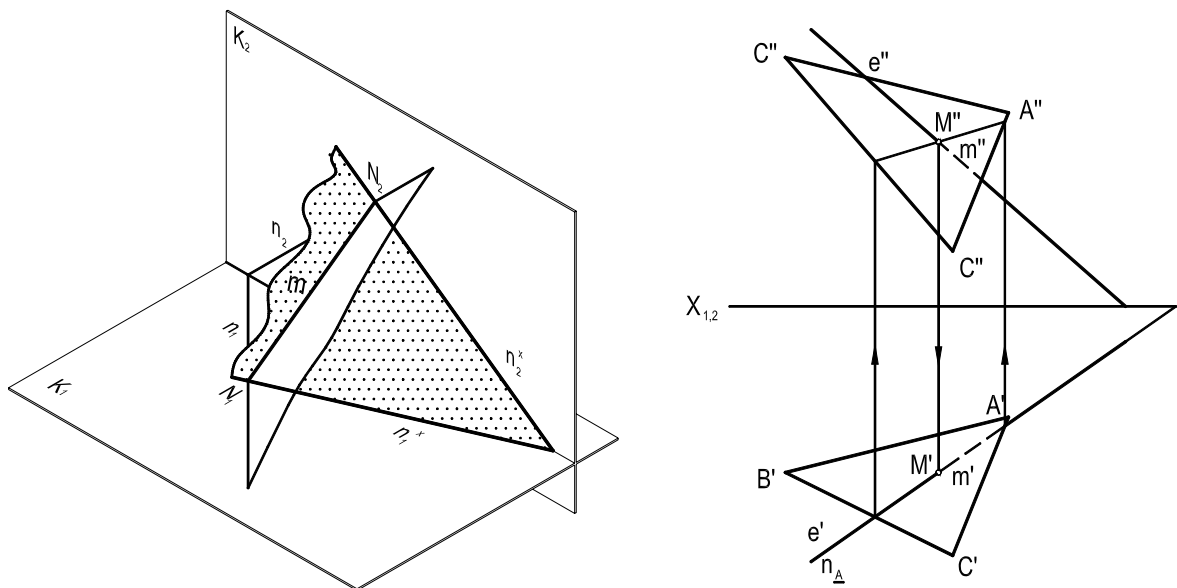
A 2.49. ábrán ABC dőlt- és PQR feszített helyzetű háromszögek, a 2.50. ábrán nyomvonalakkal adott dőlt- és feszített helyzetű síkok metszésvonalának a szerkesztését mutatjuk be. A metszésvonal pontjait három egymást metsző sík közös pontjai határozzák meg.



2.49. ábra

A 2.49. ábrán az ABC háromszög AC oldalán első vetítősíkot fektetünk, mely a PQR háromszöget m_1 -ben metszi. Ahol az m_1 -nek és AC-nek közös pontjuk van (1) az közös pontja lesz a két háromszögnek is. Ezután a PQR háromszög PQ oldalán keresztül egy újabb első vetítősíkot fektetünk, ami az ABC háromszöget m_2 -ben metszi. Az m_2 és a PQ közös pontja a két háromszögnek egy másik közös pontja lesz (2). Az 1-es és a 2-es pontok összekötésével a két háromszög metszésvonalát (m) kapjuk meg.

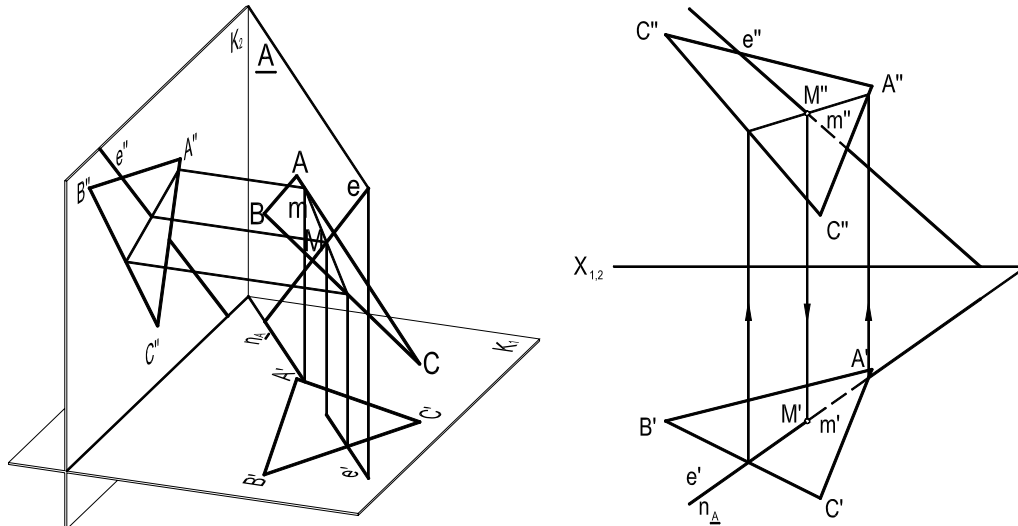
A 2.50. ábrán is megtalálható az egymást metsző három sík. A nyomvonalaival adott dőlt síkok metszésvonalának megszerkesztésénél még a képsíkot használjuk fel. Az ábrán látható síkoknak az első képsíkkal egyetlen közös pontjuk van az N_1 , a második képsíkkal pedig az N_2 . Ezek a pontok a két sík metszésvonalának a nyompontjai. A nyompontok összetartozó képeinek megkeresése után a metszésvonal két képét (m' , m'') megkapjuk.



2.50. ábra

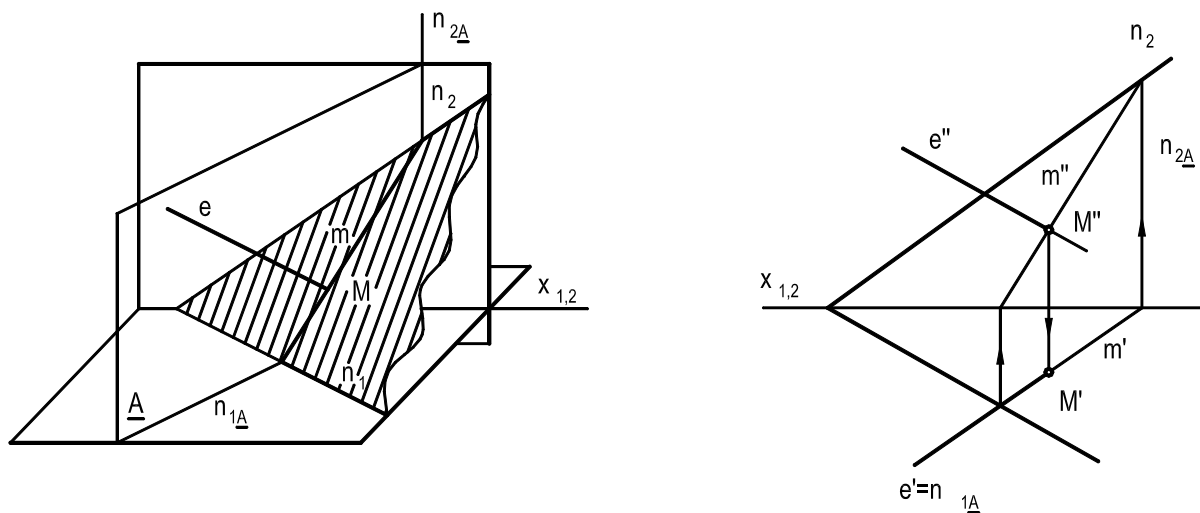
Egyenes és sík metszésénél a sík és egyenes dőléspontja jön létre. A 2.29., 2.30., 2.31., 2.32., 2.33., 2.45., 2.47. ábrákon a képsíkok és az egyenesek metszésénél létrejött speciális dőléspontok, nyompontok (N) találhatóak.

A 2.51. ábrán a dőlt helyzetű ABC háromszög és egy általános helyzetű e egyenes dőléspontjának szerkesztése látható.



2.51. ábra

A 2.52. ábra viszont nyomvonalával adott sík (n_1, n_2) és egy egyenes dőléspontját szemlélteti. A dőléspont megszerkesztéséhez mindkét esetben az e egyenesen keresztül első vetítősíkot (A) veszünk fel.



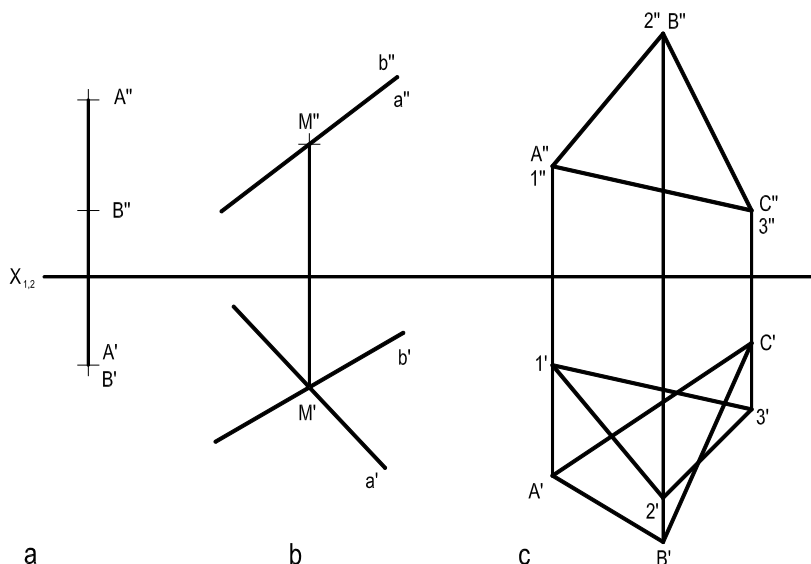
2.52. ábra

Az adott sík és a vetítősík m vonalban metszik egymást. A metszésvonal második képe az e egyenesen egy pontot jelöl ki, ami a sík és egyenes dőléspontja (M' vagy D). A szerkesztés második vetítősík alkalmazásával is elvégezhető.

2.2.5. Térelemek különleges helyzetben

Fedő térelemek

Azonos fajta térelemek, ha egyik vetületükben azonosnak látszódnak. A 2.53.a. ábrán A és B pontok 1. fedőpontok, 2.53.b. ábrán a és b egyenesek 2. fedőegyenesei, 2.53.c. ábrán ABC és 1,2,3-as síkok 2. fedősíkok.

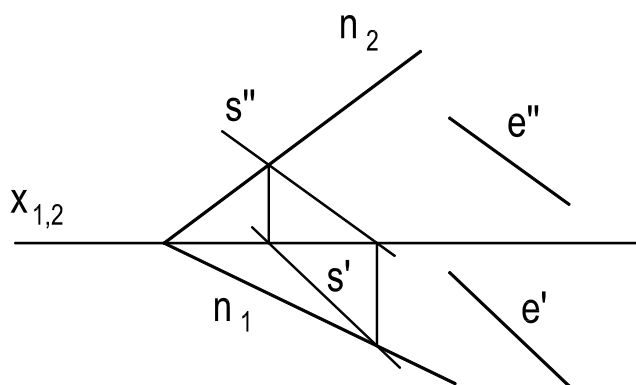


2.53. ábra

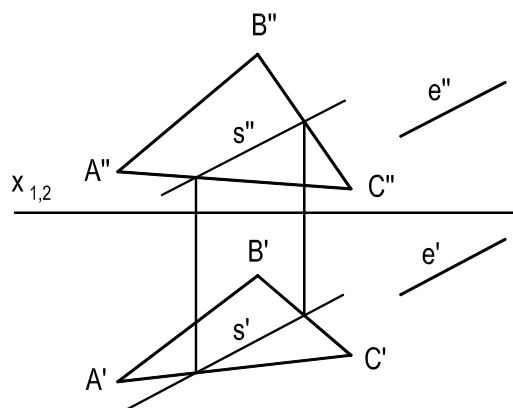
Fedőpontokat, fedőegyeneseket metszési feladatoknál és láthatóság meghatározásánál használjuk.

Egymással párhuzamos térelemek

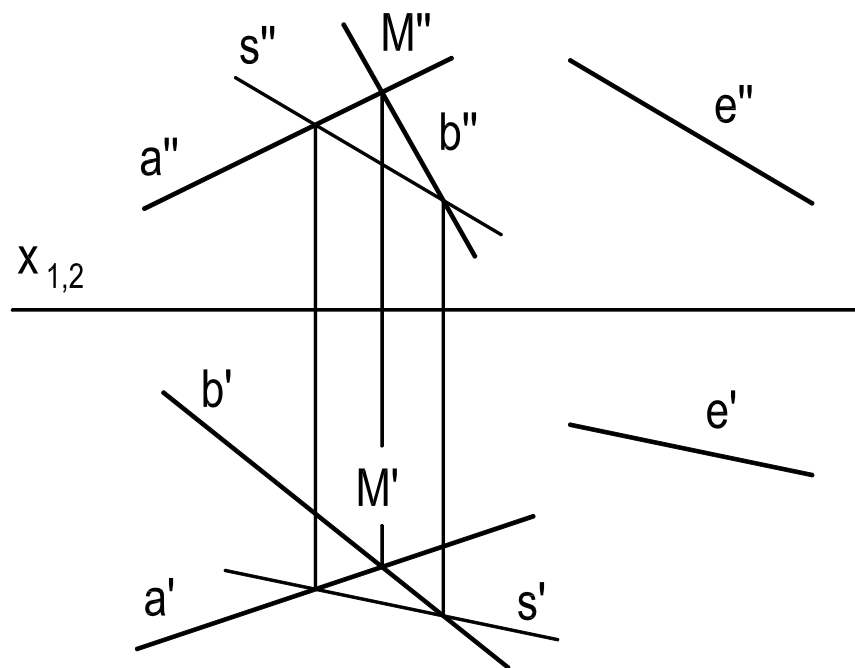
- Két egyenes párhuzamossága esetén mindkét képükben párhuzamosnak látszódnak. Pl.: 2.54. ábrán az s és e egyenesek párhuzamosak egymással.
- Egyenes és sík párhuzamosságakor az egyenesnek párhuzamosnak kell lenni a sík egy egyenesével. A 2.54. ábrán különféle módon megadott síkokkal az e egyenes párhuzamos, mert a sík s egyenesének megfelelő képeivel párhuzamos.
- Két sík párhuzamos, ha az egyik sík két különböző irányú egyenesével a másik sík egyenespárja párhuzamos. A 2.55. ábrán $n_2 \parallel n'_2$ és $n_1 \parallel n'_1$; $AB \parallel PR$ és $BC \parallel QR$; $a \parallel c$ és $b \parallel d$.



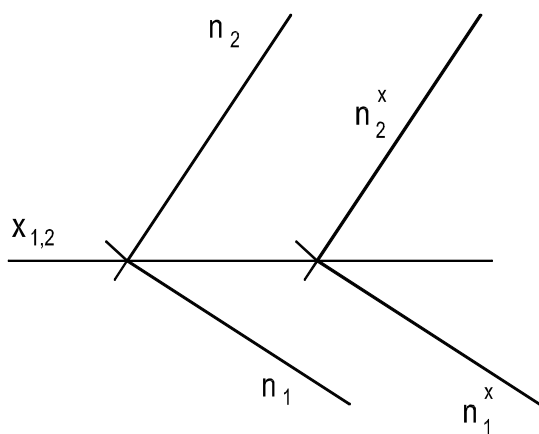
2.54.a ábra



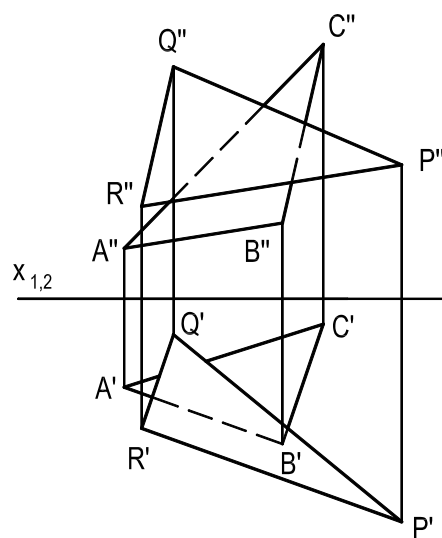
2.54.b ábra



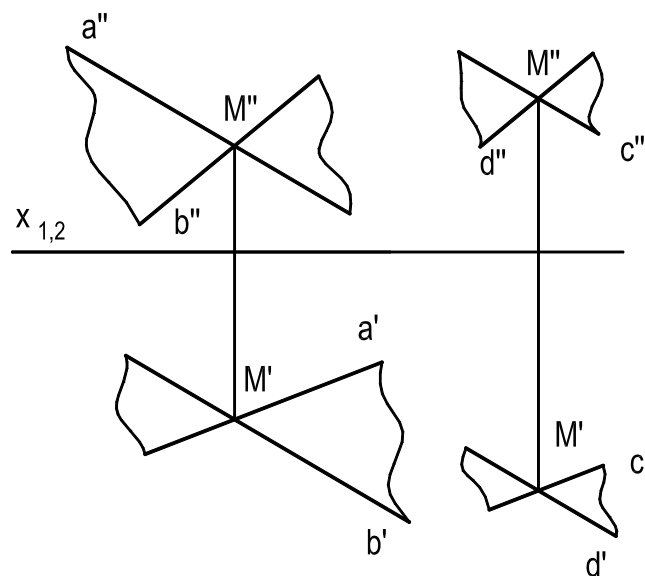
2.54.c ábra



2.55.a ábra



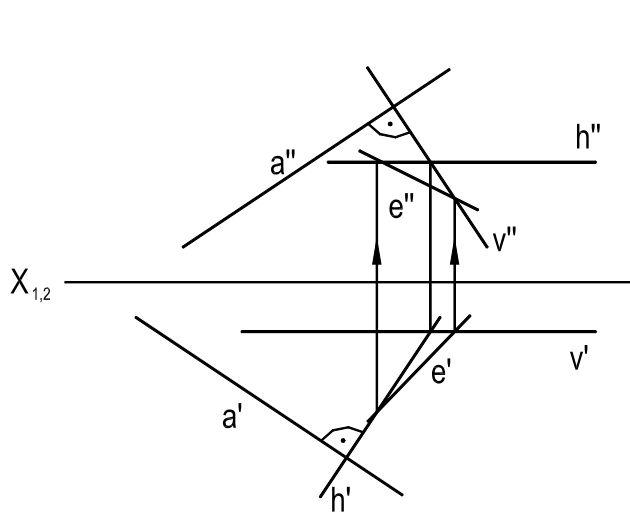
2.55.b ábra



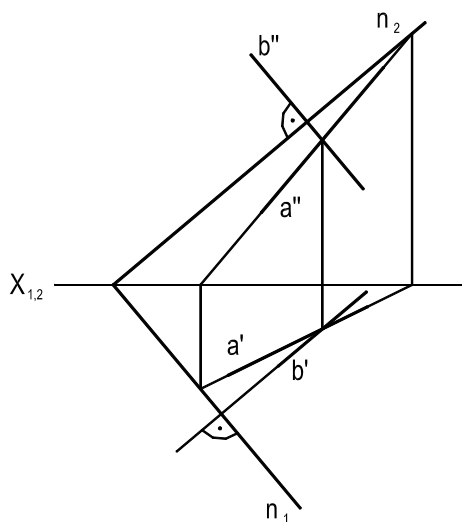
2.55.c ábra

Egymásra merőleges térelemek

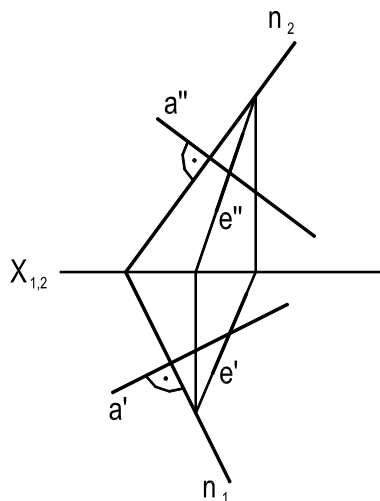
- a) Két egyenes merőleges egymásra, ha az egyik egyenes benne van a másik egyenesre merőleges síkban (2.56. ábra). A 2.56.a. ábrán az adott „a” egyenesre először főegyeneseivel adott merőleges síkot állítunk. A főegyeneseit a síknak tetszőleges helyen vehetjük fel az egyenesre merőlegesen illetve a tengellyel párhuzamosan. Ezután a h, v egyeneseivel meghatározott síkban felvesszünk egy tetszőleges e egyenest. A 2.56.b. ábrán az adott „a” egyenesre egy nyomvonalával meghatározott síkot fektetünk tetszőlegesen, majd erre a síkra állítunk az egyenes egy pontjából merőleges egyenest ($a \perp b$). A 2.56.c. ábrán adott „a” egyenesre egy merőleges síkot (n_1, n_2) veszünk fel, majd ebben a merőleges síkban egy e egyenest, amely merőleges lesz az „a” egyenesre.
- b) Két sík merőleges egymásra, ha egyik sík normálisa benne van a másik síkban (2.57. ábra). A 2.57.a. ábrán megadott n_{x_1}, n_{x_2} nyomvonalú síkra merőleges e egyenest befoglaljuk az n_1, n_2 síkba.



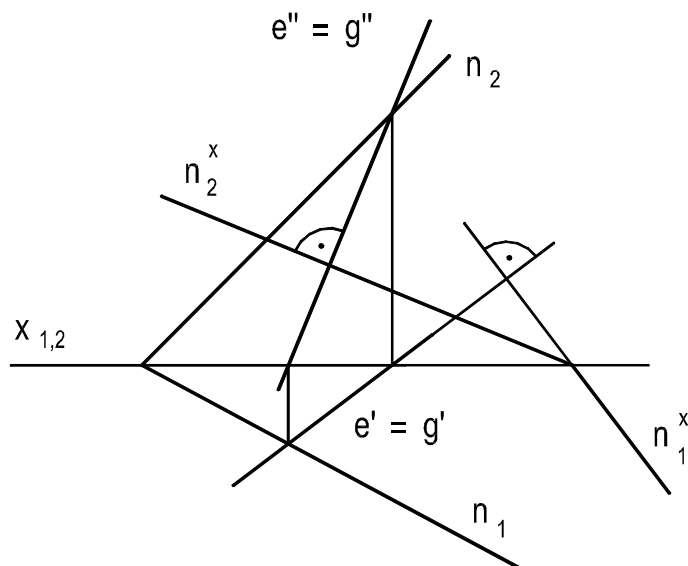
2.56.a ábra



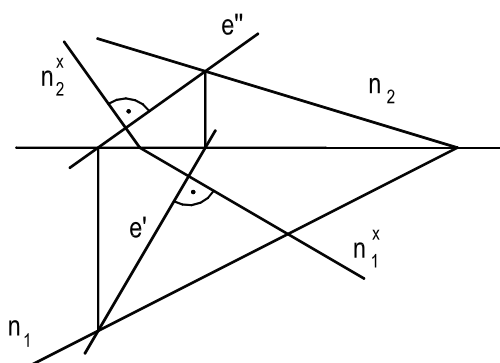
2.56.b ábra



2.56.c ábra



2.57.a ábra



2.57.b ábra

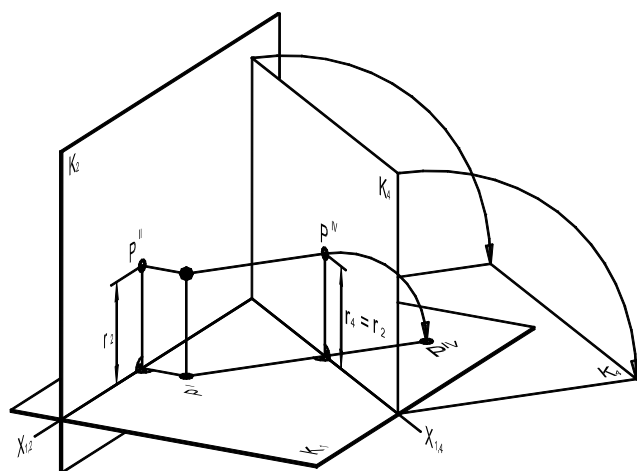
2.2.6. Új kép előállítás

A K_1K_2 képsíkokból álló képsíkrendszer önállóan alkalmas ábrázolásra, de előfordul, hogy a rájuk merőleges K_3 -as képsíkra is szükség van. Ezekén felül újabb képsíkokat is bevezethetünk, melyek különféle feladatok pl.: távolság, szög, felület meghatározásához előnyösek.

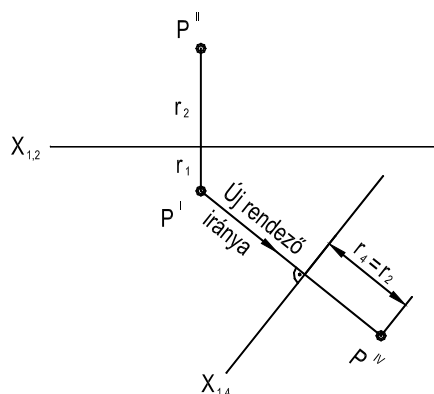
Egy új képsík K_4 bevezetésekor szem előtt kell tartani, hogy annak egyik meglévő képsíkra merőlegesnek, ugyanakkor a másik képsíkhöz viszonyítva általános helyzetűnek kell lenni. Ezek a megkötések számunkra előnyösek, mert céljainknak megfelelően sokféleképpen állíthatjuk be az új képsíkot. Az új képsíkra történő képkészítésnél már az eddig használt képsíkra merőleges, egymással párhuzamos vetítőegyeneseket használjuk fel.

Az új képsíkot is a rajzlap síkjába kell forgatni, abba a képsíkba, amelyre merőleges (2.58. ábra). Az új képsíktengely az új és a vele határos képsíktól kapja a jelzését, példánkban $x_{1,4}$. A térhatású ábrákon jól megfigyelhető, hogy a negyedik képen lévő rendező azonos a nem határos képsíkon (második) lévő

rendezővel. A térelemekről így módon készített képeket transzformált képeknek nevezzük, a szerkesztést pedig transzformációnak.



2.58. ábra



2.59. ábra

Pont egyszeri transzformációját szemlélteti a 2.58. és a 2.59. ábra. A 2.59. ábrán a térbeli P pontot első- és második képével adjuk meg és a negyedik képét transzformációval szerkesztjük meg. (A szerkesztés menete a térhatású ábrán is jól látható.) Az új képsík tengelyére ($x_{1,4}$) merőleges rendezőt kell rajzolni, melyre a pont első képsíktól mért távolságát, vagyis a második rendezőt (r_2) kell felmérni. Ez lesz az új r_4 rendező. Az r_2 második rendezőt ilyen esetben elmaradó rendezőnek nevezzük.

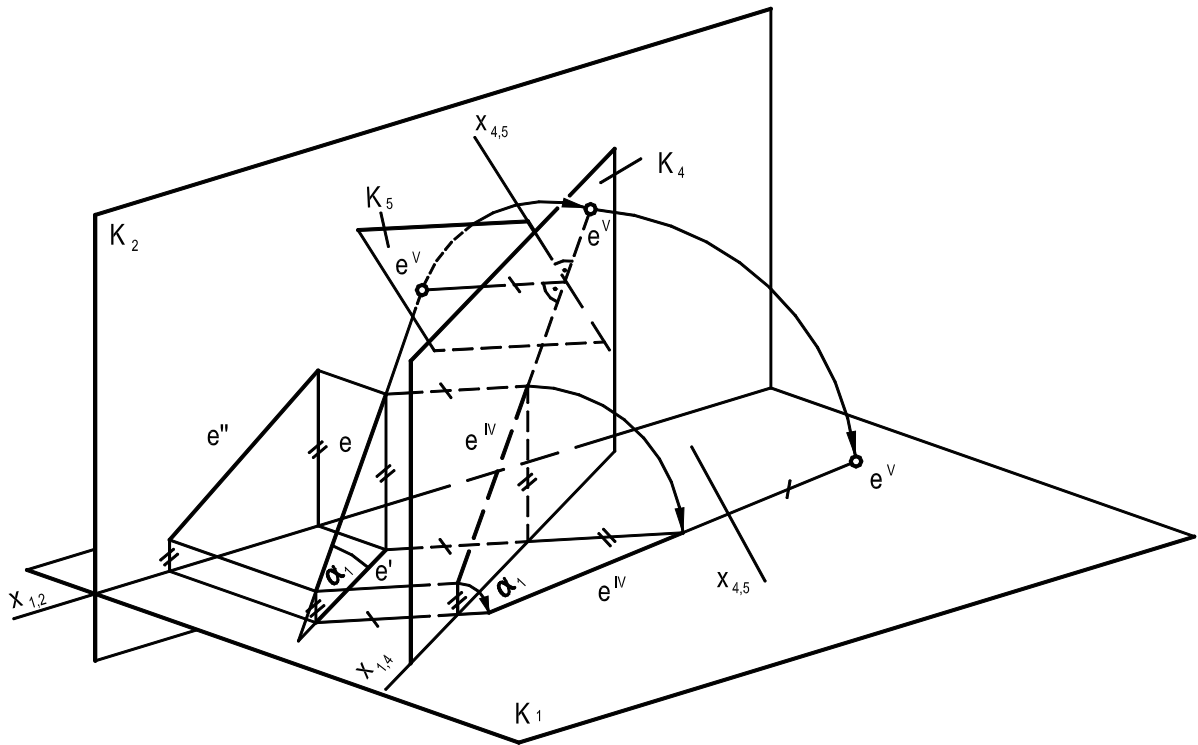
A transzformáció alkalmazását a 2.3.7 pontban tárgyaljuk.

2.2.7. Térelemek valódi nagysága, szög- és távolság feladatok

A transzformáció a térmértani problémák síkmértani feladatra való visszavezetésének egyik módszere. Az új képsíkok bevezetésével a térelemekről céljainknak megfelelő új képeket úgy tudunk előállítani, hogy a térbeli alakzat helyzetén nem változtatunk. Transzformációval szög-, távolság-, felület valódi nagyságát tudjuk meghatározni.

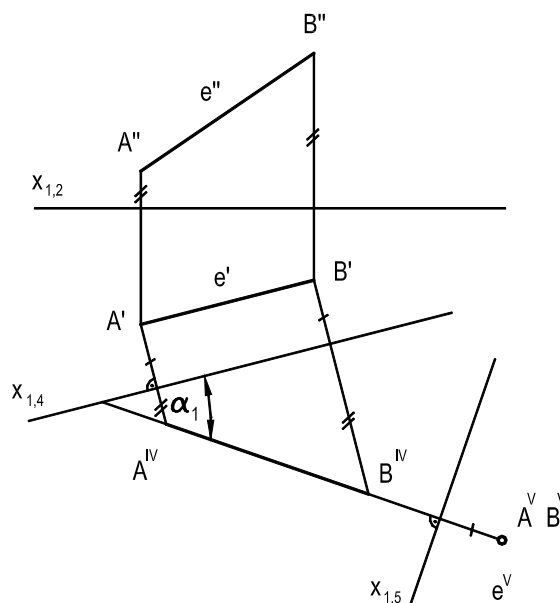
Egyenes szakasz transzformációja

Egyenes szakasz transzformációjánál célunk lehet a szakasz valódi nagyságának, a képsíkokkal bezárt szögeinek és pontban látszó képének meghatározása.



2.60. ábra

Ezeket szemlélteti a 2.60. ábra. Először a térbeli e egyenessel párhuzamos, K_1 képsíkra merőleges K_4 -et, majd az egyenesre és a K_4 -re is merőleges K_5 új képsíkot vezetjük be. A térhatású 2.60. ábrával megegyezően a szerkesztést tengelyes ábrázolással is bemutatjuk a 2.61. ábrán.

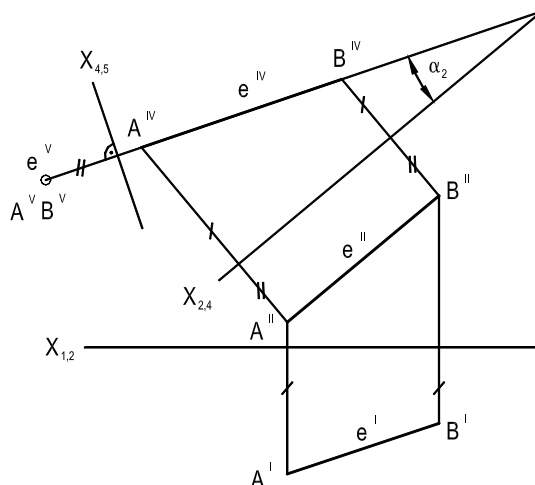


2.61. ábra

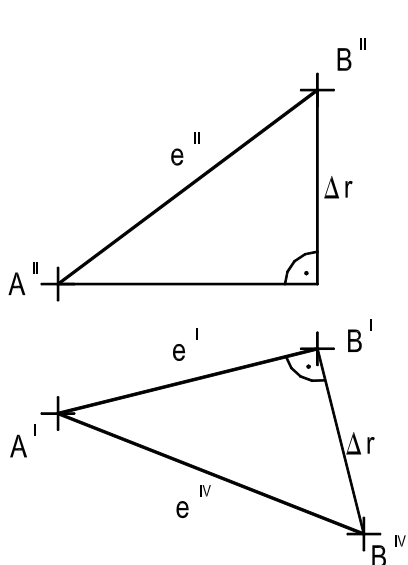
Mivel K_4 merőleges K_1 -re és párhuzamos az e szakasszal, ezért az $x_{1,4}$ párhuzamos e' -vel. Az egyenes a negyedik képen (egyszeres transzformáció után) valódi nagyságban látszik. Ugyanezen a képen az α_1 első képsíkkal bezárt szöge is valódi nagyságú.

Az említett K_5 -ös új képsík felvételével és ismételt transzformációval az egyenes pontban látszódo képét (e^v) kapjuk meg.

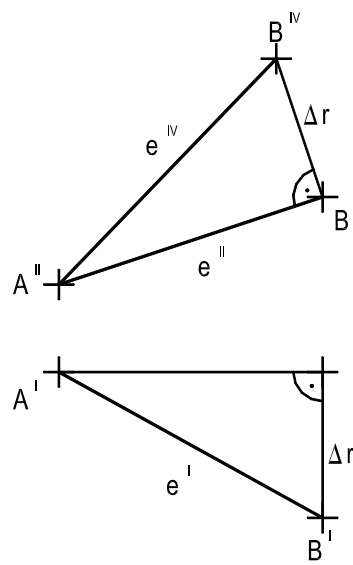
Amennyiben az új K_4 képsíkot K_2 -re merőlegesen, és a szakasszal párhuzamosan, majd a K_5 újabb képsíkot K_4 -re és az egyenes szakaszra is merőlegesen vesszük fel, abban az esetben a negyedik képen a szakasz valódi nagyságát, az ötödik képen α_2 második képsíkszögét kapjuk meg az egyenesnek (2.62. ábra).



2.62. ábra



2.63.a ábra



2.63.b ábra

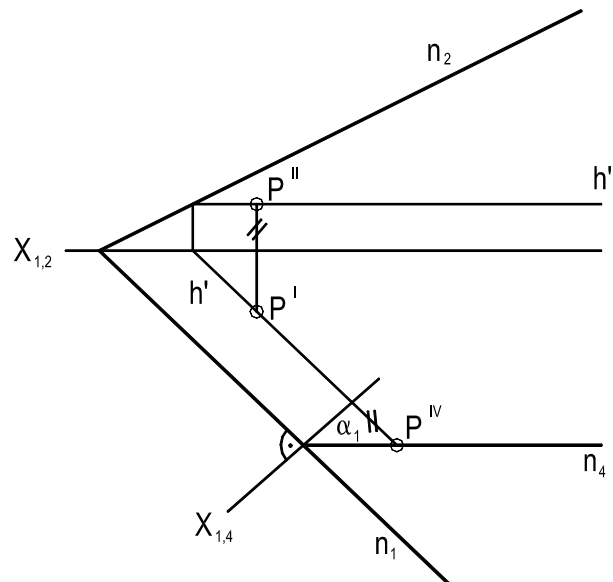
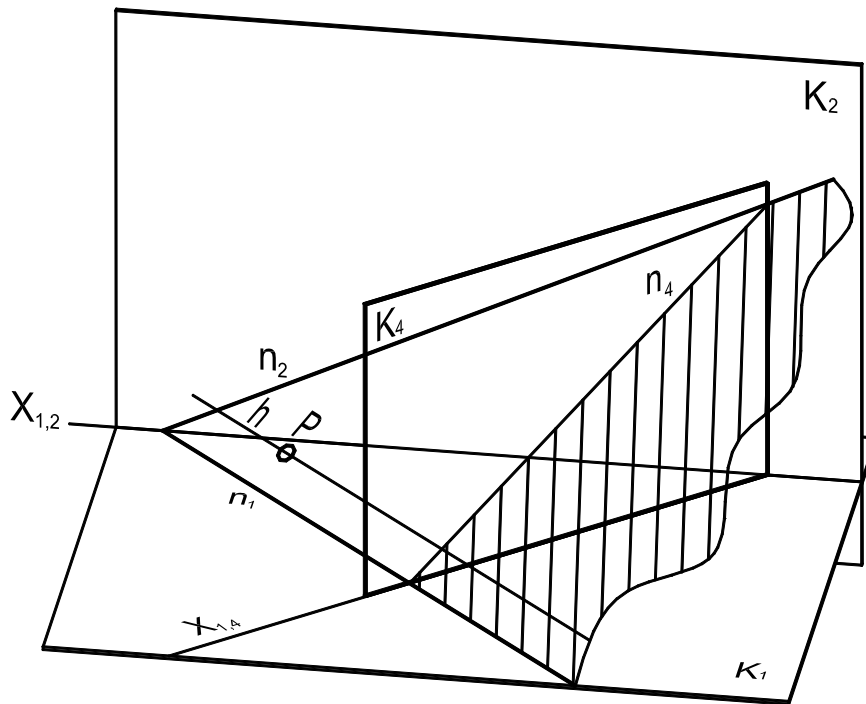
Távolság valódi nagyságának (e^IV) szerkesztésénél sokszor célszerűbb rendezőkülönbséget (Δr) alkalmazni (2.63.a.b. ábra).

Mint az ábrán látható, már képsíktengelyt (x_{12}) sem vettünk fel, mivel a térelemek pontjainak helyzetét egymáshoz viszonyítva is szemléltethetjük, nem szükséges képsíkrendszerhez kapcsolva. A vetületi ábrázolásnál majd ezt a módszert használjuk.

Sík transzformáció

Sík transzformálásnál célunk lehet a sík élben látszó képének, a síkon kijelölt alakzat valódi nagyságának és a sík képsíkkal bezárt szögének meghatározása.

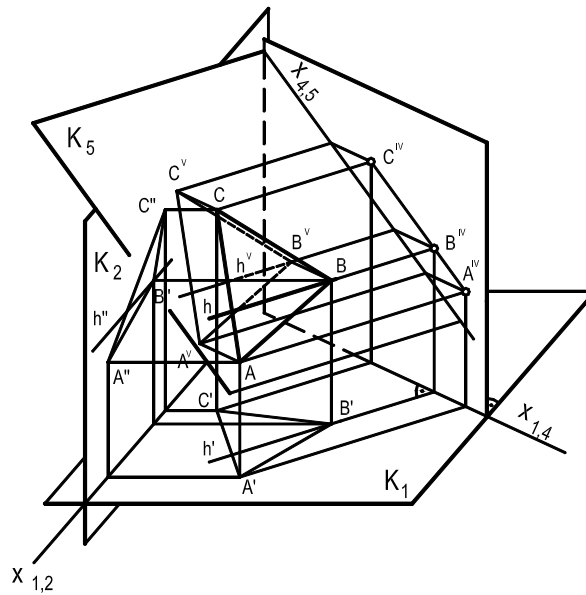
A 2.64. ábrán nyomvonalaival adott sík transzformációja látható. Az új képsíkot K_4 -et a síkra és az első képsíkra merőlegesen vettük fel, így a sík új élben látható képét, az n_4 -es nyomvonalát és a sík α_1 első képsíkkal bezárt szögét kaptuk meg.



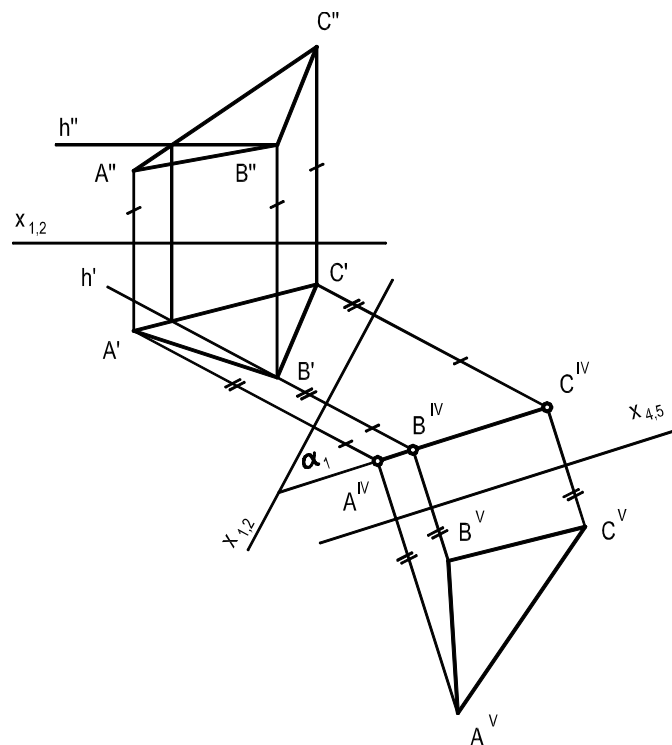
2.64. ábra

Abban az esetben, ha a sík körülhatárolt idomként pl.: háromszöként adott és élben látszódó képét, és a valódi nagyságát akarjuk megszerkeszteni nem szükséges a nyomvonalainak ismerete. A 2.64. ábrán ugyanis látható, hogy a sík főegyenésére (h) és a K_1 képsíkra merőleges új képsík K_4 , a háromszög síkjára is merőleges. Ezt kell felhasználni a síkidom transzformációjánál.

A 2.65. ábra az ABC háromszög kétszeres transzformációját szemlélteti. A K_4 -es új képsík a K_1 -re és az ABC háromszögre merőleges, ezen az új képsíkon a háromszöget élben (A^{IV} , B^{IV} , C^{IV}) látjuk és az első képsíkkal bezárt α_1 képsíkszögét. A K_5 -ös újabb képsík, melyen a háromszöget valódi nagyságban látjuk (A^V , B^V , C^V), a K_4 -re merőleges és a térbeli ABC háromszöggel párhuzamos. (2.65. ábra).

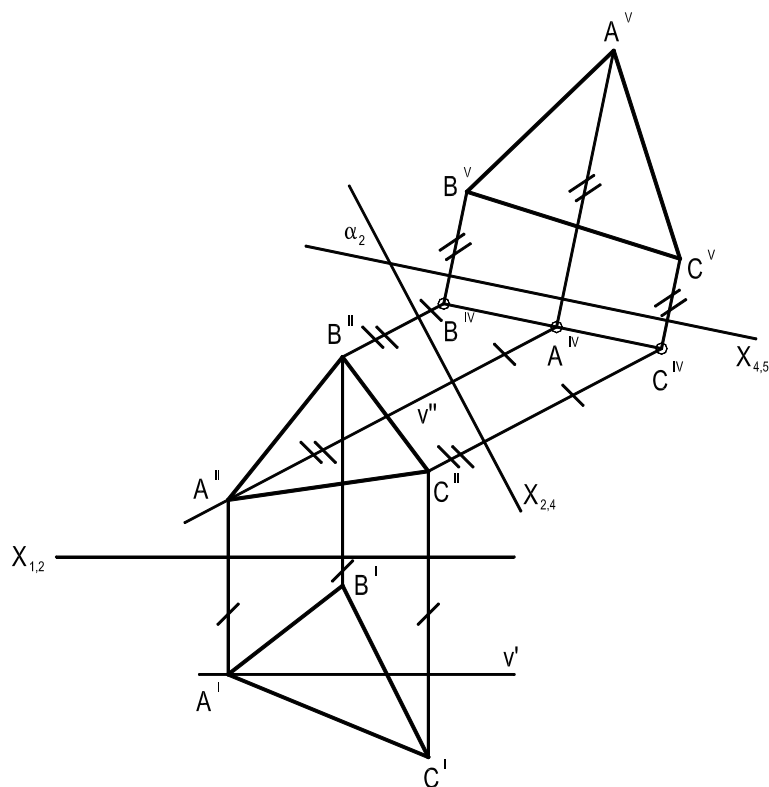


2.65.a ábra



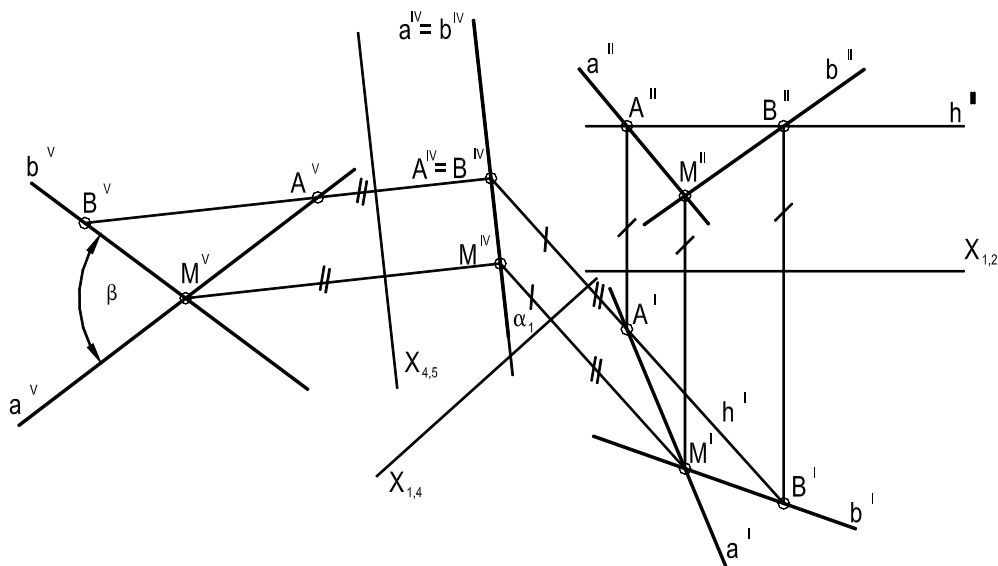
2.65.b ábra

A szerkesztés menete, a síkidom kétszeres transzformációja a 2.65.b. ábrán jól követhető. Ha a szerkesztésnél második képsíkszögét (α_2) akarunk meghatározni, akkor az alkalmas új képsíkot a második képsíknál kell felvenni. Ilyen szerkesztést szemléltet a 2.66. ábra.



2.66. ábra

Tartóegyeneseivel adott sík kétszeres transzformációját a 2.67. ábra mutatja. Az új képsíkok felvétele és a szerkesztés menete megegyezik az előzőekben mondottakkal. Végeredményül a sík egyeneseinek fedőegyenesként látható képét ($a^{IV} \equiv b^{IV}$), α_1 első képsíkszögét és a tartóegyeneselek valódi hajlásszögét (β) kapjuk meg.

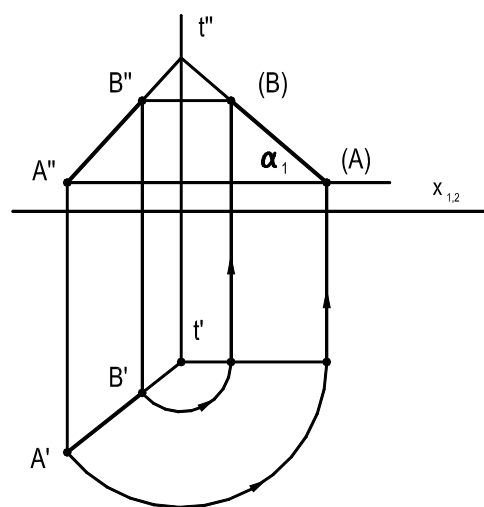
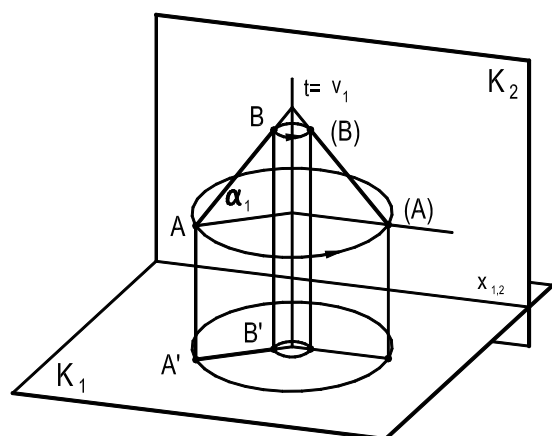


2.67. ábra

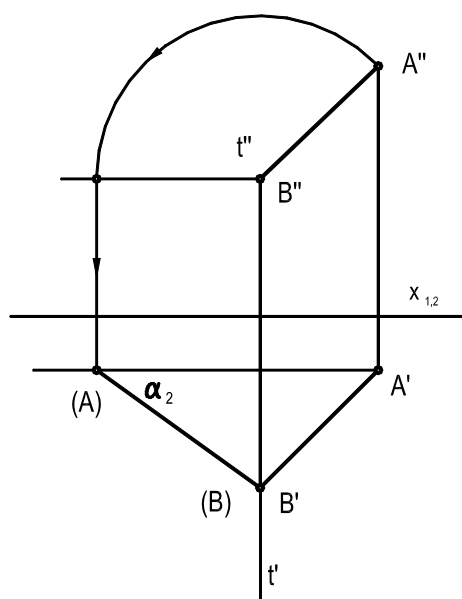
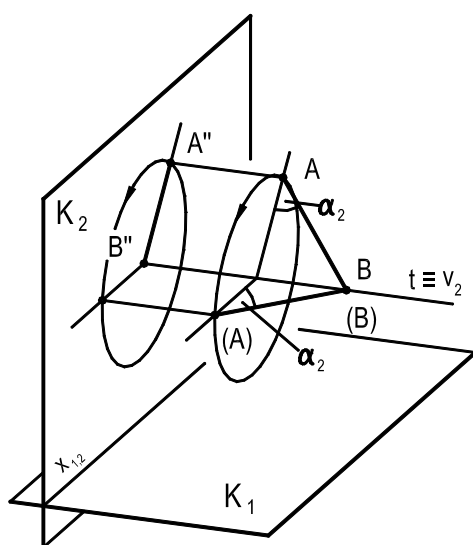
Forgatás (egyenes és sík)

Képsíkkal párhuzamos helyzetbe forgatás, a térmértani problémák síkmértani feladatokra történő visszavezetésének másik módszere. Ezzel a módszerrel a térelemek valódi nagyságát, képsíkszögét tudjuk meghatározni úgy, hogy a térbeli alakzatot helyzetéből elmozdítjuk.

Egyenes szakasz képsíkkal párhuzamos helyzetbe forgatásához szükséges egy forgástengely, mely körül a szakasz minden pontja körpályát ír le. A 2.68. ábrán az egyenes szakasz második képsíkkal párhuzamos helyzetbe forgatása, a 2.69. ábrán a szakasz első képsíkkal párhuzamos helyzetbe forgatása látható. Az ábrákról leolvasható, hogy a szakasz valódi nagysága mindig azon a képsíkon rajzolódik ki, amelyikkel párhuzamos helyzetbe forgatjuk. A szerkesztés során az egyenes szakasz képsíkkal bezárt szöge is kiadódik. A 2.68. ábrán az α_1 első képsíkszög, a 2.69. ábrán pedig az α_2 második képsíkszög található.

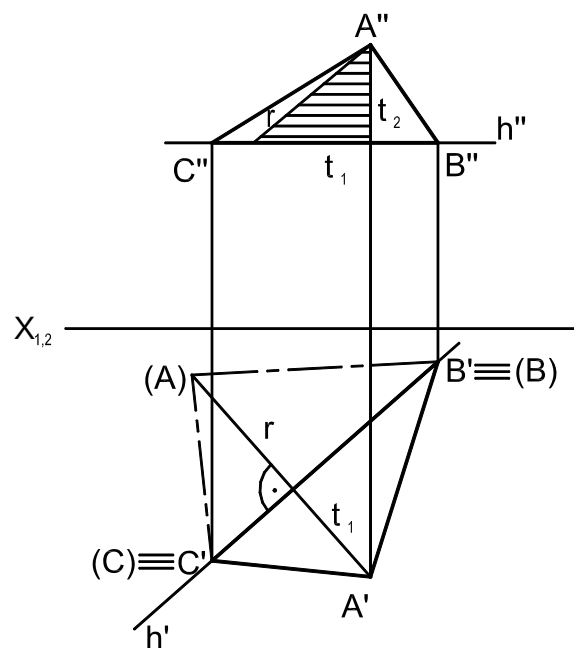
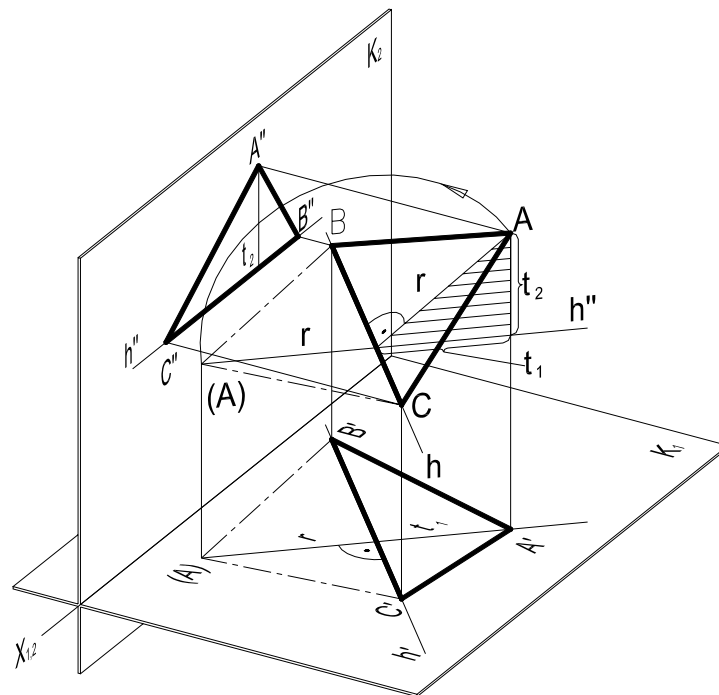


2.68. ábra



2.69. ábra

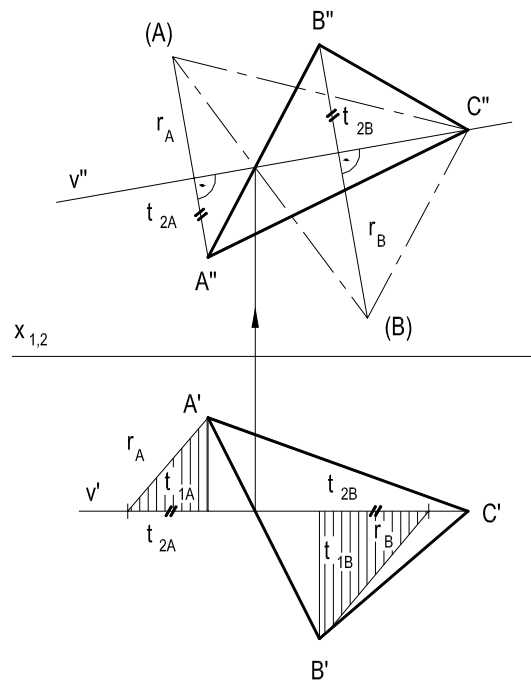
Síkidom forgatása képsíkkal párhuzamos helyzetbe a 2.70. ábrán látható. Az ABC háromszöget az első fővonala (h) körül forgatjuk meg. A háromszög BC oldala párhuzamos az első képsíkkal, ezért ez egyben a sík főegyenese is.



2.70. ábra

A forgástengelyen lévő pontok helyben maradnak (B,C), csak az „A” pont leforgatott helyzetét kell megszerkeszteni. Az „A” pont r távolságra van a h forgástengelytől, forgatáskor az „A” pont r sugarú körpályán mozog. Ez a sugár egy derékszögű háromszög átfogója, melyeknek befogói a t_2 és t_1 szakaszok. Képsíkos ábrázolásakor ezek ismertek, tehát az r sugár megszerkeszthető. A leforgatott háromszög az első képen ((A), (B), (C)) valódi nagyságban látszik.

A 2.71. ábrán látható feszített háromszög valódi nagyságának szerkesztését második képsíkkal párhuzamos helyzetbe forgatással mutatjuk be. Ebben az esetben második főegyenes körül kell forgatni és a főegyenesre nem illeszkedő pontok A és B forgatott képét kell megszerkeszteni a második képen. A szerkesztés elve azonos az előző ábránál leírtakkal.



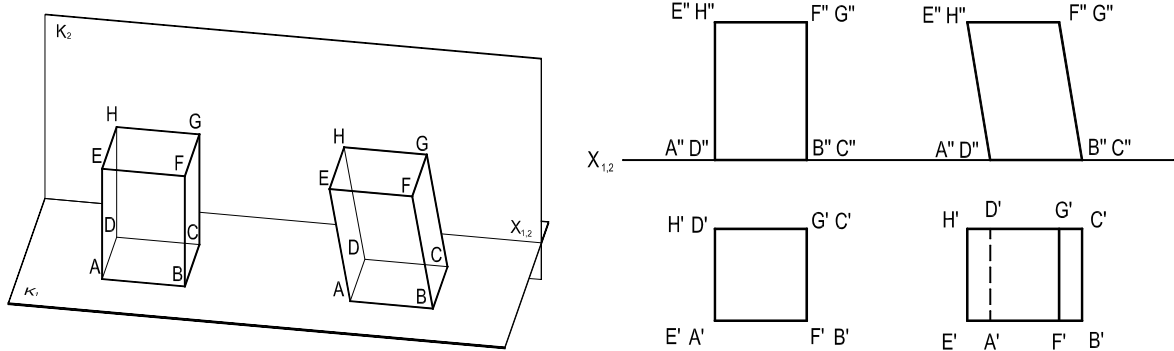
2.71. ábra

2.2.8. Testek ábrázolása

Síklapú testek

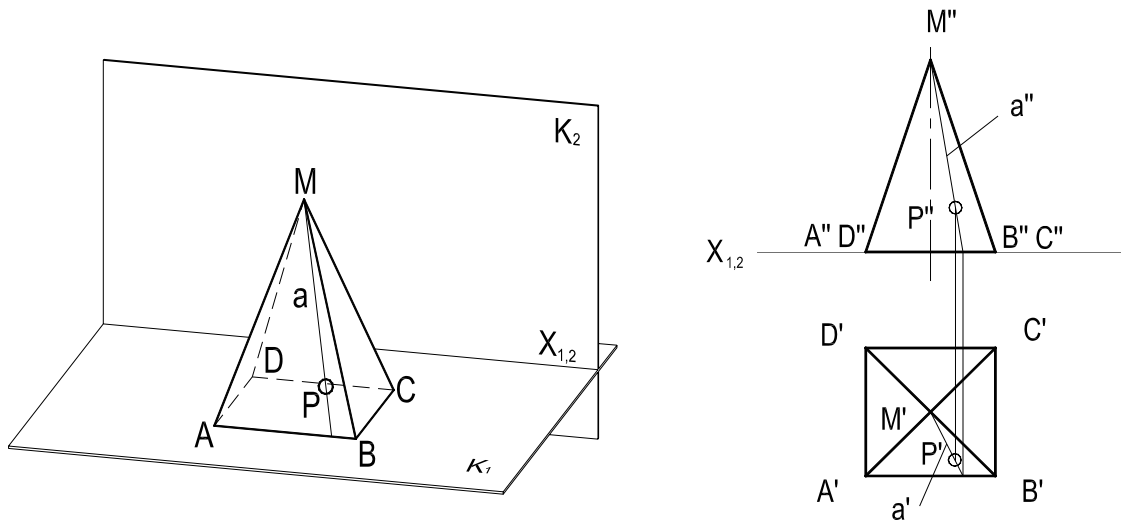
Síklapú testeknek nevezzük a térnek síklapokkal határolt részeit. A határoló síkok metszésvonalai a test élei, az élek metszéspontjai a test csúcspontjai.

A hasáb olyan síklapú test, melynek alapja valamilyen sokszög (szabályos vagy szabálytalan), oldalélei párhuzamosak egymással, oldallapjai négyszögek, alap és fedőlapjai párhuzamosak egymással. Ha az oldalélek az alapra merőlegesek, akkor egyenes hasábról, ha szög alatt hajlanak, akkor ferde hasábról van szó (2.72. ábra).



2.72. ábra

A gúla olyan szabályos vagy szabálytalan sokszög alapú síklapú test, amelynek oldalélei egy pontban, a csúcspontban találkoznak. A gúla oldallapjai háromszögek. Ha az alapja szabályos sokszög és csúcspontja (M) az alap középpontjára állított merőlegesen van, akkor szabályos egyenes gúlaról van szó (2.73. ábra). A gúla oldallapján lévő pontot egy egyenesével és rendezővel lehet kijelölni.



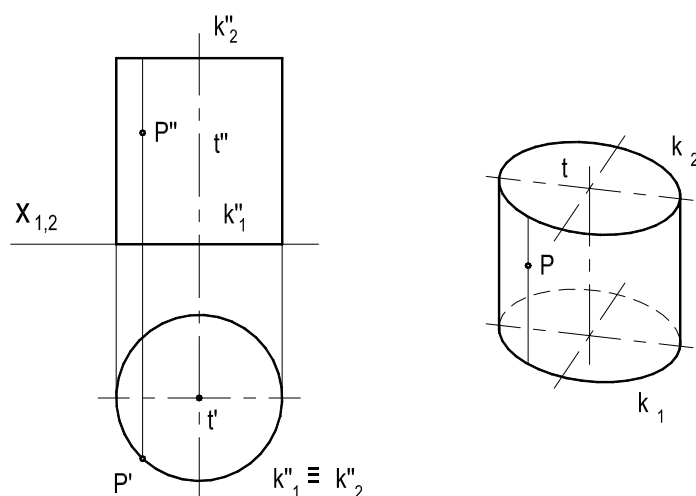
2.73. ábra

Görbe felületű testek

Azokat a testeket, amelyek felületére fektetett sík – érintősík – egyenes mentén, vagy ponton érintkezik, görbe felületű testeknek nevezzük. A henger és kúp érintősíkja egyenes mentén, a gömb és körgyűrű érintősíkja pontban érintkezik a felülettel.

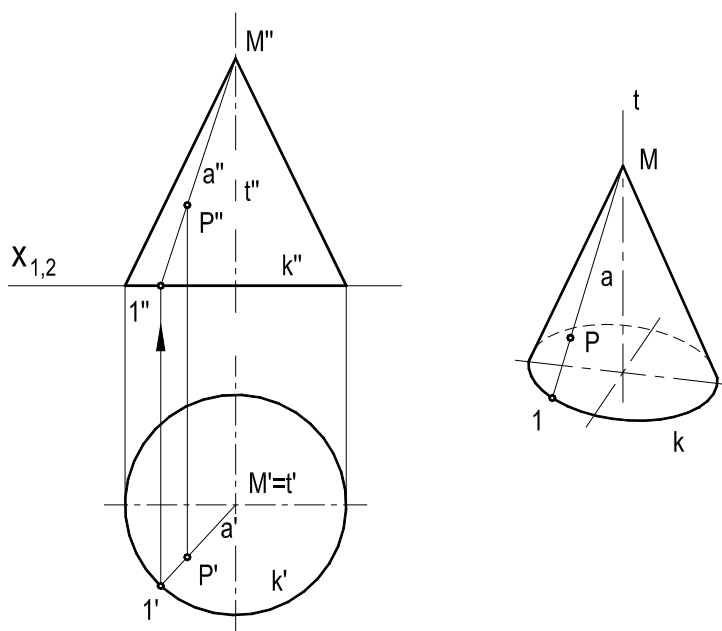
A görbefelületű test (forgástest) egy vonal – meridián vonal – tengely körüli megforgatásával jön létre. Ezeknek a testeknek forgástengelyükre merőleges metszetük kör. Pl.: henger, kúp, gömb stb.... A gépészetben legtöbbször ezek a testek fordulnak elő.

A körhenger olyan forgástest, amelyet a forgástengellyel (t) párhuzamos egyenes forgatásával kapunk. Alap- és fedőlapjai körök (k_1 , k_2), alkotói párhuzamosak egymással. A paláston felvett (P) pont alkotóval jelölhető ki (2.74. ábra).



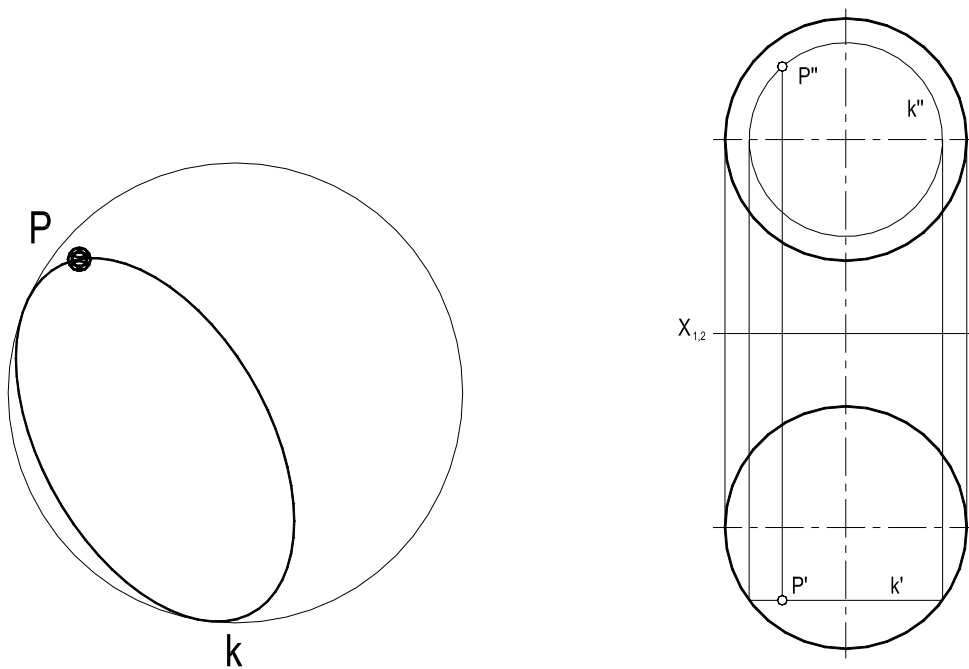
2.74. ábra

A körkúp olyan forgástest, amelyet a forgástengelyét metsző egyenes tengely körüli forgatásával kapunk. Alkotói egy pontban a kúp csúcspontjában (M) metszik egymást, alapja kör (k). A kúp palástján pontot (P), alkotója (a) megrajzolása után rendezővel lehet kijelölni (2.75. ábra).



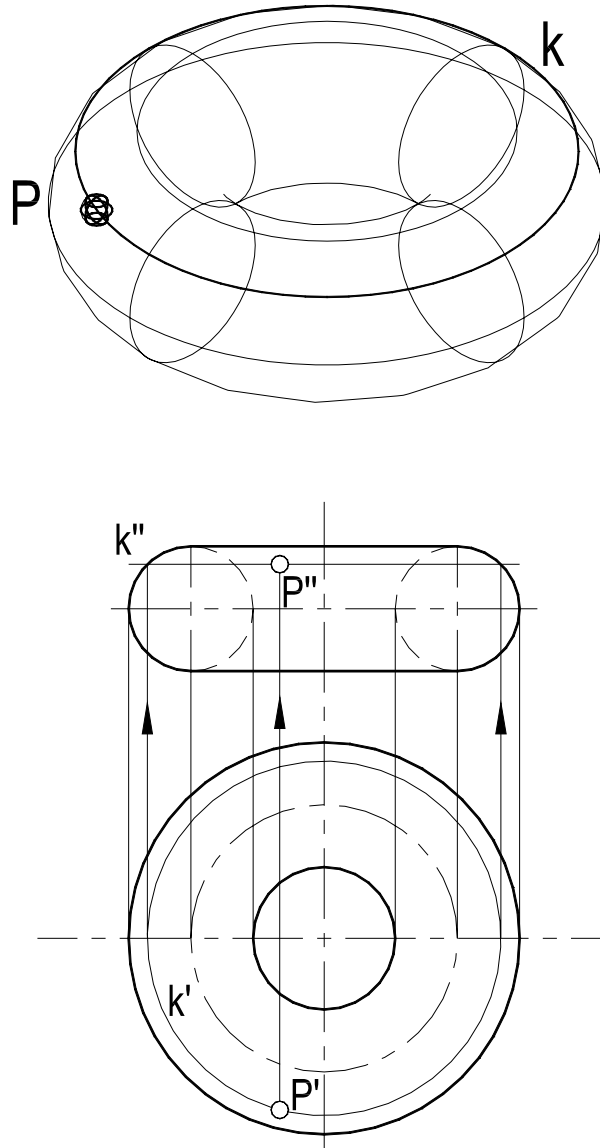
2.75. ábra

A gömböt, egy kör síkjában fekvő és középpontján áthaladó egyenese (átmérő) körüli forgatásával kapjuk. A gömb minden vetülete és síkmetszete kör. A gömb felületén pontot (P) valamelyik köre (k) segítségével vehetünk fel, melyet vetítősík metsz ki a gömbből és valamelyik képen e metszék valódi nagyságban látszik (2.76. ábra)



2.76. ábra

A körgyűrűt, egy kör, körön kívül fekvő, síkjával párhuzamos tengely körüli forgatásával kapjuk. Rajta pontot (P) valamelyik körével (k) lehet felvenni, melyet vetítősík metsz ki a körgyűrűből. A kimetszett körnek valamelyik képen valódi nagyságban kell látszania. A 2.77. ábra nyitott körgyűrűt az un. tóruszt ábrázolja.



2.77. ábra

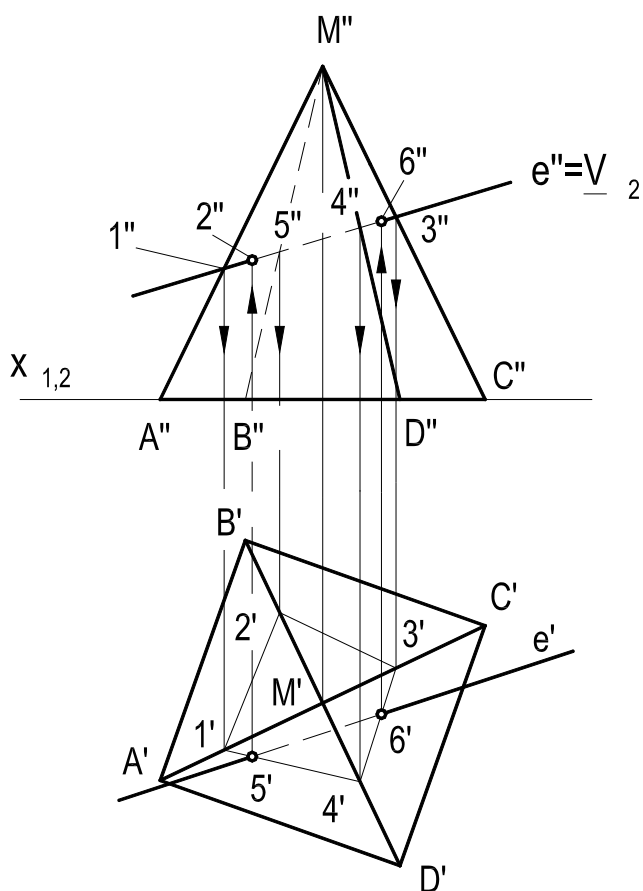
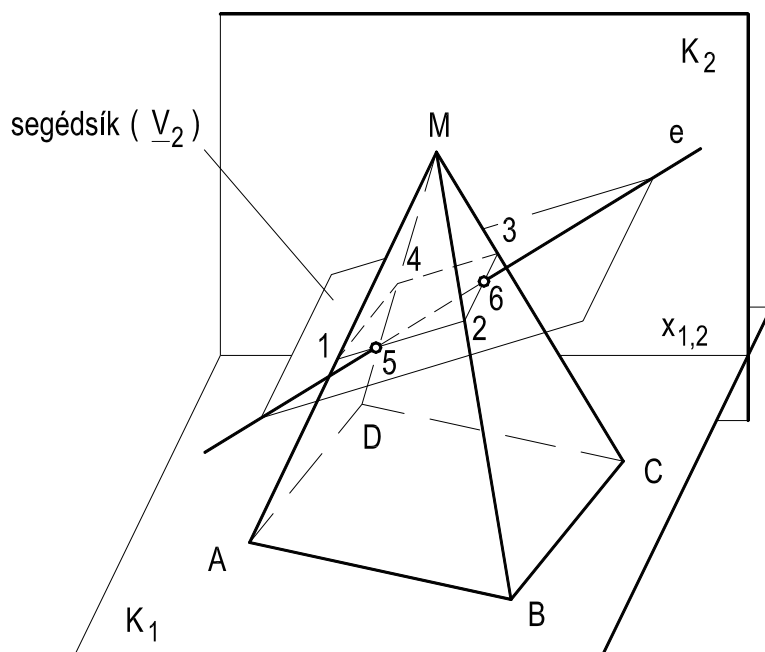
Testek metszése

A testek metszésénél a test és a metsző térelem közös pontjait kell megszerkeszteni. Ezeket rendszerint közvetlenül nem kapjuk meg, hanem a szerkesztéshez alkalmasan megválasztott segédsíkokat, segédfelületeket kell felvenni.

Testek metszése egyenessel

A 2.78. ábrán az ABCDM jelű gúla és egy e egyenes metszéspontjainak, dőléspontjainak szerkesztése látható. Az e egyenest egy második vetítősíkba (V_2) foglaljuk. (2.78. ábra) A vetítősík és az egyenes a második képen egybeesik, itt a sík a gúla éleit metszi, így a metszési felület sarokpontjainak második képe ($1''$, $2''$, $3''$, $4''$) adódik. A metszéspontokat a megfelelő élekre levetítve a metszett felület első képi

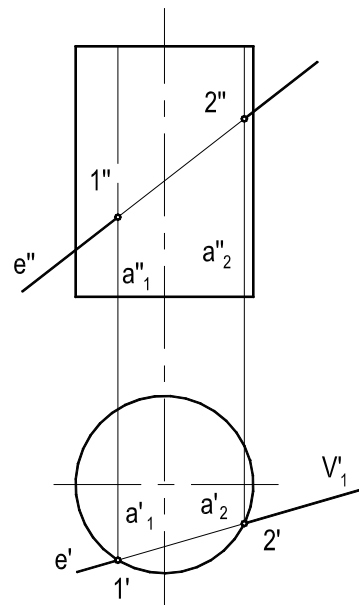
pontjait kapjuk meg. Az első képen megrajzolható a kimetszett négyszög és az e egyenes első képének közös pontjai, amelyek az egyenes és a gúla metszéspontjait adják (5,6).



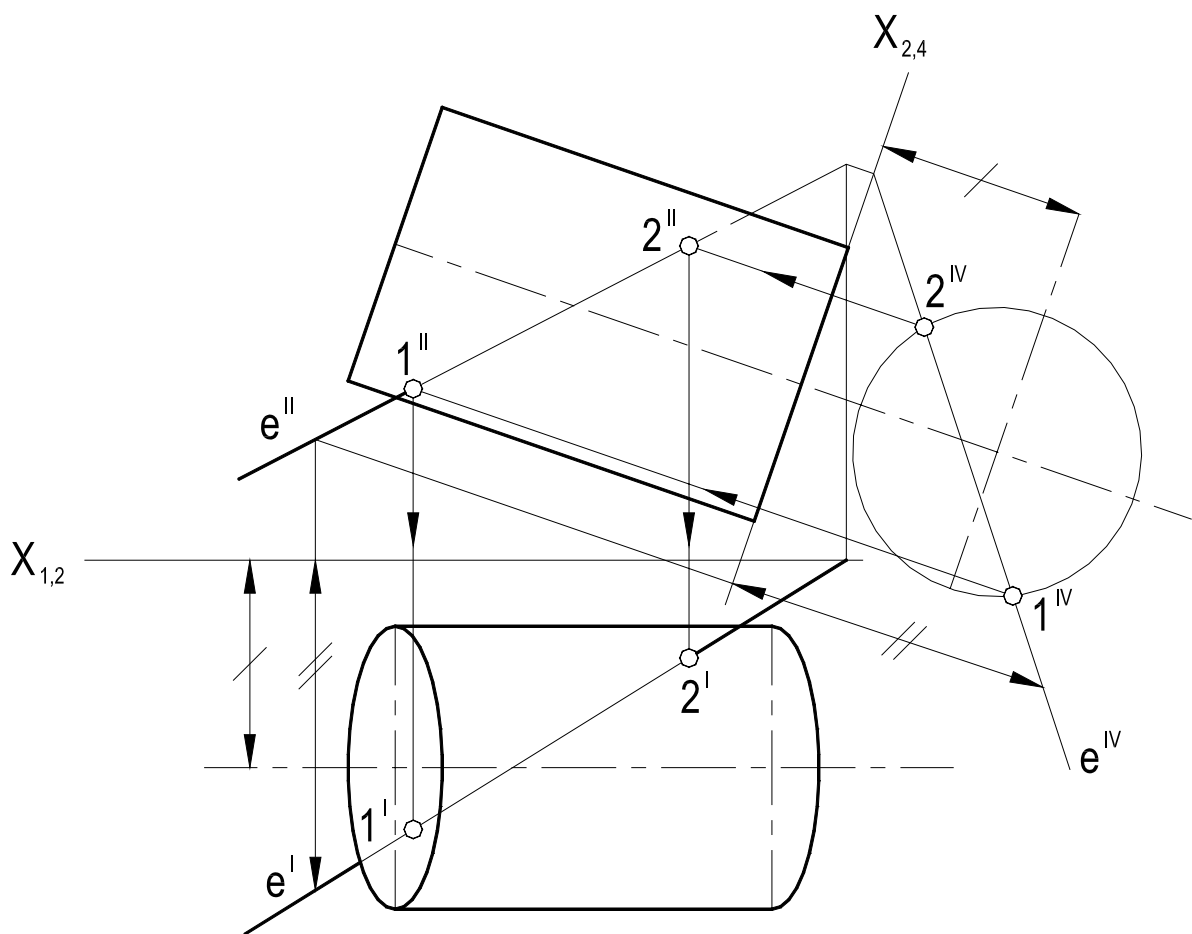
2.78. ábra

Henger és egyenes metszéspontjainak szerkesztése látható a 2.79. és a 2.80. ábrákon. Az álló körhenger és általános e egyenes metszésénél a segédsíkot úgy célszerű felvenni, hogy az az alkotókkal párhuzamos legyen és tartalmazza a metsző egyenest. A 2.79. ábrán az előbbiek alapján a segédsíkot egy első vetítősíknak (V_1) vesszük fel, mely a hengerből két alkotót (a_1, a_2) metsz ki. Az alkotók és az e egyenes közös pontjai adják a henger és az egyenes metszéspontjait. A 2.80. ábrán általános helyzetű henger és egyenes metszése látható. A metszési feladat új képsík (negyedik) felvételével könnyen megszerkeszthető. Negyedik képsíknak a henger alapkörét választjuk, majd a transzformációt elvégezzük. Így a henger és egyenes metszéspontjai az új képen ($1^{IV}, 2^{IV}$) kiadódnak. A megfelelő rendező irányokkal a metszéspontokat a második és első képre

visszavetíthetjük, hogy $1'', 2''$ és $1', 2'$ pontokat megkapjuk.



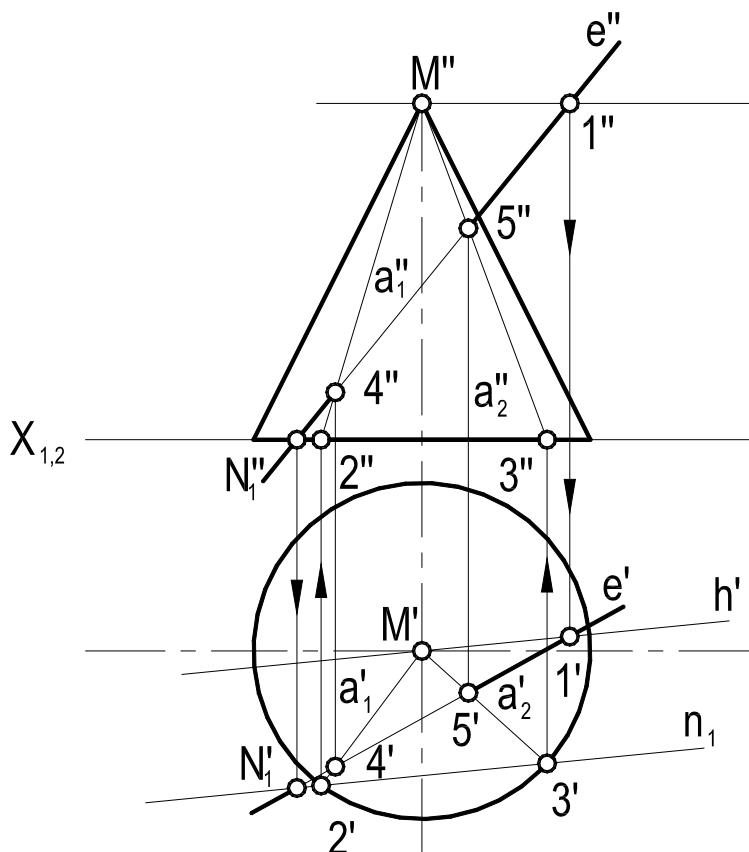
2.79. ábra



2.80. ábra

Általános helyzetű egyenes és körkúp metszésénél a szerkesztéshez szükséges segédsíkot célszerű úgy felvenni, hogy az a kúpot alkotókban messe és az egyenesen keresztül menjen. A 2.81. ábrán a segédsík a megadott egyenes és egy első főegyenes (h) által meghatározott sík. A segédsík első nyompontja (N_1) és első főegyenes (h) segítségével a sík első nyomvonala (n_1) megrajzolható

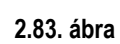
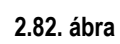
($n_1 \parallel h'$). A nyomvonal kijelöli a segédsík és a kúp alapkörének metszés vonalát, ennek két szélső pontja a $2'$ és $3'$ pontok. Ezekbe a pontokba futnak le azok az alkotók (a_1, a_2) amelyeket a segédsík metsz ki a kúpból. Az alkotók és az e egyenes közös pontjai ($4,5$), a kúp és az egyenes dőléspontjai.



2.81. ábra

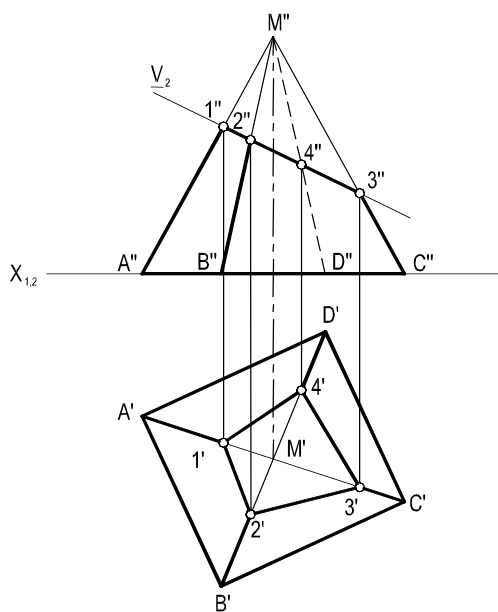
Gömb és egyenes metszését az egyenesen felvett vetítősík segítségével lehet megszerkeszteni. A 2.82. ábrán a szerkesztéshez első vetítősíkot (V_1) használunk. Az R sugarú gömb (p_1p_2) és a segédsík metszéke az első képen egyenesnek látszik, a második képen az r sugarú körmetszék ellipszissé torzulna. Azért, hogy a torzult metszékét ne kelljen felhasználni az e egyenessel együtt a második képsíkkal párhuzamos helyzetbe forgatjuk a t tengely körül. A forgatott képen a kör és egyenes metszéséből az (1) és (2) metszéspontok adódnak, melyeket az első és a második képre visszavetítve a gömb és az egyenes metszéspontjait ($1', 2'$ és $1'', 2''$) megkapjuk.

A 2.83. ábrán a gömb és egyenes metszésénél a segédsík felvétele azonos az előbbi ábrával. A metszéspontok megszerkesztéséhez a vetítősíkot (V_1) egy K_4 új képsíknak tekintjük. Ezután transzformációval megszerkesztjük a gömb metszett felülete és az egyenes negyedik képét. Ezen a képen az 1^{IV} és 2^{IV} pontok adódnak, amelyek a gömb és egyenes metszéspontjai. A két metszéspontot az első- és második képre vissza kell vetíteni.



Testek metszése síkkal

Síklapú testek síkmetszése esetén a test éleinek metszéspontjait kell megkeresni a síkon, majd a metszéspontokat összekötve a metszett felületet kapjuk.

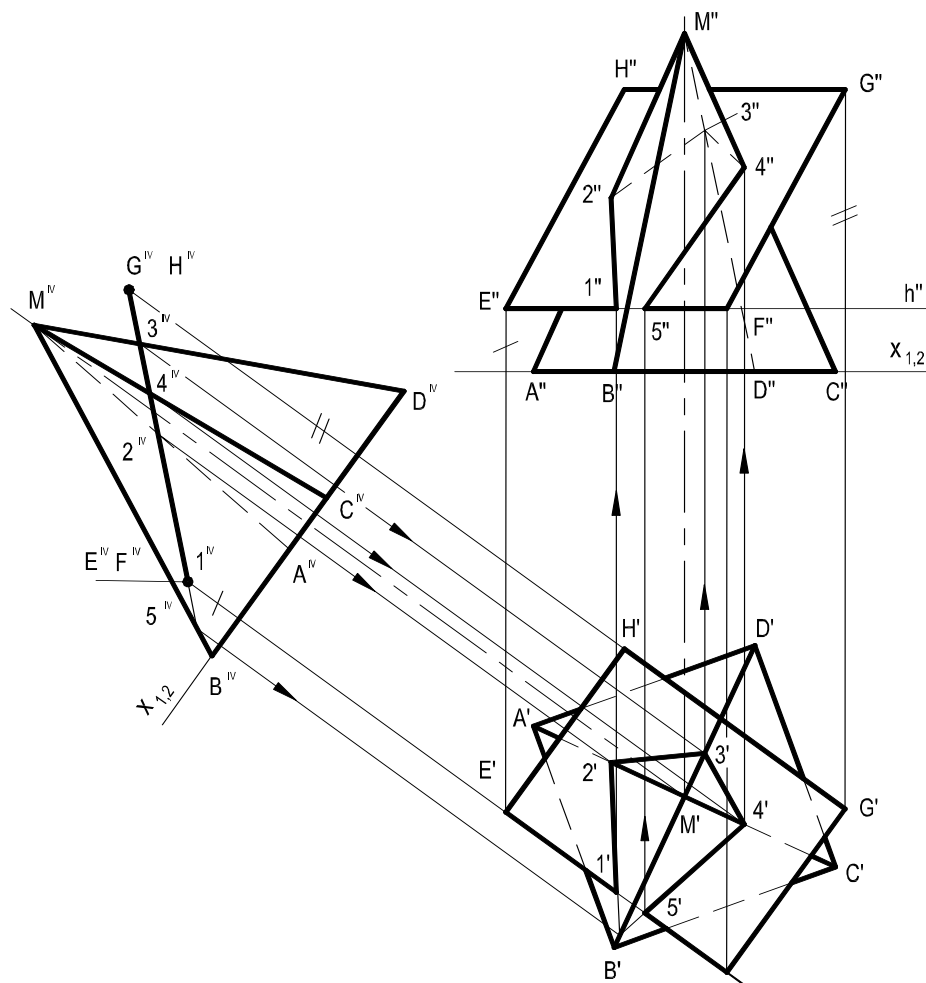


2.84. ábra

Ha a metszősík vetítő sík, akkor a sík az egyik vetületen egyenesnek látszik, ahol a metszéspontok azonnal adódnak.

Ha a metszősík általános helyzetű célszerű új képsíkon végezni a szerkesztést, ahol a sík vetítő síkká válik.

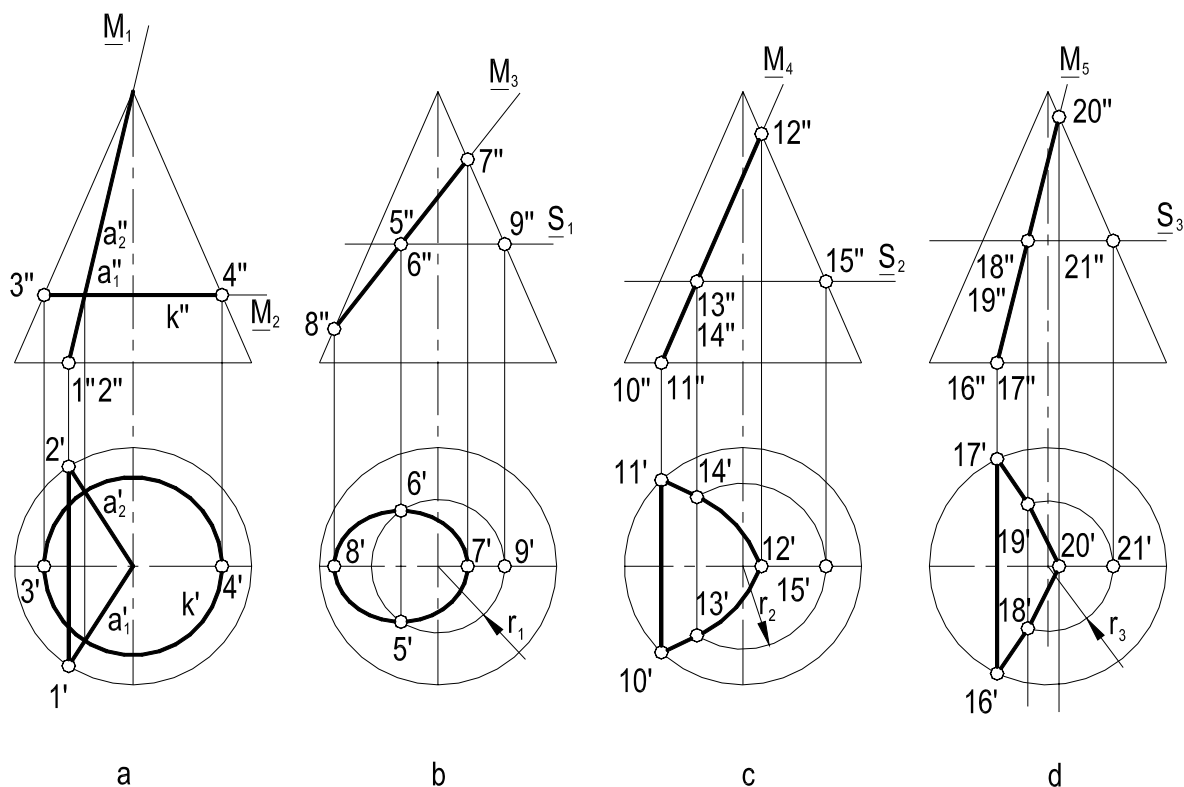
A 2.84. ábrán a gúlát második vetítő síkkal metszük. A metszett idom így a második képen egyenesnek látszik. A test élével kijelölt pontokat az első képre levetítve a metszett idom megrajzolható.



2.85. ábra

Görbe felületű testek síkkal alkotott metszéke általában görbe vonal, melyeknek néhány jellegzetes pontját kell megszerkeszteni. A szerkesztéshez célszerűen felvett segédsíkok szükségesek. A segédsík és a görbe felületű test metszészvonala, valamint a segédsík és az adott sík metszészvonala adódnak a test és sík metszéspontjai.

A 2.86. ábrán kúpok második vetítésével történő metszése látható. Az adott M_1 metszősík két alkotóban a_1 , a_2 -ben és 1,2 szakaszban, míg az M_2 metszősík a k körben metszi a kúpot. Ezek a metszősíkok mivel egyszerű metszéket adnak, a továbbiakban segédsíkként felhasználhatók, pl.: 2.86.b.c.d ábránál az S_1 , S_2 , S_3 segédsíkok azonos állásúak M_2 -vel. A 2.86.b. ábrán az M_3 metszősík tengellyel bezárt szöge nagyobb mint a szélső alkotóké, ezért a metszet ellipszis. A 2.86.c. ábrán az M_4 metszősík párhuzamos az egyik szélső alkotóval, ezért parabola metszéket ad. A 2.86.d. ábrán az M_5 metszősík tengellyel bezárt szöge kisebb mint a szélső alkotóé és a kúp csúcsán nem halad keresztül, ezért a síkmetszet hiperbola lesz.



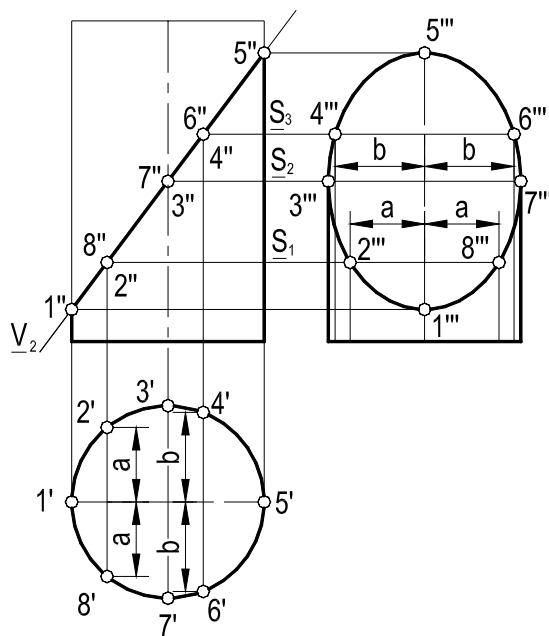
2. 86. ábra

A szerkesztések menete az ábrákon jól következők. (Az ábrákon csak a metszékét jelöltük vastagon.)

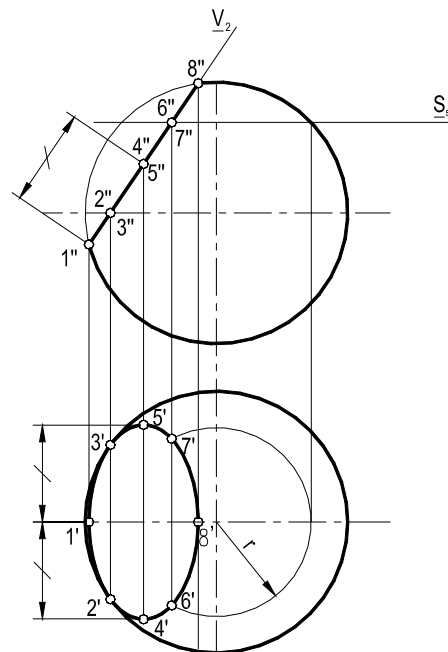
A henger síkmetszése látható a 2.87. ábrán. A metszett felület pontjainak megszerkesztéséhez az $\underline{S}_1$, $\underline{S}_2$, $\underline{S}_3$ segédsíkok használhatók.

Az ellipszis metszék nagytengeyét a henger második képi szélső alkotói, a kistengelyét a henger második képi középső alkotói és a metszősík ($\underline{V}_2$) metszéspontjai adják.

Gömböt bármilyen helyzetű síkkal metszünk is el a metszék kör lesz. A 2.88. ábrán a $\underline{V}_2$ második vetítősíkkal elmetezett gömb metszéke a második képen egyenesnek, az első képen ellipszisnek látszik. A nagytengey helyét a második képi metszék felezési pontja, nagyságát a hossza adja meg. A kistengelyt a metszősík és a gömb második képi képhatárcörének metszéspontja adja meg. További pontok szerkesztése segédsíkok ($\underline{S}_s$) felvételével lehetséges.



2.87. ábra



2.88. ábra

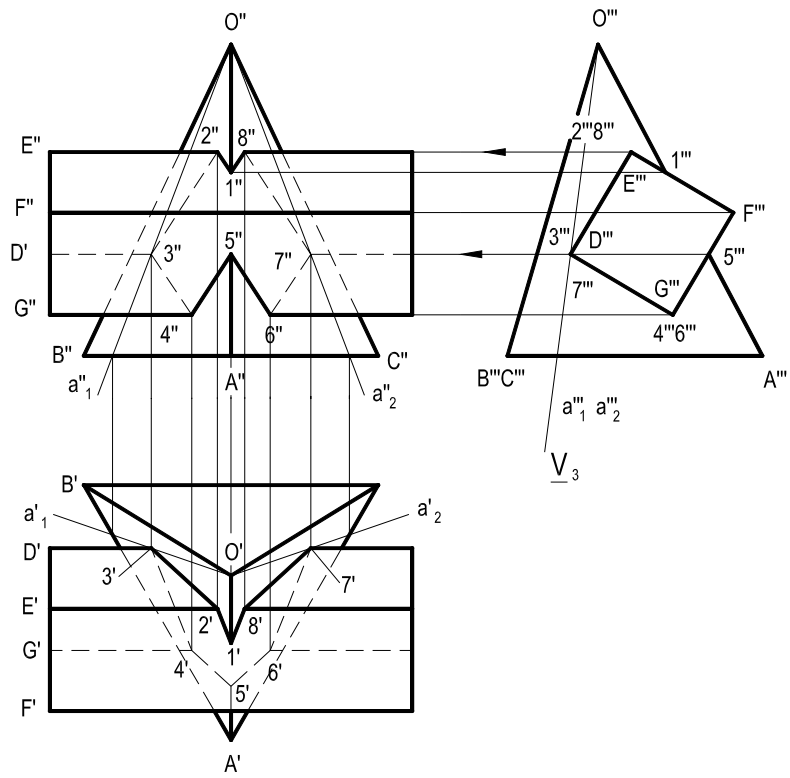
A testek síkmetszésekor kialakuló metszett felületek általában nem valódi nagyságban szerkesztődnek meg. Amennyiben arra is szükségünk van, akkor valamelyik meglévő képsíkkal párhuzamos helyzetbe forgatjuk, vagy új képsík felvételével a valódi nagyságát megszerkesztjük.

Testek áthatása

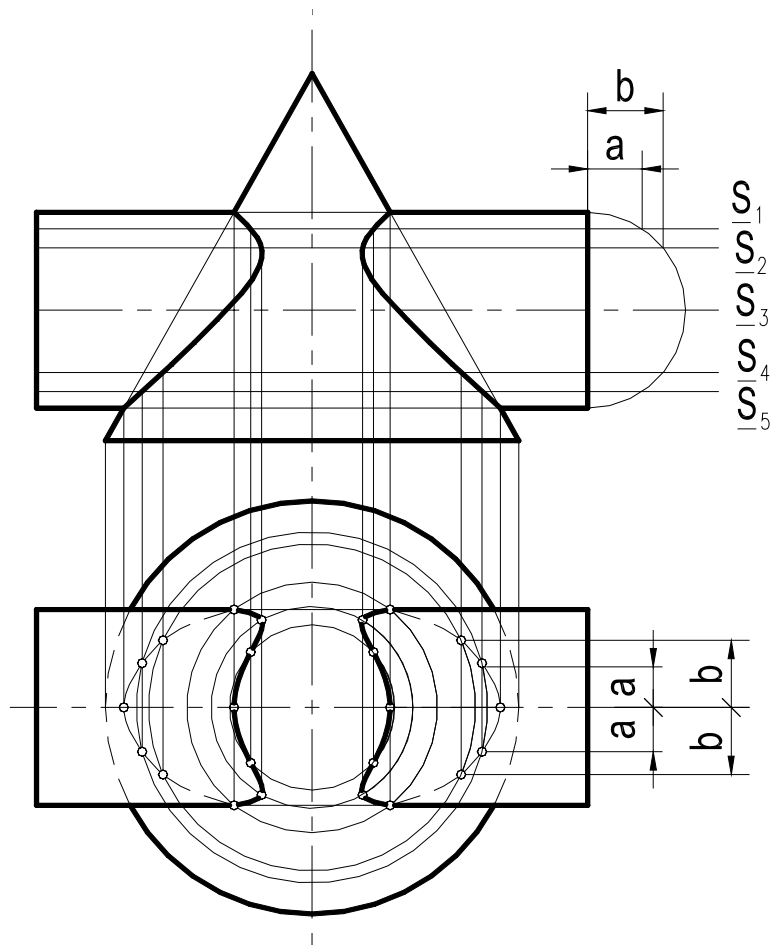
A geometria felületek (testek) metsződését áthatásának nevezzük. A testek jellegétől, fajtájától függően az áthatás nagyon sokféle lehet.

Síklapú testek áthatásánál az áthatás élei a két test síklapjainak metszésvonalai, az áthatás csúcsai pedig az egyik test éleinek a másik test lapjaival való dőféspontjai, illetve a hasáb lapjainak a gúla OA élével való dőféspontjai, illetve a hasáb lapjainak a gúla OA élével való dőféspontjai adják. Síklapú testeknél az áthatási vonal mindig törtvonal. A 2.89. ábrán három képével adott hasáb és gúla áthatása látható. Az áthatási pontokat a gúla lapjainak a hasáb élével történő dőféspontjai adják. A hasáb D pontjából kiinduló oldalél által létrehozott áthatási pont megszerkesztéséhez harmadik vetítősíkot (V_3) használunk fel. A V_3 átmegy a gúla csúcsán (O''') és a D''' -ön. Ez a sík a gúla oldallapjaiból az a_1''' és a_2''' egyeneseket metszi ki. Az a_1 és a_2 egyenesek első- és második képét megszerkesztve a $3'$, $7'$ és $3''$, $7''$ pontok adódnak. Az áthatás többi pontját (2,4,6,8) is hasonlóan kell megszerkesztetni.

Görbe felületű testek áthatásai általában bonyolult térgörbéket adnak. Szerkesztésük szeletelő módszerrel történhet, melyeknél célszerűen megválasztott segédfelületeket (síkok, görbék) használunk fel. A segédfelületek egyszerű vonalakban metszik a testeket és ezek találkozás pontjai áthatási pontok lesznek.



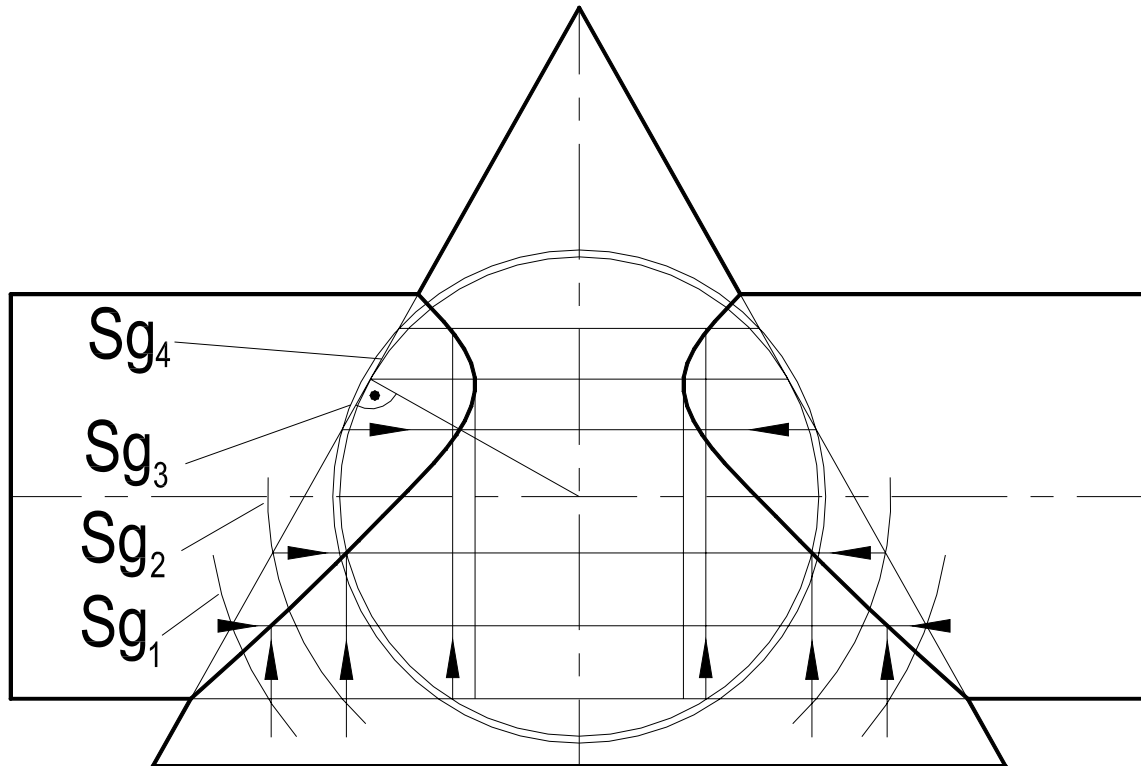
2.89. ábra



2.90. ábra

Kúp és henger áthatását szemlélteti a 2.90. ábra. A szerkesztéshez segédsíkokat alkalmazunk ($S_1, S_2 \dots$), amelyek a kúp tengelyére merőleges második vetítősíkok. Az ábrán látható beforgatott alap félkör a harmadik képet helyettesíti (egyszerűsítés). Az S síkok a kúpot körökben, a hengert alkotókban metszik. Egy ugyanazon sík által kimetszett kör és alkotó metszéspontja, áthatási pont.

A 2.91. ábrán kúp és henger áthatásának szerkesztését segédgömbökkel mutatjuk be ($Sg_1 \dots$). A gömbök a kúpból és a hengerből mindig kört metszenek ki, melyek a testek tengelyére merőleges egyenesekben látszódnak. Az összetartozó körök metszéspontjai a két test áthatáspontjai.

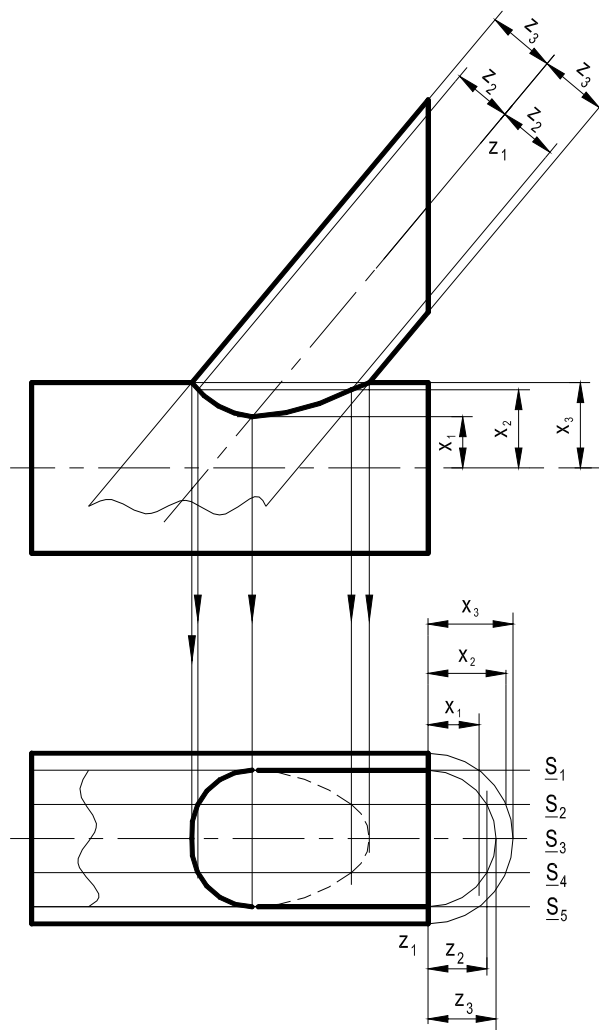


2.91. ábra

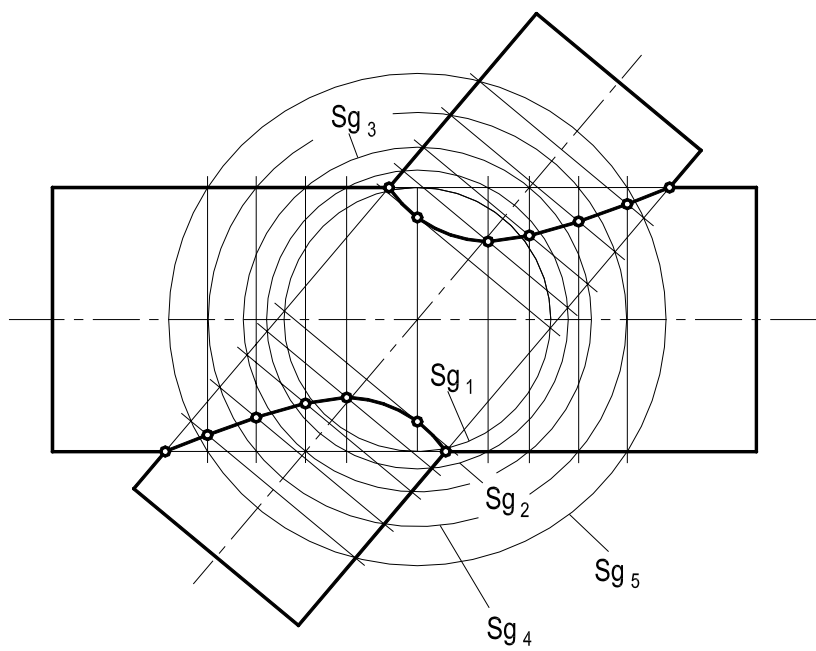
Két különböző átmérőjű, egymást nem derékszögben metsző tengelyű hengerek áthatása látható a 2.92. ábrán. A hengerek alapköreinek beforgatása a harmadik kép elhagyása miatt szükségesek.

Az áthatás megszerkesztéséhez felhasznált segédsíkok (alkotóirányú első vetítősíkok, $S_1, \dots$) mindkét hengert az alkotóikban metszik. Ugyanazon síkkal kimetszett kis- és nagyhenger alkotók metszéspontjai adják meg az áthatási pontokat.

Két henger áthatását segédgömbök alkalmazásával a 2.93. ábra szerint kell megszerkeszteni. A gömbök ($Sg_1, Sg_2 \dots$) mindkét hengerből kört metszenek ki, amelyek a hengerek tengelyeire merőlegesek és így élben látszódnak. Az összetartozó körmetszések a két henger áthatáspontjait adják meg.



2.92. ábra



2.93. ábra

3. A műszaki rajzok alaki követelményei

A műszaki rajzok és egyéb műszaki dokumentációk formai követelményeit szabványok előírásai határozzák meg. Az alaki követelmények (rajzlapok méretei, műszaki rajzok vonalai, ...) betartása fontos a rajzok egységes és esztétikus megjelenítése szempontjából. A formai előírások a rajzon közölt információk azonos értelmezését is segítik.

3.1. Rajzlapok kialakítása és méretei

A műszaki rajzokat szabványos méretű és kialakítású rajzlapokra kell készíteni. A rajzlapméretek megválasztásánál abból indulunk ki, hogy a kiinduló rajzlapméret 1m^2 legyen, (3.1. ábra) illetve, hogy a rajzlap olyan téglalap legyen, amelynek a hosszabb oldalát felezve a kisebb lap oldalai úgy aránylanak egymáshoz, mint az eredeti rajzlap megfelelő oldalai. A 3.1. ábra jelöléseit felhasználva tehát:

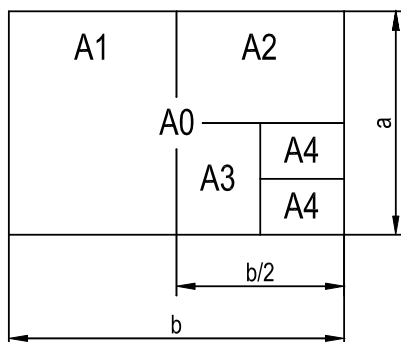
$$a \cdot b = 1\text{m}^2$$

$$a : b = \frac{b}{2} : a$$

Az így meghatározott rajzlap elnevezése A0, méretei pedig:

$$a=0,841\text{m}$$

$$b=1,189\text{m}$$



3.1. ábra

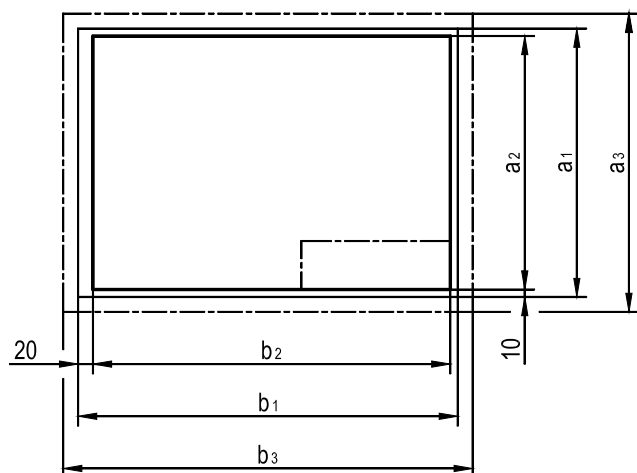
A sorozatos félbehajtással kapott többi rajzlap adja az előnyben részesített ISO-A sorozatot. Az ISO-A főszorozatából (lásd ISO 216) kiválasztott és előnyben részesített vágott és vágatlan lapok, valamint a rajzterületek méreteit az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat: Rajzlapok méretei

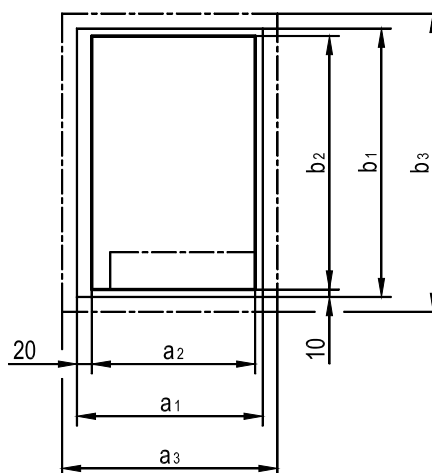
Megnevezés	Ábra	Vágott(T)		Rajzterület		Vágatlan(U)	
		a ₁ 1)	b ₁ 1)	a ₂ ±0,5	b ₂ ±0,5	a ₃ ±2	b ₃ ±2
A0	1	841	1189	821	1159	880	1230
A1	1	594	841	574	811	625	880
A2	1	420	594	400	564	450	625
A3	1	297	420	277	390	330	450
A4	2	210	297	180	277	240	330

MEGJEGYZÉS: A0-nál nagyobb méretek esetén lásd az ISO 216-ot.
1) A tűréseket lásd az ISO 216-ban

Az A0-A3 méretű rajzlapokat csak fekvő (3.2. ábra), az A4 méretűt pedig csak álló helyzetben szabad használni a 3.3. ábra szerint.



3.2. ábra



3.3. ábra

Más, ún. megnyújtott méretű rajzlapok használatát lehetőleg kerülni kell. Ha ez mégse lehetséges, akkor úgy lehet képezni, hogy valamely **A** méret (pl.:A3) rövid oldalának mérete tartozik valamely másik, nagyobb **A** méret (pl.:A1) hosszú oldalához. Az eredmény egy új méret, amelynek a rövid jele: A 3.1. Az alakrendszer felépítése a 3.4. ábra szerinti.

841	A0				
594	A1				A1.0
420	A2			A2.1	A2.0
297	A4	A3	A3.2	A3.1	A3.0
	0	210	420	594	841
					1189

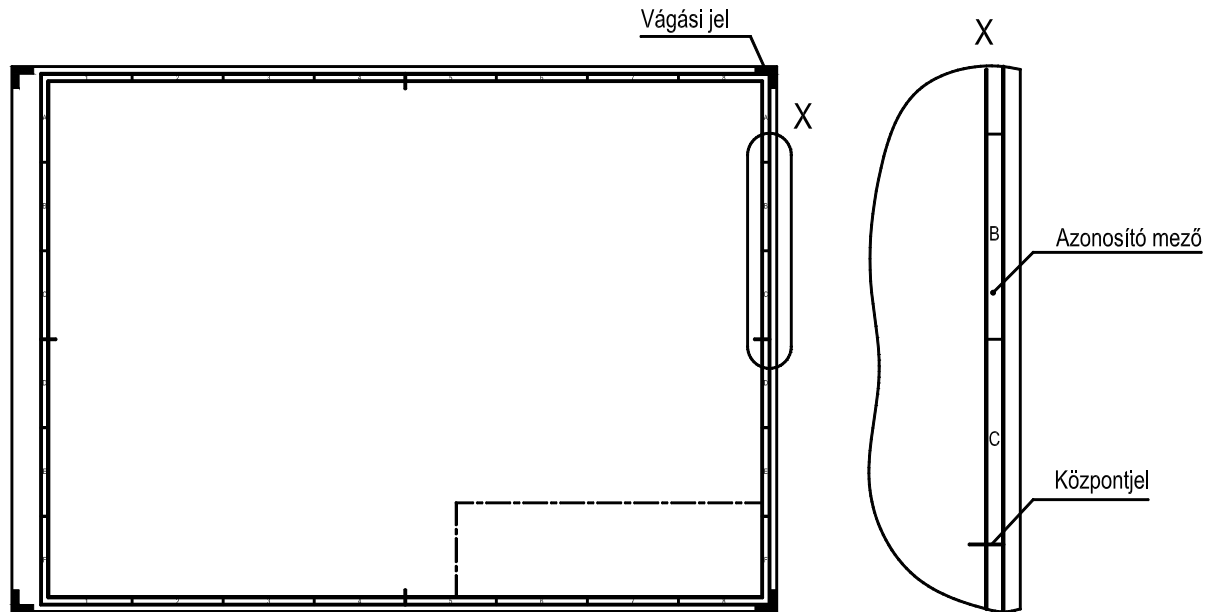
3.4. ábra

A méretek megválasztásánál általános szabály az, hogy az eredeti rajz a megértéshez és ábrázolásához szükséges legkisebb rajzlapra készüljön.

Minden méret esetén be kell tartani a rajzlap határoló élei (vágott lap széle) és a rajzterület kerete közötti széleket. A szél a keret bal oldalán 20mm, mindenütt máshol pedig 10mm legyen. (3.2. és 3.3. ábra).

A rajzterületet határoló keretet 0,7 mm vastag folytonos vonallal kell készíteni.

Rajzaikon, itt nem részletezett szabályok szerint, központjeleket, azonosító mezőt és vágási jeleket is célszerű elhelyezni. A központjelek a rajz beállítását könnyítik meg sokszorosítás vagy mikrofilmezés esetén; az azonosító mező rajzolásának az a célja, hogy a részletek, a kiegészítések, a változtatások, stb. könnyen megtalálhatók legyenek; a vágási jelek pedig a lapok automatikus vagy kézi vágásának megkönnyítésére szolgálnak (3.5. ábra).



3.5. ábra

3.2. Feliratmező, darabjegyzék

A műszaki rajzokat és a hozzájuk kapcsolódó műszaki dokumentumokat minden rajzlapméret esetén az azonosítás, az adminisztráció és az értelmezés céljából **feliratmező**vel látjuk el. A feliratmezőt a rajzterületen belül, annak jobb alsó sarkában helyezük el, határoló vonalát vastag folytonos vonallal rajzoljuk.

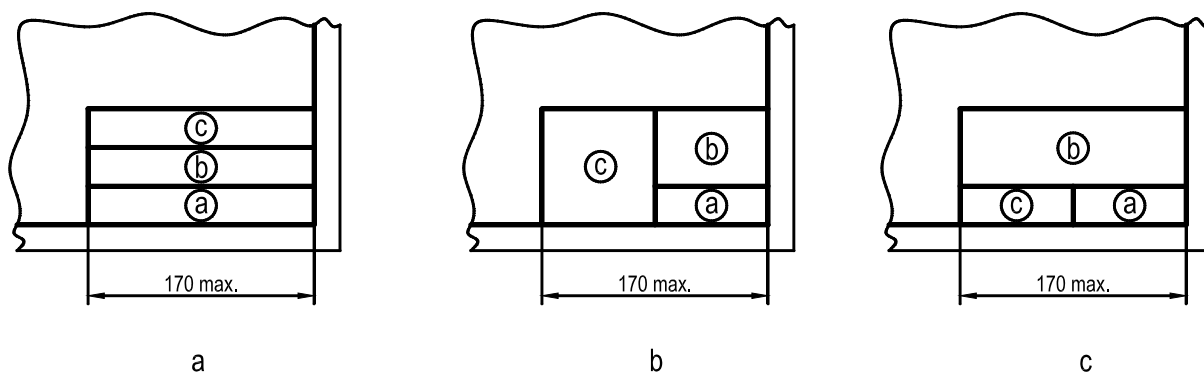
A feliratmező általában egy vagy több, egymáshoz csatlakozó téglalap alakú mezőt tartalmaz. Ezek további mezőkre oszthatók a szükséges információk elhelyezésére. A szükséges információkat az egymáshoz csatlakozó mezőkben kell csoportosítani a következők szerint (MSZ ISO 7200) :

- azonosító mező,
- kiegészítő információk megadására szolgáló mezők.

Az azonosító mezőben a következőket kell megadni:

- a) nyilvántartási vagy azonosítási szám (rajzszám),
- b) a rajz címe (megnevezés),
- c) a rajz törvényes tulajdonosának neve.

Az azonosító mezőt az olvasási irányból nézve a feliratmező jobb alsó sarkában kell elhelyezni. Ezt a mezőt a rajzterületet keretező vonallal azonos vonalvastagságú folytonos vonallal kell bekeretezni (MSZ EN ISO 5457). Elhelyezési példákat a 3.6. ábrán láthatunk.



3.6.a, b, c ábra

A kiegészítő információkat az adott mezőn belül a következők szerint különböztetjük meg:

1. jelek (vetítési módra utaló jelkép, fő méretarány, ...),
2. műszaki információk (a felületkikészítés módja, az alak- és helyzettűrések jelölése, ...),
3. adminisztrációs információk (rajzlap mérete, módosítási jel, ...).

A kiegészítő információkat az azonosító mező felett és/vagy attól balra kell elhelyezni.

A feliratmező maximális szélessége 170mm lehet, olvasási iránya pedig meg kell egyezzen a rajz olvasási irányával.

Az eredeti rajzokat nem hajtogatják. A másolatokat úgy hajtogatják össze (nem részletezett szabályok szerint) harmonikaszerűen A4 nagyságúra, hogy a feliratmező a legfelső oldal alsó részére kerüljön.

A **darabjegyzék** a műszaki rajzon ábrázolt szerkezeti egységek, részegységek és alkatrészek – mint alkotórészek – teljes jegyzéke, amely megadja a szükséges információt azok gyártásához vagy beszerzéséhez (MSZ ISO 7573).

A darabjegyzék általános esetben a műszaki rajz része, de külön lap is lehet. Ha a műszaki rajz tartalmazza, akkor a rajz olvasási irányában helyezkedjen el és a feliratmezőhöz csatlakozzon. Határoló vonalát folytonos vastag vonallal kell megrajzolni. Külalakját tekintve oszlopos kialakítású. Az információkat a következő csoportosításban kell megadni, a sorrend tetszés szerinti lehet:

- tételszám (a darab tételszáma),
- megnevezés (a darab elnevezése),
- mennyiség (a megnevezés oszlopban szereplő alkatrész darabszáma),
- hivatkozás (a rajzdokumentációban meg nem határozott alkotó részek azonosítása, pl.: szabványszám),
- anyag (a felhasznált anyagfajta és minőség).

A darabjegyzéket ki lehet egészíteni egyéb információval is, amely a késztermék szempontjából szükséges: méret, raktári szám, tömeg, szállítási állapot, megjegyzés.

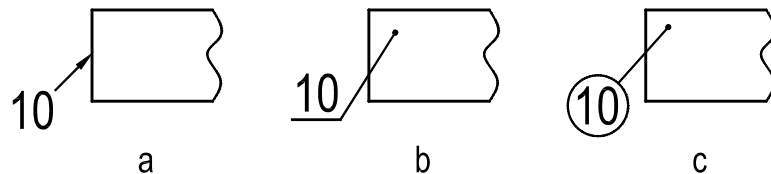
Az adatok sorrendje lentől felfelé haladjon, az oszlopok fejléce pedig közvetlenül alattuk legyen. Különálló darabjegyzék esetén az adatok sorrendje felülről lefelé haladjon, a fejléc pedig felül legyen.

3.3. Tételszámok

Az egy rajzon belül ábrázolt szerkezeti (szerelt) egységeket alkotó részeket és/vagy alkatrészeket **tételszám**okkal azonosítjuk.

A tételszámozást lehetőség szerint egymást követő sorrendben végezzük és egy szerkezeti egységen belül az azonos alkatrészeknek azonos tételszámot adjunk.

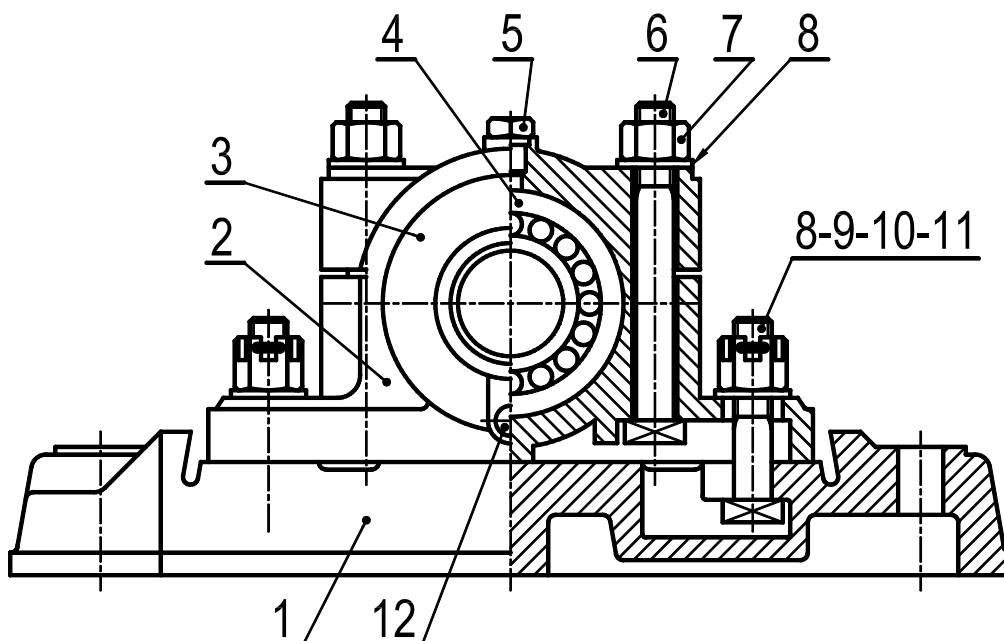
A rajzon levő összes tételszámot azonos típusú és magasságú számmal a méretek kétszeresére kell készíteni, és a mdb körvonalán kívül kell elhelyezni. A tételszámokat a mdb-hoz mutatóvonallal kell kapcsolni a következők szerint (3.7. ábra):



3.7. ábra

Ügyeljünk rá, hogy a mutatóvonalak ne keresztezzék egymást, rövidek legyenek és általában szögben csatlakozzanak a tételszámhoz. A rajz áttekinthetősége és olvashatósága érdekében a tételszámok lehetőleg függőleges oszlopokban és/vagy vízszintes sorokban helyezkedjenek el (3.8. ábra). A munkadarabok tételszámai megadhatók közös mutatóvonalon is (3.8. ábra: 8, 9, 10 és 11 tétel). Az azonos munkadarabok tételszámaait elég egyszer megadni. A tételszámozás sorrendjét:

- a lehetséges szerelési sorrend,
- az alkotóelemek jelentősége,
- vagy egyéb logikai sorrend szerint lehet megtervezni.

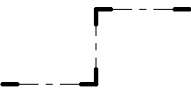


3.8. ábra

3.4. A műszaki rajzok vonalai

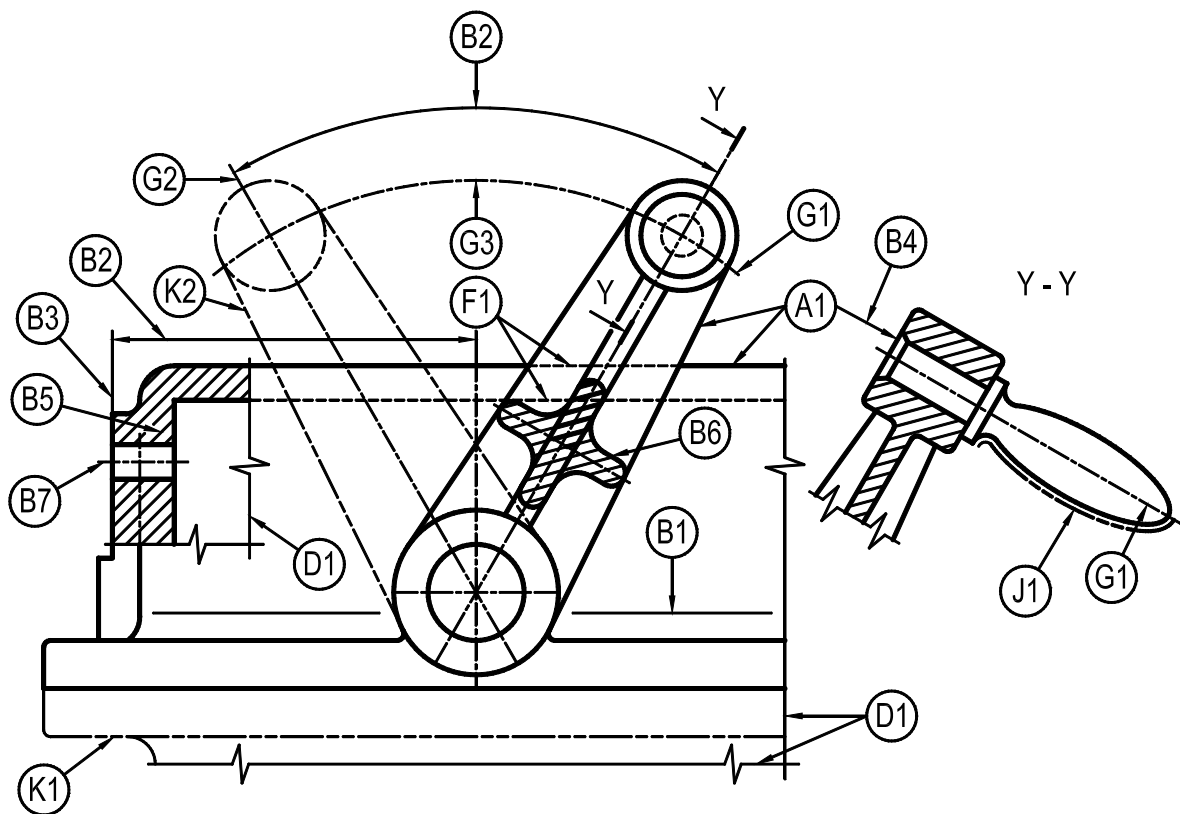
A műszaki rajzokon csak a 2. táblázatban megadott típusú és vastagságú vonalak alkalmazhatók (MSZ ISO 128). Ha különleges esetekben ezektől eltérő típusú és vastagságú vonalra van szükség (villamos vagy csővezetékek ábráin), akkor az alkalmazott eljárást vagy a szabványt a rajzon fel kell tüntetni.

2. táblázat

Vonalfajta	Megnevezés	Általános alkalmazás (3.9. ábra)
A 	Folytonos, vastag	A1 Látható körvonalak (kontúrvonalak) A2 Látható élek
B 	Folytonos, vékony (egyeses vagy görbe)	B1 Elméleti áthatási vonal (tagolóvonal) B2 Méretvonalak B3 Méretsegédvonalak (szerkesztési vonalak) B4 Mutatóvonalak B5 Vonalkázás (sraffozás) B6 Befordított metszet körvonala B7 Rövid középvonalak
C 	Folytonos, szabadkézi törésvonal, vékony ²⁾	C1 Részletek, megszakított nézetek és metszetek határolóvonala, ha a határoló nem vékony pontvonal
D ¹⁾ 	Folytonos, egyenes törésvonal, vékony	D1 ua. mint C1 (pl. 4.53. b ábra)
E 	Szaggatott, vastag ²⁾	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, például osztókör (trajektoriák)
H 	Pontvonal, vékony, a végződéseknél és az irányváltásoknál vastag	H1 Metszősíkok nyomvonala
J 	Pontvonal, vastag	J1 Speciális megmunkálású felületek vagy élek jelölése (például hőkezelés vagy felületkikészítés)
K 	Kétpontvonal, vékony	K1 Csatlakozó alkatrészek körvonala K2 Mozgó alkatrészek szélső vagy váltakozó helyzetei K3 Súlyvonalak K4 Kiindulási, alakítás előtti körvonal (pl. 4.63. ábra) K5 A metszősík előtti részek körvonalai (pl. 4.61. ábra)

1) Gépi rajzoláshoz alkalmas vonaltípus
2) A két változatból egy rajzon belül csak egyféle vonaltípust ajánlatos használni

A különböző típusú vonalak jellemző alkalmazási eseteit a 3.9. ábra szemlélteti.



3.9. ábra

3.4.1. Rajzolási szabályok

Rajzainkon kétféle vonalvastagságot kell alkalmazni úgy, hogy a vastag és vékony vonal aránya 2:1-nél kisebb ne legyen.

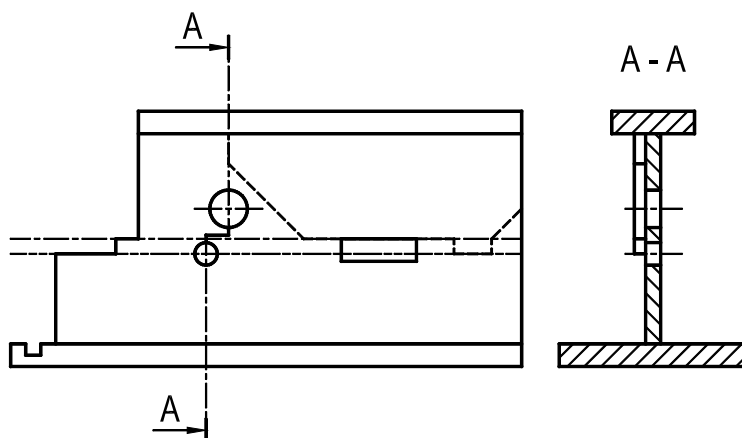
A vonalvastagságokat a rajz mérete és fajtája szerint kell kiválasztani, a következő sorozatból:

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

Ügyeljünk rá, hogy a párhuzamos vonalak közötti legkisebb távolság ne legyen kisebb, mint az ábra vastag vonalának a kétszerese. A 0,7 mm-nél kisebb távolság azonban nem javasolt.

Ha két vagy több vonal egybeesik, akkor a következők szerint kell az elsőbbséget megállapítani (3.10. ábra):

- 1) látható körvonalak és élek (folytonos vastag vonal, **A** típusú);
- 2) nem látható körvonalak és élek (szaggatott vonal, **E** vagy **F** típusú);
- 3) metszősíkok (pontvonal, a végeknél és a metszősík irányváltásainál vastag, **H** típusú);
- 4) középvonalak és szimmetriatengelyek (pontvonal, vékony, **G** típusú);
- 5) súlyvonalak, gyökvonalak (kétpont-vonal, **K** típusú);
- 6) méretsegédvonalak, mutató- (vetítő-) vonalak (folytonos vékony vonal, **B** típusú).

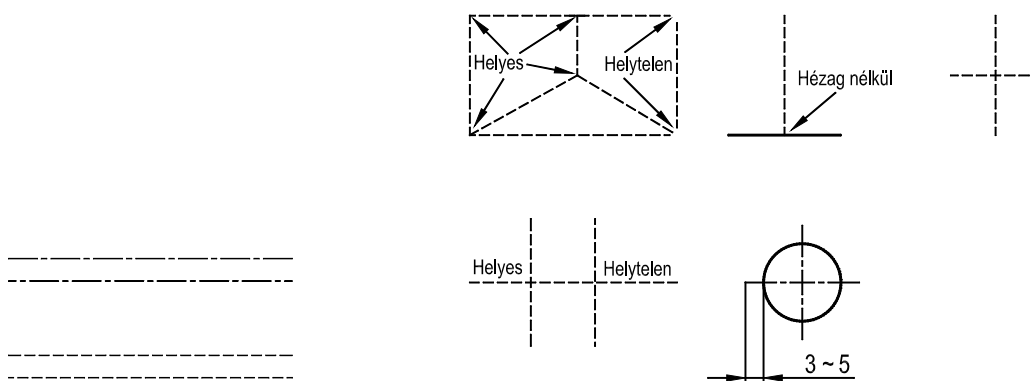


3.10. ábra

Rajzaink akkor lesznek szépek és áttekinthetők, ha a vonalakkal kapcsolatban a következő rajzolási követelmények is érvényesülnek:

A párhuzamos pont- és szaggatott vonalakat egymáshoz képest elcsúsztatva kell megrajzolni (3.11. ábra).

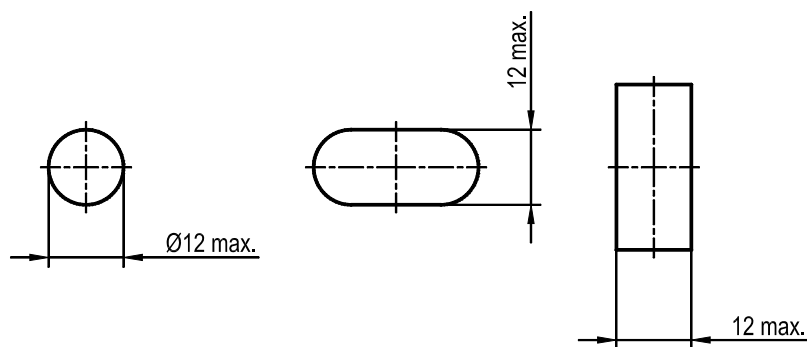
Ügyeljünk rá, hogy a szaggatott és pontvonalak csak vonalszakaszokon kereszteződjenek (3.12. ábra).



3.11. ábra

3.12. ábra

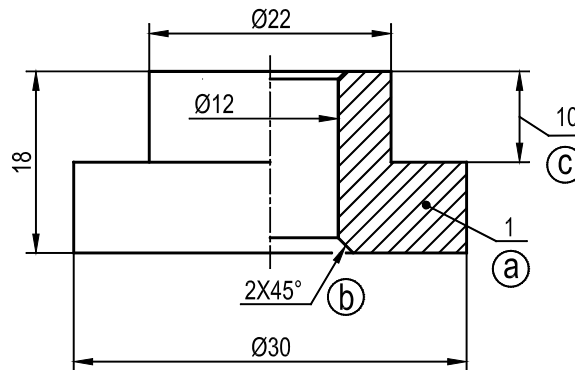
Rajzainkon a 12 mm-nél kisebb elemek szimmetria tengelyét vékony folytonos vonallal rajzolhatjuk (3.13. ábra).



3.13. ábra

Műszaki rajzainkon valamely jellemzőhöz (méret, tárgy, körvonal, ...) mutatóvonal csatlakoztatható. A mutatóvonal csatlakozásait a 3.14. ábra szerint kell megadni:

- ponttal, ha a tárgy körvonalán belül végződik;
- nyílhegygel, ha a tárgy körvonalára mutat;
- pont vagy nyílhegy nélkül, ha méretvonalon végződik.



3.14. ábra

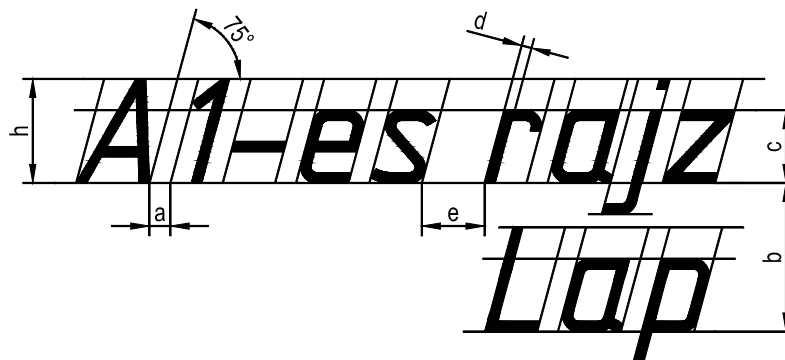
3.5. A műszaki rajzok feliratai

A műszaki rajzok és műszaki dokumentációk feliratainak követelményeit is szabványok (MSZ EN ISO 3098 sorozat) adják meg. Ezek alapvetően a betűsablonnal készített feliratokra vonatkoznak, de érvényesek a szabadkézzel készített feliratokra is.

A feliratoknak ki kell elégíteni a következő igényeket:

- olvashatóság,
- egységesség,
- alkalmasság mikrofilmezésre és egyéb reprodukálásra.

A feliratok betűket, számokat és írásjeleket (továbbiakban: jelek) egyaránt tartalmaznak. A szabvány **alapméret**nek a nagybetűk **h** magasságát (3.15. ábra és 3. táblázat) tekinti. Ezt az alapméretet **írásnagyság**nak is nevezzük.



3.15. ábra

3.táblázat: A B típusú írás arányai és méretválasztéka

Megnevezés	Jel	Arány	Méretek						
Írásnagyság (írásmagasság) Nagybetűk magassága	h	(10/10)h	2,5	3,5	5	7	10	14	20
Kisbetűk magassága túlnyúlás és kinyúlás nélkül	c	(7/10)h	-	2,5	3,5	5	7	10	14
A jelek közötti távolság. Betűköz	a	(2/10)h	0,5	0,7	1	1,4	2	2,8	4
Az alapvonalak legkisebb távolsága. Legkisebb sorköz.	b	(14/10)h	3,5	5	7	10	14	20	28
A szavak közötti legkisebb távolság. Szóköz	e	(6/10)h	1,5	2,1	3	4,2	6	8,4	12
Vonalvastagságok	d	(1/10)h	0,25	0,35	0,5	0,7	1	1,4	2

Megjegyzés: A jelek közötti távolság (betűköz) a felére csökkenthető a jobb folthatás érdekében (pl.: az LA vagy az LV esetében, amikor a távolság a d vonalvastagsággal egyenlő).

A szabvány megengedi a függőleges (álló) és a 15°-kal jobbra dőlt jelek használatát is. Ezen túlmenően mindkét változatban „A” és „B” típusú írást is rögzít. A gépészeti rajzokon hagyományosan a „B” típusú jelek használatosak, amelyek pontos alakját és arányait a 3.16. és a 3.17. ábra tartalmazza.

A B C D E F G H I J K L M N O P

Q R S T U V W X Y Z

a b c d e f g h i j k l m n o p q

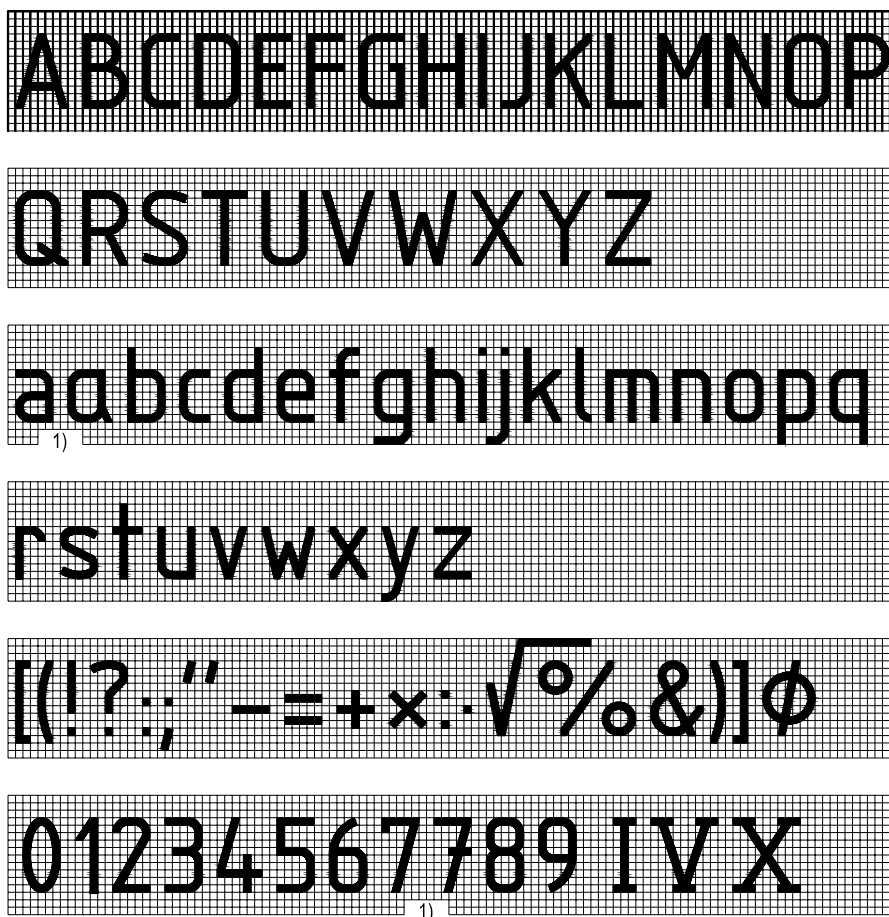
r s t u v w x y z

[(! ? , ; ' " - = + x : √ ° % &)] ∅

0 1 2 3 4 5 6 7 7 8 9 I V X

1) Hazai gyakorlatban a kis "a" betű második, a 7-es számnak pedig az első változatát ajánljatos alkalmazni.

3.16. ábra



1) Hazai gyakorlatban a kis "a" betű második, a 7-es számnak pedig az első változatát ajánljatos alkalmazni.

3.17. ábra

Egy termékről készített összes rajzon az írás típusa („A” vagy „B”) és helyzete (álló vagy 15°-kal jobbra dőlt) azonos legyen.

3.6. A műszaki rajzok méretaránya

A műszaki gyakorlatban nem tudjuk az alkatrészeket mindig természetes nagyságukban ábrázolni. Ilyenkor célszerűen megválasztott méretarányban dolgozunk, nagyítunk vagy kicsinyítünk.

Méretaránynak a rajzon mérhető teljes (törés nélküli) hossz méret és a valóságos tárgy ugyanezen hossz méretének arányát nevezzük.

Valóságos nagyságban dolgozunk, ha méreteink 1:1 méretarányúak.

Kicsinyítünk, ha a méretarány 1:1-nél kisebb, tehát az ábrázolt tárgy rajza kisebb, mint a valóságos méret.

Nagyítunk, ha a méretarány 1:1-nél nagyobb, tehát az ábrázolt tárgy rajza nagyobb, mint a valóságos méret.

A műszaki rajzok javasolt méretarányait a következő táblázat tartalmazza:

4. táblázat: Javasolt méretarányok

Elnevezés	Javasolt méretarányok		
Nagyítás	50:1 5:1	20:1 2:1	10:1
Valóságos nagyság	1:1		
Kicsinyítés	1:2 1:20 1:200 1:2000	1:5 1:50 1:500 1:5000	1:10 1:100 1:1000 1:10000

A rajzon alkalmazott méretarányt a feliratmezőben kell megadni. A „Méretarány” szó elhagyható, ha az nem okoz félreértést.

A méretmegadáshoz túl kis részleteket a fő szerkezeti egység ábrázolása mellett kell bemutatni külön résznézetben (vagy metszetben) és nagyobb méretarányban.

3.7. Műszaki rajzok módosítása

Rajzmódosításon minden olyan, az eredeti rajzon átvezetett változtatást, javítást, törlést vagy kiegészítést értünk, amely nem jár a rajz azonosító adatainak (rajzsám, megnevezés) változtatásával (MSZ 23003).

Rajzot módosítani csak akkor szabad, ha a módosítás nem befolyásolja a korábbi rajz szerinti termék (alkatrész, szerelvény, egység) csereszabotosságát.

Az eredeti rajzot lehetőleg úgy kell módosítani, hogy a módosítás előtti állapot is látható maradjon. Ha a rajz módosítása szükségessé teszi más rajzok változtatását is, akkor egyidejűleg a kapcsolódó rajzokat is módosítani kell.

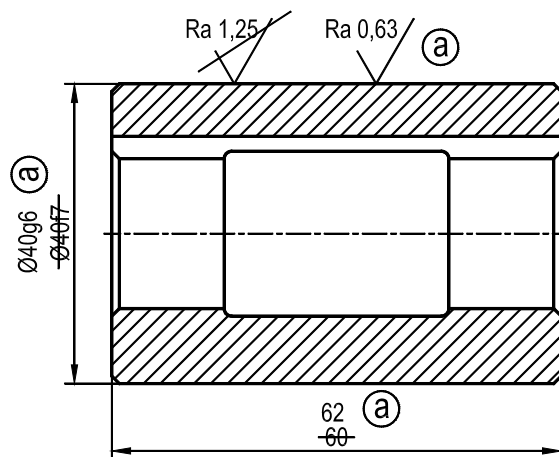
Kétféle rajzmódosítást különböztetünk meg:

- közvetlen módosítás (az érvénytelen adatok vagy ábrarészletek áthúzása);
- közvetett módosítás (a rajz érvénytelen részeinek teljes törlése).

3.7.1. Közvetlen rajzmódosítás

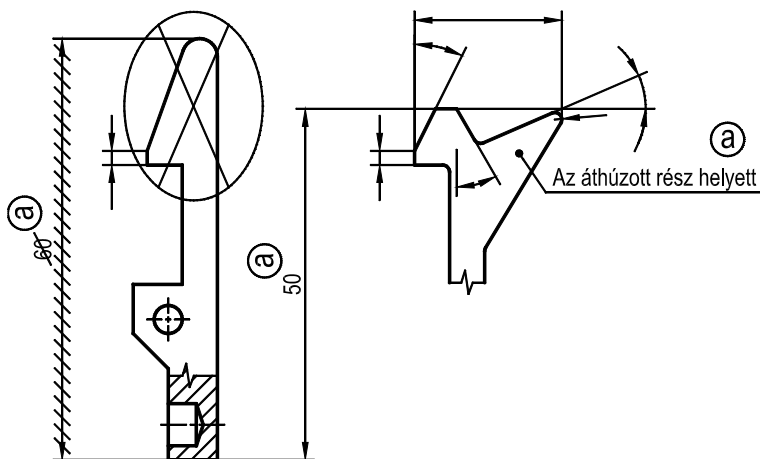
A közvetlen módosítás a gyakorlatban a következőképpen történhet:

- A megváltozott méretet, jelet, feliratot vékony folytonos vonallal át kell húzni, és az új adatot az áthúzott rész közvetlen közelében elhelyezni (3.18. ábra).



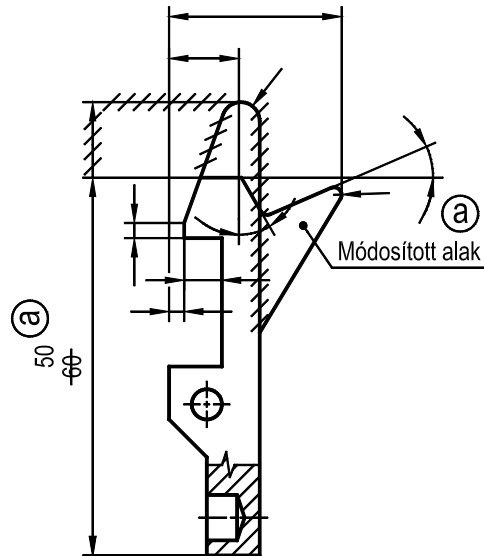
3.18. ábra

- Az érvénytelen részt vékony folytonos vonallal körül kell keríteni és két, egymást keresztező vonallal áthúzni. Az új részt az érvénytelen ábrarész közelében, elfordítás nélkül kell elhelyezni a módosításra utaló felirattal együtt. Pl.: Az áthúzott rész helyett (3.19. ábra).



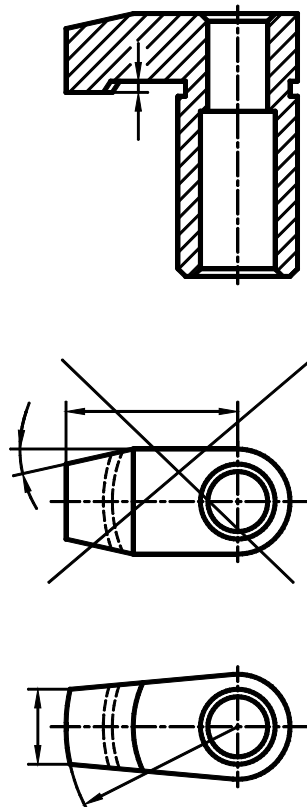
3.19. ábra

- Ha az értelmezéshez elegendő, akkor az érvénytelen ábrarész áthúzható vékony vonalakkal, és az új rész közvetlenül az ábrába rajzolható (3.20. ábra).



3.20. ábra

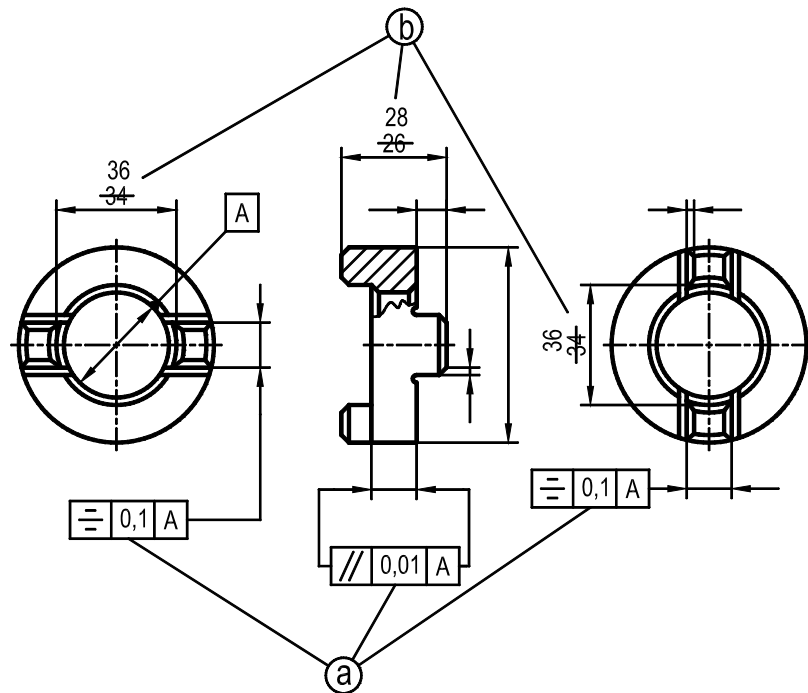
- Ha egy ábra, vagy annak valamelyik vetülete teljes egészében megváltozik, akkor az érvénytelen ábrát vagy vetületet át kell húzni és mellette az új ábrát megrajzolni (3.21. ábra).



3.21. ábra

A közvetlen rajzmódosítás jelölése körben elhelyezett betűvel vagy számmal történik a következő módon:

- a betű sorrendben egymást követő, ékezet nélküli (latin) kisbetű vagy arab sorszám legyen. Az egyidejű módosításokat azonos betűvel vagy számmal kell jelölni (3.18. ábra).
- A kör vékony vonallal húzott 6-12 mm átmérőjű legyen, amelyet az áthúzott (érvénytelen) adat mellett kell elhelyezni, vagy ahhoz vékony folytonos vonallal kapcsolni (3.22. ábra).



3.22. ábra

3.7.2. Közvetett rajzmódosítás

Közvetett módosításnak kell tekinteni és új, eredeti rajzot kell készíteni abban az esetben, ha a változtatások átvezetéséhez nincs elegendő hely, vagy a módosított rajz - a változtatások nagy száma miatt -, nehezen lenne áttekinthető.

3.7.3. Módosítási értesítő

Minden végleges rajzmódosításhoz módosítási értesítőt kell kiadni. A módosítási értesítő minimális adattartalma a következő:

- a módosítási értesítő megjelölése (bejegyzési vagy nyilvántartási szám);
- a módosítás időpontja;
- a módosítás érvénybe lépésének ideje;
- a módosítással érintett rajzok azonosító jelölései (rajzszáma, azonosító száma);
- a módosítás oka és részletes ismertetése, amelyből a módosítást megelőző és követő állapot egyértelműen megállapítható;
- a módosítási értesítő összes lapjainak száma és az adott lap sorszáma;

- a módosítási értesítő kiadásáért felelős személy(ek) neve és aláírása;
- a módosítási értesítő címzettjeinek felsorolása.

4. Tárgyak műszaki ábrázolása

A műszaki rajzok a műszaki kommunikáció eszközei. A műszaki dokumentáció céljának, felhasználásának megfelelően (munkadarabrajz, használati útmutató ábrái, prospektusok, ...) a műszaki rajz más-más ábrázolási módszer alkalmazásával készülhet.

Maga az **ábrázolás** a szabvány (MSZ ISO 10209-2) meghatározása szerint, a műszaki rajz bármely típusára vonatkozó információ rajzon való megadása.

A műszaki ábrázolásban egy megfelelő vetítési módszer megválasztásával a háromdimenziós tárgyról kétdimenziós képet nyerünk.

Nem mindig elegendő azonban egyetlen kép, műszaki rajzainkon a tárgyat általában több nézetből ábrázoljuk. Ezeknek a gondosan megválasztott nézeteknek a segítségével a tárgy teljesen és azonosíthatóan leírható.

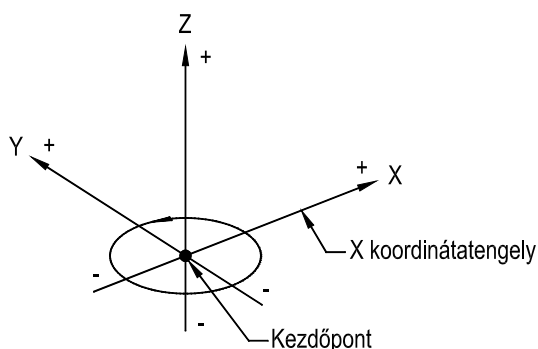
Az ilyen kétdimenziós ábrázolások kivitelezése azonban megköveteli a vetítési módszerek megértését és értelmezését úgy, hogy a szemlélő képes legyen a háromdimenziós tárgy egyes nézeteinek összerendezésére.

A műszaki kommunikáció kiszélesedése miatt a szemlélő számára könnyebben érthető ábrázolási mód alkalmazása is szükséges. Az ilyen módon, képies ábrázolással készült ábra, a tárgy háromdimenziós képének benyomását kelti úgy, ahogy az a szemlélőnek megjelenne. A képies ábrázolás olvasásához nem szükséges különleges műszaki gyakorlat.

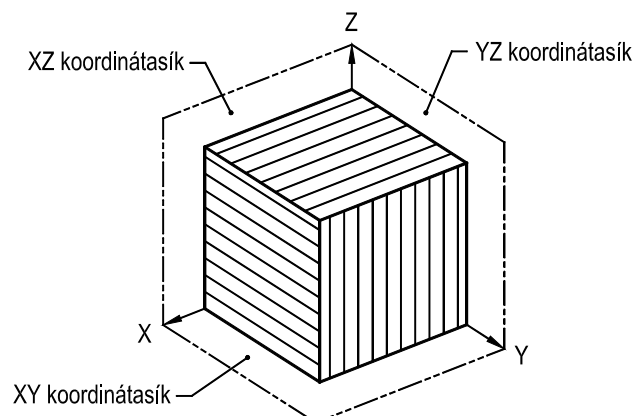
Mindegyik ábrázolási módra igaz, hogy az ábrázolandó tárgy térben való geometriai tájolása koordinátatengelyekkel és koordinátasíkokkal, valamint ezeknek a „jobbkezzszabálynak” megfelelő elrendezésével van megadva.

A **koordinátatengelyek** olyan képzeletbeli vonalak a térben, amelyek egymást derékszögben metszik. Három koordinátatengely van: X, Y és Z (4.1. ábra).

A három képzeletbeli tengely határozza meg a **koordinátasíkokat**, amelyek egymást derékszögben metszik. A három koordinátasík mindegyike két koordinátatengelyt, valamint a koordináták kezdőpontját tartalmazza. A koordinátasíkokat XY, YZ és XZ nagybetűkkel kell jelölni (4.2. ábra).



4.1. ábra



4.2. ábra

A vetítési módszereket a következők határozzák meg:

- a vetítővonalak fajtája (a vonalak párhuzamosak vagy konvergálóak lehetnek);
- a képsík helyzete a vetítővonalakhoz viszonyítva (merőleges vagy ferde);

- a tárgy helyzete (amely a képsíkhöz képest lehet párhuzamos, merőleges vagy ferde).

A különböző lehetőségek áttekintését és az egymással való kapcsolatukat az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat: Vetítési módszerek

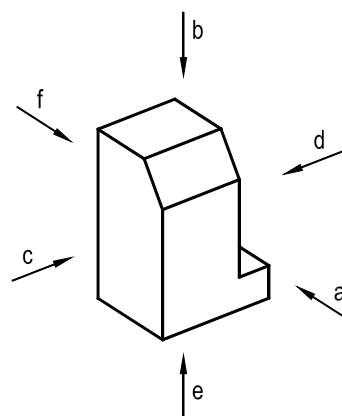
Vetítési középpont	A képsík helyzete a vetítővonalak-hoz képest	A tárgy fő jellemzői, a képsíkra vonatkoztatva	A képsíkok száma	A nézet fajtája	Vetítésfajta
A végtelenben (párhuzamos vetítővonalak)	merőleges	párhuzamos/merőleges	egy vagy több	két dimenziós	merőleges
		ferde	egy	három-dimenziós	
	ferde	párhuzamos/merőleges	egy	három-dimenziós	axonometri- kus
		ferde	egy	három-dimenziós	
A végesben (összetartó vetítővonalak)	ferde	ferde	egy	három-dimenziós	középpontos

4.1. Merőleges vetítés

A merőleges vetítési módszer különböző fajtái a műszaki rajzok valamennyi területén a tárgyak ábrázolásának leggyakrabban alkalmazott módszerei, ezért a technika nyelvének tekinthetők.

A merőleges vetítés olyan vetítési módszer, amelyben a képsíkra merőleges és így egymással párhuzamos vetítővonalakkal történik a tárgy leképezése.

A tárgy ábrázolása síkbeli, kétdimenziós nézetekkel történik, amelyek egymáshoz viszonyított rendszer szerintiek. A tárgy ábrázolásakor a fontossági sorrendnek megfelelően a következő hat nézet lehet szükséges (4.3. ábra és 2. táblázat).



4.3. ábra

2. táblázat: A nézetek jelölése

Nézési irány		A nézet jelölése
Nézetirányban	Nézet	
a	előlről	A
b	felülről	B
c	balról	C
d	jobbról	D
e	alulról	E
f	hátulról	F

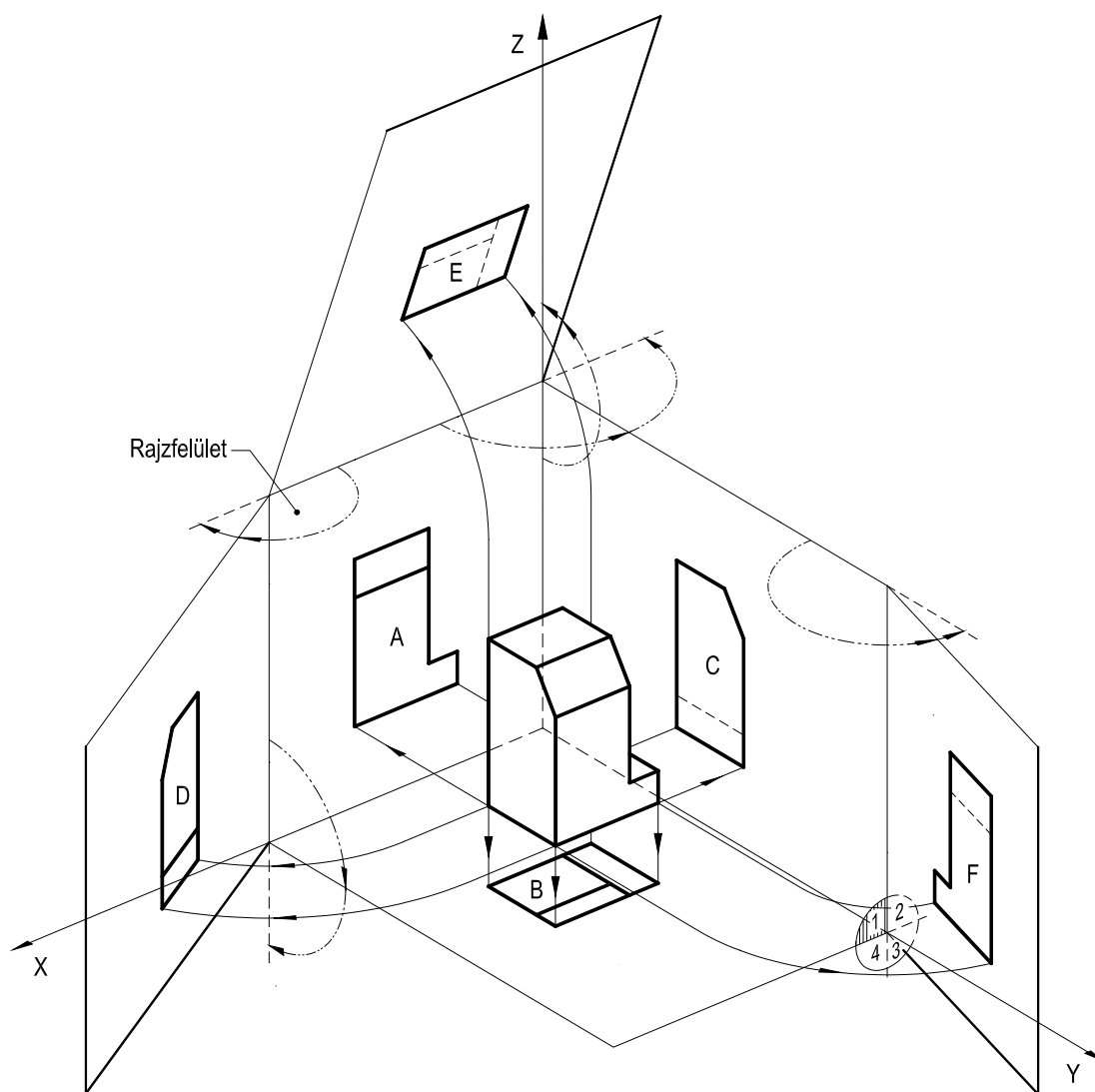
Az ábrázolandó tárgynak az a nézete, amely a tárgy leglényegesebb jellemzőit mutatja, a legtöbb információt tartalmazza, a főnézet, amely rendszerint az előlnézet. A nézési irány figyelembevételével ez az „A” nézet, amely a tárgyat működési, gyártási vagy szerelési helyzetében ábrázolja. A többi nézet relatív helyzete a főnézethez viszonyítva a rajzon a választott vetítési módszertől függ (első térszögbeli vetítési mód, harmadik térszögbeli vetítési mód, nézési irányt mutató nyíl módszere).

A gyakorlatban általában nincs szükség mind a hat nézetre. Alapelveként fogadjuk el, hogy csak és kizárólag annyi nézetet rajzolunk, amennyi szükséges és elegendő a tárgy teljes, félreértést kizáró ábrázolásához.

4.1.1. Első térszögbeli vetítési mód

Az első térszögbeli (európai) vetítési mód, olyan merőleges ábrázolás, amelyben az ábrázolandó tárgy elméletileg a szemlélő és a megfelelő koordinátasíkok között helyezkedik el. A tárgy nézeti ábrái a koordinátasíkokon merőleges vetítéssel képződnek (4.4. ábra).

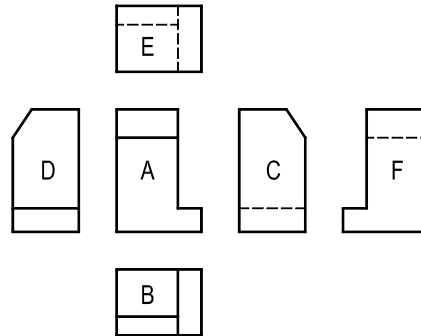
(Ezek a képsíkok a térben egy képzeletbeli hasáb lapjainak tekinthetők.)



4.4. ábra

A különböző nézetek helyzetét a főnézethez viszonyítva, képsíkjaiknak tengelyek körül való forgatása határozza meg. A 4.4. ábra jelöléseivel az „A” főnézethez (előlnézethez) viszonyítva a többi nézet a következők szerint helyezkedik el (4.5. ábra):

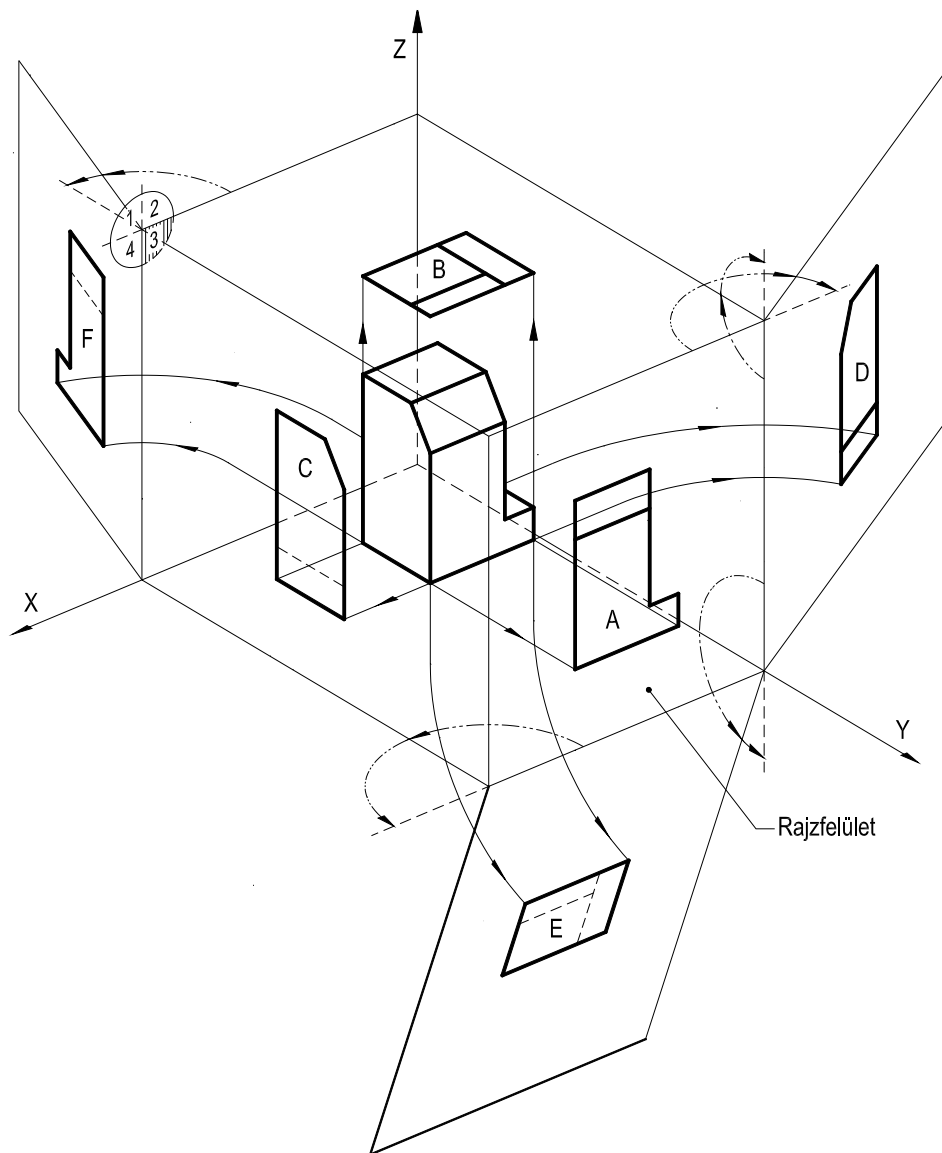
- B nézet: felülnézet, alul;
- C nézet: bal oldali nézet, jobbra;
- D nézet: jobb oldali nézet, balra;
- E nézet: alulnézet, felül;
- F nézet: hátulnézet, lehet jobbra vagy balra.



4.5. ábra

4.1.2. Harmadik térdnegyedbeli vetítési mód

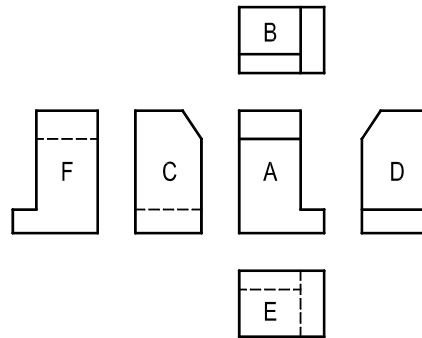
A harmadik térdnegyedbeli (amerikai) vetítési mód olyan merőleges ábrázolás, amelyben az ábrázolandó tárgy elméletileg a szemlélő és a megfelelő képsíkok mögött helyezkedik el (4.6. ábra).



4.6. ábra

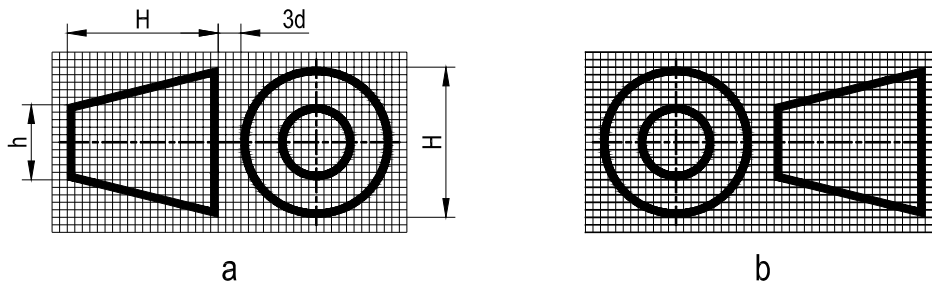
A különböző nézetek helyzetét a főnézethez viszonyítva, ennél az ábrázolási módnál is, képsíkjaiknak tengelyek körül való forgatása határozza meg. A rajzon, a „A” főnézethez (előlnézethez) viszonyítva a többi nézet a következők szerint helyezkedik el (4.7. ábra):

- B nézet: felülnézet, felül;
- C nézet: bal oldali nézet, balra;
- D nézet: jobb oldali nézet, jobbra;
- E nézet: alulnézet, alul;
- F nézet: hátulnézet, lehet jobbra vagy balra.



4.7. ábra

A szabvány (MSZ EN ISO 5456-2) előírásai szerint az adott rajzon alkalmazott vetítési mód megkülönböztető jelképét (4.8. ábra) a feliratmezőben az erre a célra fenntartott helyen meg kell adni. (Hazai gyakorlatban az európai vetítési mód jelképét általában elhagyjuk, de az amerikai vetítési módhoz tartozó jelképet megrajzoljuk.)



4.8. ábra

A rajzjelekhez alkalmazható méretsorozatok a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat: A vetítési módok megkülönböztető jeleinek méretsora

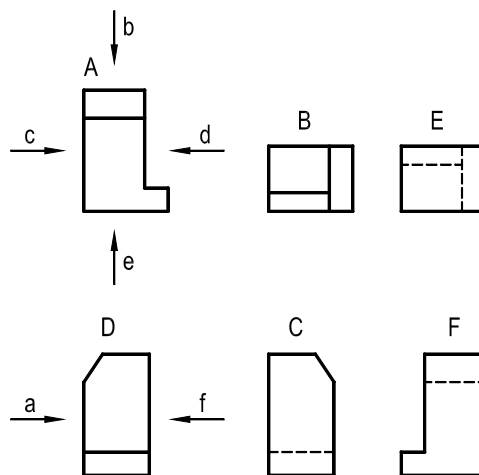
A számok és a nagybetűk (és/vagy kisbetűk) magassága és a kúp kisebb átmérőjű végének az átmérője, h	3,5	5	7	10	14	20
A rajzjel vonalvastagsága, d	0,35	0,5	0,7	1	1,4	2
A felirat vonalvastagsága, d						
A kúp hossza és nagyobb átmérőjű végének átmérője, H	7	10	14	20	28	40

4.1.3. A nézési irányt mutató nyíl módszere

Ha az első vagy a harmadik ténegyedbeli vetítési módszer szigorú betartása nem lehetséges vagy nem előnyös, akkor alkalmazható a nézési irányt mutató nyíl módszere, amely szerint a különböző nézeteket egymástól függetlenül lehet elrendezni.

Ebben az esetben a főnézet kivételével minden nézetet betűkkel kell azonosítani a 4.3. ábra szerint. A főnézeten kisbetű adja meg a többi nézet nézési irányát, a nézeteket pedig a megfelelő nagybetűkkel azonosítjuk úgy, hogy a betűk az ábra bal oldalán, a nézet fölött helyezkednek el. Az így azonosított nézeteket a főnézettől függetlenül lehet elhelyezni (4.9. ábra). Azokat a nagybetűket, amelyek a nézeteket azonosítják, a nézési iránytól függetlenül, minden esetben a rajz olvasási irányában kell elhelyezni.

A módszer megadásához külön rajzjelre nincs szükség.



4.9. ábra

4.2. Képies ábrázolás

A tárgyak műszaki vagy művészi kétdimenziós, szemléltető (térhatású) bemutatását képies ábrázolásnak nevezzük. A műszaki dokumentációk egyes fajtáiban (műszaki leírásokban, használati útmutatókban, prospektusokban) találkozunk ilyen ábrákkal.

A szabvány (MSZ ISO 10209-2) meghatározása szerint a képies ábrázolási módok a következők:

- axonometrikus ábrázolás,
- perspektivikus ábrázolás,
- átlátszó nézet,
- robbantott ábra.

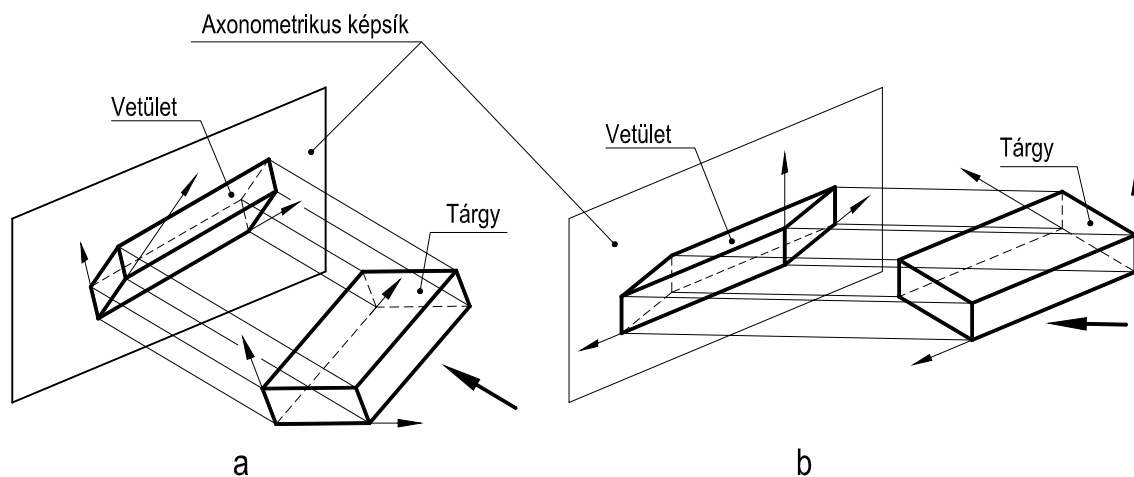
4.2.1. Axonometrikus ábrázolás

Az axonometrikus ábrázolás egyszerű képies ábrázolás. Az axonometrikus kép az ábrázolandó tárgynak egy, a végtelenben levő pontból (vetítési középpontból) egyetlen képsíkra (rendszerint rajzfelületre) való vetítése révén keletkezik (MSZ EN ISO 5456-3).

A párhuzamos vetítésnek ez a fajtája a nézetek megfelelő megközelítését adja, a mindenkor nézési pontra vonatkoztatva.

Az axonometrikus ábrázolás során keletkező kép függ a tárgy alakjától, valamint a vetítési középpont, a képsík és a tárgy relatív helyzetétől.

A tárgy elhelyezése a képsíkhöz képest lehet ferde, - ilyenkor merőleges vetítéssel hozható létre az axonometrikus kép (4.10.a) ábra). Így képezhetők az ún. egyméretű és kétméretű axonometriák.



4.10.a, b ábra

Elhelyezhetjük a tárgyat a képsíkkal párhuzamosan is, - ilyenkor a vetületét ferde vetítéssel hozzuk létre. Így képezhetők az ún. kavalier, kabinet és planometrikus axonometriák (4.10.b) ábra).

Az ábrázolandó tárgy helyzetét úgy válasszuk meg, hogy a főnézet és egyéb nézetek, amelyek a tárgynak a merőleges vetítésben való előnyben részesített ábrázolásai, világosan felismerhetők legyenek.

A koordinátatengelyek helyzetét megegyezés szerint kell megválasztani úgy, hogy közülük az egyik (a Z tengely) függőleges legyen.

A műszaki rajzokon ajánlott axonometriák:

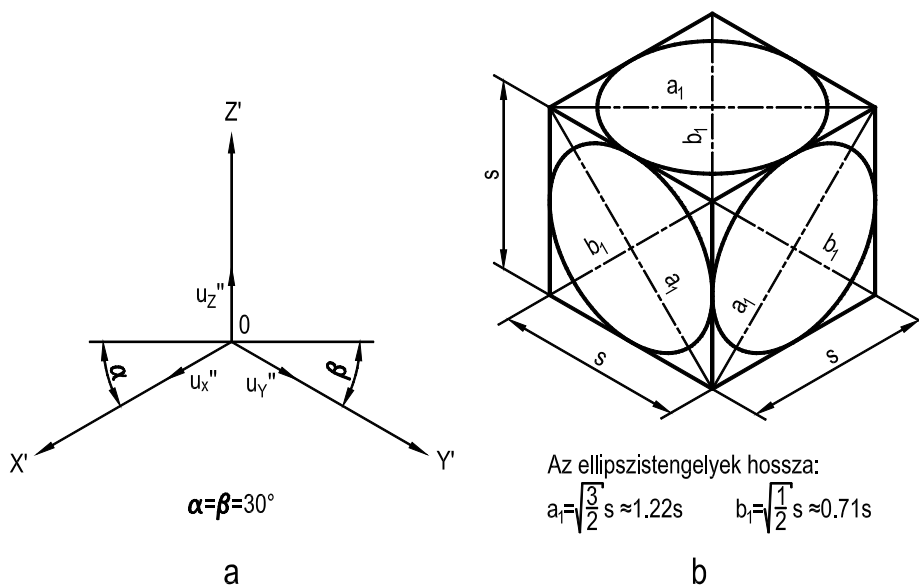
- izometrikus vetítés (4.2.1.1. szakasz),
- kétméretű vetítés (4.2.1.2. szakasz),
- ferde vetítés (4.2.1.3. szakasz).

4.2.1.1. Izometrikus vetítés

Az izometrikus vetítés olyan derékszögű axonometria, amelyben a képsík három azonos szöget zár be az X, az Y és a Z koordinátatengelyekkel. (Ez megfelel annak az ábrázolásnak, amely egy kocka fő nézetének derékszögű vetítése révén keletkezik, amelyben minden látható oldal azonos szögben hajlik a képsíkhöz.)

A három, X, Y és Z koordinátatengelyen levő u_x , u_y és u_z egységes hossz-szakaszokat merőlegesen a képsíkra vetítve három azonos u_x' , u_y' és u_z' szakasz lesz a vetített X', Y' és Z' tengelyeken, amelyeknek a hossza, $u_x' = u_y' = u_z' = (2/3)^{1/2} = 0,816$.

A három, X, Y és Z koordinátatengely vetítését a képsíkra (rajzfelületre) a 4.11.a) ábra tartalmazza.



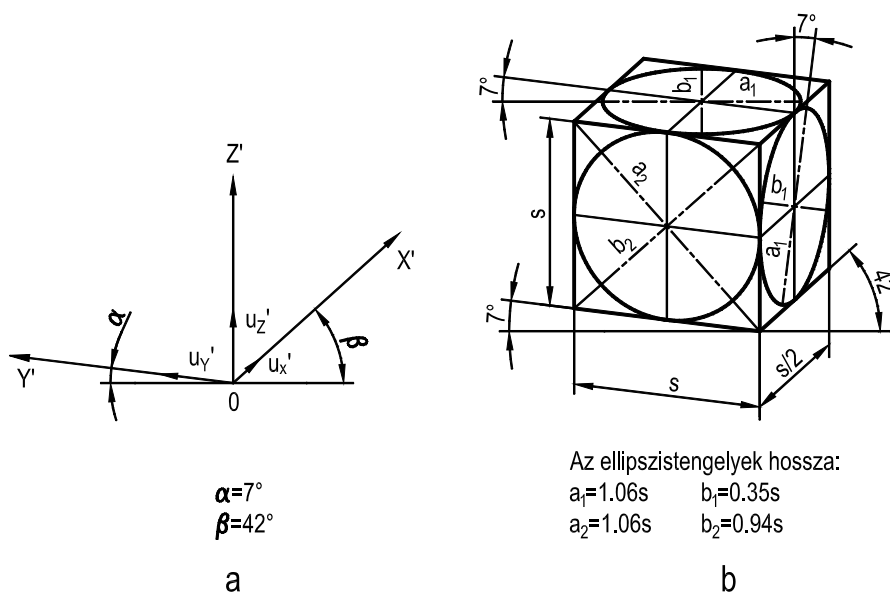
4.11.a, b ábra

A rajzgyakorlatban az X' , Y' és Z' tengelyre vetített egységes hossz-szakaszok $u_{X'}'' = u_{Y'}'' = u_{Z'}'' = 1$ -ként értelmezhetők.

A körábrázolásokat tartalmazó kocka izometrikus vetítését a 4.11.b) ábra mutatja úgy, hogy a körök a látható oldalakon vannak.

4.2.1.2. Kétméretű vetítés

A kétméretű vetítést akkor alkalmazzuk, ha az ábrázolandó tárgy egy nézete különösen fontos. A három koordinátatengely X , Y és Z vetítése, X' , Y' és Z' a 4.12.a) ábra szerinti. A három méretarány viszonya $u_{X'}':u_{Y'}':u_{Z'}' = 1/2:1:1$.



4.12.a, b ábra

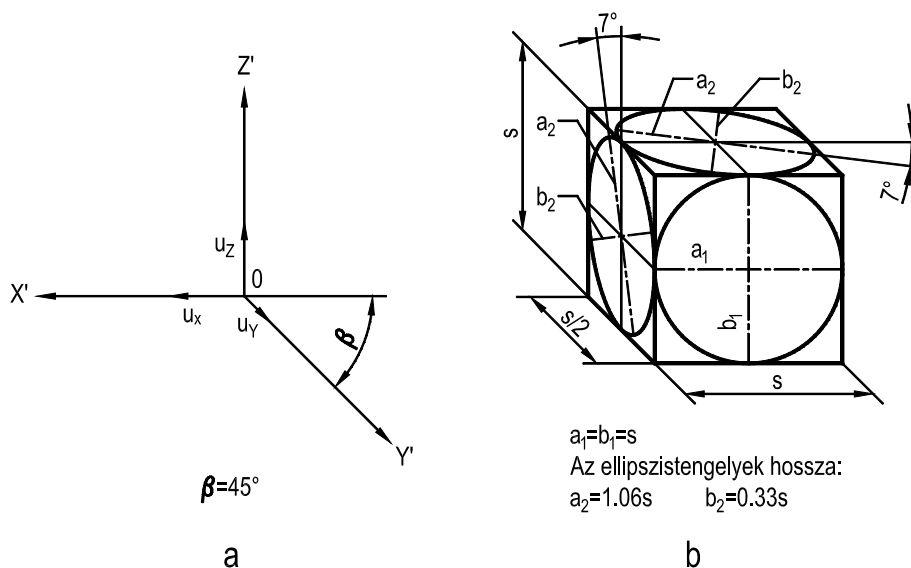
A körábrázolásokat tartalmazó kocka kétméretű vetítését ábrázolja a 4.12.b) ábra úgy, hogy a körök a látható oldalakra vannak rajzolva.

4.2.1.3. Ferde axonometria

Ferde axonometriában a képsík párhuzamos az egyik koordinátasíkkal és az ábrázolandó tárgy főnézetével. Két vetített koordinátatengely egymásra merőleges. A harmadik koordinátatengely és annak méretaránya tetszőleges. A rajzolás megkönnyítése érdekében a ferde axonometria különböző fajtái alkalmazhatók.

1. Kavalier vetítés

Ebben a ferde axonometriában a képsík rendszerint merőleges a fő vetítési tengelyre, a harmadik koordinátatengely pedig megállapodás szerint 45° -ban halad. A méretarány a koordinátatengelyeken: $u_x:u_y:u_z=1:1/2:1$ (4.13.a) ábra).



4.13.a, b ábra

A körábrázolásokat tartalmazó kocka kavalier vetítését ábrázolja a 4.13.b) ábra úgy, hogy a körök a látható oldalakon vannak.

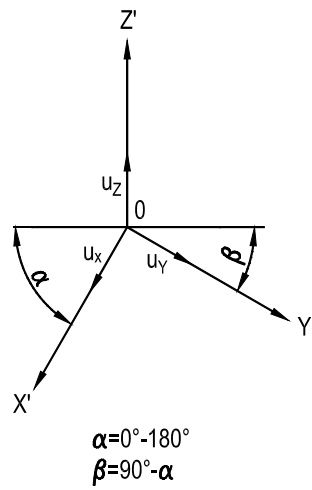
2. Kabinetvetítés

A kabinetvetítés hasonló a Kavalier vetítéshez, a különbség az, hogy a harmadik vetítési tengelyen is ugyanaz a méretarány.

3. Planometrikus vetítés

Ennél az ábrázolási módnál a képsík párhuzamos a vízszintes koordinátasíkkal. Két fajtáját használjuk:

- **normális planometrikus vetítés:** a méretarány a koordinátatengelyeken : $u_x:u_y:u_z=1:1:1$. A koordinátatengelyek lehetséges vetítéseit a 4.14. ábra tartalmazza. (A ferde szögű axonometriának ez a fajtája különösen a várostervezés rajzaihoz alkalmas).
- **rövidített planometrikus vetítés:** a méretarány a koordinátatengelyeken. $u_x:u_y:u_z=1:1:2/3$.



4.14. ábra

Planometrikus vetítésben kerülni kell az $\alpha = 0^\circ, 90^\circ, 180^\circ$ -os szögekkel való ábrázolást, hogy minden szükséges információ ábrázolható legyen.

4.2.2. Perspektivikus ábrázolás

A látható térbeli képet jobban megközelítő távlati vagy perspektivikus ábrázolást az axonometrikus vetítéshez hasonlóan prospektusokban, építészeti tervekben és más műszaki dokumentációkban alkalmazzák (ISO 5456-4).

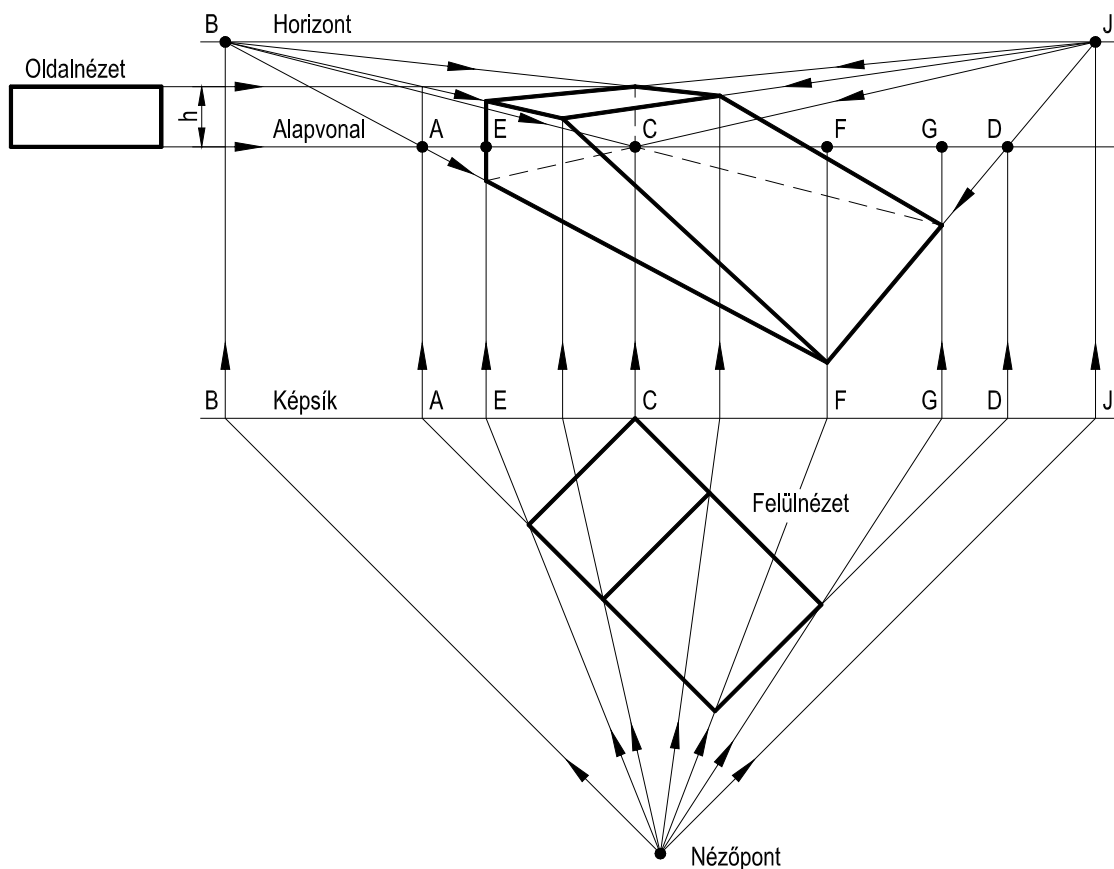
A perspektivikus ábrázolás valamely tárgy középpontos vetítése (általában függőleges) képsíkra. Az ábrázolandó tárgy képsíkhhoz viszonyított helyzete szerint a perspektivikus ábrázolás lehet:

- egypontú perspektíva: madárperspektíva, békaperspektíva;
- kétpontú perspektíva;
- hárompontú perspektíva.

Egypontú perspektívában az ábrázolandó tárgyat egyik homlokfelületével a képsíkkal párhuzamosan helyezük el. Ha a tárgy felülről látható, vagyis a nézőpont a vízszintes képsík felett van, madárperspektíváról; ha alulról látható, vagyis a nézőpont a vízszintes képsík alatt van, békaperspektíváról beszélünk.

A gyakorlatban leginkább megfelelő ábrázolási mód a kétpontú perspektíva, amelynél a tárgyat úgy helyezzük el a képsíkhöz képest, hogy függőleges homlokfelületei hajlanak a függőleges képsík felé, vízszintes homlokfelületei pedig merőlegesek arra. (A tárgy függőleges élei párhuzamosak a képsíkkal.)

Kétpontú perspektíva szerkesztését mutatja a 4.15. ábra.

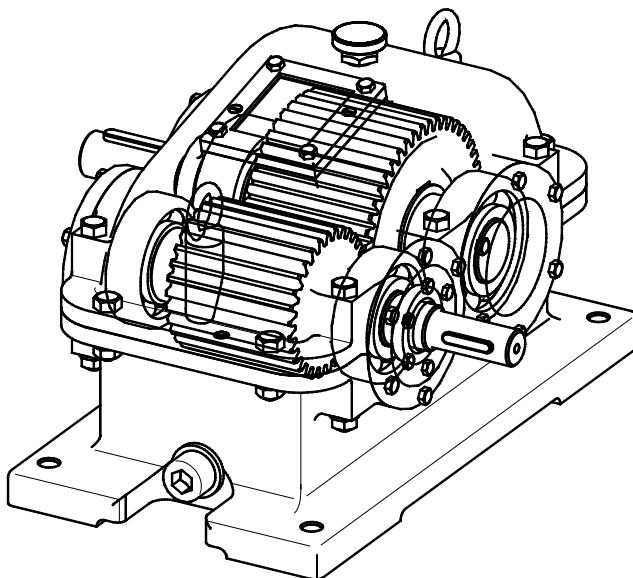


4.15. ábra

Műszaki rajzokon ritka a hárompontú perspektíva, amelynél a tárgy beállítása olyan, hogy minden homlokfelülete hajlik a képsík felé.

4.2.3. Átlátszó nézet

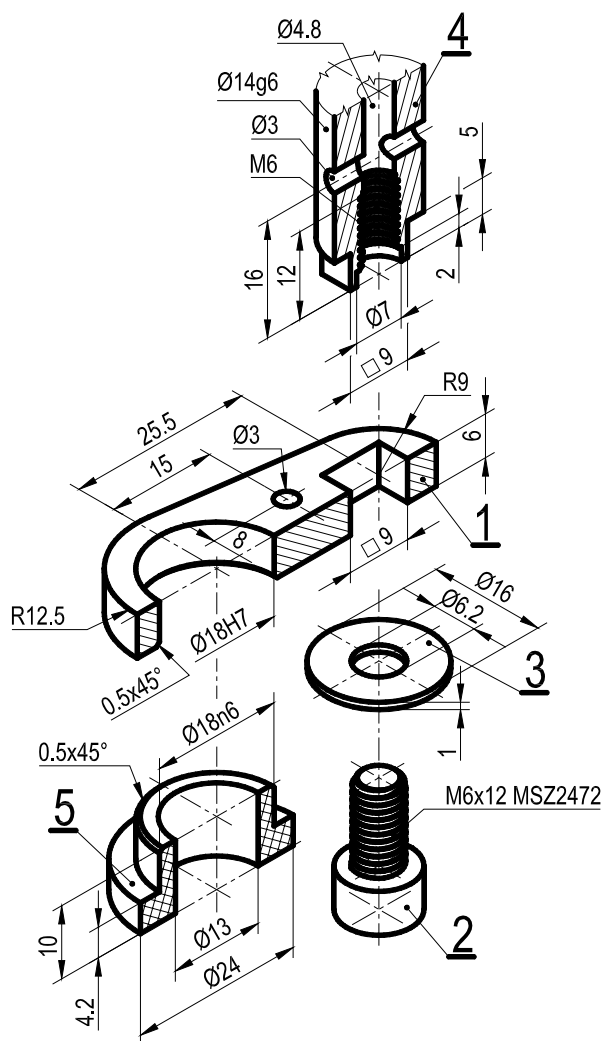
Prospektusokban, szerelési és használati útmutatókban találkozunk az átlátszó nézettel. Ez olyan, általában perspektivikus ábrázolás, amely a bonyolult tárgyakat a fő részek bemutatása érdekében úgy ábrázol, mintha azok részben átlátszóak lennének (4.16. ábra).



4.16. ábra

4.2.4. Robbantott ábra

A robbantott ábra valamely szerkezet olyan képies ábrázolása, rendszerint egyméretű (izometrikus) axonometriában vagy perspektivikus ábrázolásban, amelyben az alkatrészek azonos méretarányban és egymáshoz képest irányítottan, de eltolva vannak megrajzolva, elhelyezkedésük sorrendjében (4.17. ábra).



4.17. ábra

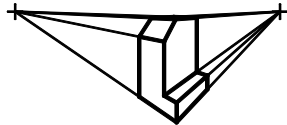
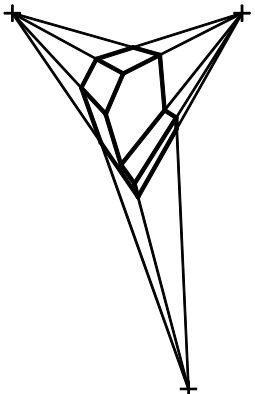
Ezt az ábrázolási módot főként műszaki leírásokban, üzembe helyezési és használati útmutatókban, termékkatalógusokban használjuk.

A leggyakrabban alkalmazott ábrázolási módszereket a 4. táblázat tartalmazza.

4. táblázat A műszaki rajzok ajánlott ábrázolási módszereinek összefoglalása

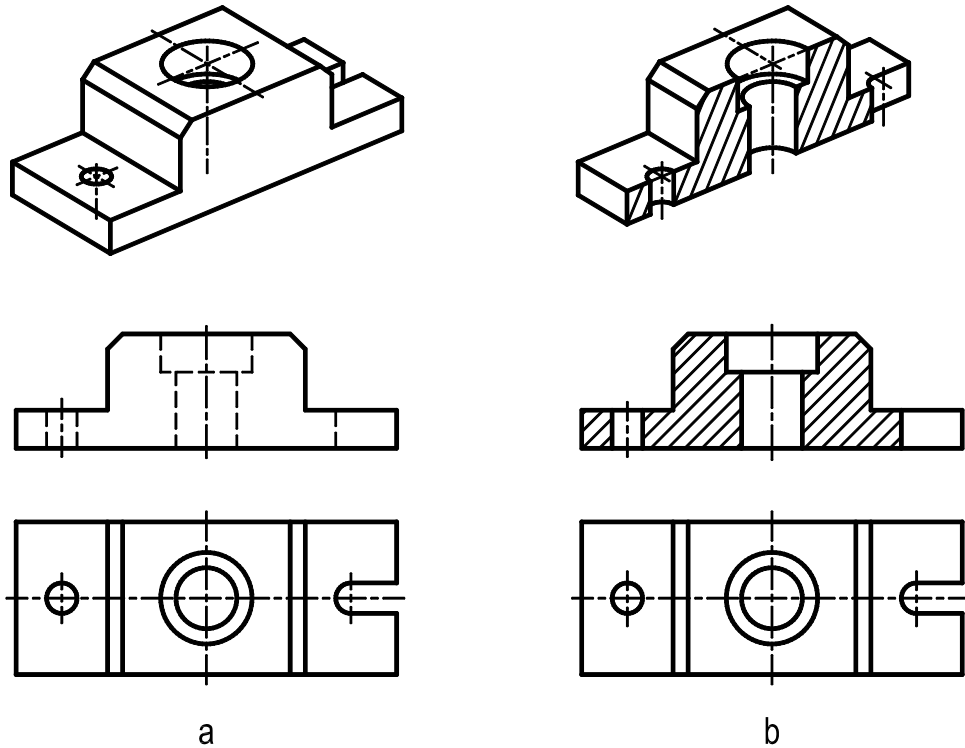
A vetítési középpont elhelyezése	A képsík helyzete	A tárgy fő eleminek helyzete	A megfelelő ábrázolási mód szakkifejezése	Példa
A végtelenben (párhuzamos vetítővonalak)	Merőleges vetítés			
	Párhuzamos (koordináta tengelyekre merőleges és merőleges a vetítővonalakra)	Általában párhuzamos/merőleges a vetítősíkokra és a vetítővonalakra	Első ténegyedbeli vetítési mód	
			Harmadik ténegyedbeli vetítési mód	
			A nézési irányt mutató nyíl	
		Nincs fő elem	Topográfiai vetítés	
	Axonometrikus vetítés			
	Azonosan hajlanak a koordinátatengelyekhez és merőlegesek a vetítővonalakra	Párhuzamos a koordinátasíkokkal	Egyméretű (izometrikus)	
	Azonosan hajlanak a koordinátatengelyek közül kettőhöz és merőlegesek a vetítővonalakra		Kétméretű	
	Különbözően hajlanak a koordinátatengelyekhez és merőlegesek a vetítővonalakra		Háromméretű	nem ajánlatos
	Párhuzamosan a függőleges koordinátasíkkal és ferde a vetítővonalakhoz	Párhuzamos a függőleges vetítősíkokkal	Kavalier	
	Párhuzamos a függőleges koordinátasíkkal és ferde a vetítővonalakhoz		Kabinet	
	Párhuzamos a vízszinte koordinátasíkkal és ferde a vetítővonalakhoz	Párhuzamos a vízszintes vetítősíkokkal	Planometrikus	

(A táblázat folytatódik)

A vetítési középpont elhelyezése	A képsík helyzete	A tárgy fő elemeinek helyzete	A megfelelő ábrázolási mód szakkifejezése	Példa
Véges (széttartó vetítővonalak)	Középpontos vetítés			
	Általában függőleges	Homlokfelület párhuzamos a képsíkkal	Egypontos perspektíva	
		Függőleges élek párhuzamosak a képsíkkal	Kétpontos perspektíva	
		Ferdék a képsíkhöz képest	Hárompontos perspektíva	

4.3. Ábrázolás metszetekkel

Ha egy üreges tárgy a vetületi ábrázolás eddig tanult szabályai szerint ábrázolt, akkor a tárgy belső részleteit (furatok, hornyok) szaggatott vékony vonallal rajzoljuk. A szaggatott vonalak megnehezítik a rajz értelmezését, ezért ilyen esetekben nem célszerű a nézeti vetület alkalmazása (4.18. ábra).



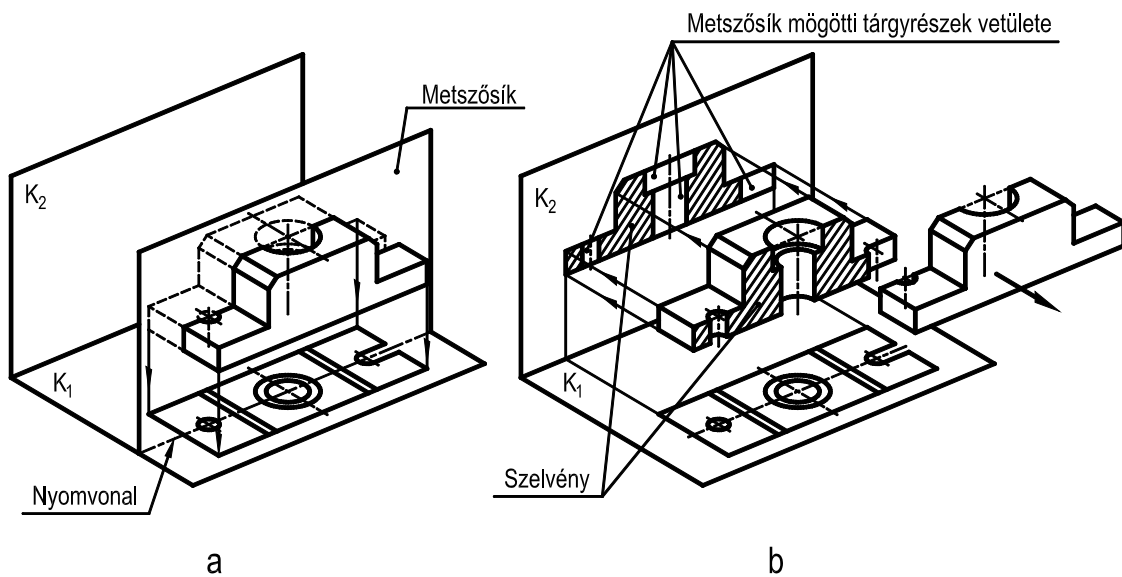
4.18. ábra

A belső üregek, furatok, stb. szemléletes bemutatására a metszeti ábrázolás szolgál (MSZ ISO 128).

4.3.1. A metszeti ábrázolás elve

A metszeti ábrázolás lényege az, hogy az üreges tárgyat egy képzeletbeli metszősíkkal (síkokkal) elvágjuk, majd a metszősík(ok) és a képsík közé eső részt ábrázoljuk a vetületi ábrázolás szabályai szerint (4.18.b és 4.19. ábra).

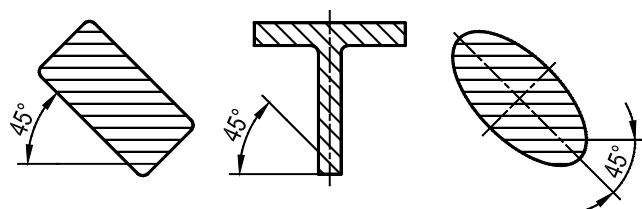
Ezzel a vetület fogalma kibővül, vagyis a vetületet nézeti és/vagy metszeti vetületként értelmezhetjük.



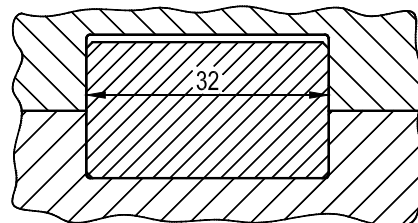
4.19. ábra

A metszeti képen a metszett felületet vonalkázással jelöljük. A legegyszerűbb vonalkázási mód a metszet körvonalához vagy szimmetriavonalaihoz viszonyított 45° -os szögben dőlt, folytonos vékony vonal (B típus) (4.20. ábra). Ugyanazon alkatrész metszett felületeit azonos módon kell jelölni. A csatlakozó alkatrészek vonalkázása különböző irányú, és ha több ilyen van, akkor különböző távolságú (sűrűségű) is kell legyen (4.21. ábra).

A vonalkázás (sraffozás) sűrűsége a metszett felület nagyságától függően 1-10 mm, a minimális távolság a kontúrvonal vastagságának kétszerese lehet.

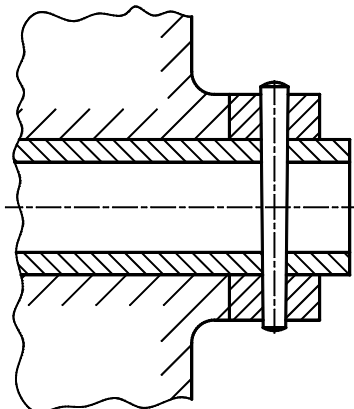


4.20. ábra

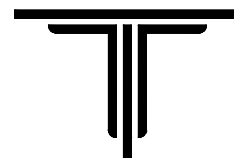


4.21. ábra

Nagy felületeket elegendő csak a metszet körvonala mentén vonalkázni (4.22. ábra).



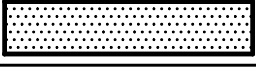
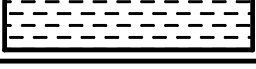
4.22. ábra



4.23. ábra

Vékony keresztmetszetet teljesen be lehet feketíteni (4.23. ábra). Ebben az esetben a szomszédos keresztmetszetek között legalább 0,7mm-es hézagot kell hagyni.

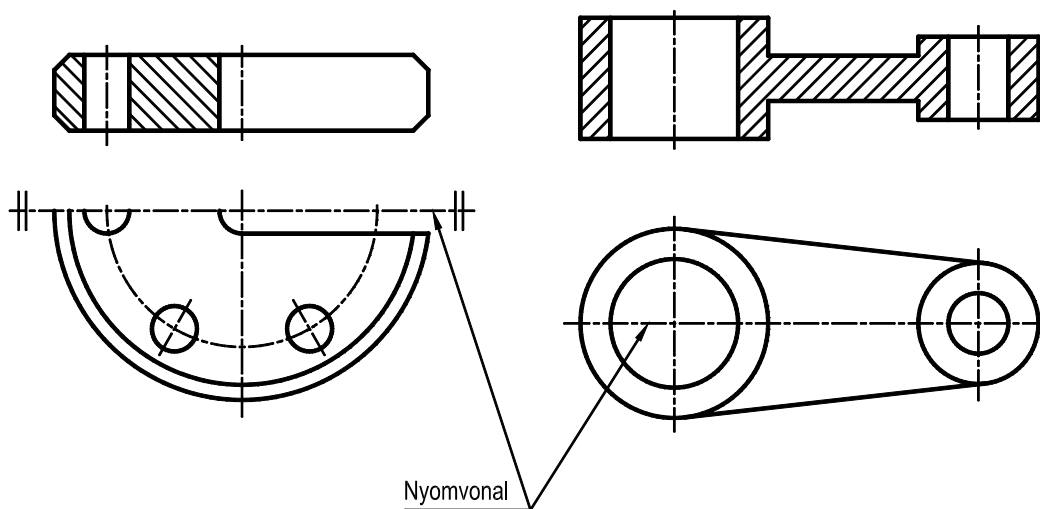
Az anyagfajtától független általános metszeti jelölésen kívül az anyagfajtát is meg lehet különböztetni metszeti jelöléssel (4.24. ábra). Azonosításhoz az anyagjelölés szabványra kell hivatkozni, illetve nem szabványos jelölés esetén a különböző anyagjelölések jelentését a műszaki követelményekben meg kell adni.

Fémes anyag		Műanyag, gumi	
Üveg, plexi, átlátszó anyag		Fa keresztmetszete (bűtü)	
Szemcsés anyag		Fa hosszmeteszete	
Folyadék		Beton	

4.24. ábra

4.3.2. A metszetek jelölése

A metszősík és képsík metszészvonalát nyomvonalnak nevezzük (4.19. ábra). A metszeti kép csak akkor egyértelmű, ha pontosan látjuk, hogy hol metsztük el a tárgyat. Ezt a metszősík nyomvonala mutatja. Ezért fontos, hogy a nyomvonal helye a rajzról egyértelműen megállapítható legyen.



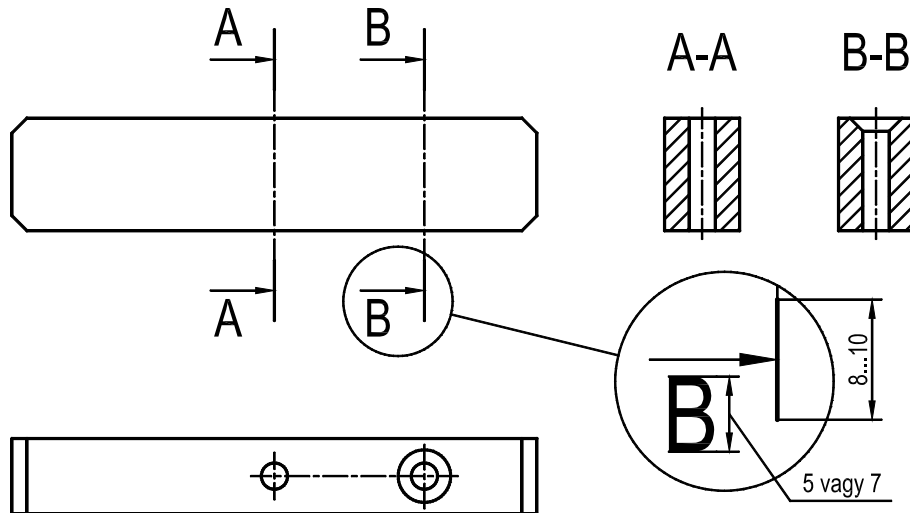
4.25. ábra

A nyomvonal jelölésének szabályai:

- nem kell jelölni a nyomvonalat, ha egyértelmű a metszősík helyzete, azaz:
 - a metszősík a tárgy szimmetriasíkjával egybeesik,
 - a tárgyról csak egyetlen metszetet készítünk és
 - a metszeti képet a vetületrendnek megfelelően helyezzük el (4.25. ábra).

b) jelölni kell a nyomvonalat, ha a metszősík helye nem egyértelmű vagy ha több metszősík van:

- az irányváltásoknál és a végeknél vastag pontvonallal (H típus) kell rajzolni,
- a vetítés irányát vékony szárú nyíllal meg kell jelölni, és
- a metszetet azonosító jelöléssel (az ABC nagy betűivel) kell pontosítani (4.26. ábra).



4.26. ábra

4.3.3. A metszetek fajtái

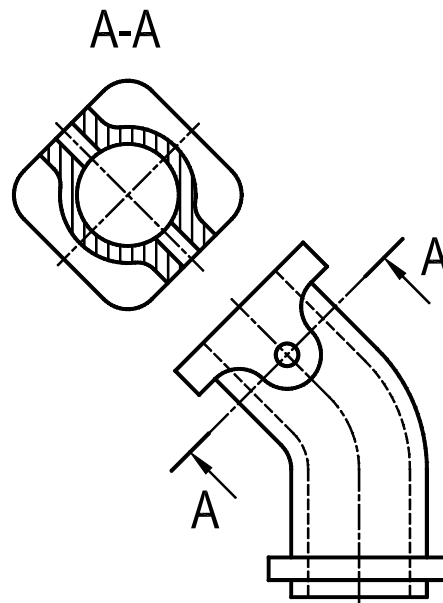
A különböző kialakítású alkatrészek metszeti ábrázolására több lehetőségünk is van. Mindig nekünk kell megállapítani azt, hogy az adott tárgy esetén melyik a legkedvezőbb megoldás. Az ábrázolási mód megválasztásakor – hasonlóan a nézeti vetületekhez –, két szempontot figyelembe kell venni:

- az alkatrész alakjának bemutatása egyértelmű legyen (minden méret megadható legyen), és
- ezt a lehető legkevesebb rajzmunkával tudjuk megvalósítani.

4.3.3.1. Egyszerű metszet

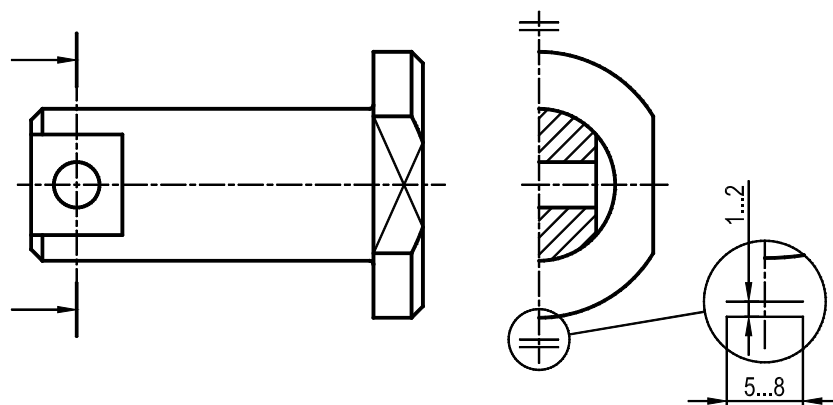
Az egyetlen metszősíkkal képzett metszetet nevezzük egyszerű metszetnek. A gyakorlatban az egyszerű metszetek különféle megoldásait alkalmazzuk:

- *Teljes metszet:* a metszősík nyomvonala egyenes, a sík az alkatrészt teljesen egészében átmetszi (4.25. és 4.26. ábra). A teljes metszet készülhet olyan metszősíkkal is, a mely egyik képsíkkal sem párhuzamos. Ebben az esetben a metszetet a vetítés irányában helyezzük el, de el is csúsztatható (4.27. ábra).



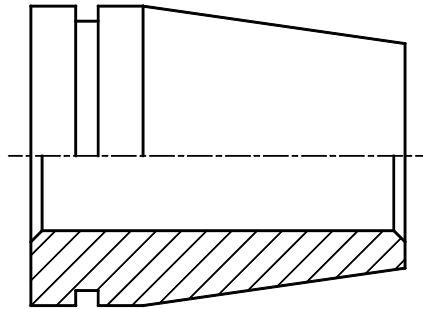
4.27. ábra

- *Félmetszet:* szimmetrikus tárgyak esetén megtehetjük, hogy a metszeti képnek csak a felét rajzoljuk meg (4.28. ábra). Ezáltal rajzi munkát takarítunk meg és a rajz kisebb helyet is foglal. A félmetszet alkalmazására a szimmetriatengely végein elhelyezett merőleges vonalpárral hívjuk fel a figyelmet.



4.28. ábra

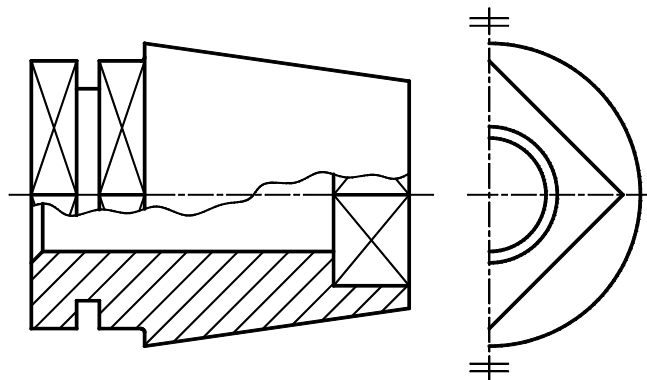
- *Félnézet-félmetszet*: olyan tárgyak esetén alkalmazzuk, amelyeknek nézeti és metszeti képe egyaránt szimmetrikus. Szemléletes ábrázolási megoldás, hiszen egyidejűleg mutatja a tárgy külső és belső formáját. Azt, hogy a vetület melyik fele legyen a nézet és melyik a metszet, magunk dönthetjük el (4.29. ábra).



4. 29. ábra

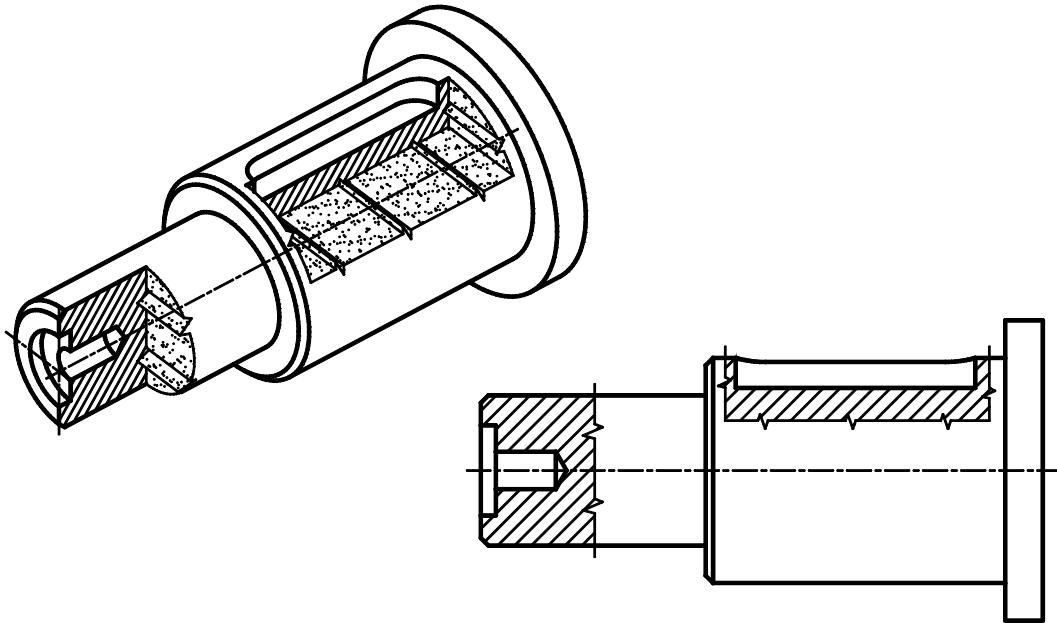
A félmetszet és félnézet-félmetszet alkalmazása estén tartsuk be a következő két fontos szabályt!

- A félnézeti részen a takart részek szaggatott vonalas ábrázolása szükségtelen.
- Nem eshet látható él a szimmetriatengelyre. Ha mégis van a félnézet-félmetszet határán kisebb külső vagy belső él, akkor ún. túltörést kell alkalmazni (4.30. ábra).



4.30. ábra

- *Kitöréses metszet:* a tömör tárgyakban levő kisebb furatok, hornyok, stb. bemutatására alkalmazzuk, külön vetület rajzolása nélkül (4.31. ábra). A tárgyat csak a bemutatni kívánt részlet közvetlen környezetében metszi a képzeletbeli metszősík. A metszés határát vékony, egyenes vagy szabadkézi törésvonallal (C vagy D típus) rajzoljuk. A határvonal nem lehet méretvonal.

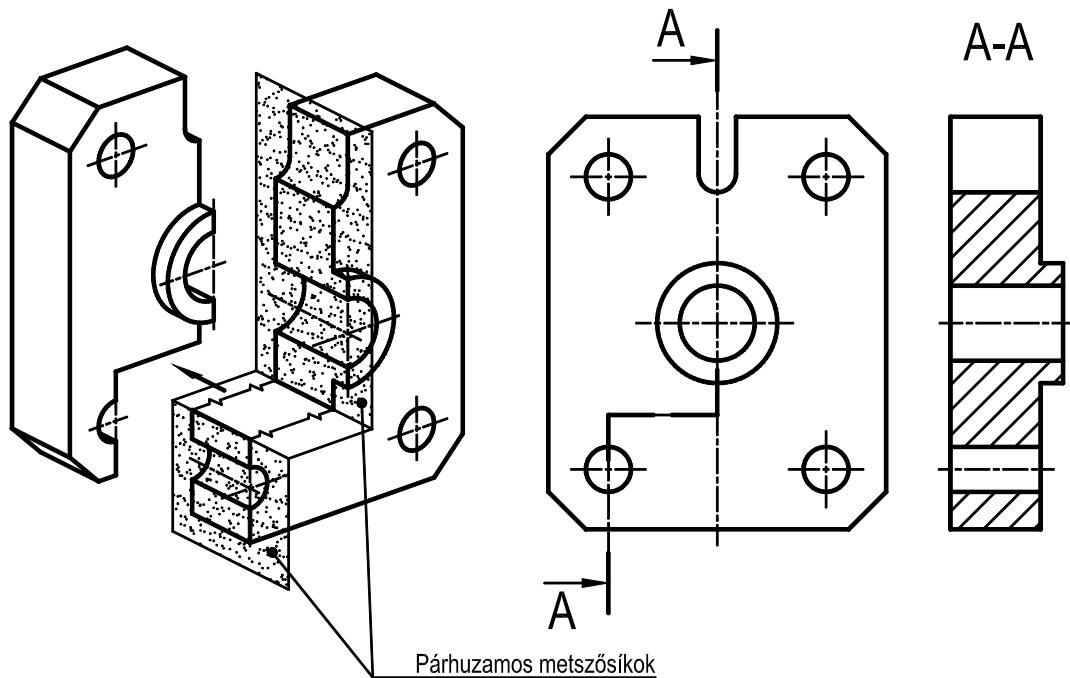


4.31. ábra

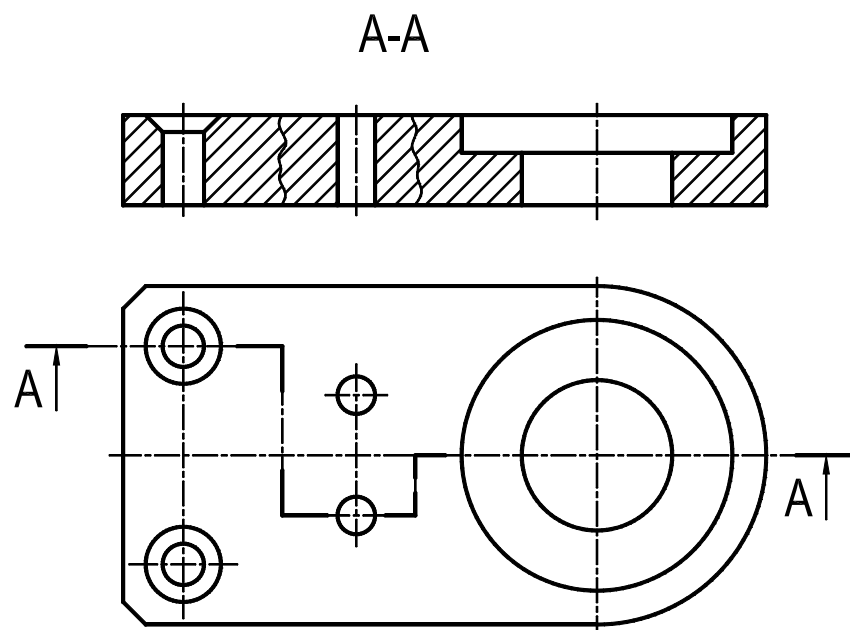
4.3.3.2. Összetett metszet

Az alkatrészek belső üregei nem mindig helyezkednek el egy síkban. Ilyenkor csak több egyszerű metszet alkalmazásával tudnánk a tárgyat egyértelműen bemutatni. A sok metszeti kép sok felesleges részletet is tartalmazhat és helyigénye miatt sem ajánlatos. Ebben az esetben célszerűbb ha valamelyik összetett metszetet alkalmazzuk.

- *Lépcsős metszet:* két vagy több párhuzamos sikkal való metszés (4.32. ábra) eredményeképpen jön létre. A lépcsős metszetet párhuzamos metszősíkokkal létrehozott részmetszetek sorának is tekinthetjük. A metszeti képen a részmetszetek határvonalát nem szükséges jelölni, mert a metszősíkok nyomvonala alapján egyértelműen megállapítható. Ha mégis szeretnénk az összetett metszetre felhívni a figyelmet, akkor a 4.33. ábra szerint törésvonallal jelöljük a metszetrészek határát, a vonalzatokat pedig egymáshoz képest eltoljuk.

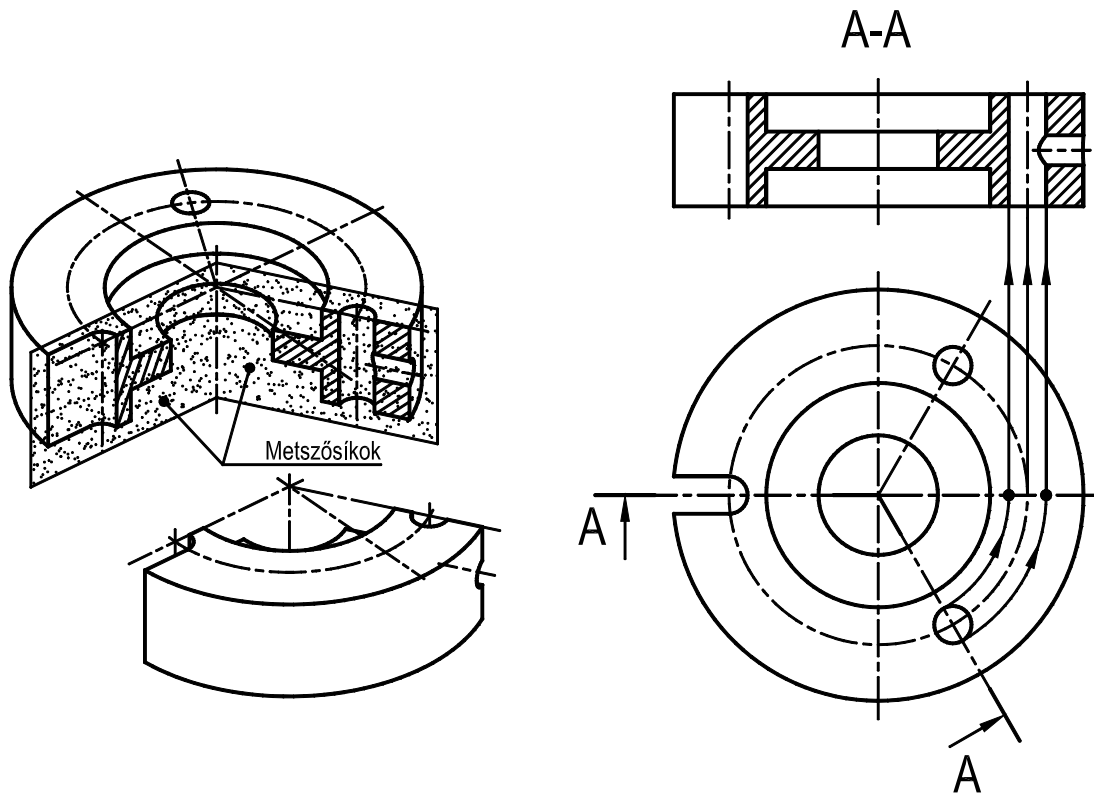


4.32. ábra



4.33. ábra

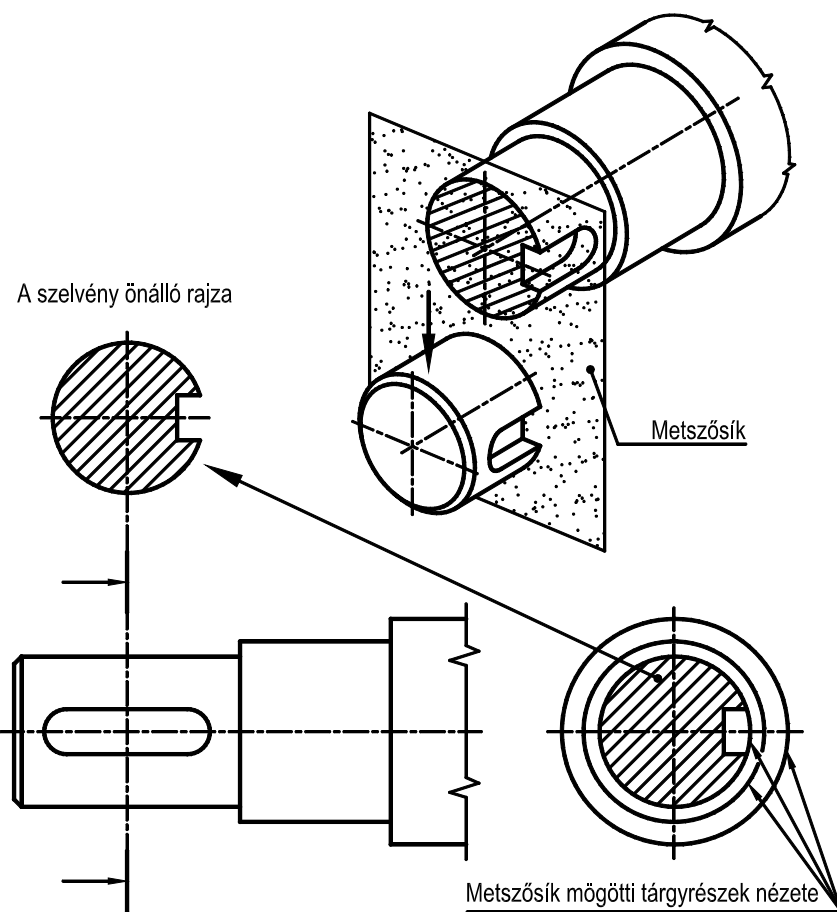
- *Befordított metszet:* egymást metsző – szögben csatlakozó – síkokkal létrehozott részmetsetekből álló metszet (4.34. ábra). A befordított metszet rajzolásakor a képsíkhoz képest ferde helyzetű metszősíkkal képzett részmetset minden elemét a képsíkkal párhuzamos helyzetbe forgatjuk, majd innen vetítve szerkesztjük meg a vetületi képet. A befordított metszetet gyakran alkalmazzuk tárcsák, fedelek, karimák, szögemelő, stb. furatainak, hornyainak ábrázolására.



4.34. ábra

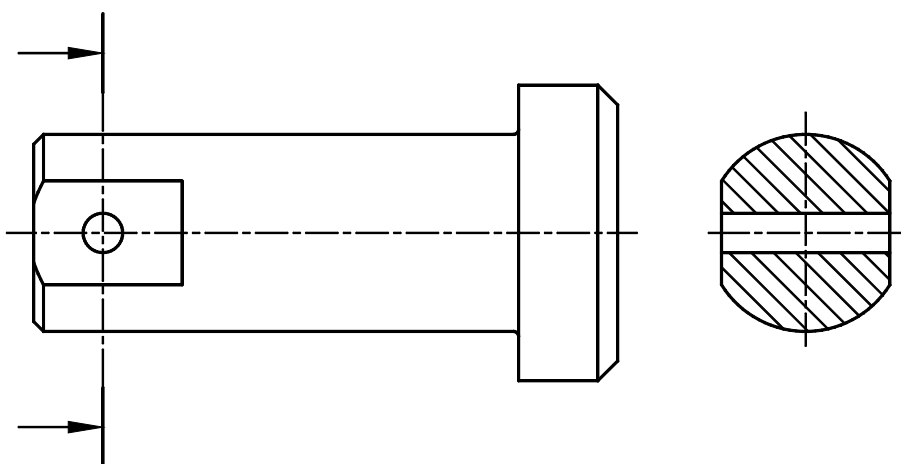
4.3.4. Szelvények rajzolása

Ábrázolási egyszerűsítést jelenthet, és sok esetben célszerű csak a metszősíkba eső felület (keresztmetszet), a *szelvény* önálló ábraként történő megrajzolása, amely rendszerint csak egy-egy részlet kialakításának, ill. egy-két méretnek a megmutatására szolgál (4.35. ábra). Tehát minden esetben -ha a tárgy ábrázolása egyértelmű-, a keresztmetszetből elhagyhatjuk a metszősík mögötti tárgyrészek nézetét, és önálló képként csak a szelvényt rajzoljuk meg.



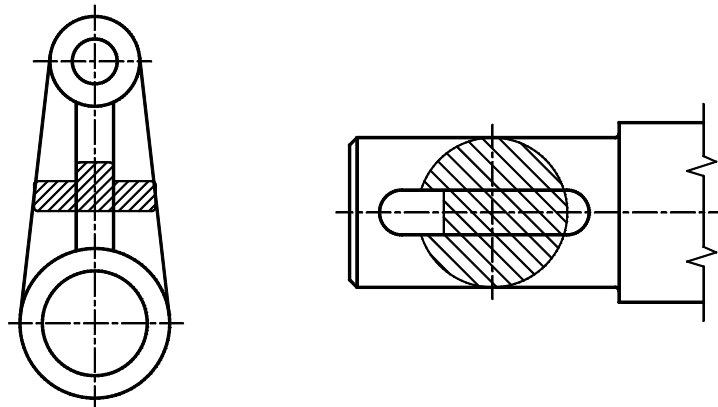
4.35. ábra

Ha a szelvénykép -a metszősík mögötti részek elhagyása miatt-, több darabra „esne szét”, akkor az egyes részeket a metszősík mögötti élek vonalával össze kell kötni (4.36. ábra).



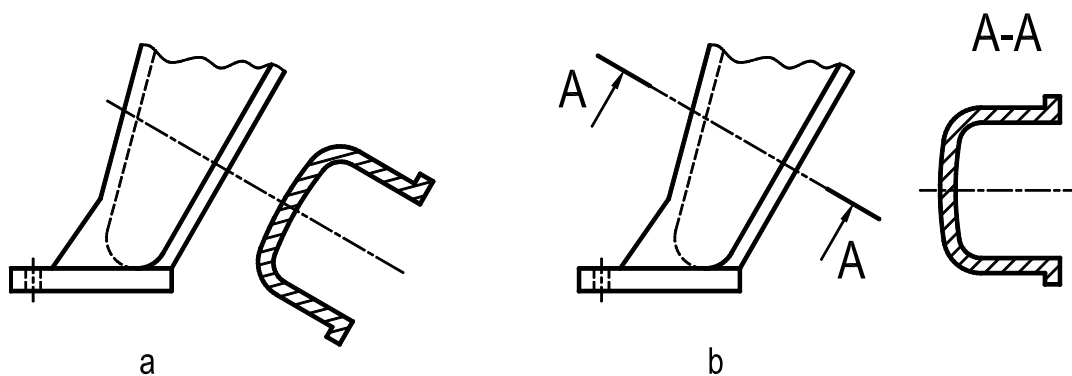
4.36. ábra

A szelvény rajza elhelyezhető a vetületi képen belül vagy azon kívül. A vetületen belül rajzolt szelvényt a metszősík körül 90°-kal elforgatjuk, vékony folytonos (B típusú) vonallal rajzoljuk és bevonalkázzuk (4.37. ábra). Mivel a metszősík helyzete egyértelmű, azonosításra nincs szükség.



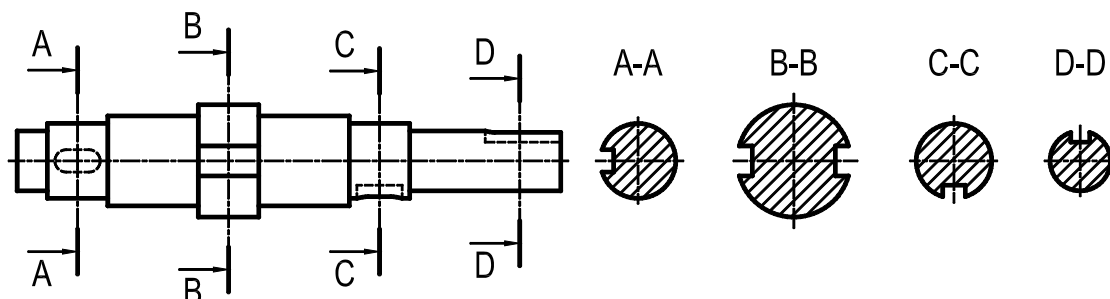
4.37. ábra

A vetületen kívül elhelyezett szelvény körvonalát folytonos vastag (A típusú) vonallal kell megrajzolni. A nézeten kívül rajzolt szelvény ábrázolható a nézet közelében, amelyhez pontvonallal (G típus) kapcsolódik (4.38.a) ábra), vagy más helyzetben a 4.3.2. szakasz szerinti azonosítással (4.38.b) ábra).

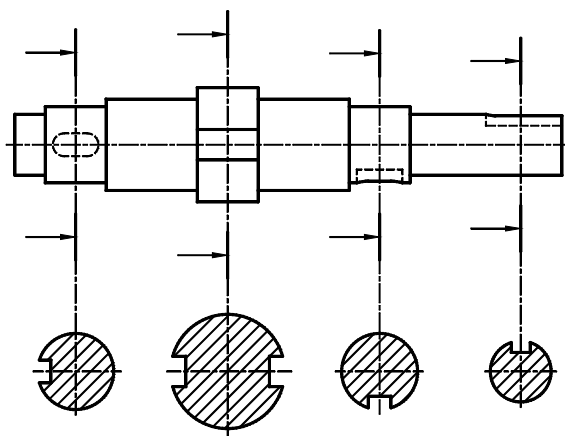


4.38.a, b ábra

Keresztmetszetek és szelvények sorozatát a 4.39. és 4.40. ábra szerint lehet ábrázolni a rajz érthetőségét figyelembe véve.



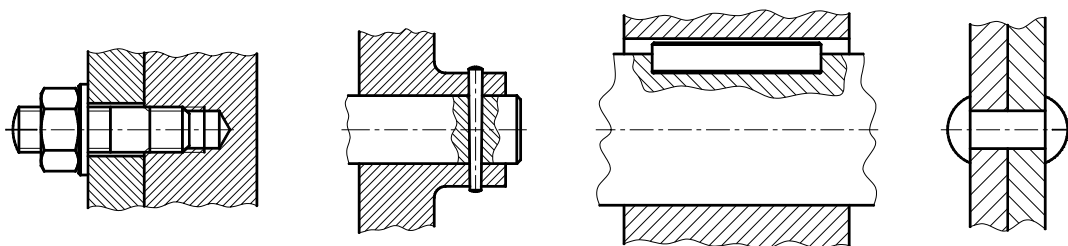
4.39. ábra



4.40. ábra

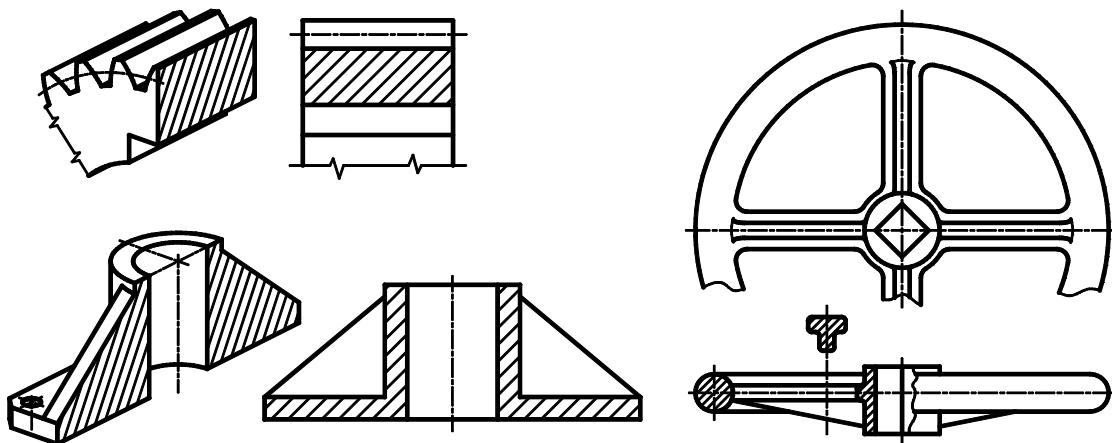
4.3.5. Metszet kerülése

Ne rajzoljunk metszetben olyan alkatrészeket vagy részletet, amelynek metszete nem mond többet a nézeténél. Ennek megfelelően nem szabad hosszirányukban metszeni az olyan tömör alkatrészeket, mint pl. a csavarok, szegek, csapszegek, szegecsek, ékek, reteszek (4.41. ábra). Szintén nézetben hagyjuk a gördülőcsapágyak golyóit és görgőit.



4.41. ábra

Vannak olyan tárgyrészek, amelyek nézetben hagyása metszeti ábrázolás esetén szemléletesebb vetületet eredményez. Ha pl. a metszősík merevítő bordát, küllőt vagy fogaskerékfogát hosszirányú kiterjedésben metsz el, akkor ezeket nem szabad metszetben ábrázolni. Ezért a felsorolt tárgyrészek szelvényét a metszeti képen nem vonalkázzuk be (4.42. ábra).



4.42. ábra

Gyakran előfordul, hogy a tömör alkatrészekben is van furat, horony vagy más belső üreg, amelyet metszetben kell bemutatni. Ilyenkor alkalmazzuk célszerűen az előzőekben megismert kitörést (4.31. ábra).

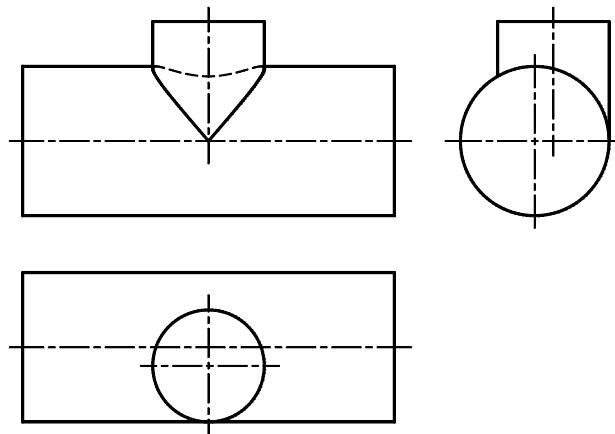
4.4. Géprajzi egyszerűsítések és különleges ábrázolások

A műszaki ábrázolás előírásai című szabvány (MSZ ISO 128) lehetőséget ad az eddigiektől eltérő ábrázolási megoldásokra is. Ezen ábrázolási módok célja, hogy a rajzi munkát egyszerűsítsük, egy-egy tárgy részletet kedvezőbben mutassunk be és a tárggyal kapcsolatban további információkat közöljünk.

4.4.1. Áthatások egyszerűsített ábrázolása

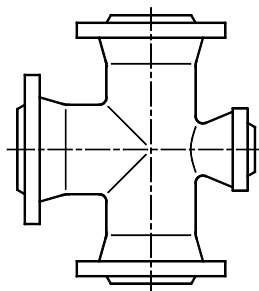
Az alkatrészeket általában elemi geometriai felületek (síkok, hengerek, kúpok, ...) határolják. Ezek egymást metszve áthatásba kerülnek. Különböző felületek áthatásainak megszerkesztését részletesen megismerhettük a 2. fejezetben. Most bemutatjuk, hogy mikor szükséges ezeket az áthatásokat részletesen ábrázolni ill. mikor elégséges ezek egyszerűsített ábrázolása.

Két geometriai felület találkozása valóságos és elméleti lehet. A valóságos áthatás esetén a testek felületei határozott élben metszik egymást. Ezt az áthatást folytonos vastag (A típusú) vonallal kell ábrázolni ha látható, szaggatott (F típusú) vonallal, ha takart (4.43. ábra).



4.43. ábra

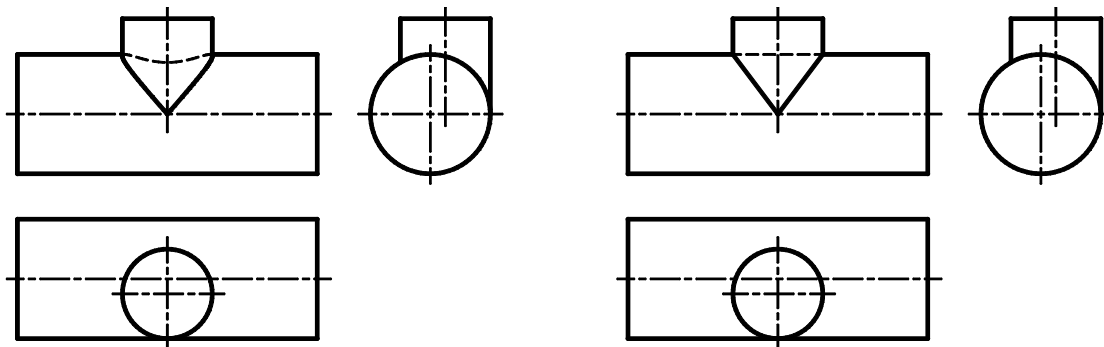
Elméleti áthatások akkor keletkeznek, ha a felületek nem határozott élben, hanem lekerekítéssel találkoznak (öntvények, kovácsolt alkatrészek). Az elméleti áthatásokat nézetben folytonos vékony (B típusú) vonallal ún. tagoló vonallal kell ábrázolni. A tagoló vonal helyét a burkolófelületek képzeletbeli találkozási éle határozza meg. Ábrázolási szabály, hogy az áthatás vonala ne érjen a tárgy körvonaláig (4.44. ábra).



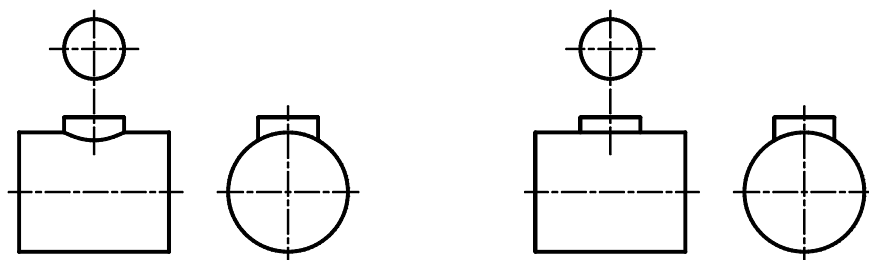
4.44. ábra

Az áthatások egyszerűsített ábrázolása valóságos és elméleti áthatások esetén is megengedett, ha az nem megy az érthetőség rovására. Az egyszerűsített ábrázoláshoz a következő vonalakat lehet alkalmazni:

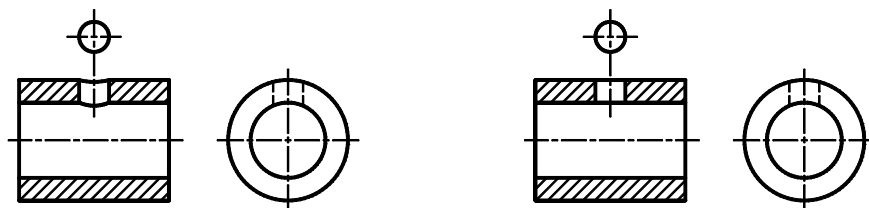
- két henger között az áthatás görbe vonala egyenes vonalakkal helyettesíthető (4.45., 4.46. és 4.47. ábra);
- henger és derékszögű hasáb között az áthatás egyenes vonalát el lehet hagyni (4.48. és 4.49. ábra).



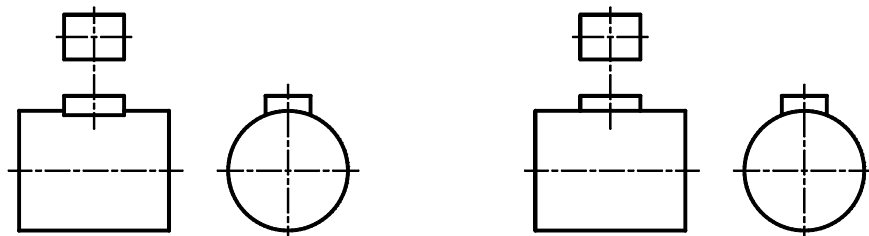
4.45. ábra



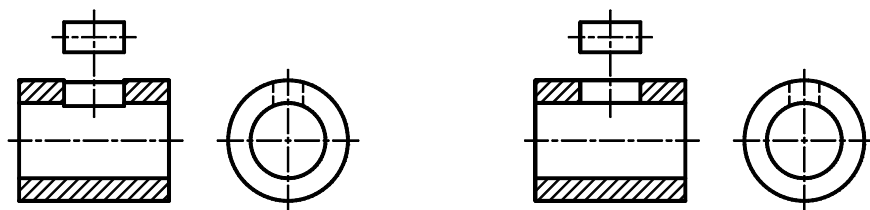
4.46. ábra



4.47. ábra



4.48. ábra

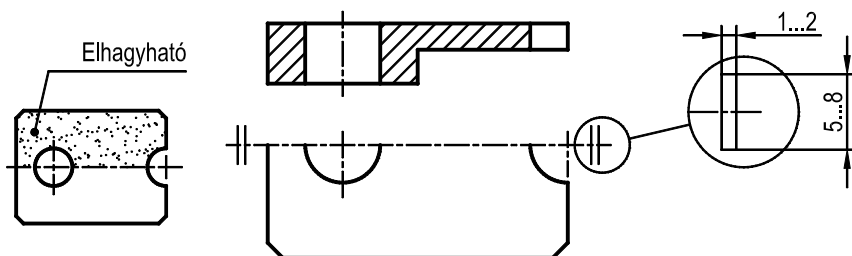


4.49. ábra

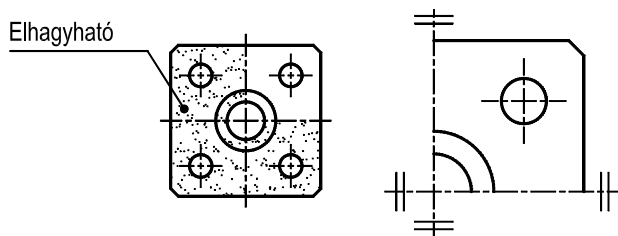
4.4.2. Részvetületek alkalmazása

4.4.2.1. Szimmetrikus tárgyak ábrázolása

Szimmetrikus tárgyaknak -mint azt az előző fejezetben már láttuk-, szabad, idő- és helymegtakarítás érdekében, csak egy részét, a felét vagy negyedét ábrázolni (4.50. és 4.51. ábra).



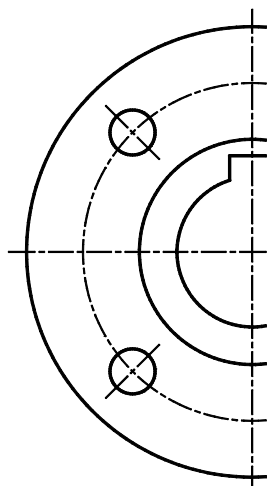
4.50. ábra



4.51. ábra

Ebben az esetben a szimmetriavonalat a két végén rá merőleges irányú, két-két rövid párhuzamos vékony vonallal kell jelölni.

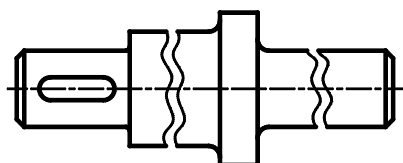
A rövid párhuzamos vonalak elhagyhatók abban az esetben, ha a tárgy körvonalai egy kissé túlnyúlnak a szimmetriavonalon (4.52. ábra).



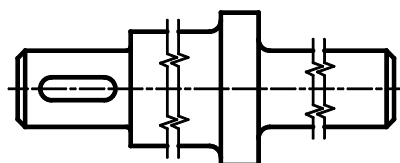
4.52. ábra

4.4.2.2. Törésvonallal megszakított ábrázolás

Hosszú, azonos vagy változó keresztmetszetű tárgy esetén, elegendő a tárgynak csak azokat a részeit megrajzolni, amelyek az alakjának egyértelmű meghatározásához szükségesek. A tárgy hosszú, jellegtelen részeit meg lehet szakítani úgy, hogy a kitört részt elhagyva a részeket szorosan egymás mellett ábrázoljuk (4.53.a) és b) ábra).



a

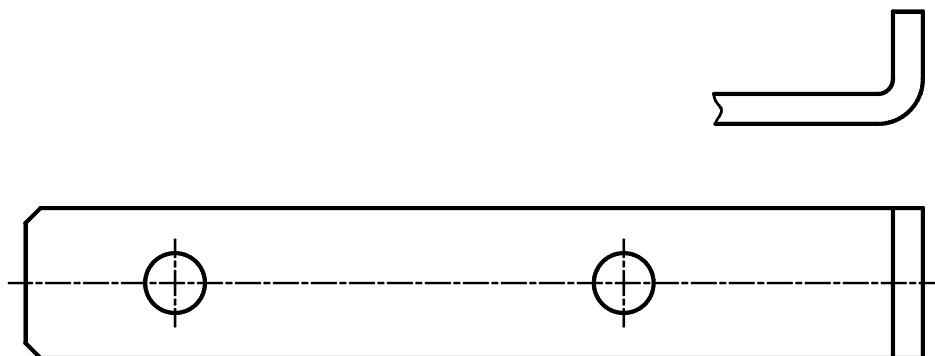


b

4.53.a, b ábra

4.4.2.3. Résznézet

Ha a teljes nézeti kép nem ad több információt a tárgyról, akkor elég csak azt a részét ábrázolni, ami a megértéshez szükséges (4.54. ábra). Ha ezt a részt a nézetrendnek megfelelően helyezzük el, akkor azonosítani nem kell. A résznézetet vékony törésvonallal (C vagy D típus) határoljuk.

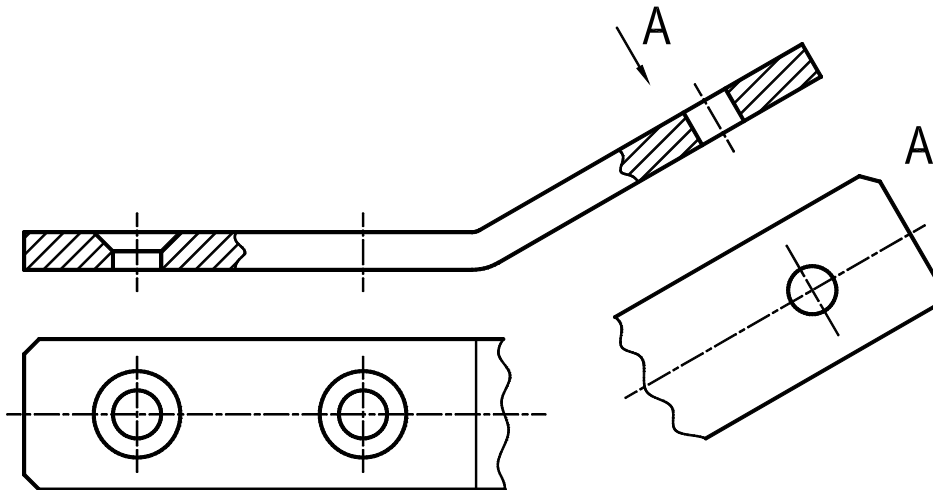


4.54. ábra

4.4.2.4. A nézetrendtől eltérő elhelyezésű résznézet

Ha a tárgyfelület egy része nem párhuzamos a vetítési alapsíkokkal, akkor ez a rész olyan vetítési segédsíkon ábrázolható, amely az ábrázolandó felülettel párhuzamos. Erre képezzük az ábrázolandó tárgy rész torzulásmentes részvetületét (4.55. ábra).

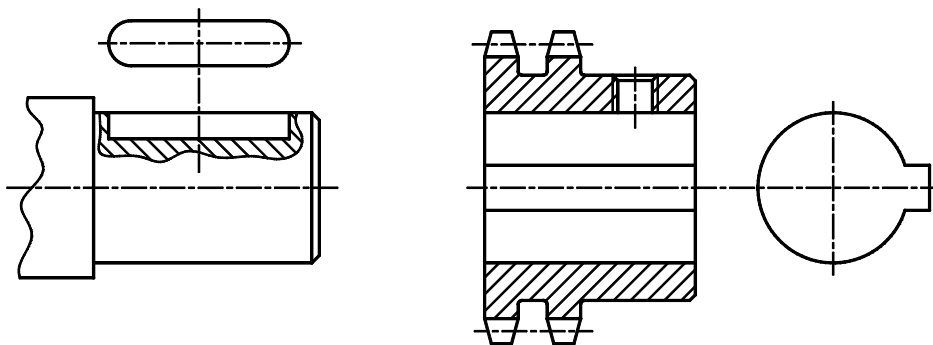
A nézési irányt vékony száru nyíllal jelöljük és nagybetűvel azonosítjuk a résznézettel.



4.55. ábra

4.4.2.5. Helyi nézet

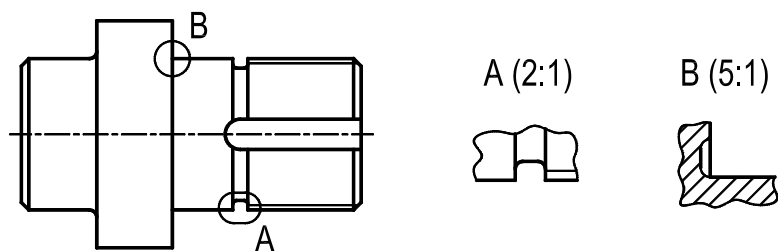
Tengelyben levő ék- és reteshornyokat, valamint tárcsák hornyos furatait gyakran ábrázoljuk a teljes vetület helyett annak csak egy részével, ún. helyi nézettel. A helyi nézetet az adott rajz vetítési módjától függetlenül amerikai vetítési mód szerint, folytonos vastag (A típusú) vonallal rajzoljuk és a főnézethez vékony pontvonallal (G típus) kapcsoljuk (4.56. ábra).



4.56. ábra

4.4.2.6. Nagyobb léptékű (kiemelt) részlet

Ha az ábrázolandó tárgy részleteit nem lehet a rajzon alkalmazott méretarányban megfelelően ábrázolni vagy méretezni, akkor ezt a részt (részeket) az ábra közelében nagyobb léptékben kell megrajzolni. A kiemelendő részt folytonos vékony (B típusú) vonallal körül kell határolni és nagybetűvel azonosítani a 4.57. ábra szerint.

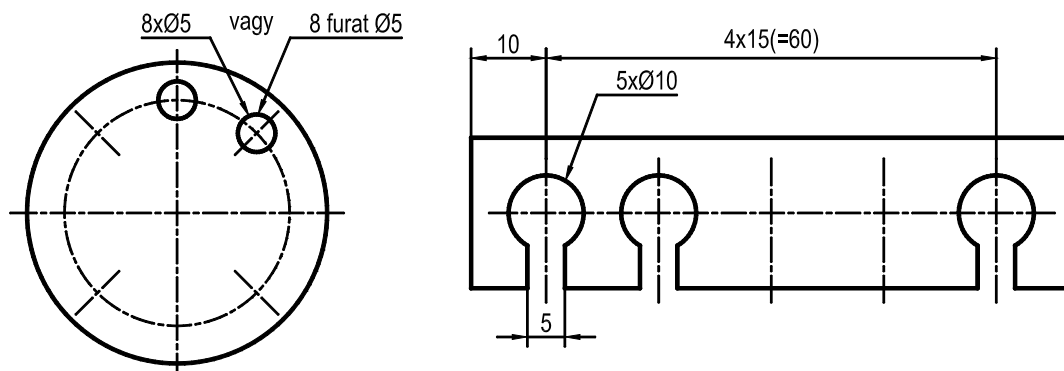


4.57. ábra

A kiemelt részletet úgy is rajzolhatjuk, hogy az többet mutat be, mint azon a vetületen látunk, amelyen a részletet bejelöltük (4.57. ábra – B részlet).

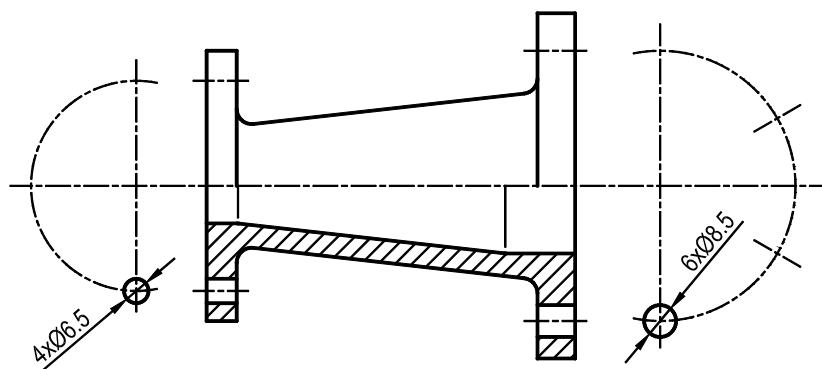
4.4.2.7. Ismétlődő alakzatok egyszerűsített ábrázolása

Ismétlődő alakzatokat úgy lehet egyszerűsítve ábrázolni, hogy az ismétlődő alakzatok számát és fajtáját mérettel vagy szöveggel adjuk meg (4.58. ábra).



4.58. ábra

Az egyenlő osztásban elhelyezkedő furatok vagy ismétlődő elemek tengelyeivel jelölt osztókörök a 4.59. ábra szerint beforgatott lyukkörön is ábrázolhatók.

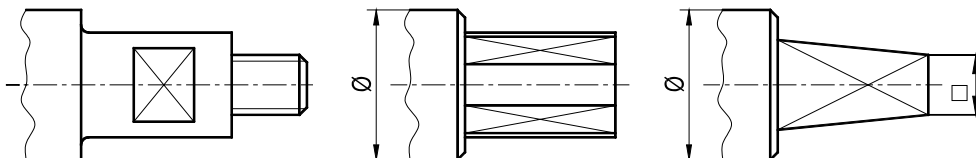


4.59. ábra

4.4.3. Különleges ábrázolási módok

4.4.3.1. Sík felület

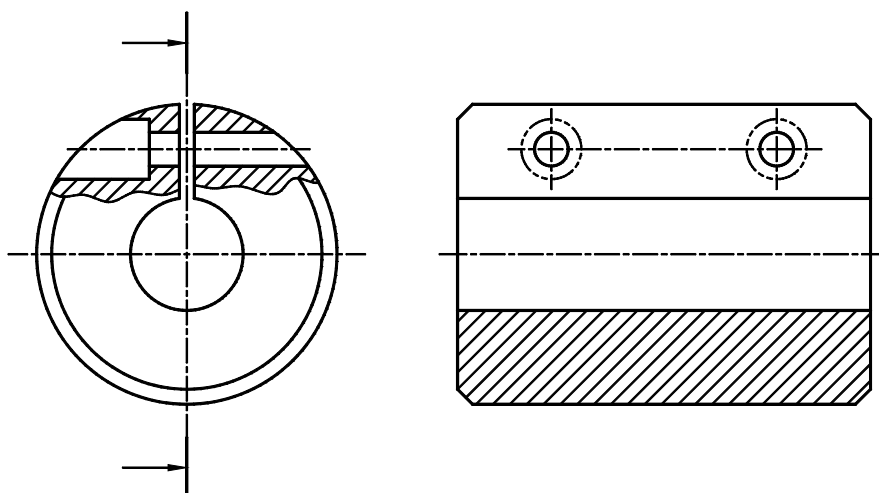
További nézetek vagy metszetek készítésének elkerülése érdekében a négyszögletes vagy szűkülő négyszögletes végződéseket ill. felületeket folytonos vékony (B típusú) vonallal rajzolt átlókkal lehet jelölni (4.60. ábra).



4.60. ábra

4.4.3.2. Metszősík előtti részek

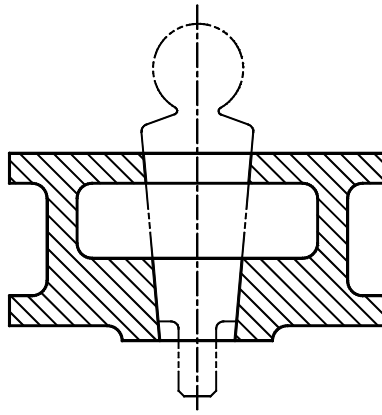
Ha szükséges a metszősík előtti részek jelölése, akkor azokat vékony kétpont-vonallal (K típusú) kell jelölni (4.61. ábra).



4.61. ábra

4.4.3.3. Csatlakozó alkatrészek

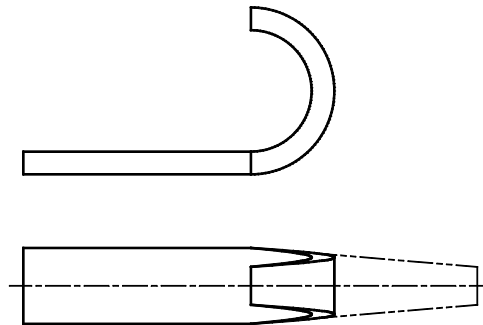
Egyes esetekben célszerű a tárgyhoz csatlakozó alkatrészek megrajzolása magyarázatként. A csatlakozó alkatrészt vékony kétpont-vonallal (K típusú) rajzoljuk úgy, hogy ne takarja a tárgy körvonalait (4.62. ábra).



4.62. ábra

4.4.3.4. Eredeti (alakítás előtti) körvonal

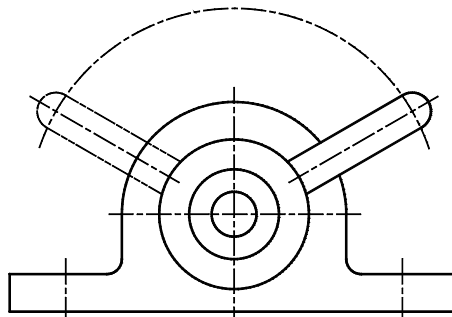
Ha a tárgy eredeti alakját is szükséges megadni (pl. méretmegadáshoz), akkor azt vékony kétpont-vonallal (K típusú) lehet ábrázolni (4.63. ábra).



4.63. ábra

4.4.3.5. Mozgó alkatrészek szélső helyzete

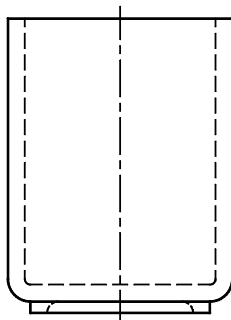
Összeállítási rajzokon, pl. a helyszükséglet meghatározásához, szükség lehet a mozgó alkatrészek szélső állásának ábrázolására. Szélső állásokban ábrázolt mozgó alkatrész egyik körvonalát vékony kétpont-vonallal (K típusú) kell rajzolni (4.64. ábra).



4.64. ábra

4.4.3.6. Áttetsző vagy átlátszó tárgyak ábrázolása

Minden áttetsző vagy átlátszó tárgyat átlátszatlanként kell ábrázolni (4.65. ábra).



4.65. ábra

4.4.3.7. Színek alkalmazása

A műszaki rajzokon színek használata nem ajánlatos. Ha azonban az ábra megértéséhez szükséges a színek használata, akkor azok jelentését az ábrában vagy a megfelelő dokumentumban meg kell adni.

5. Méretmegadás műszaki rajzokon

Az alkatrész egyértelmű meghatározásához nem elég az alak bemutatása, a rajzon a méreteket és az előállításához szükséges egyéb előírásokat is meg kell adni. A méretmegadás általános előírásait a műszaki rajz összes fajtájára az MSZ ISO 129:1992 szabvány tartalmazza.

A szabvány meghatározása szerint a **méret**: mértékegységgel, számszerűen megadott érték, amit vonalakkal, jelekkel, megjegyzésekkel lehet kiegészíteni (pl.: $\varnothing$ 20; R10; $12 \pm 0,1$; 60°). Rajzainkon a tervezési követelményeknek megfelelően az összes méretet meg kell adni. Ezeket megváltoztatni, hiányzó méretet – még ha a rajzról lemérhető is -, megállapítani és pótolni nem szabad.

5.1. A méretmegadás általános előírásai

A méretek helyes megadásához a rajzok egyértelműségének biztosításához be kell tartani a következőket:

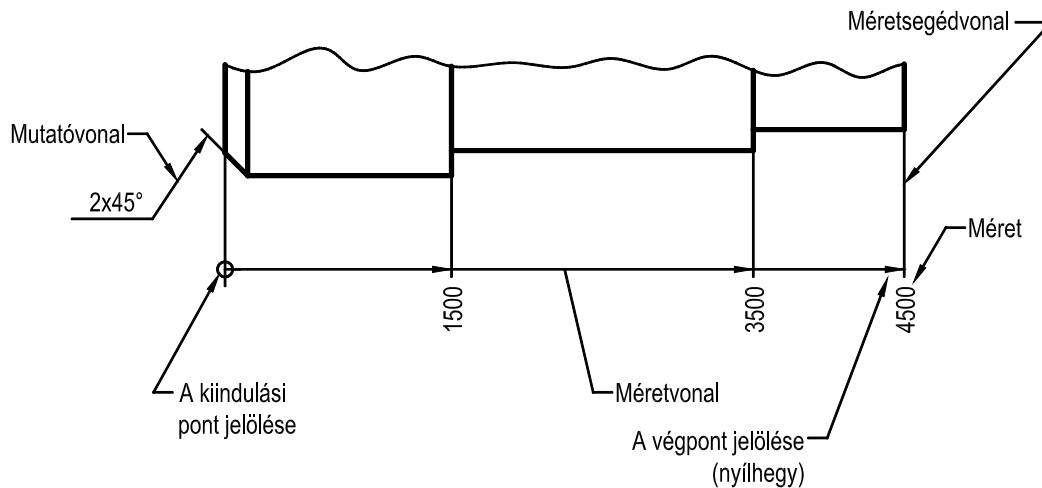
- Az alkatrész vagy szerkezeti egység meghatározásához szükséges összes méretet meg kell adni a rajzon.
- Minden méretet csak egyszer kell feltüntetni.
- A méreteket azon a nézeten vagy metszeten kell megadni, amely a legjellemzőbben ábrázolja az alakzatot.
- Azonos dokumentáció rajzai egyféle mértékegységgel készüljenek. A mértékegységet (pl.: mm) ebben az esetben nem kell feltüntetni. Ha ez nem egyértelmű, akkor a mértékegységet a rajzon megjegyzésben kell megadni.
- Ha más mértékegység is van a rajzon (pl.: Nm), akkor azt fel kell tüntetni a méret mellett.
- A rajzon csak az alkatrész vagy a végtermék meghatározásához szükséges méreteket kell megadni.
- Általában csak egy méret határozza meg az alkatrész alakzatait. Kivételt lehet tenni ott, ahol szükséges kiegészítő méreteket megadni a gyártás közbeni fázisaiban, vagy ahol tájékoztató méret megadása előnyös.
- A gyártási folyamatot vagy az ellenőrzési módszert nem kell előírni, csak ha az a megfelelő működés vagy a cserélhetőség szempontjából szükséges.
- A működés szempontjából fontos méreteket, ahol lehetséges közvetlenül kell megadni.
- A működés és elhelyezkedés szempontjából nem lényeges méreteket a gyártás és ellenőrzés szempontjából a legmegfelelőbb módon kell elhelyezni.

5.2. A méretmegadás elemei

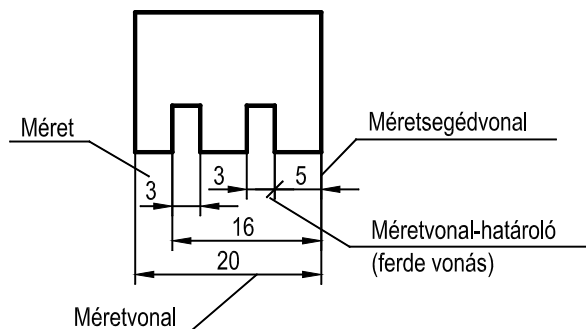
A méretmegadás elemei a következők (5.1., 5.2. ábra):

- méretsegédvonal,
- méretvonal,
- méretvonal-határoló: méretnyíl,
ferde vonás,

- a méretvonal kiindulási pontja,
- a méretvonal végpontja (nyílhegy),
- méret: méretszám,
méretjel,
- mutatóvonal.



5.1. ábra

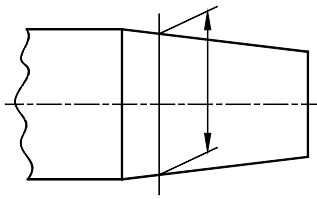


5.2. ábra

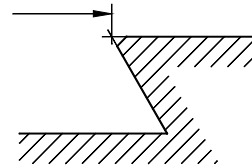
5.2.1. Méretsegédvonalak, mértvonalak és mutatóvonalak

A méretsegédvonalakat, a mértvonalakat és a mutatóvonalakat folytonos vékony vonallal kell rajzolni az MSZ ISO 128 szabvány szerint.

A méretsegédvonalakat úgy rajzoljuk, hogy kissé nyúljanak túl a mértvonalon (5.1., 5.2. ábra). A méretsegédvonalakat a megadni kívánt részre merőlegesen kell elhelyezni. Szükség esetén el lehet helyezni ferdén is, de ebben az esetben is párhuzamosak legyenek egymással (5.3. ábra):



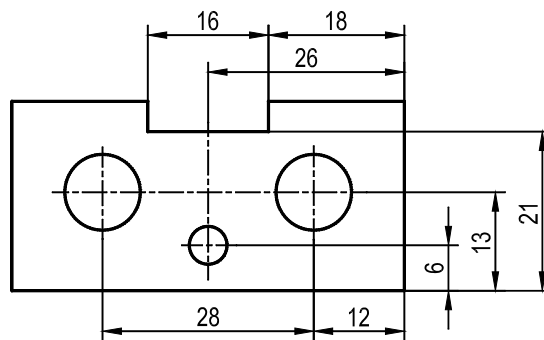
5.3. ábra



5.4. ábra

Metsződésnél a méretsegédvonalak egy kissé túlnyúlnak a metsződési ponton az 5.4. ábra szerint.

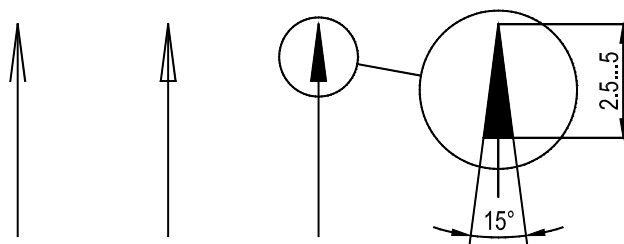
A méretsegédvonalak és méretvonalak általában ne messék egymást és más vonalakat. Ha ez mégsem kerülhető el, akkor egyik vonal se legyen megszakítva. (5.5. ábra)



5.5. ábra

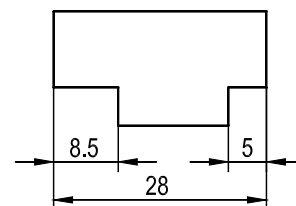
5.2.2. Méretvonal-határoló, végpont és kiindulási pont ábrázolása

A méretvonal végződéseit jól láthatóan meg kell jelölni nyílhegygel vagy ferde vonással. A nyílhegy gépészeti rajzokon 15° -os szöget bezáró rövid vonalakkból áll. A nyílhegy lehet nyitott, zárt és feketített az 5.6. ábra szerint. Hossza a rajzon alkalmazott vonalvastagság 6-8-szorosa, de legalább 2 mm legyen.



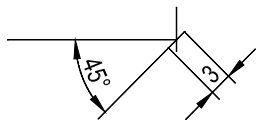
5.6. ábra

Ha van elegendő hely, nyílhegyvégződést kell alkalmazni méretvonal-határolóként. Ha a hely korlátozott, akkor a nyílhegyet a méretvonal végződésén kívül kell elhelyezni a méretvonal meghosszabbításán az 5.7. ábra szerint:

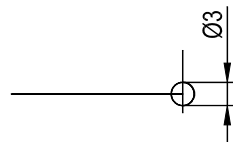


5.7. ábra

Ha kevés a hely a nyílhegy számára, akkor azt ferde vonás helyettesítheti. A ferde vonás a méretsegédvonalakkal 45° -os szöget bezáró rövid vonal (5.8. ábra):



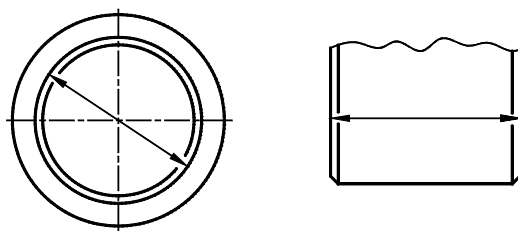
5.8. ábra



5.9. ábra

Közös bázistól induló méretek esetében a kiindulási pontot kb. 3mm átmérőjű kis üres körrel jelöljük (5.9. ábra).

Méretezéskor általánosan betartandó szabály, hogy a méretnyíl semmilyen vonal nem metszheti. Kontúrvonal és méretnyíl találkozásánál a kontúrvonalat meg kell szakítani (5.10. ábra).



5.10. ábra

5.2.3. Méretek jelölése a rajzon

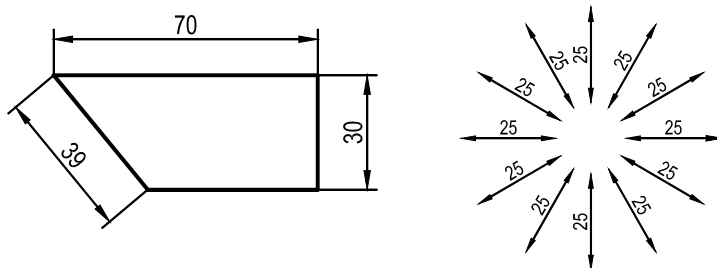
A méreteket a rajzokon olyan nagyságú felirattal kell megadni, amelyek jól olvashatók akár az eredeti rajzon, akár a mikrofilmes másolaton.

A méretszámok szabvány szerintiek (MSZ EN ISO 3098 sorozat), általában 3,5 mm nagyságúak, a tűrések 2,5 mm magasak.

A méretet a rajzon vonalak ne keresztezzék, ne válasszák szét. A méretek elhelyezésére két lehetőség van. Egy rajzon belül azonban csak egyféle módszert szabad alkalmazni.

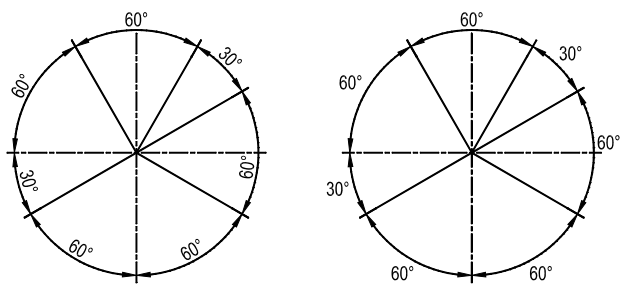
1. módszer: A méretvonallal párhuzamos méretelhelyezés

Ennél a megoldásnál a méret a méretvonallal párhuzamosan, a méretvonal felett, attól kis távolságra és lehetőleg középen helyezkedjen el. A méretet alulról, vagy jobbról olvashatóan kell elhelyezni a rajzon (5.11.a ábra):



5.11.a, b ábra

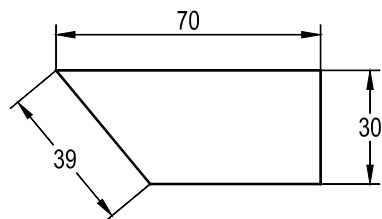
A különböző dőlésű méretvonallal tartozó méreteket az 5.11.b ábra szerint, a szögek méreteit pedig az 5.12.a és b ábra szerint kell elhelyezni.



5.12.a, b ábra

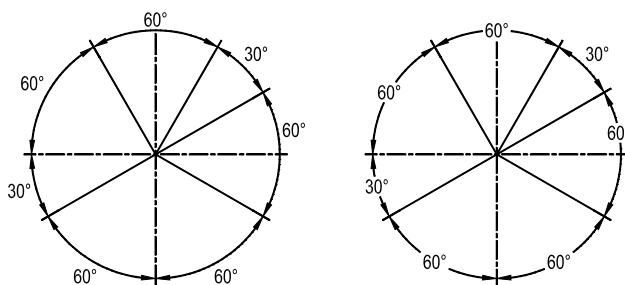
2. módszer: Vízszintes méretelhelyezés

Ennél a módszernél a méreteket (alulról olvashatóan) lehetőleg vízszintesen kell elhelyezni. A nem vízszintes vonalakhoz is lehet így megadni méretet, ebben az esetben azonban a méretvonalat középen meg kell szakítani (5.13. ábra).



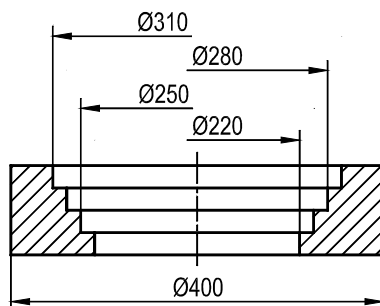
5.13. ábra

A szögértékeket ennél a módszernél az 5.14.a) és b) ábra szerint kell elhelyezni.



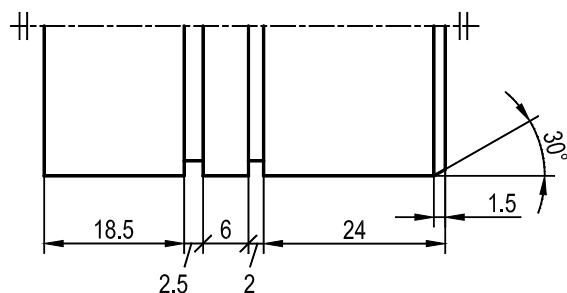
5.14.a, b ábra

A méreteket szükség esetén elhelyezhetjük más módon is. Ahol a méretvonalnak csak egy része is elegendő, ott a méretvonal végéhez közel rajzolhatjuk a méretet. Így elkerülhető a hosszú méretvonal alkalmazása (5.15. ábra).



5.15. ábra

Kevés hely esetén a méretvonal meghosszabbított végződése fölé célszerű a méretet elhelyezni (5.16. ábra – 1,5mm-es méret).

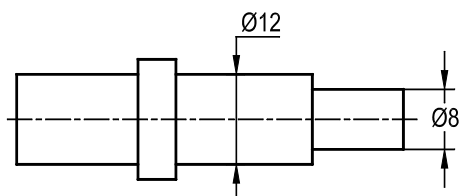


5.16. ábra

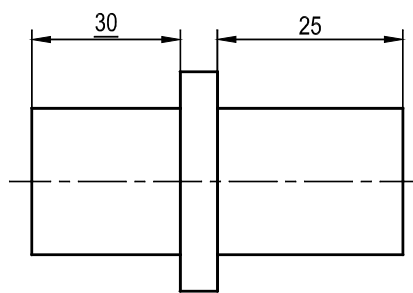
Ha a méret számára a méretvonal fölött túl kevés a hely, a méretvonalat lezáró mutatóvonal végénél adjuk meg a méretet (5.16. ábra).

Ha a nem vízszintes méretvonal megszakításában nem helyezhető el a méret, akkor a méretvonal vízszintes irányú meghosszabbítása fölé rajzoljuk (5.17. ábra).

A nem méretarányos részek méretét (kivéve a töréssel való ábrázolást) egyenes vastag vonallal alá kell húzni (5.18. ábra).



5.17. ábra



5.18. ábra

5.2.4. Alakhoz kapcsolódó méretek

A rajz egyszerűsítése és egyértelműségének biztosítása érdekében az alakhoz kapcsolódó méreteket a következők szerint kell jelölni:

Ø : Átmérő

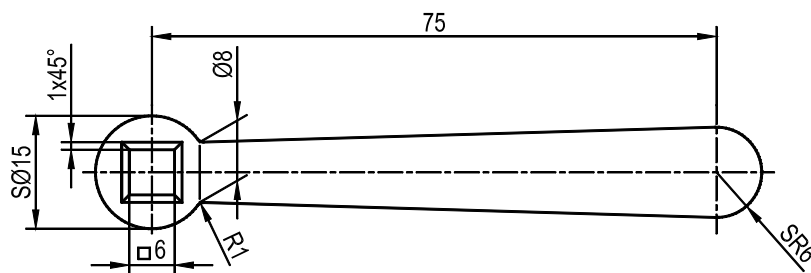
R : Sugár

□ : Négyzet

SR: Gömbsugár

SØ: Gömbátmérő

A jel a méret előtt az 5.19. ábrán láthatóan helyezhető el.



5.19. ábra

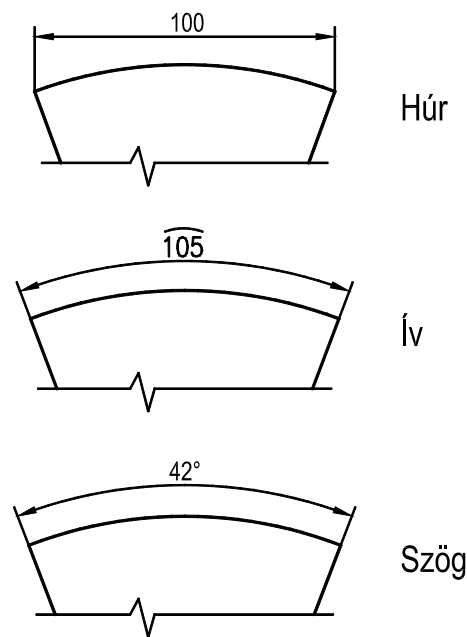
5.3. Különleges méretmegadások és egyszerűsítések

Húrok, ívek és szögek méretét az 5.20. ábra szerint adhatjuk meg.

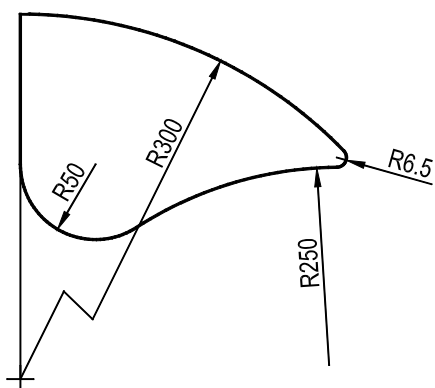
Ha az ív középpontja kívül esik a rendelkezésre álló helyen, akkor a sugár méretvonalát meg kell törni vagy meg kell szakítani a középpont érzékelte miatt (5.21. ábra).

Ha a sugár mérete más méretekből számítható, akkor elegendő csak az R jelképpel ellátott nyílazott sugarat feltüntetni, méret nélkül (5.22. ábra).

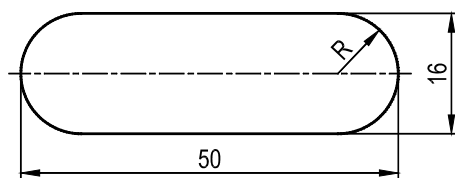
Szabálytalan görbe felülettel határolt alkatrész méreteit a görbe kontúrvonal koordináta-méreteivel adjuk meg (5.23. ábra)



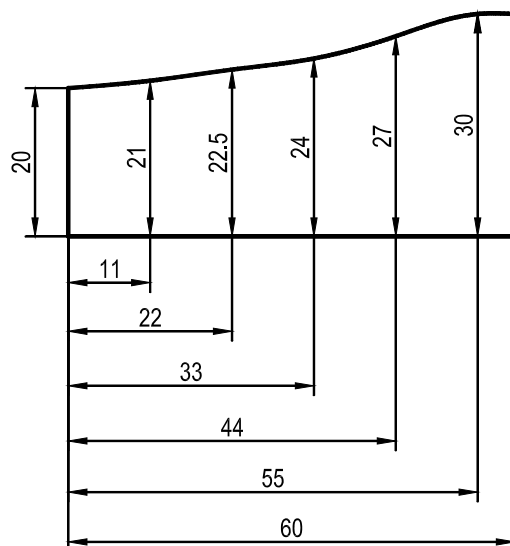
5.20. ábra



5.21. ábra

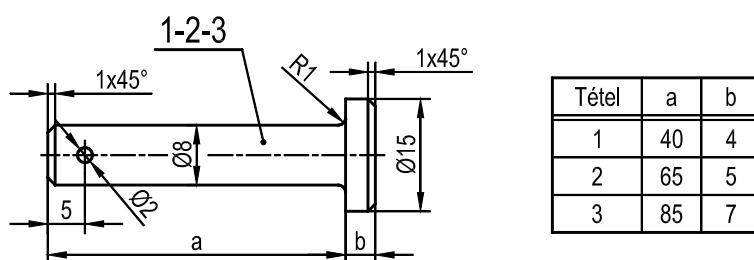


5.22. ábra



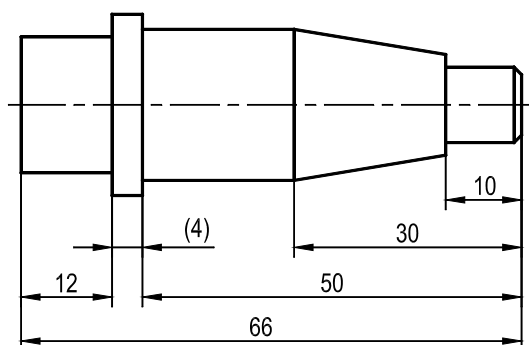
5.23. ábra

Alkatrészek méretsorozata ábrázolható egy rajzon is úgy, hogy a változó méreteket a rajzon betűvel jelöljük, a megfelelő számértékeket pedig az ábra mellett elhelyezett táblázatban adjuk meg (5.24. ábra).



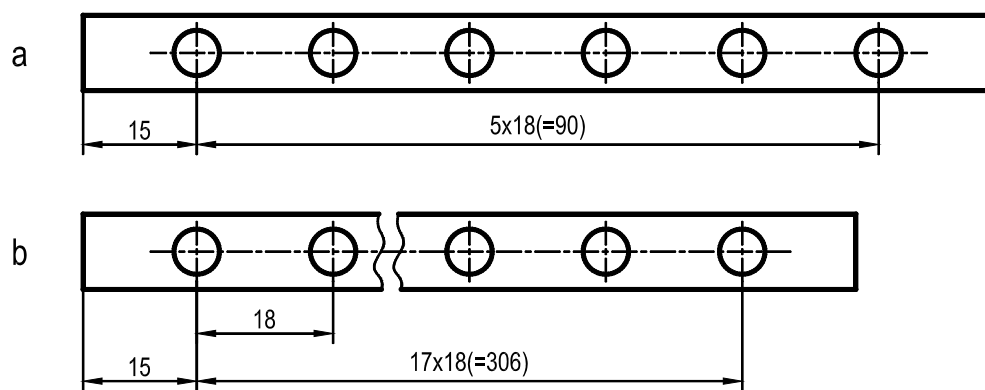
5.24. ábra

Szükség esetén a rajzon megadhatók olyan kiegészítő ill. tájékoztató méretek is, amelyek a rajz értelmezését megkönnyítik, de az alkatrész elkészítéséhez és ellenőrzéséhez nem használhatók. Az ilyen méretet - ha megadjuk -, zárójelben kell elhelyezni. (5.25. ábra)



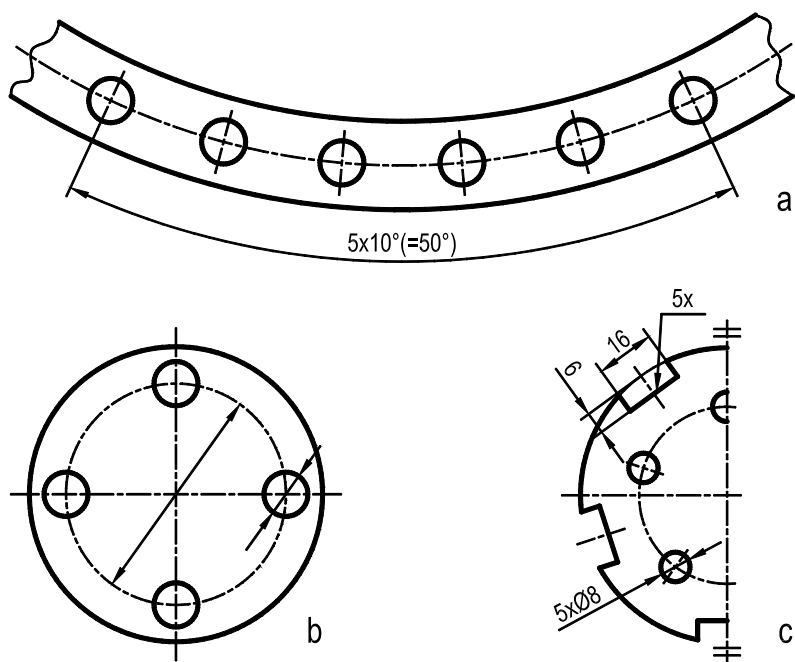
5.25. ábra

Egyenlő távolságra levő alakzatok, vagy azonosan elhelyezett elemek esetén a méretezést egyszerűsíteni lehet (5.26.a ábra). Ha a távolságok hossza és az osztások száma nem egyértelmű, akkor az egyik távolságot méretezni kell az 5.26.b ábra szerint.



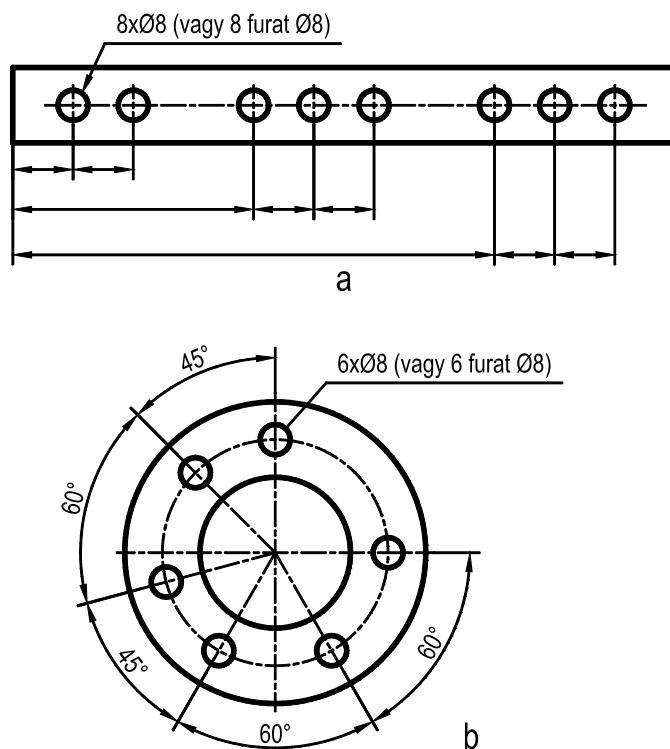
5.26.a, b ábra

Egyenlő osztásra levő furatok vagy más alakzatok szöggel megadott elhelyezésére az 5.27.a ábrán láthatunk példát. Az osztások szögértékeit elhagyhatjuk, ha az a rajzon egyértelmű (5.27.b ábra). Kör mentén elhelyezkedő alakzatok méretezését közvetve kell megadni az elemek számának feltüntetésével (5.27.c ábra).



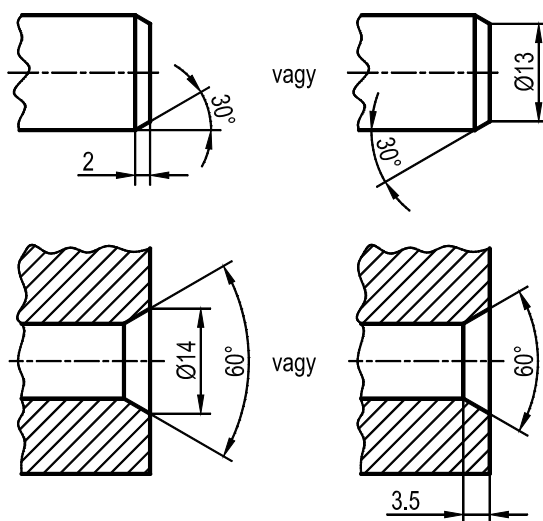
5.27.a, b, c ábra

Ismétlődő alakzatok, azonos méretű és alakú elemek méretezhetők az azonos méretek ismétlése nélkül az 5.28. ábra szerint.

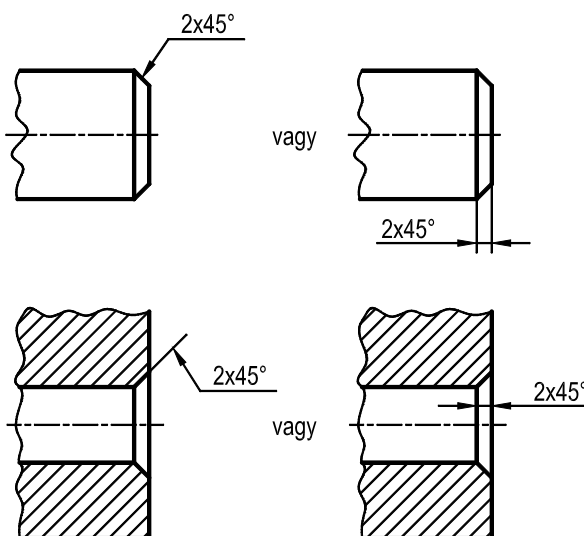


5.28.a, b ábra

A külső és belső élettöréseket az 5.29. ábra szerint kell méretezni. Ha az élettörés szöge 45° -os, akkor a méretmegadást egyszerűsíteni lehet (5.30. ábra).



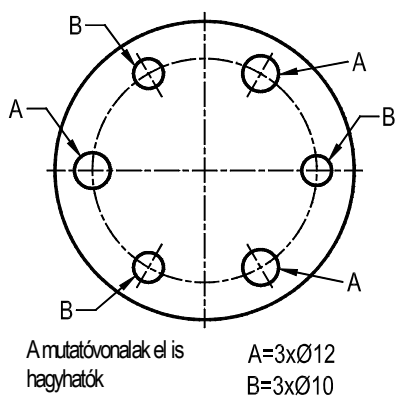
5.29. ábra



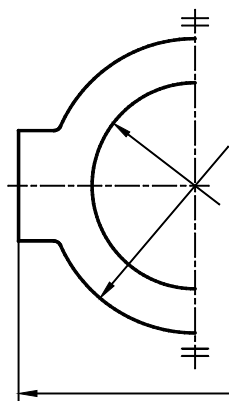
5.30. ábra

Az azonos méretek ismétlése vagy a hosszú mutatóvonalak elkerülése érdekében – ahol szükséges –, azonosító betűket lehet alkalmazni, amelyeket magyarázó táblázatban vagy megjegyzésben pontosítani kell (5.31. ábra).

Szimmetrikus alkatrészek résznézetei és –metszetei esetén a szimmetriatengelyt metsző méretvonalak egy kissé nyúljanak túl a szimmetriatengelyen. A méretvonal másik végződését ebben az esetben el kell hagyni (5.32. ábra).

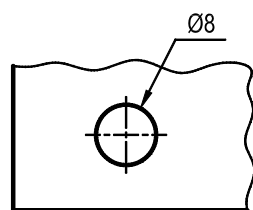


5.31. ábra

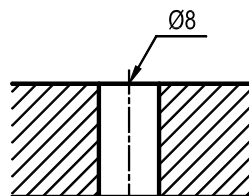


5.32. ábra

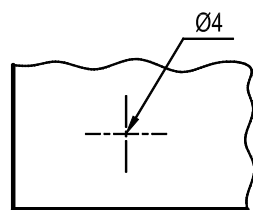
Furatméret egyszerűsítve ábrázolható, ha annak mérete kicsi, kb. $d \leq 6$, vagy ha a furatot egyszerűsítve ábrázoltuk (5.33., 5.34. és 5.35. ábra). Ezáltal elkerülhetjük a rajz mérethálózatának zsúfoltságát, és esetleg kevesebb méret is elegendő.



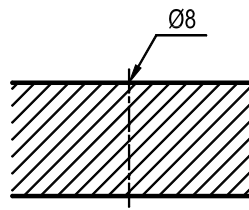
a



b

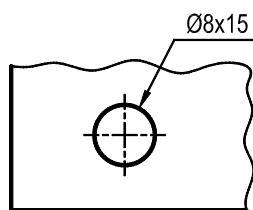


c

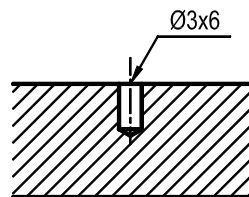


d

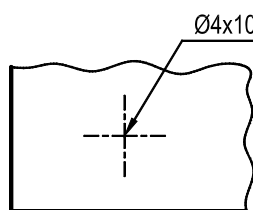
5.33. ábra



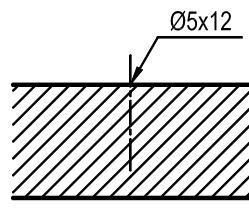
a



b

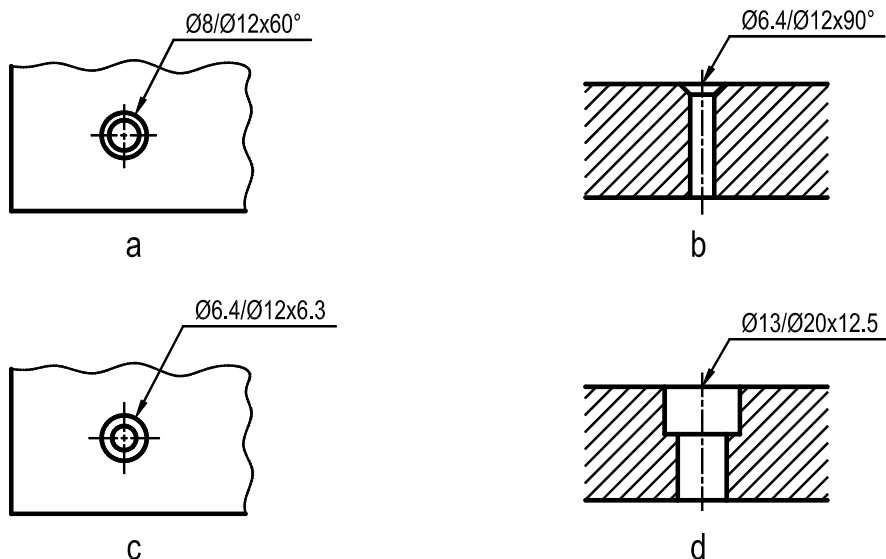


c



d

5.34. ábra

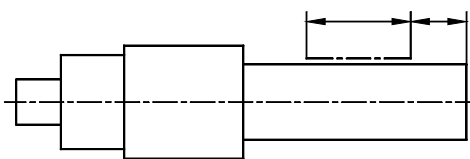


5.35. ábra

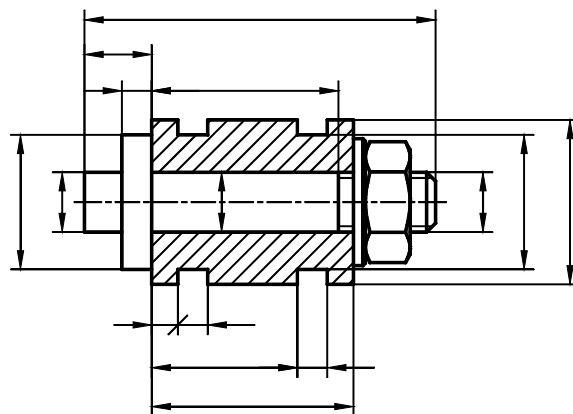
Összeállítási illetve rész-összeállítási rajzon – ha valamely szerkezet több alkatrésze együtt van megrajzolva és méretezve –, akkor minden alkatrész méretcsoportja lehetőség szerint legyen elkülönítve egymástól (5.36. ábra).

Ha az alkatrésznek valamilyen különleges állapotát is jelölni kell, például a felületkikészítés és hőkezelés területének és hosszának méretezése, akkor a területet vagy hosszúságot és a helyet, a felülettől kis távolságra (kb. a kontúrvonal vastagságának kétszeresére, de min. 0,7 mm-re), és azzal párhuzamosan feltüntetett vastag pontvonallal kell jelölni.

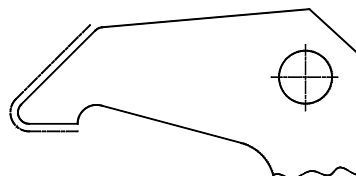
Ha a különleges követelmény forgásfelületre vonatkozik, akkor a jelölést elegendő csak az egyik oldalon megadni (5.37. ábra).



5.37. ábra



5.36. ábra

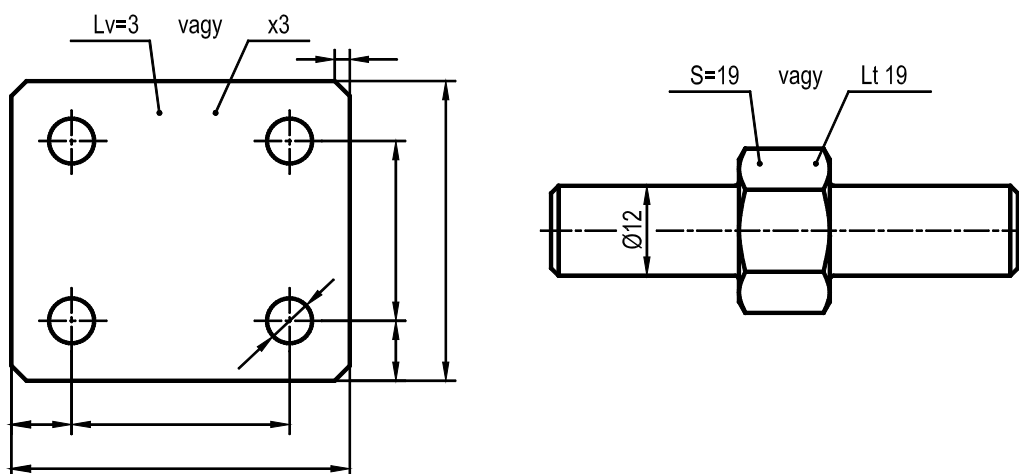


5.38. ábra

Ha a különleges követelmény méretét és helyzetét egyértelműen meg kell adni, akkor azt a méretezési szabályok szerint tegyük (5.37. ábra). Ha a rajz egyértelműen ábrázolja a jelölés helyét, akkor azt nem szükséges méretezni (5.38. ábra)

Bemutatunk még két egyszerűsített méretmegadási módot, amelyeket az ISO szabvány ugyan nem említ, de régebbi rajzokon találkozhatunk velük.

Lemezből készült alkatrész vastagsági mérete, illetve a hatszög laptávolsága az 5.39. ábrán látható módon volt megadható.

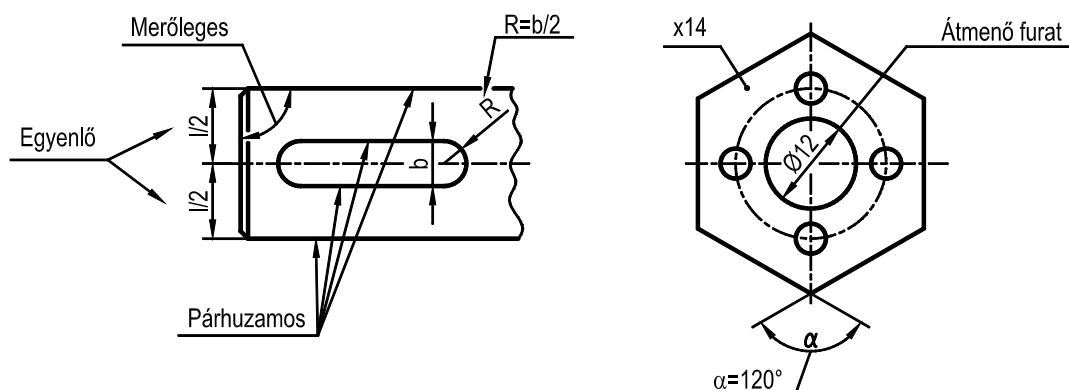


5.39. ábra

Magától értetődő méretet, amely az ábrázolásból egyértelműen meghatározható, nem kell a rajzon megadni, ha csak nincs erre különleges ok, pl. tűrésezés (5.40. ábra).

Magától értetődő méretek:

- a merőlegesnek rajzolt élek vagy felületek merőlegessége;
- a párhuzamosan rajzolt élek, középvonalak vagy felületek párhuzamossága;
- a szabályos hatszög szögei;
- az adott távolságú, párhuzamos egyeneseket összekötő félkör sugara,
- a középvonallal felezett méretek névleges félméretének egyenlősége;
- a furat átmenő jellege, ha a rajzon a mélysége nincs beméretezve;
- a szimmetrikus alkatrészek egyik félvetületén megadott méreteinek a másik félvetülettel való azonossága.

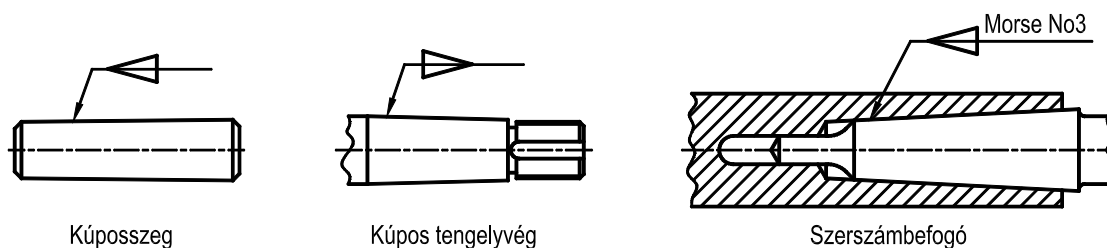


5.40. ábra

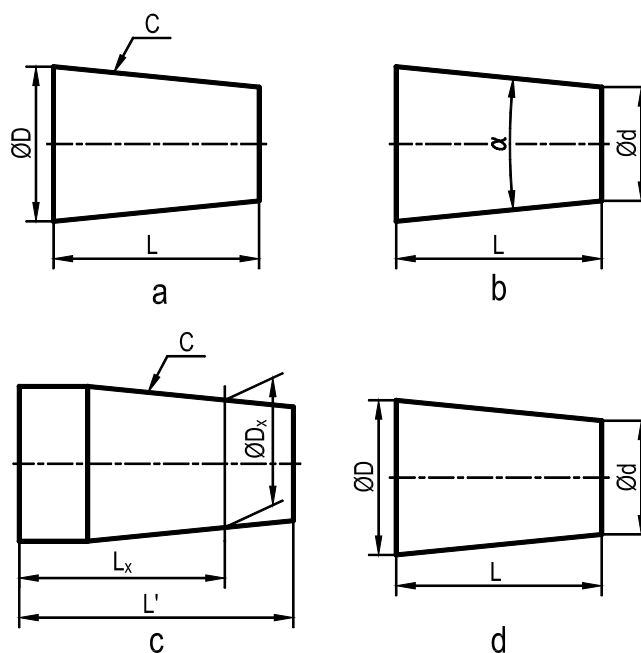
5.4. Kúpos és lejtős tárgyrészek méretmegadása

A gépalkatrészeken kialakított kúpos felületek feladata többnyire a felületelemek vezetése, a központosítás és a rögzítés. Jellemző kúpos alkatrész pl. a kúposzeg, a kúpos tengelyvég és a szerszámok kúpos befogására ill. csatlakozó hüvelye (5.41. ábra).

A kúpok meghatározásához csak annyi méretet kell megadni, amennyi az egyértelműséghez szükséges. Tájékoztatásul zárójelben kiegészítő méretek (pl. a félkúpszög) is megadhatók. Néhány javasolt megoldást szemléltet az 5.42. ábra:



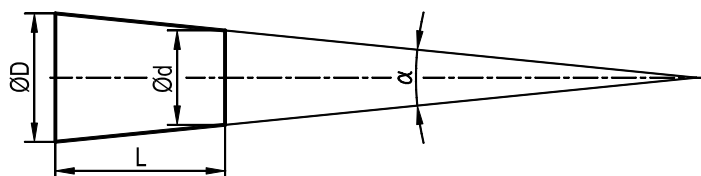
5.41. ábra



5.42. ábra

A kúposág mérőszáma a kúp két keresztmetszetében az átmérők különbségének és a közöttük levő távolságnak a hányadosa (5.43. ábra). A kúposág a következő képlettel fejezhető ki:

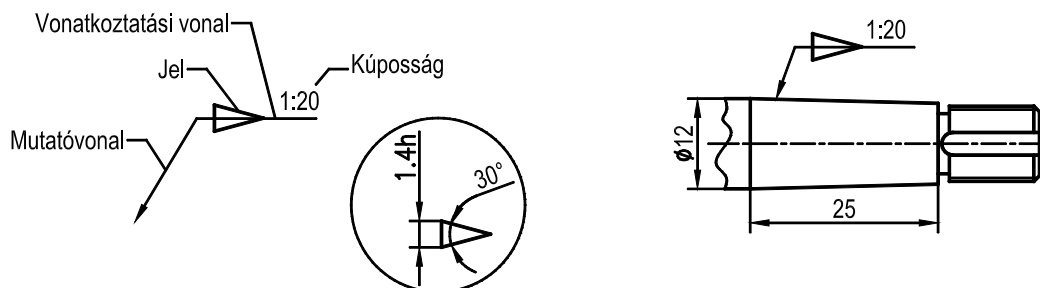
$$C = \frac{D - d}{L} = 2 \tan \frac{\alpha}{2}$$



5.43. ábra

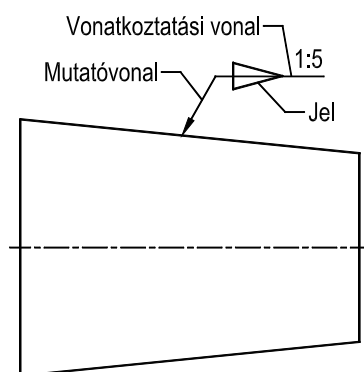
Előnyben kell részesíteni a kúposság 1:x aránnyal (pl. 1:5), törtalakban (pl. 1/5) vagy kúpszöggel (pl. 35°) megadott méretezését. Megengedett a kúposság előírása a viszonzyszám fordítottjával (pl. 0,2:1), százalékos formában (pl. 20%) és a kúpszög radiánban való megadásával is (pl. 0,6 rad).

A kúpot az 5.44. ábra szerint, mutatóvonalra (vonatkozási vonalra) helyezett jellel kell megadni (MSZ ISO 3461-2). A jel irányítottságának egybe kell esnie a kúp irányítottságával (5.41. és 5.45. ábra).



5.44. ábra

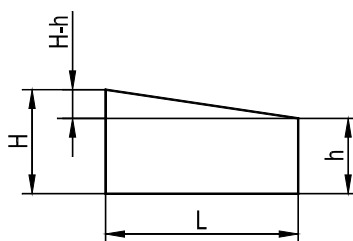
A kúp jelét és a kúposságot a kúpfelület közelében kell megadni, és a vonatkozási vonalat mutatóvonalal kell a kúp körvonalával összekötni. A vonatkozási vonalat a kúp középvonalával párhuzamosan kell rajzolni. A jel irányának, mint már említettük, meg kell egyeznie a kúp csúcsának irányával (5.45. ábra).



5.45. ábra

Ha a jelölendő kúp a szabványos kúpsorozatnak egyike (Morse vagy metrikus kúp), akkor a kúpos elem a szabványos kúpsorozat megadásával (MSZ ISO 1119) és a megfelelő számmal (5.41. ábra) jelölhető.

A *lejtés* egy sík felület ferdeségét jellemzi valamely alapsíkhoz (vagy tengelyvonalhoz) viszonyítva (5.46. ábra).



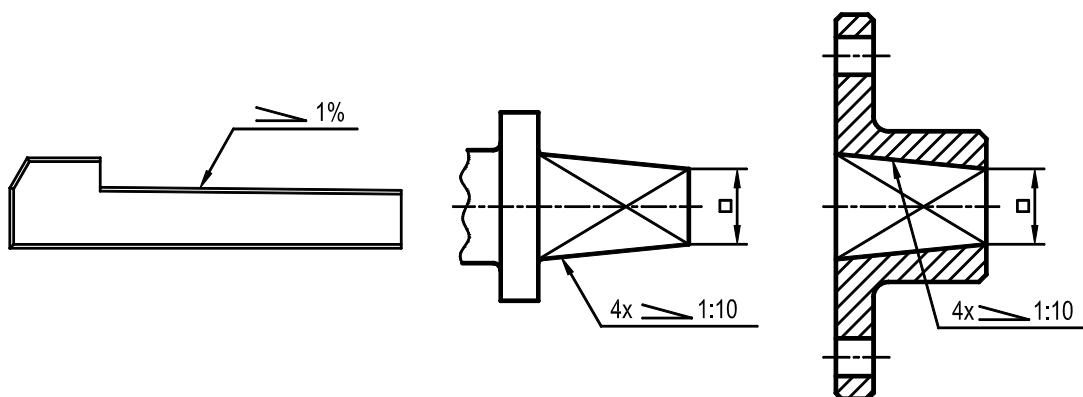
5.46. ábra

A lejtés mérőszáma a lejtő két keresztmetszetében a magasságok különbségének és a köztük levő távolságnak a hányadosa:

$$\text{Lejtés} = \frac{H - h}{L}$$

A lejtés méretmegadása a méretszám vonalvastagságával rajzolt jellel (nyitott derékszögű háromszög alak), a kúposágnál leírtakkal egyező (5.47. ábra).

Megjegyezzük, hogy a lejtés méretmegadását az érvényben levő szabványok nem tárgyalják. Ezért a kúposágra vonatkozó szabvány (MSZ ISO 3040) segítségével határoztuk meg a méretezést.



5.47. ábra

5.5. A mérethálózat felépítése

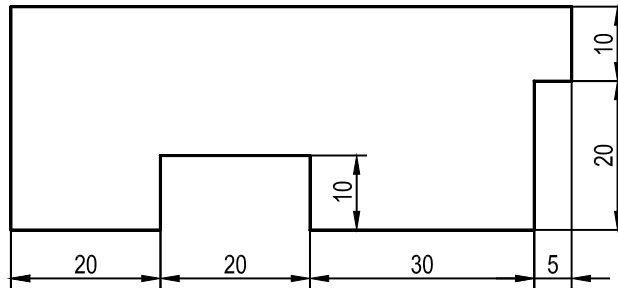
A **mérethálózat** valamely alkatrész rajzon megadott méreteinek összessége. A mérethálózatnak tükröznie kell az alkatrész egyes felületeinek feladatát és fontosságát a működés szempontjából.

A mérethálózat méretei a kész alkatrészen vagy közvetlenül mérhetők, vagy olyan helyzetmeghatározó méretek, amelyek a kész darabon ugyan közvetlenül már nem mérhetők, de a szerkesztéshez és gyártáshoz nélkülözhetetlenek. Betartandó szabály, hogy az alkatrész meghatározásához szükséges minden méret a rajzon csak egyszer szerepeljen. Ezzel elkerülhetjük az esetleges ellentmondásokat, amelyek főleg az alkatrész egyes méreteinek utólag történő megváltoztatásakor adódhatnak. (Ez alól az előírás alól kivételt csak a nagyméretű vagy nagyon bonyolult alkatrészek több lapból álló rajzai képeznek, amelyeken az azonosítás megkönnyítése céljából a jellegzetes méretek tájékoztató méretként, a főábrán kívül más lapokon rajzolt vetületen is megadhatók.)

Fontos, hogy a méretek elhelyezkedése világosan fejezze ki a terv célját. A méretek elhelyezése általában a különböző tervezési követelmények kombinációjának következménye, amit a következők szerint lehet megvalósítani.

5.5.1. Láncszerű méretmegadás

Méreteket láncszerűen (5.48. ábra) csak ott lehet megadni, ahol a tűrések lehetséges összeadódása nem ütközik az alkatrész funkcionális követelményeivel, nem eredményezi az alkatrész működésképtelenségét.



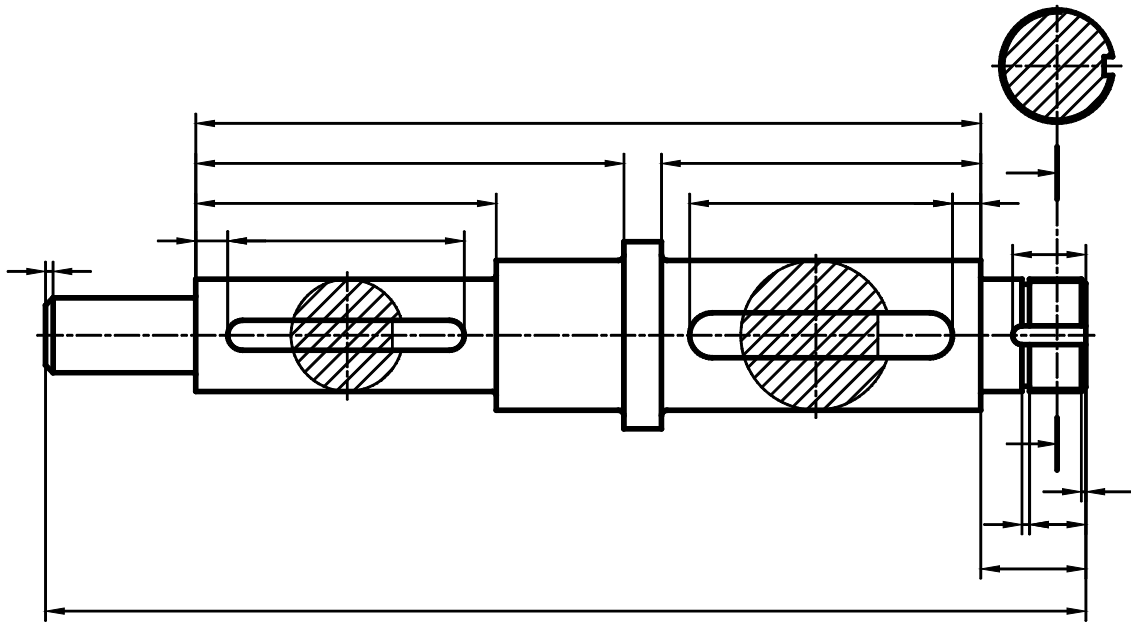
5.48. ábra

5.5.2. Bázistól induló méretezés

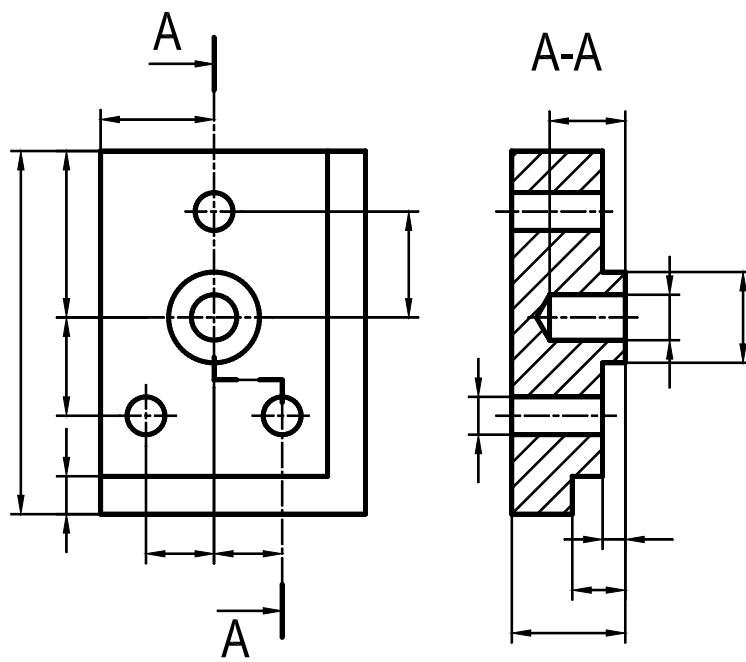
Ez a méretezési mód ott alkalmazható, ahol az azonos irányú méretek közös alaptól (bázistól) indulnak. A bázisfelület kiválasztható szerkesztési, gyártási vagy ellenőrzési szempontok alapján. A szerkesztési bázist úgy kell kiválasztani, hogy az alkatrész részleteinek távolságát könnyen lehessen attól megadni. Célszerű, ha ez a bázis egybeesik a gyártási (technológiai) és az ellenőrzési bázisokkal.

A méretmegadás bázisvonala lehet:

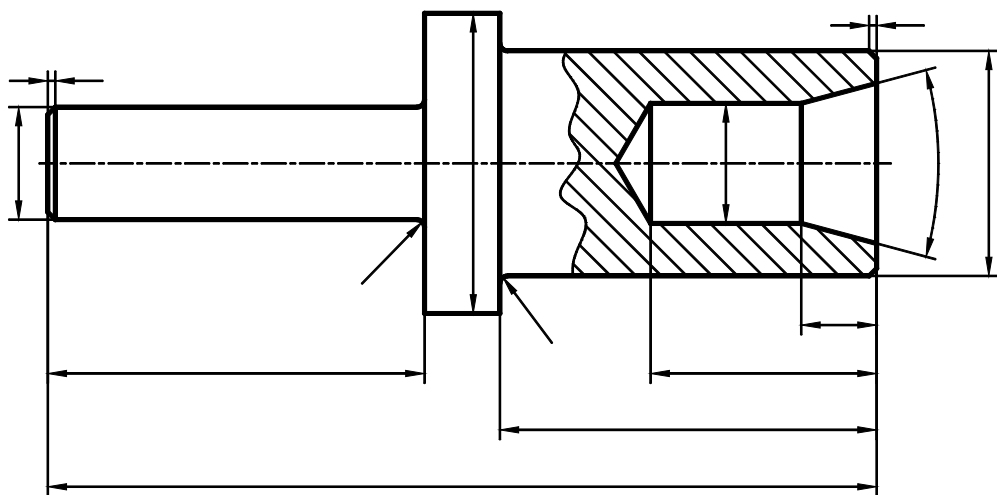
- a működés szempontjából fontos méret határvonala (5.49. ábra);
- a működés szempontjából fontos szimmetriatengely (5.50. ábra);
- a főméret valamelyik határoló vonala (5.51. ábra);
- egy adott távolságra levő sík nyomvonala (5.52. ábra).



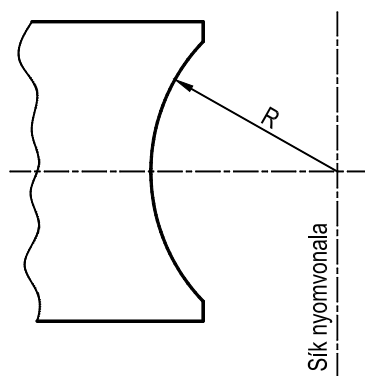
5.49. ábra



5.50. ábra



5.51. ábra



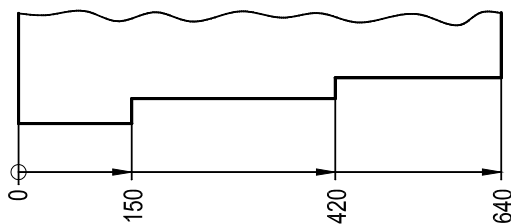
5.52. ábra

A bázistól induló mérethálózat elhelyezése szerint lehet:

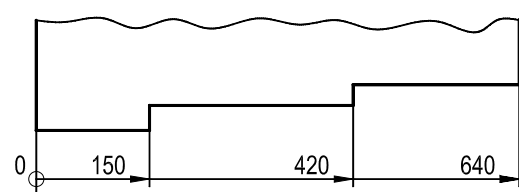
- párhuzamos méretmegadás, amelynél az egyes méretvonalakat egymással párhuzamosan rajzoljuk, egymástól olyan távolságra, hogy a méreteket jól el lehessen helyezni (5.49. és 5.50. ábra).
- összevont (halmazott) méretmegadás, amely a párhuzamos méretmegadás egyszerűsítése, és ott lehet alkalmazni, ahol leolvasási nehézségek nem merülhetnek fel.

Az 5.9. ábra szerinti közös kiindulási pontot a legalkalmasabb helyen kell megrajzolni. A méretvonalnak az ezzel szemkötti vége nyílhegyben végződjék.

A méreteket úgy kell elhelyezni, hogy ne okozzanak zavart, tehát vagy a nyílhegy közelében a megfelelő méretsegédvonalal egyvonalban (5.53. ábra), vagy a nyílhegy közelében a méretvonal felett, attól kis távolságra (5.54. ábra).

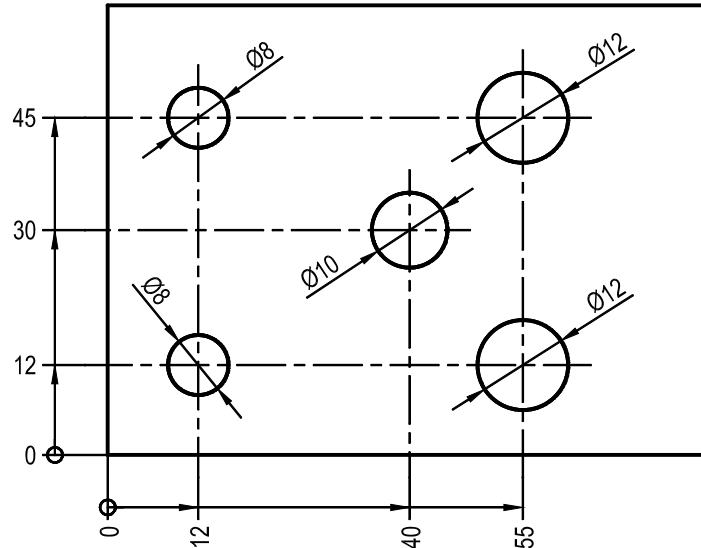


5.53. ábra



5.54. ábra

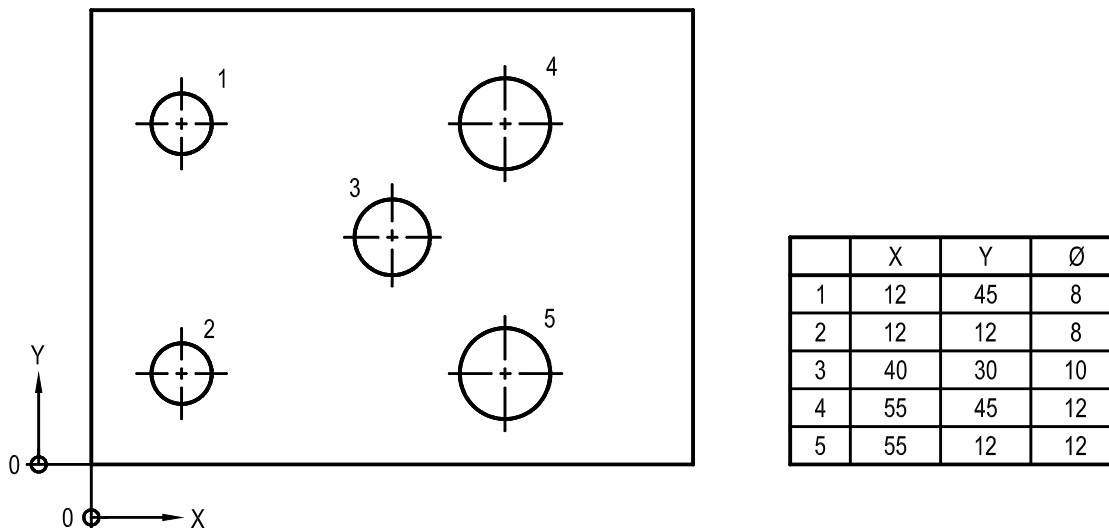
Az összevont (halmazott) méretezést lehet két irányban is alkalmazni. Ebben az esetben a kiindulási pontokat az 5.55. ábra szerint kell elhelyezni.



5.55. ábra

5.5.3. Méretezés koordinátákkal

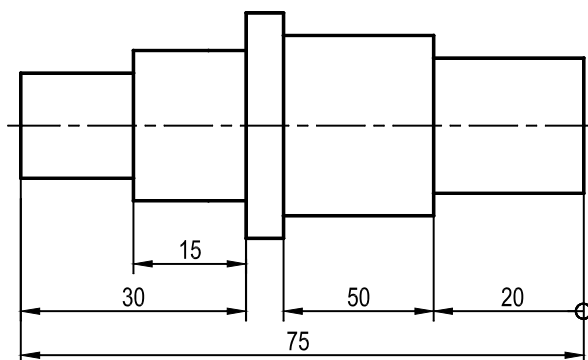
A két irányban összevont méretezés helyett a méreteket koordinátákkal is megadhatjuk. Ilyenkor a méreteket összesítő táblázatba foglaljuk (5.56. ábra).



5.56. ábra

5.5.4. Kombinált méretmegadás

Az alkatrészek mérethálózatának kialakításakor törekedni kell a méretek áttekinthető elrendezésére. Ezért ha szükséges, a méretek egyenkénti megadásával való méretmegadást, a láncszerű méretmegadást és az összevont (közös pontból induló) méretmegadást kombinálni lehet a rajzon (5.57. ábra).

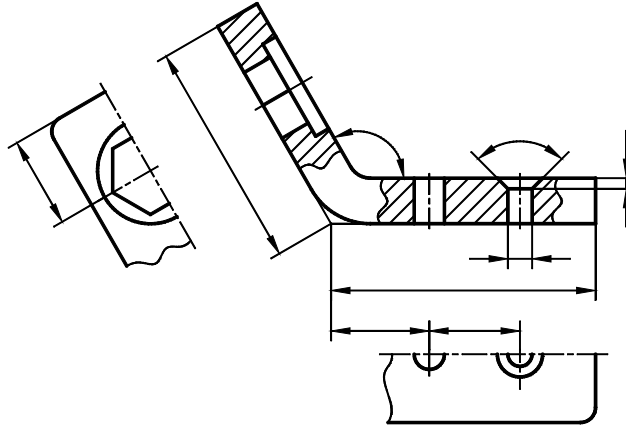


5.57. ábra

5.5.5. Gyakorlati szempontok

A mérethálózat felépítésének és a méretek elhelyezésének vannak olyan a szabványban nem említett gyakorlati szempontjai, melyeket röviden a következőkben mutatunk be.

Az alkatrész fő irányához képest ferdén álló részek tagozódását olyan bázisfelülettől kell megadni, amelyhez képest az egyes részletek párhuzamos, illetve merőleges méretekkel meghatározhatók. A bázisfelület helyét és helyzetét (szögét) külön meg kell adni (5.58. ábra).

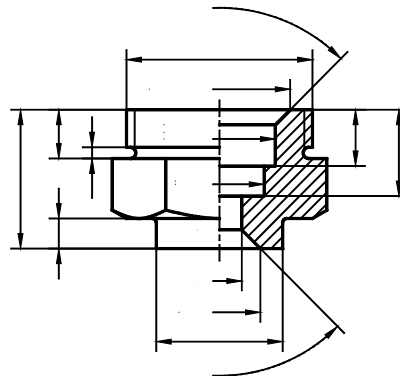


5.58. ábra

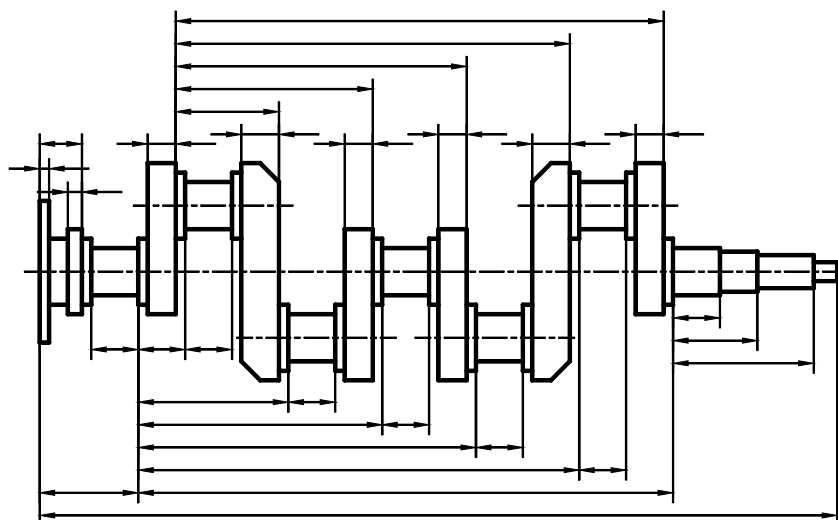
Az egy vetületen elhelyezett méreteket az áttekinthetőség érdekében csoportosítani kell:

- a külső felületeket meghatározó és a belső felületeket meghatározó (5.59. ábra),
- a nyersen maradó és megmunkált felületeket meghatározó méretek szerint (5.60. ábra).

Az ilyen méretcsoportok mindegyike célszerűen felvett önálló bázisvonalra támaszkodik, és csak a bázisvonalak távolságát meghatározó méretekkel kapcsolódik egymáshoz. A bázisvonalak azonban egybe is eshetnek. Megmunkált felület bázisfelülete csak megmunkált felület, nyersen maradó felület bázisfelülete pedig csak nyers felület lehet.

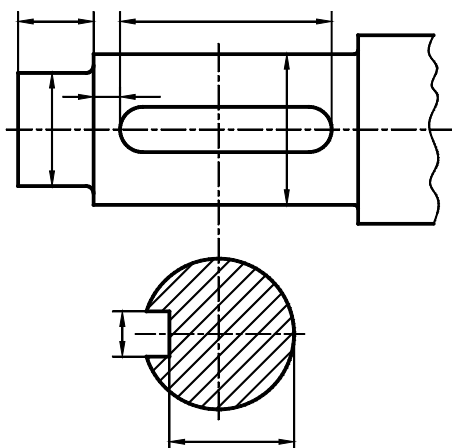


5.59. ábra



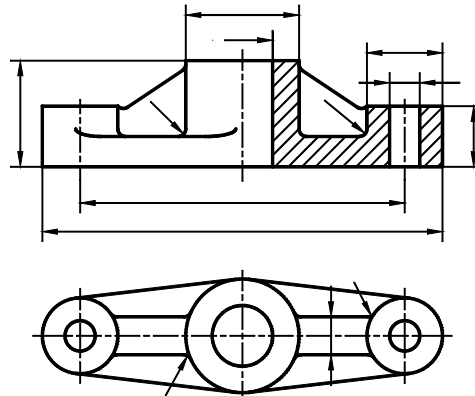
5.60. ábra

A geometriai idomot meghatározó méreteket – mint összetartozó méretcsoportot – lehetőleg ugyanazon a vetületen kell megadni. Ilyen összetartozó méret az 5.61. ábrán a reteszhorony szelvényrajzán megadott két méret. A harmadikat, a horony hossz méretét csak a másik vetületen lehet megadni. Ugyancsak összetartozónak tekintjük a zsákfurat átmérőjét és mélység méretét, a lyukkör átmérőjét és a rajta elhelyezkedő furatok méretét, stb.



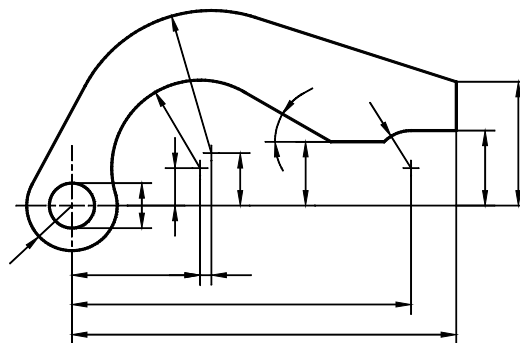
5.61. ábra

Csak egy helyen kell méretekkel illetve mérethálózattal ellátni a szimmetrikus alkatrészen tükörképként elhelyezkedő, vagy a munkadarabon ismételten előforduló és többször kirajzolt elemeket (furatokat, szemeket, bordákat, hornyokat), ha ezek azonossága a rajz alapján félreérthetetlenül felismerhető, valamint más hasonló elemtől megkülönböztethető (5.62. ábra).

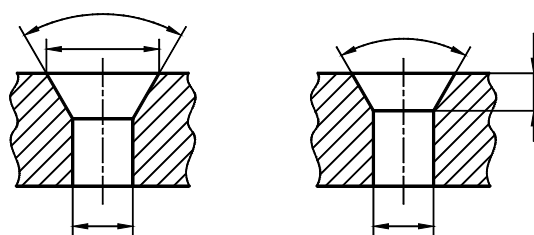


5.62. ábra

Mérethálózattal kell meghatározni azokat a méreteket is (furatok, körívek középpontjának helyét), amelyek az alkatrészen nem ellenőrizhetők, de szükségesek a méretek előrajzolásához, a gyártóeszköz elkészítéséhez vagy a szerszámgép beállításához (5.63. ábra).



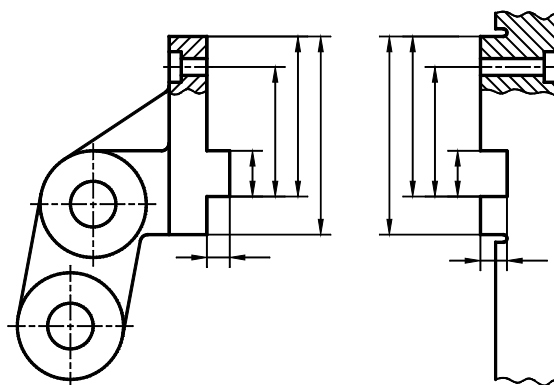
5.63. ábra



5.64. ábra

Furatsüllyesztés mérethálózatában a süllyesztő szerszám kúpszögét és a legnagyobb átmérőt vagy tengelyirányú méretét szokás megadni (5.64. ábra).

Egymáshoz csatlakozó két alkatrész egymásba illő és geometriailag hasonló kialakítású felületeit, azonos bázisvonalra támaszkodó, azonos felépítésű mérethálózattal kell meghatározni (5.65. ábra).



5.65. ábra

