

GÉPIPARI MŰSZAKI RAJZ

A mérnöki gyakorlatban a műszaki rajz a kommunikáció elengedhetetlen eszköze.

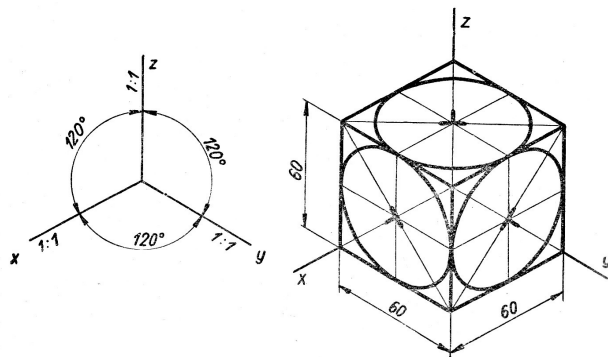
TÉRBELI ÁBRÁZOLÁS

A képi ábrázolás alapvető problémája hogy egy térbeli, három dimenziós testet egy síkon kell bemutatni (rajzlap, képernyő).

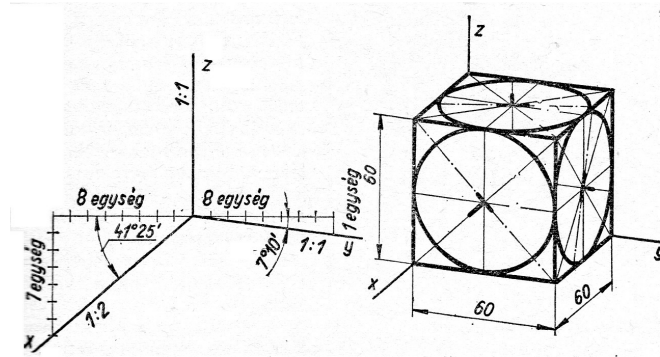
Egy testnek egyetlen képen való ábrázolása térbeli hatást adó ábrán csak úgy valósítható meg, ha a test több oldalát tesszük láthatóvá azon az egy képen.

Axonometrikus ábrázolási módok

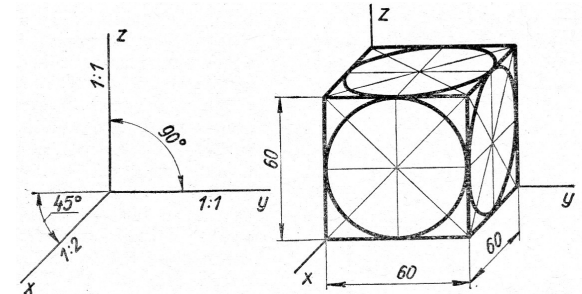
Három axonometrikus ábrázolási mód használatos:



Izometrikus (egyméretű) axonometria



Dimetrikus (kétméretű) axonometria



Frontális (ferdeszögű) axonometria

Vetületekkel való ábrázolás

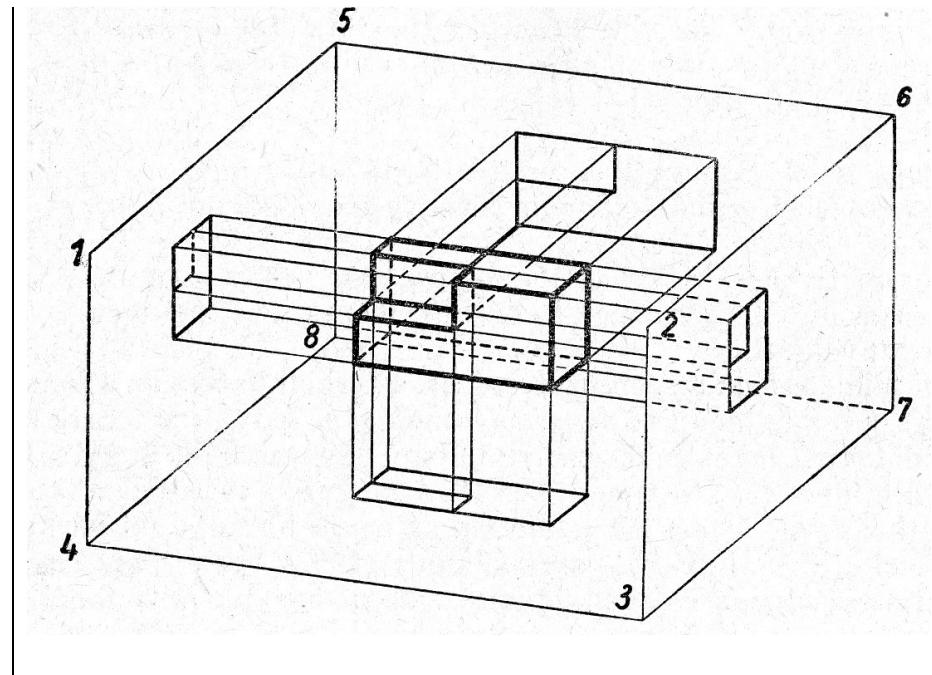
Az axonometrikus ábrázolási mód a tárgy térben való elképzelését igen könnyűvé teszi, ezért előnyös.

Hátránya viszont, hogy a méretek megadása nagyon nehezen hajtható végre, a belső felületek bemutatása sok esetben nem lehetséges. Első sorban látványtervek készítését szolgálják.

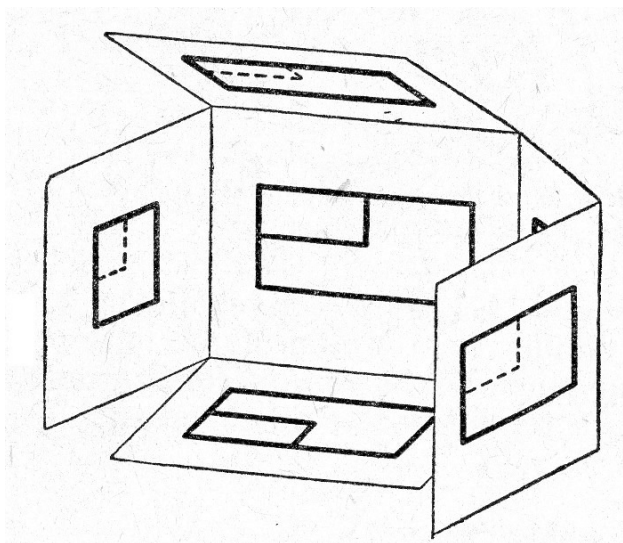
Ezért, hogy a test mindegyik oldalát méret- és alakhűen ábrázoljuk és méretek megadását is egyszerűvé tesszük, a merőleges vetítést (ortogonális projekciót) alkalmazzuk.

A vetületek keletkezése:

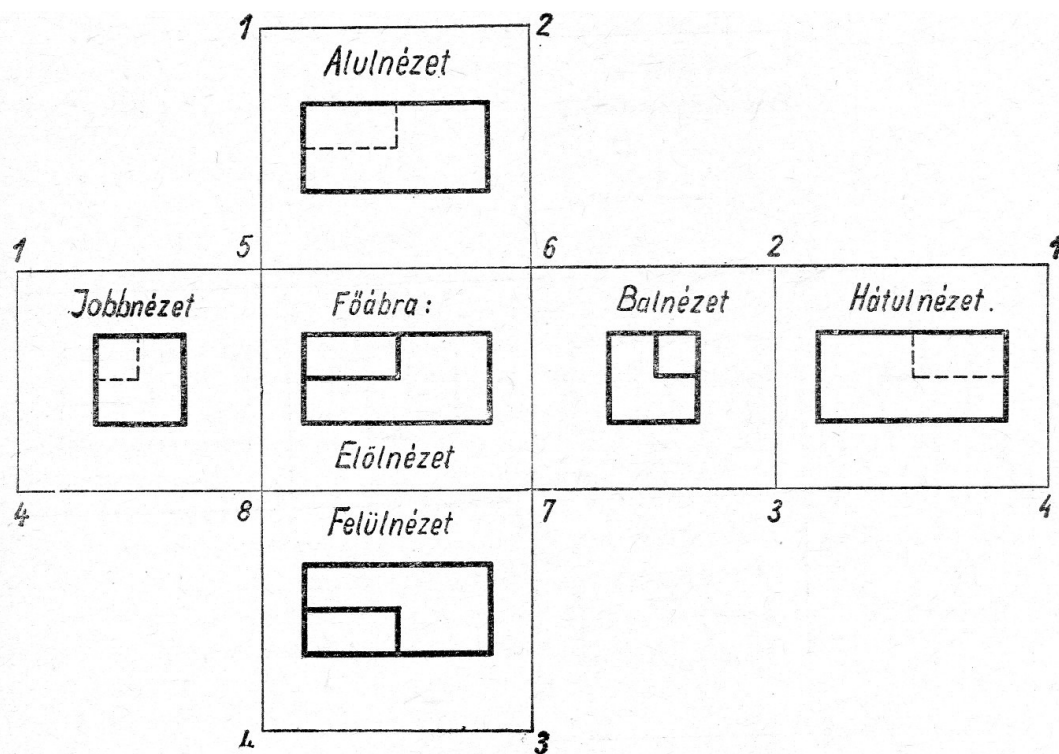
- Az ábrázolandó test körül minden oldalon képsíkot képzelünk elhelyezve.
- Az ábrázolandó testet szemünk és a képsík között helyezzük el.
- Minden egyes képsíkra párhuzamos vetítő sugarakkal rávetítjük a szemünkkel látott képet.



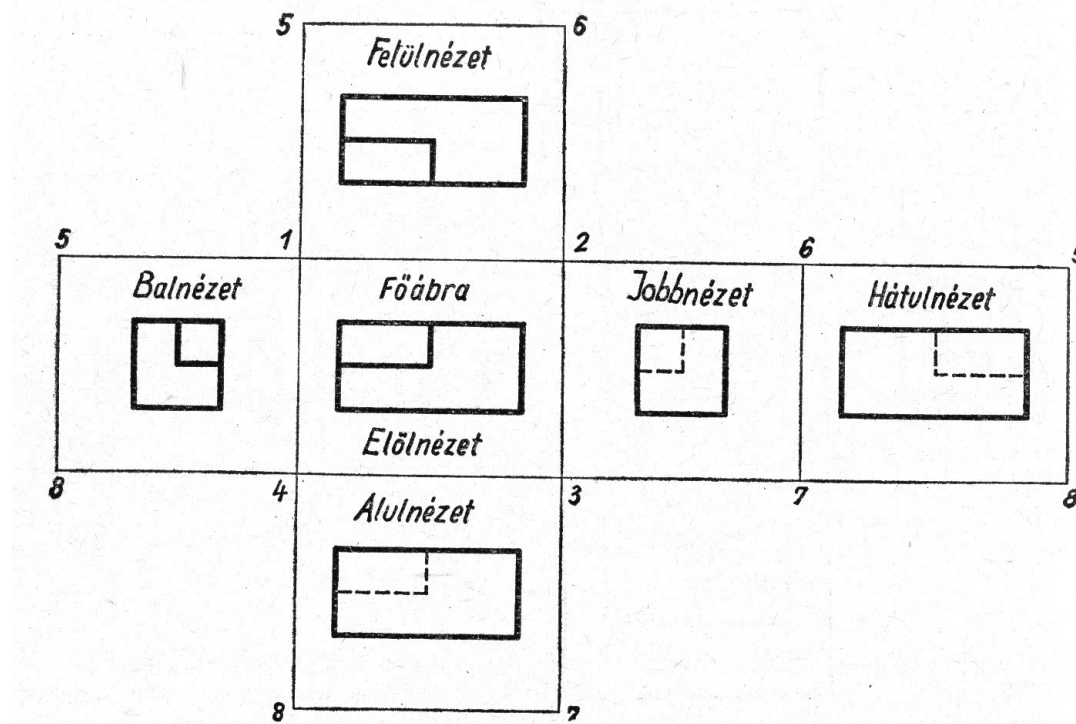
A képsíkokat azután a metszészvonalaik körül egy síkba terítjük



Vetületek elhelyezése európai vetítési módszerrel



Amerikában nem az európai vetítési mód a használatos.
Ott a képsík a szem és a tárgy között helyezkedik el.

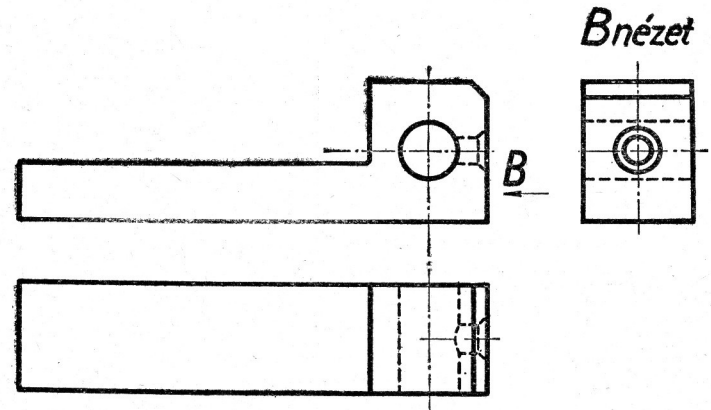


A vetületekben való ábrázolásnál egy test lerajzolásához rendszerint három kép elegendő.

Sokszor két kép is elegendő, előfordul az is, hogy csak egy képet rajzolunk meg. A többi képet felírással vagy méretmegadásnál használt jelölésekkel pótoljuk (pl Φ jelet használunk hengeres alkatrészeknél).

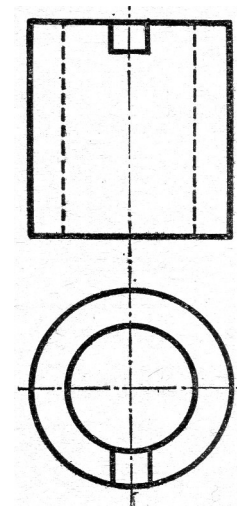
Ha több képet használunk, akkor azokat okvetlenül az előzőekben bemutatott vetítési módnak megfelelően helyezzük el.

Ha helyszűke vagy más okból valamelyik nézet nem a rendes helyére kerül, akkor nyíllal és hivatkozási betűvel kell feltüntetni a nézet irányát.

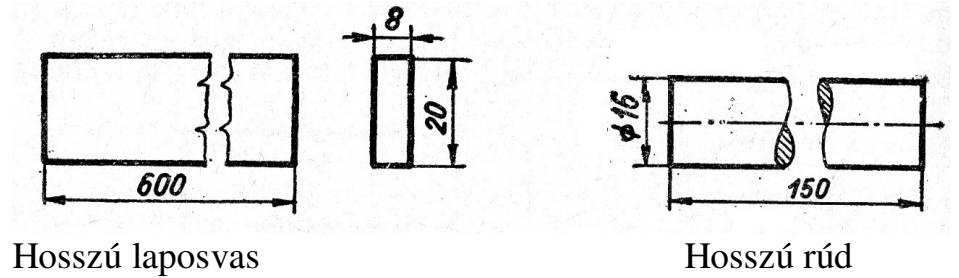


Szimmetrikus vagy közel szimmetrikus darabok lerajzolásánál minden esetben fel kell tüntetni a darab középvonalát vagy középvonalait pont-vonallal.

A nem látható, eltakart éleket általában nem tüntetünk fel, mégis sokszor egy-két ilyen vonal megrajzolásával az ábra érthetőségét jelentősen megnövelhetjük, ill. több nézet megrajzolását takaríthatjuk meg. A nem látható éleket szaggatott vonallal rajzoljuk.



A hosszú alkatrészek ábrázolásánál esetenként csak a végeket rajzoljuk, ha a köztes, kihagyott rész semmilyen keresztmetszet változást nem tartalmaz. A végek lezárását szabadkézzel húzott vékony vonallal végezzük.



Hosszú laposvas

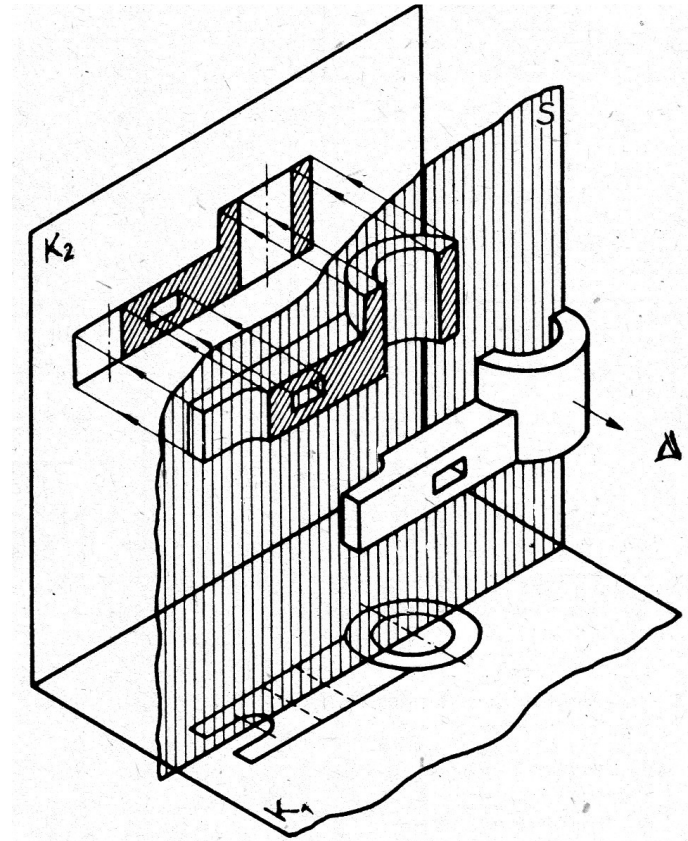
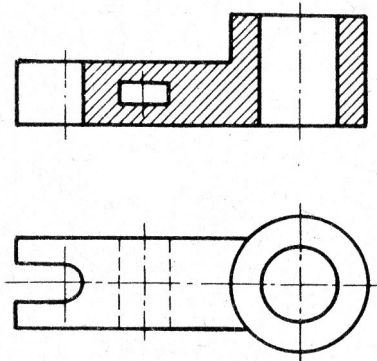
Hosszú rúd

Metszetek

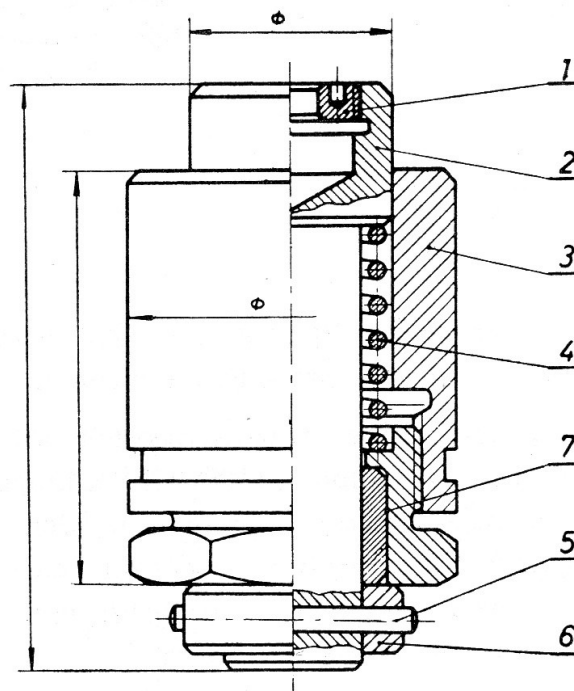
Tagozottabb üreges testek esetében a sok szaggatott vonal áttekinthetatlenné tenné az ábrázolást. Sokkal áttekinthetőbb, világosabb ábrát kapunk, ha a darabot ilyenkor metszetben rajzoljuk meg.

A metszetben való ábrázolás úgy történik, hogy a tárgyat képzeletben egy vagy több sík mentén több részre vágjuk, a metszősík előtti részt eltávolítjuk és a metszősík mögötti részeket a láthatóságnak megfelelően lerajzoljuk

A metszősíknak az anyagot metsző felületét vékony folytonos, az alapvonalhoz 45 fokos szög alatt húzott vonalakkal („sraffozással”) látjuk el.



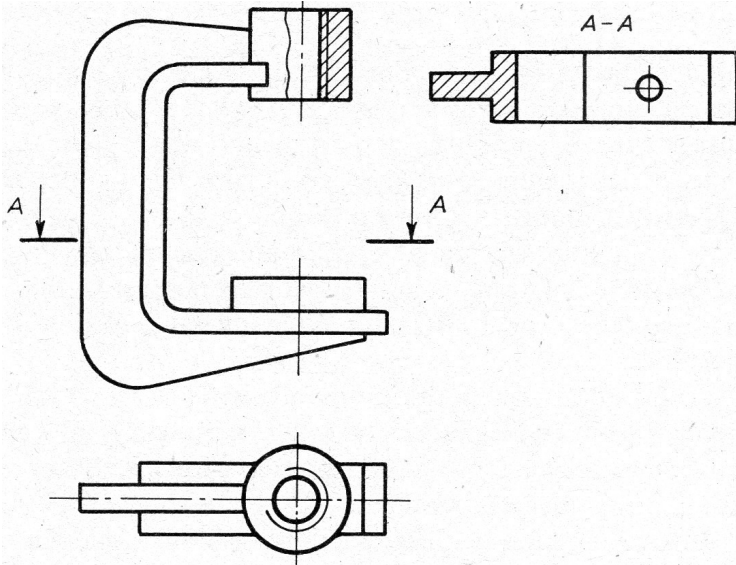
Csatlakozó alkatrészek vonalkázása



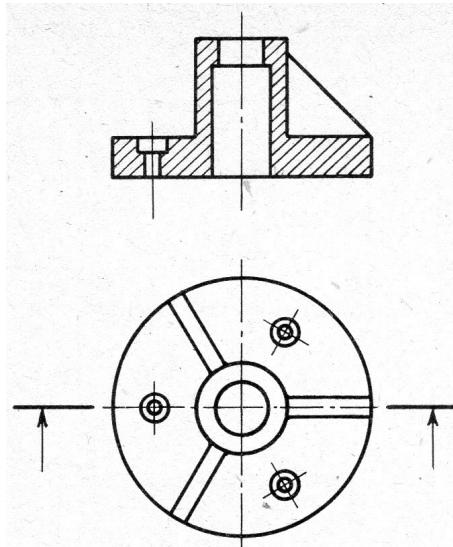
Metszetekkel kapcsolatos jelölések:

- A metszősík nyomvonalala
- A metszeti kép
- Vetítési irányt jelző nyilak, betűk

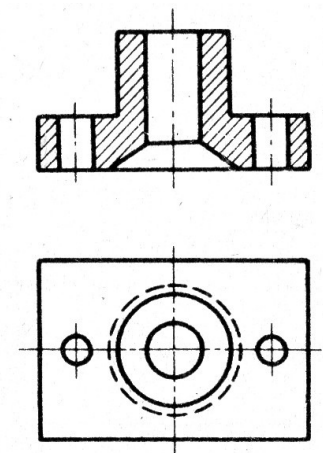
Ha a metszeti kép nem a vetítési mód által meghatározott helyre kerül, akkor a nyílazott nyomvonalat és a metszeti képet betűkkel jelöljük.



Nyílazott nyomvonalat nem jelöljük betűkkel, ha a metszeti kép a vetítési módnak megfelelő helyre kerül.

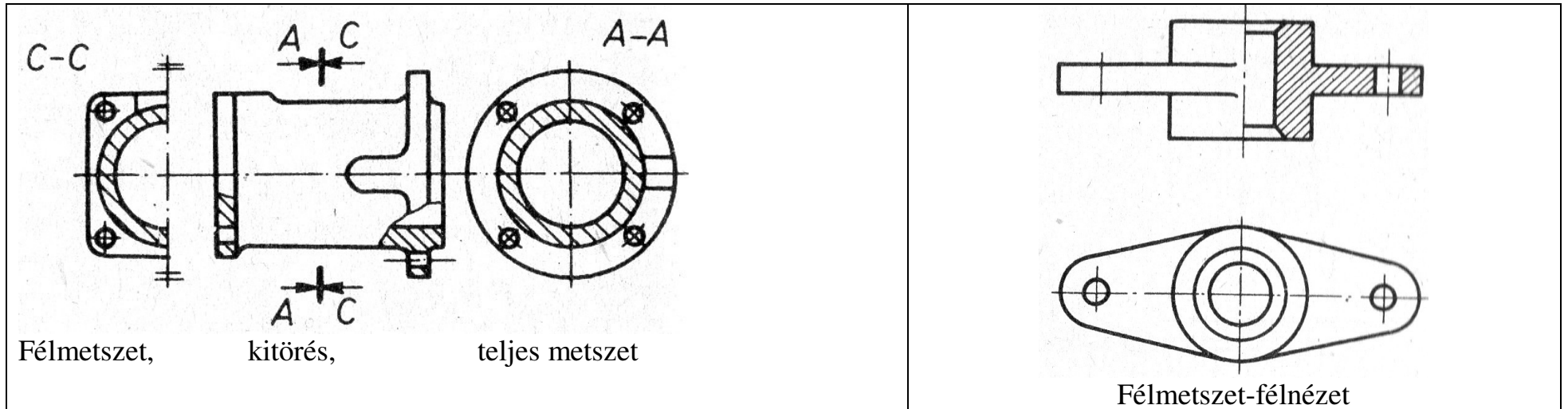


Ha a metszési sík nyomvonalala egyértelműen felismerhető, akkor nem szükséges azt jelölni



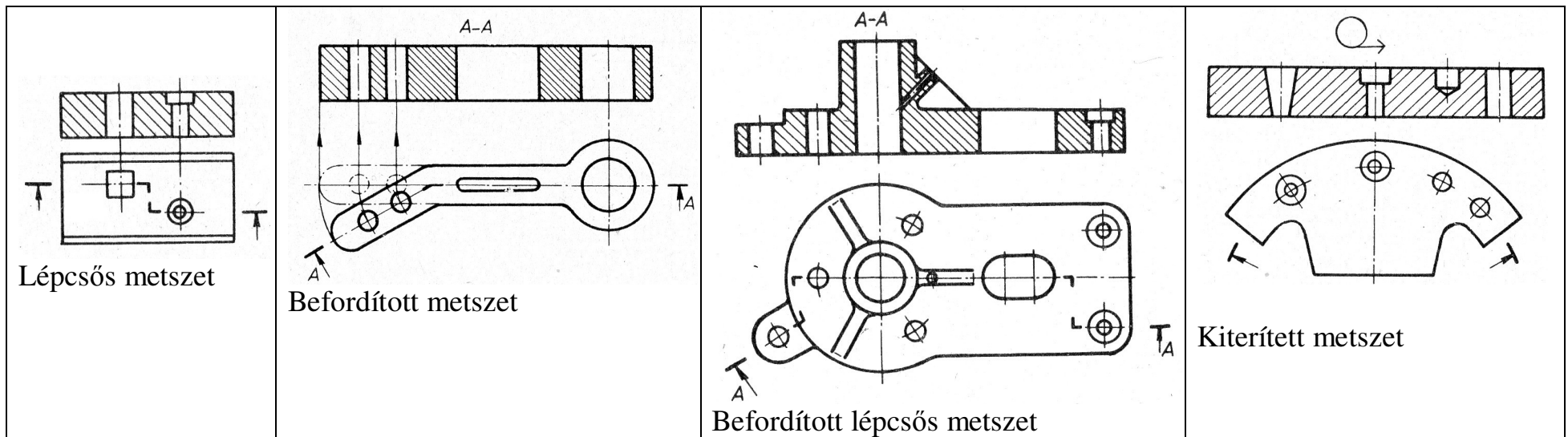
Egyszerű metszetek (a metszetet egyetlen metszősíkkal állítjuk elő)

- Teljes metszet
- Félmetszet
- Félmetszet-félnézet
- Részmetszet vagy kitörés



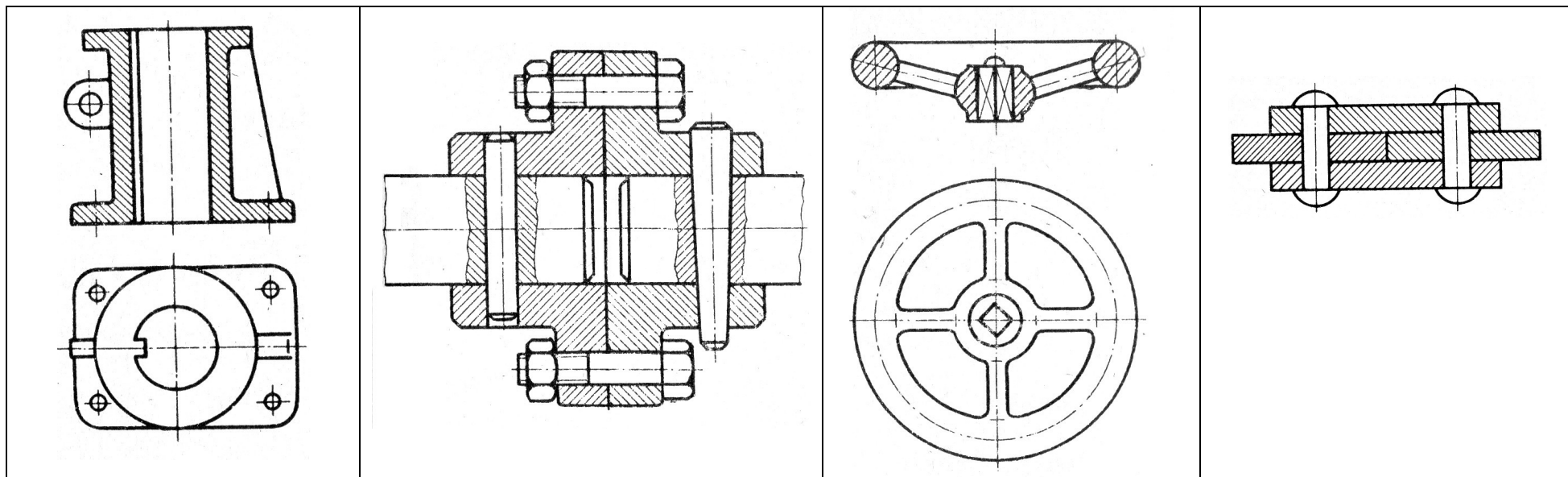
Összetett metszet (a metszetet több egymással párhuzamos vagy szöget bezáró metszősíkkal állítjuk elő)

- Lépcsős metszet
- Befordított metszet
- Befordított lépcsős metszet
- Kiterített metszet



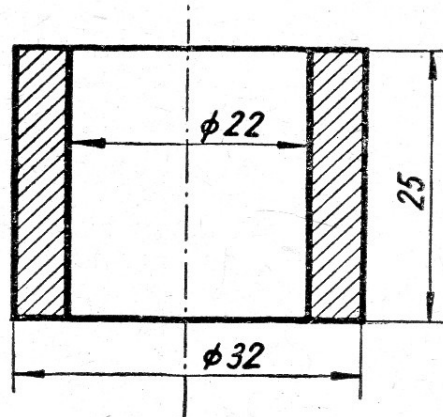
Nem metszhető alkatrészek, részletek

Olyan alkatrészeket, részleteket, amelyeknek a metszete sem ad több információt, mint a nézete, mindig nézetben rajzoljuk még akkor is ha áthalad rajtuk a képzeltszög. Ilyenek a következők: bordák, tömör tengelyek, csapszegek, csavarok, szegecsek, küllők, stb. hosszmetsetben.



Méretmegadás (kottázás)

- Méretvonal
- Nyilak
- Segédvonal
- Méret szöveg



Mérettűrések, illesztések

Az alkatrész méretének megadott értéket névleges méretnek nevezzük.

Gyártás során abszolút pontos méreteket nem tudunk megvalósítani. Azonos gépbeállítás mellett is, ha megmérjük a darabokat azok egy bizonyos szórást mutatnak.

Illesztéseknél a szórást bizonyos határok közé kell szorítani.

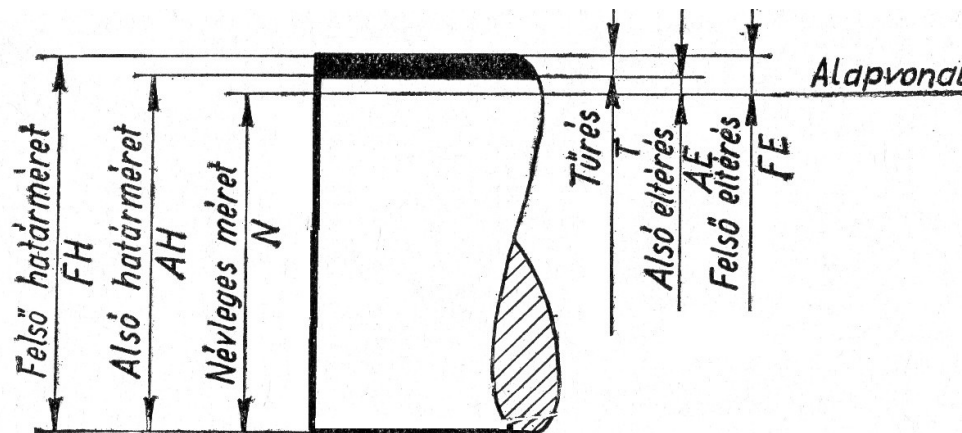
Meg kell szabnunk egy alsó és felső határt és csak e két érték közötti tűrést engedhetjük meg.

A felső és alsó határméreteket a névleges mérettől való legnagyobb és legkisebb eltéréseikkel adjuk meg.

Példa: $\Phi 50^{+0,7}_{+0,2}$

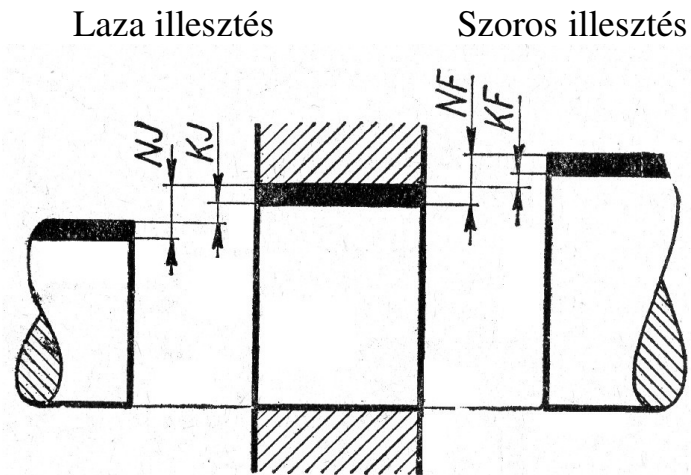
Azt jelenti, hogy a méretet 50,7 és 50,2 mérethatárok között kell elkészíteni.

A tűrés (tűrésmező) a felső és az alsó határméret különbsége: $T = 0,5$ mm.



Illesztések

Tűrések előírásával elsősorban összeszerelendő, együtt dolgozó alkatrészek jó illeszkedését igyekszünk biztosítani



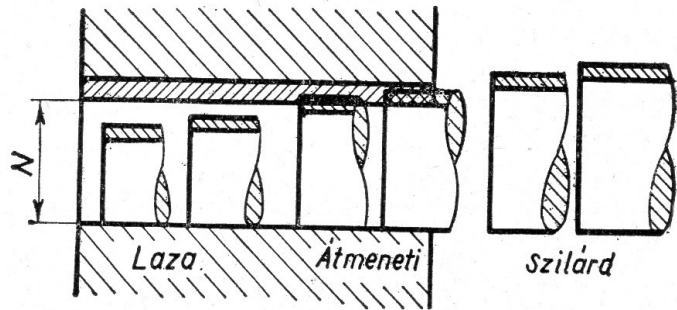
NJ- nagyjáték, KJ-kisjáték, NF- nagyfedés, KF- kislefedés

Az illesztés fokozatainak három csoportját különböztetjük meg:

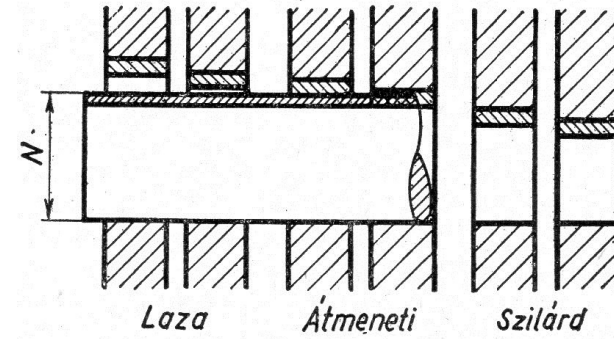
- laza illesztés (játék biztosított)
- átmeneti illesztés
- szoros illesztés (fedés biztosított)

Illesztési rendszerek

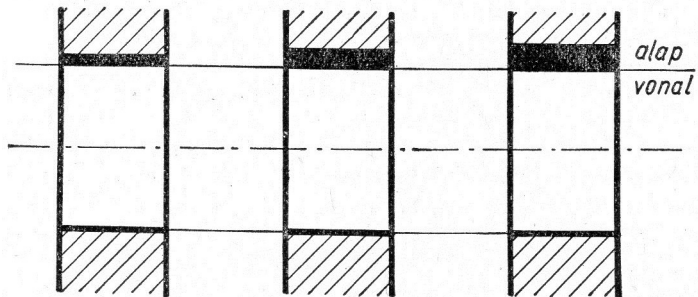
Alaplyuk rendszer



Alapcsap rendszer



A tőrésmező minősége (finomsága)



ISO illesztés rendszer (IT)

Az ISO rendszerben 20 minőség van megállapítva: IT01, IT0, IT1, IT2, ..., IT18.

A kisebb szám finomabb tűrést (tűrésmező szélességet) jelent:

- IT01... IT4 – mérőműszerek
- IT5...IT11- általános gépgyártás
- IT12...IT18- durva tűrések kovácsolt, öntött, hengerelt termékek

A tűrésmezők szélessége névleges mérettartományonként táblázatokba van rendezve

A tűrésmező helyzetét betű jelzi.

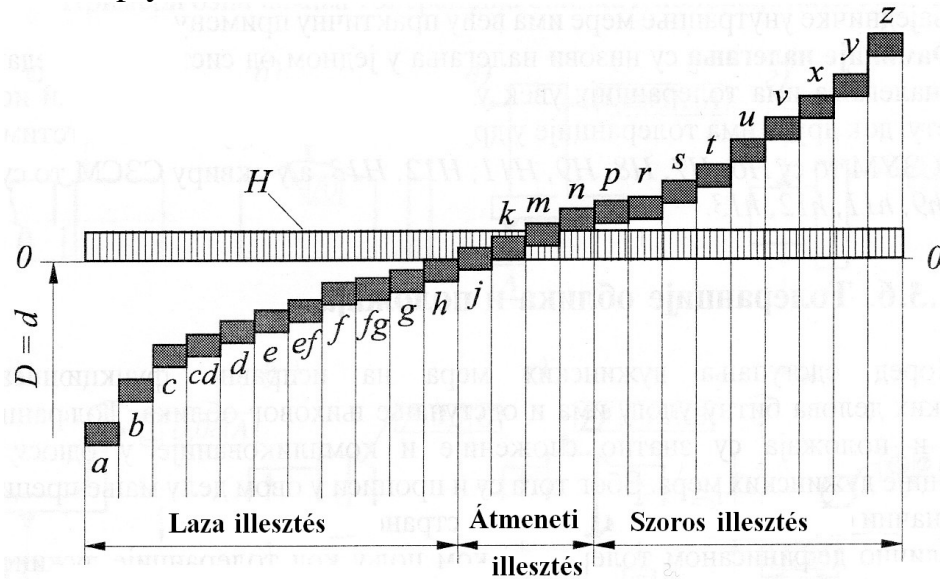
Furat (belső méret) esetén nagy betűt, csap (külső méret) esetén pedig kis betűt használ.

Példa: $\Phi H7$

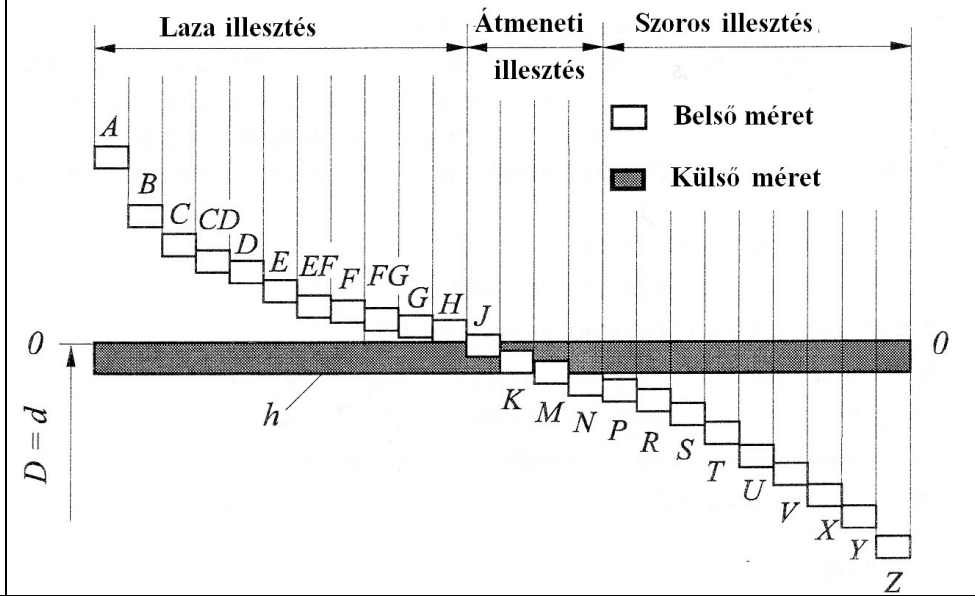
Illesztésnél (szerelési rajzokon) a furat és a csap tűrését együtt kell megadni és ez képezi az illesztést.

Példa $\Phi H7/k6$

ISO alaplyuk rendszer



ISO alapcsap rendszer

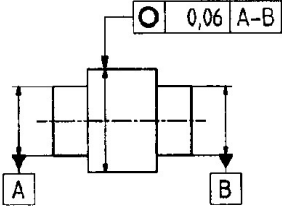
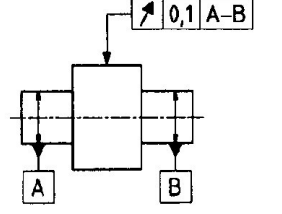
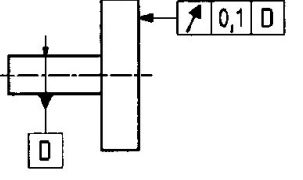


Alak és helyzetűrések

Egysíkúság
Körköröség
Hengeresség, stb.

Párhuzamosság,
Merőlegesség
Egytengelyűség,
Radiális ütés
Axiális ütés, stb.

Példák:

	Egytengelyűség
	Radiális (sugárirányú) ütés
	Axiális ütés

Felületi érdesség

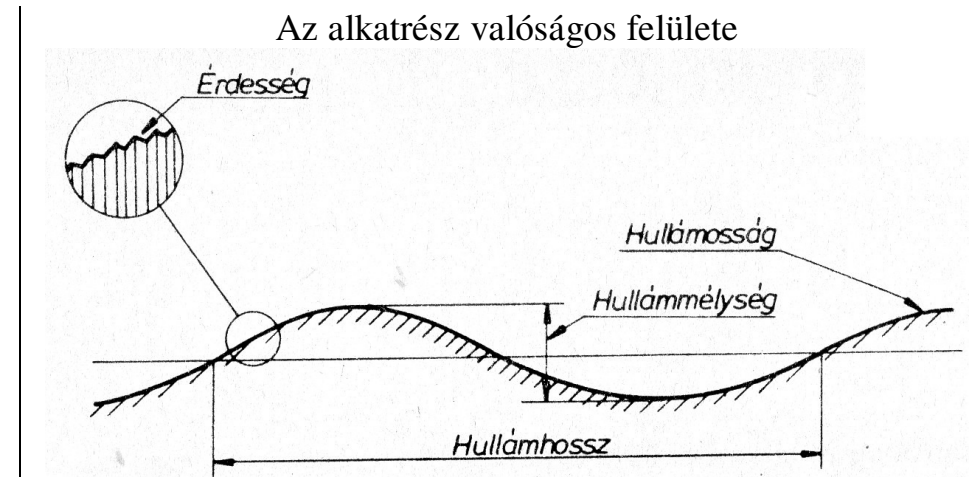
Az alkatrészek gyártása során nem kapunk ideálisan pontos felületeket.

Az egyenetlenség lehet:

- alakhiba,
- hullámosság,
- érdesség.

Az alakhiba makro geometriai hibának számít.

Az érdesség mikro geometriai hiba.



Az érdességére vonatkozó követelmények egy vagy több paraméter (adat) előírásával adhatók meg:

R_a –átlagos érdesség,

R_z – egyenetlenség magasság,

R_{max} –maximális egyenetlenség magasság, stb.

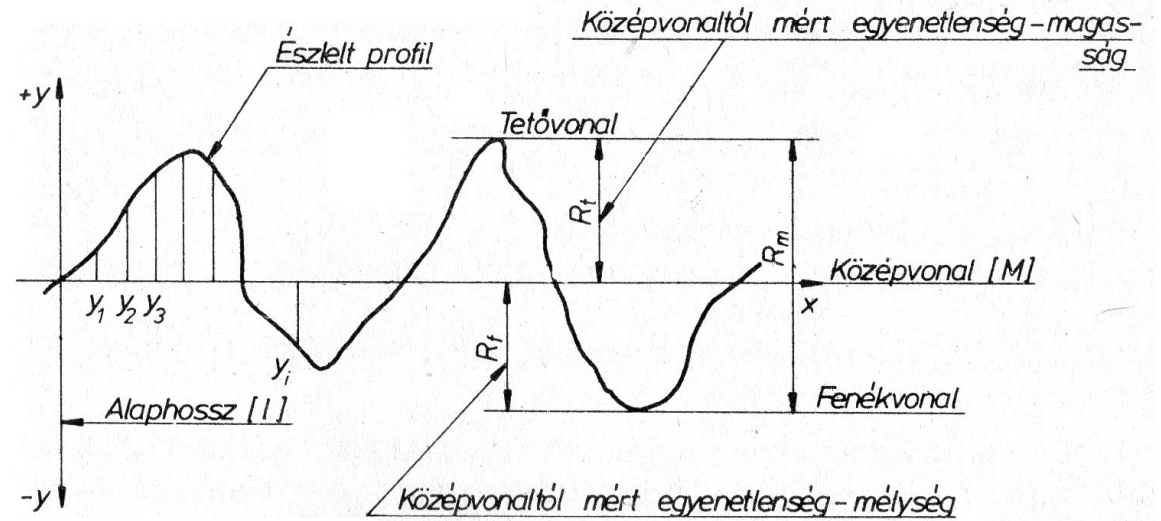
A gyakorlatban legjobban az átlagos érdesség és az egyenetlenség magasság terjedt el. Ezeket mikrométerben (μm) adjuk meg.

Átlagos érdesség $R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|$

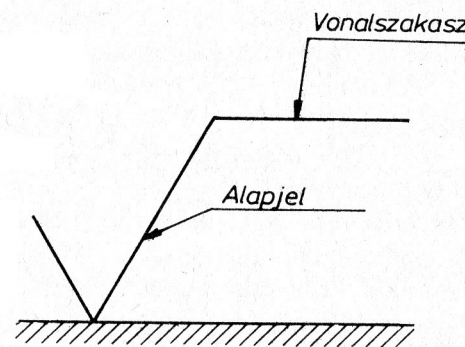
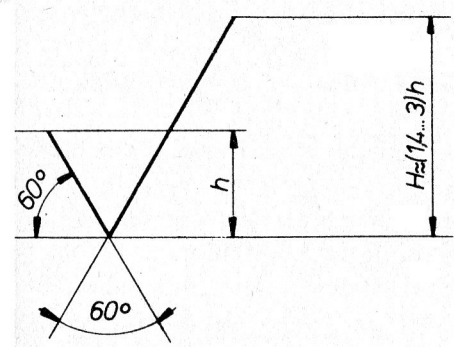
Egyenetlenségmagasság (10 ponton)

$$R_z = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 h_{i \max} - \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 h_{i \min} \right)$$

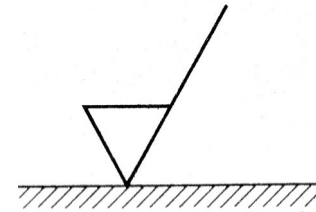
Az 5 legmagasabb csúcs átlagából kivonjuk az 5 legmélyebb bemélyedés átlagát



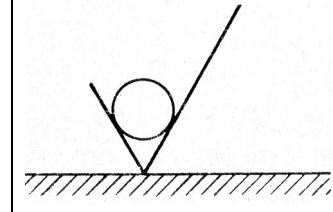
Az érdesség jele



Fogácsolással megmunkált felület



Fogácsolás mentes eljárással megmunkált felület

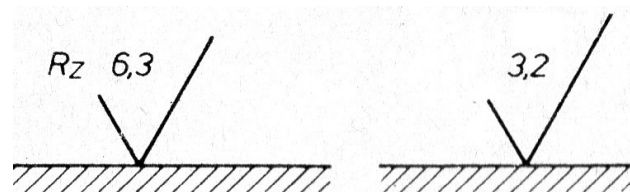


Az érdesség mérőszáma

Az érdesség jelre visszük föl az érdesség mérőszámát (értékét). Alapesetben az R_a -átlagos érdesség értékét adjuk meg és ilyenkor csak a mérőszámot írjuk (12,5; 6,3; 3,2; 1,6; 0,8 stb.).

Ha más paraméterrel adjuk meg az érdességet, akkor minden esetben fel kell tüntetni.

Példa



A SZILÁRDSÁGI SZÁMÍTÁSOK ALAPJAI

A törés fajtái (okai):

- Erőszakos törés (képlékeny vagy rideg)
- Fáradt törés
- Feszültség-korrózió miatt beállt törés
- Magas hőmérsékleten beálló törés

A szilárdsági számításokat két szakaszban végezzük:

1. Méretezés.

A méretek meghatározása adott terhelés, geometriai-szilárdságtani modell és adott, ill. kiválasztott anyag esetére.

2. Ellenőrzés

A kvázi véglegesen kialakított szerkezet illetve alkatrész adott méretei, adott terhelés és anyagjellemzők ismeretében ellenőrizni kell, hogy elviseli-e és mekkora biztonsággal a terhelést.

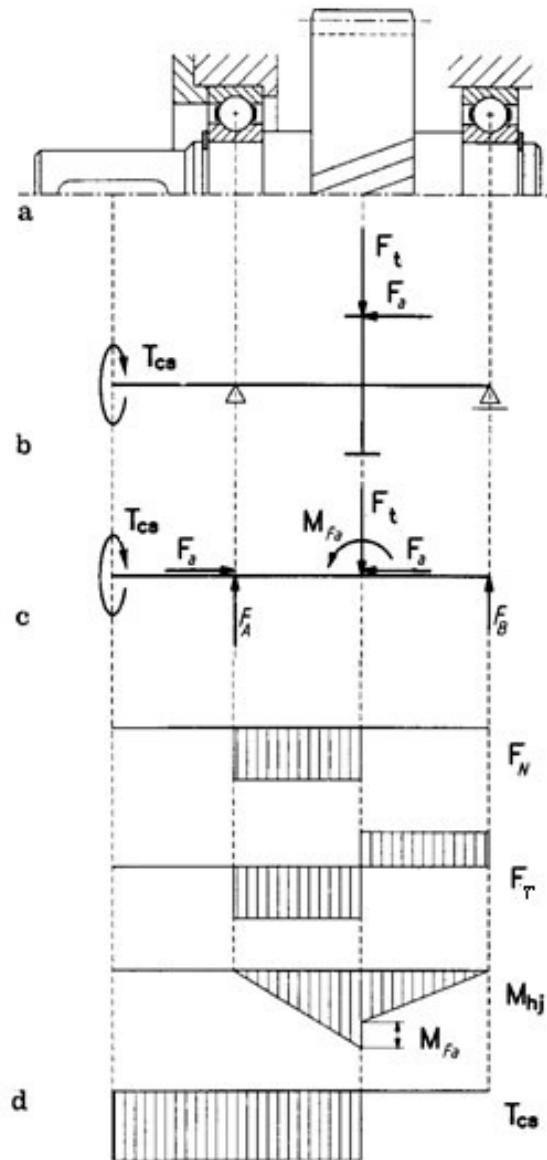
A modell és a valós szerkezet

a) a valós objektum geometriai modellje

b) a valós objektumot helyettesítő mechanikai modell

c) terhelési (sztatikai) modell

d) igénybevételi ábrák



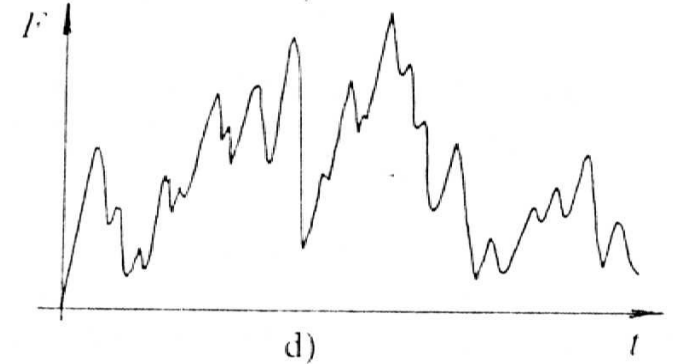
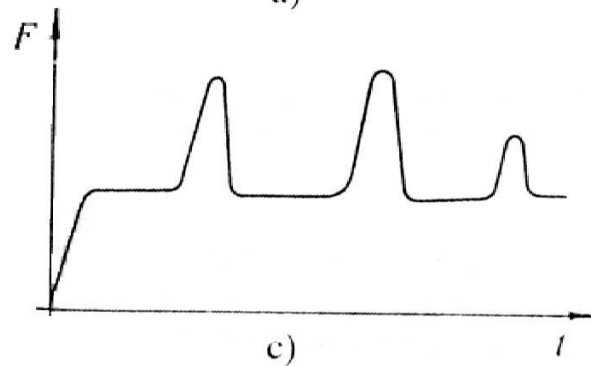
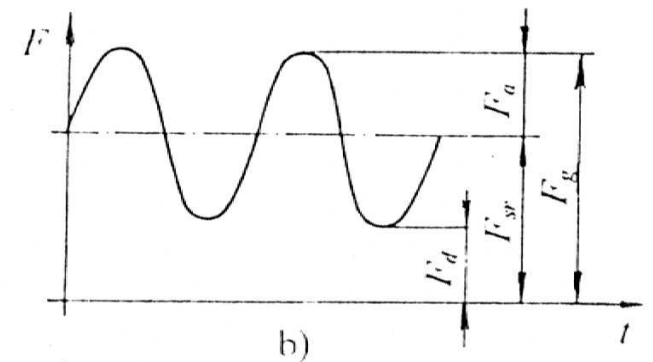
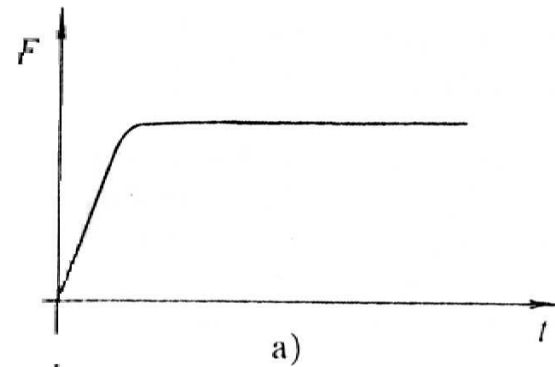
GÉPELEMEK ÜZEMI TERHELÉSE

A terhelés időbeli lefolyása lehet állandó értékű, azaz nyugvó terhelés (sztatikus terhelés) vagy változó.

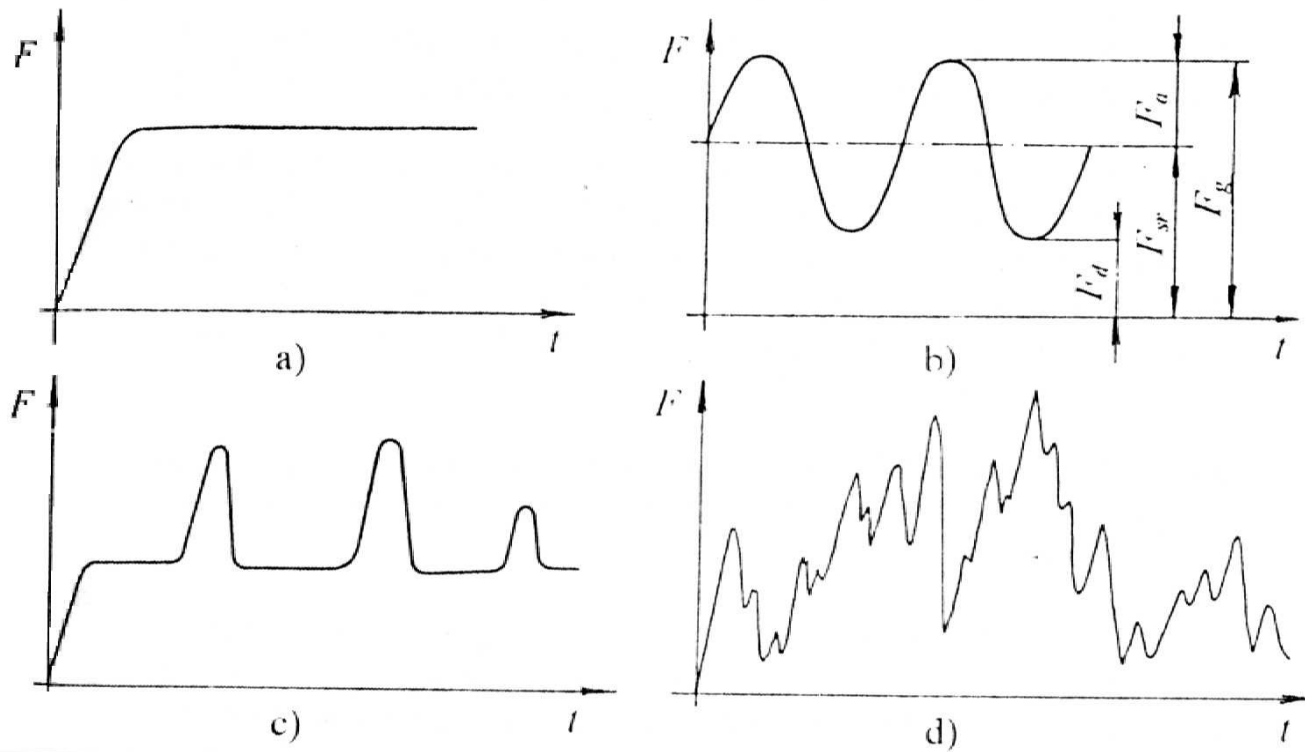
A váltakozás lehet:

- harmonikus,
- ütésszerű vagy
- véletlenszerű.

- a) nyugvó,
 b) harmonikusan váltakozó,
 c) ütésszerű,
 d) véletlenszerűen váltakozó



A valós üzemi körülményeknél leggyakrabban véletlenszerű terhelés jelentkezik, mégis az egyszerűség érdekében a további tárgyalás során a terhelést nyugvó vagy harmonikusan váltakozó terhelésnek tekintjük.



IGÉNYBEVÉTEL ÉS FESZÜLTSG

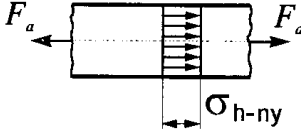
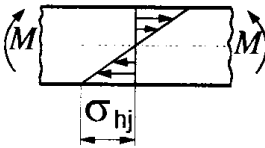
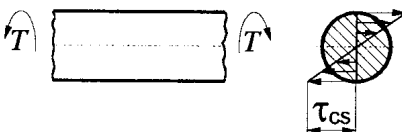
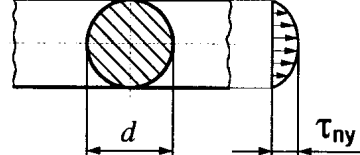
Az igénybevétel az alkatrészben kialakult állapot, amelyet külső terhelés idéz elő.

Megkülönböztetünk

- teljes térfogatban ható igénybevételt (húzás-nyomás, hajlítás, nyírás, csavarás) és
- felületi igénybevételt (felszíni nyomás).

A feszültség az anyagban jelentkező belső ellenálló erők nagysága egy egységnyi felületre vonatkoztatva.

Teljes térfogatban ható igénybevételek

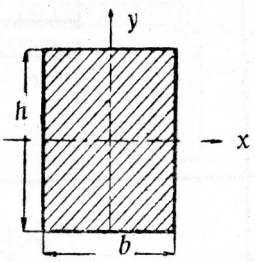
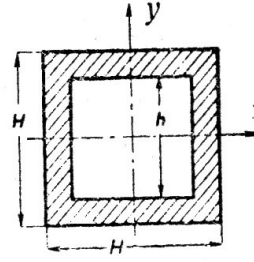
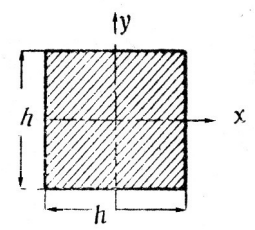
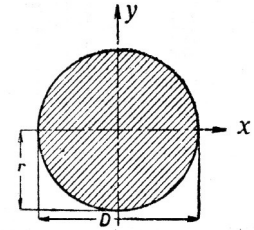
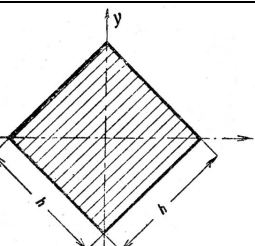
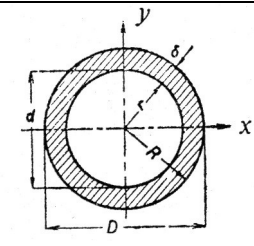
Igénybevétel	Feszültség (N/mm ²)	Feszültségeloszlás
Húzás vagy nyomás	$\sigma_{h-ny} = \frac{F_a}{A}$	
Hajlítás	$\sigma_{hj} = \frac{M}{K}$	
Csavarás	$\tau_{cs} = \frac{T}{K_p}$	
Nyírás	$\tau_{ny} = \frac{F_T}{A}$	
<p>A (mm²) - a keresztmetszet területe; K (mm³) - keresztmetszeti tényező; K_p (mm³) - poláris keresztmetszeti tényező M (Nmm) – hajlító nyomaték T (Nmm) – csavaró nyomaték</p>		

Keresztmetszeti tényező

A hajlításnál ébredő normálfeszültség nem csak a tartó keresztmetszetének a nagyságától függ, hanem nagymértékben annak alakjától is.

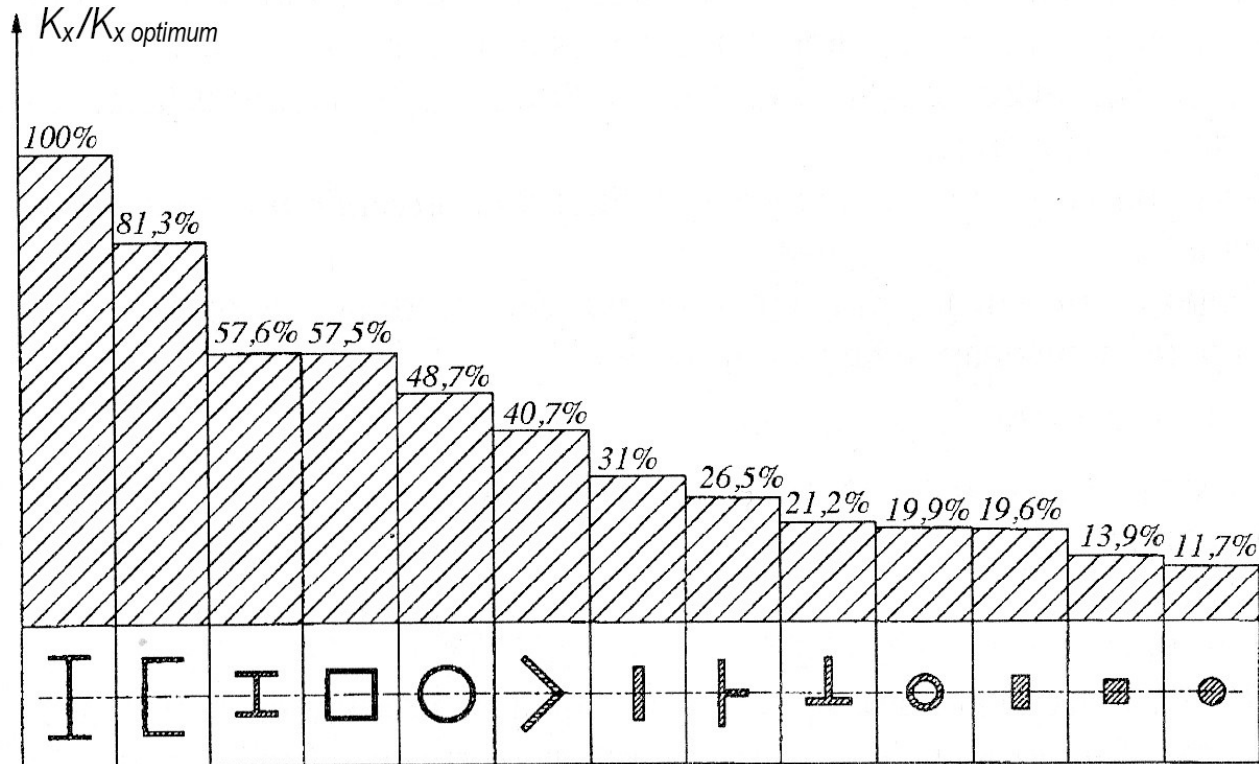
A szabályos síkidomok keresztmetszeti tényezőit egyszerű képletekkel számoljuk ki:

Táblázat: Keresztmetszeti tényező néhány gyakori keresztmetszet esetére

Síkidom	Terület	Keresztmetszeti tényező	Síkidom	Terület	Keresztmetszeti tényező
	$A = b \cdot h$	$K_x = \frac{b \cdot h^2}{6}$ $K_y = \frac{h \cdot b^2}{6}$		$A = H^2 - h^2$	$K_x = K_y = \frac{1}{6} \frac{H^4 - h^4}{H}$
	$A = h^2$	$K_x = K_y = \frac{h^3}{6}$		$A = \frac{D^2 \cdot \pi}{4}$	$K = \frac{D^3 \cdot \pi}{32} \approx 0,1D^3$
	$A = h^2$	$K_x = K_y = \frac{h^3}{12} \sqrt{2}$		$A = (H^2 - h^2) \cdot \frac{\pi}{4}$	$K = \frac{\pi}{32} \frac{D^4 - d^4}{D}$

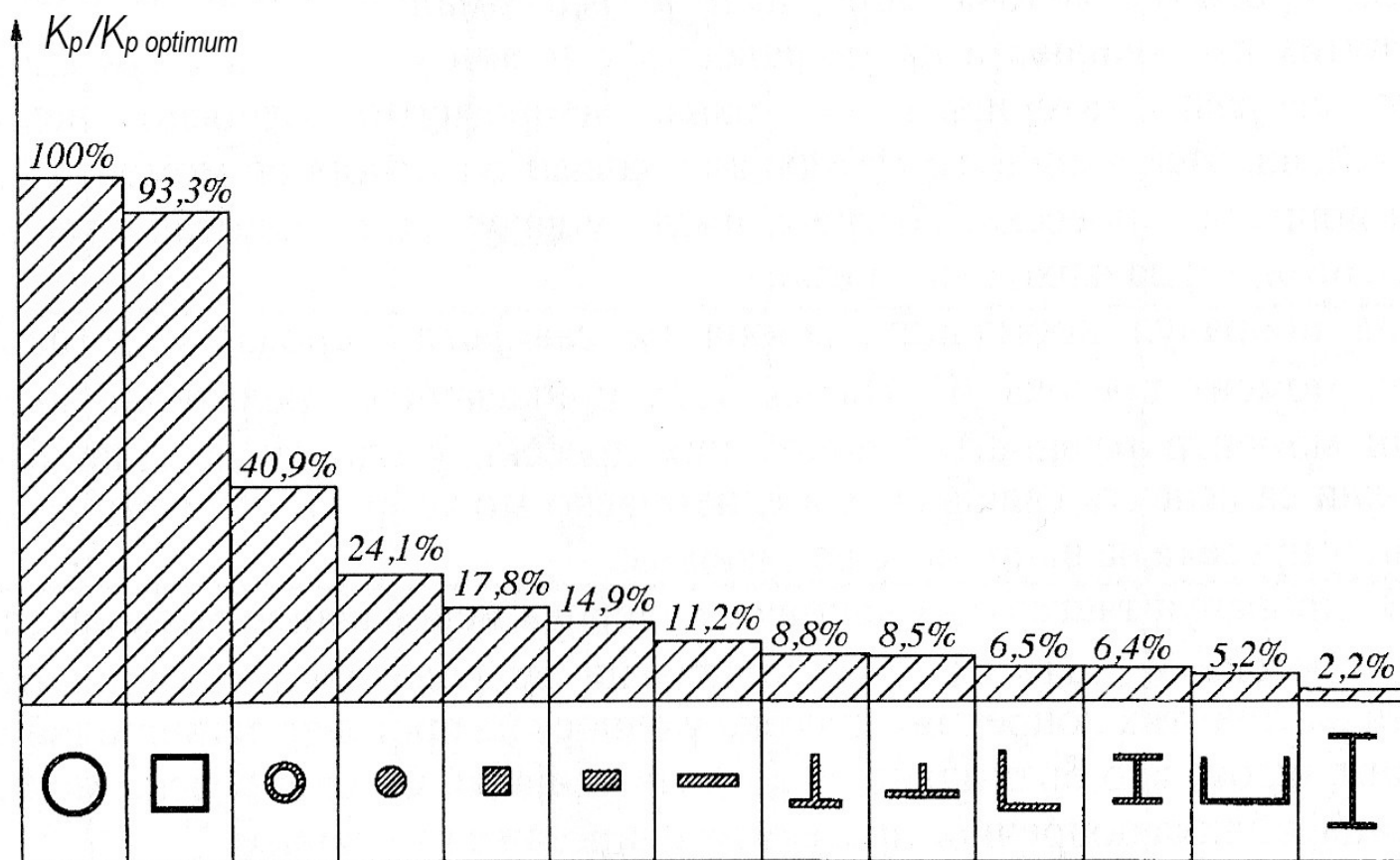
Hajlító igénybevétel esetén az „I” profil tekinthető optimálisnak.

Az ábra azonos felületű keresztmetszetek keresztmetszeti tényezőit mutatja százalékosan az I-profilhoz viszonyítva.



Csavaró igénybevétel esetén a K_p (mm^3) - poláris keresztmetszeti tényező a mértékadó. Itt optimális a gyűrű alakú keresztmetszet.

Az ábra azonos területű keresztmetszetek keresztmetszeti tényezőit mutatja százalékosan a gyűrű keresztmetszetű vékonyfalú csőtengelyhez viszonyítva.

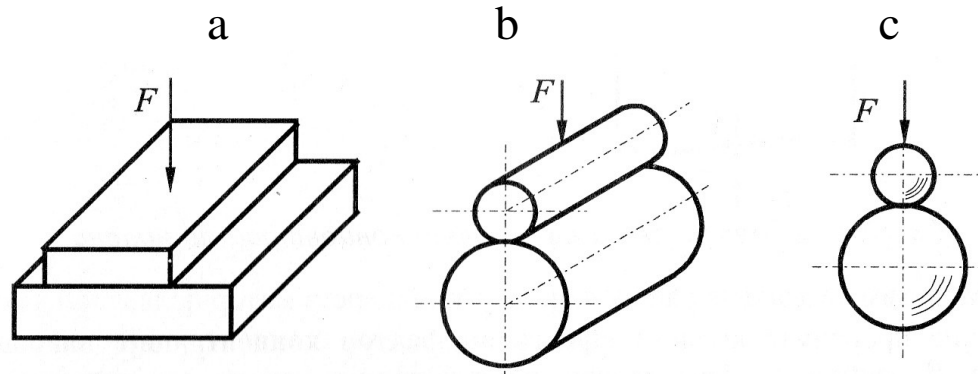


Felületi igénybevétel (felszíni nyomás)

Felszíni nyomás jelentkezik a gépelemek érintkező felületein.

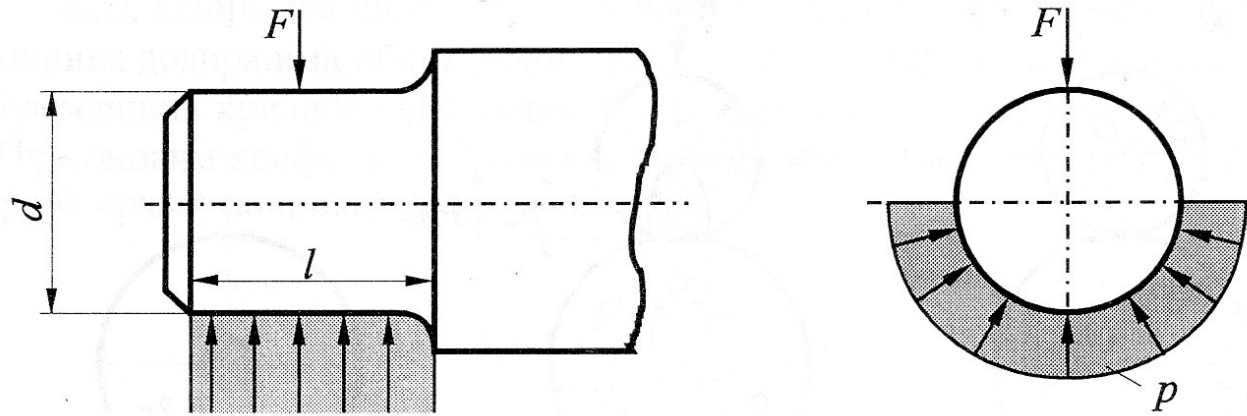
Két alapvető esetet kell megkülönböztetni:

1. Terhelésmentes állapotban az érintkezés véges felületen valósul meg (a).
2. A gépelemek terhelésmentes állapotban egy vonal mentén vagy egy ponton érintkeznek (b, c)



Véges felületen történő érintkezés esetén a felszíni nyomás középértékével számolunk:

$$p = \frac{F}{A}$$



Konkáv és konvex felületek érintkezésénél a felület terhelés irányára merőleges vetületével

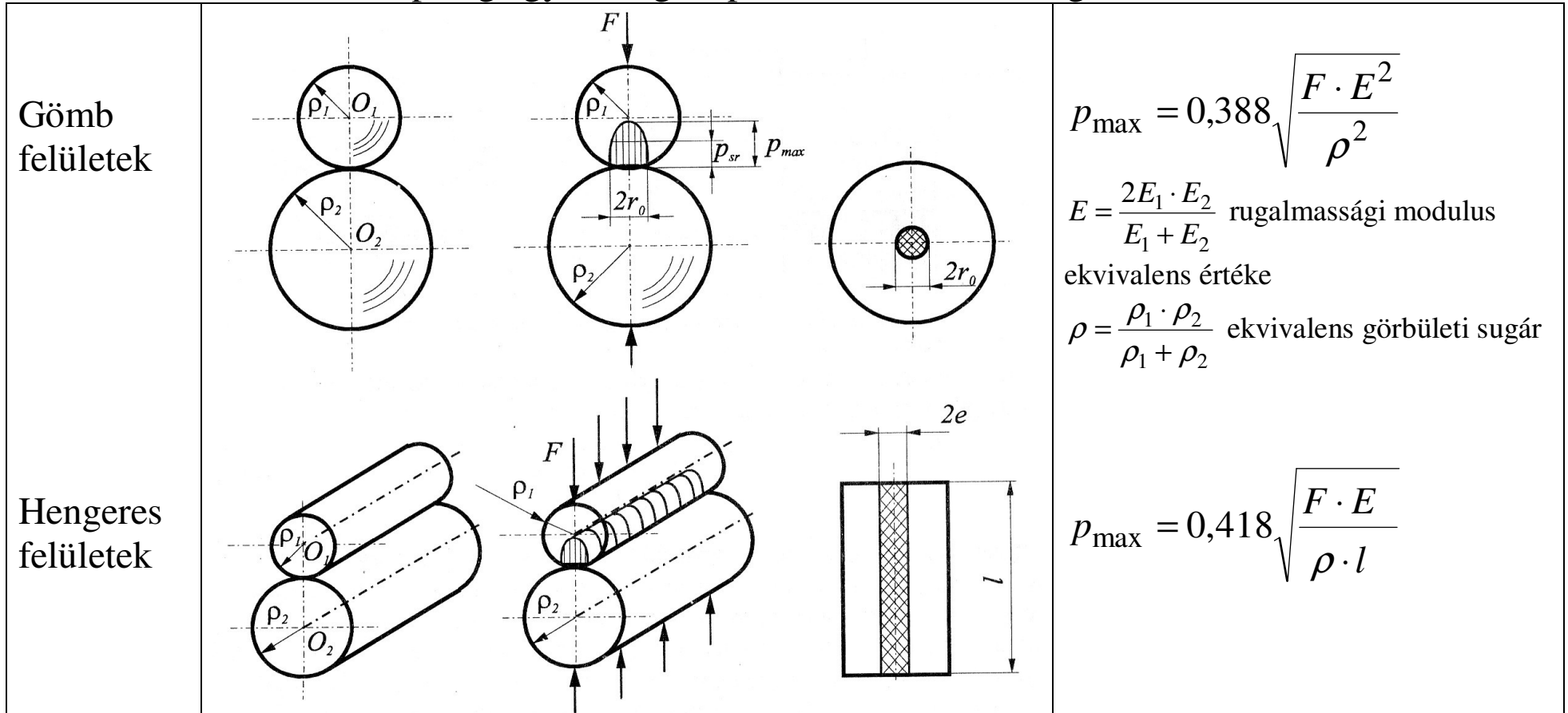
számolunk:

$$p = \frac{F}{d \cdot l}$$

Két henger vagy két gömb érintkezésénél jelentkező felszíni nyomást Herz tanulmányozta.

Az érintkezés helyén az anyag rugalmassága folytán a gömbfelület rugalmas alakváltozást szenved és így az érintkezés már nem egy ponton, hanem egy kis körfelületen történik.

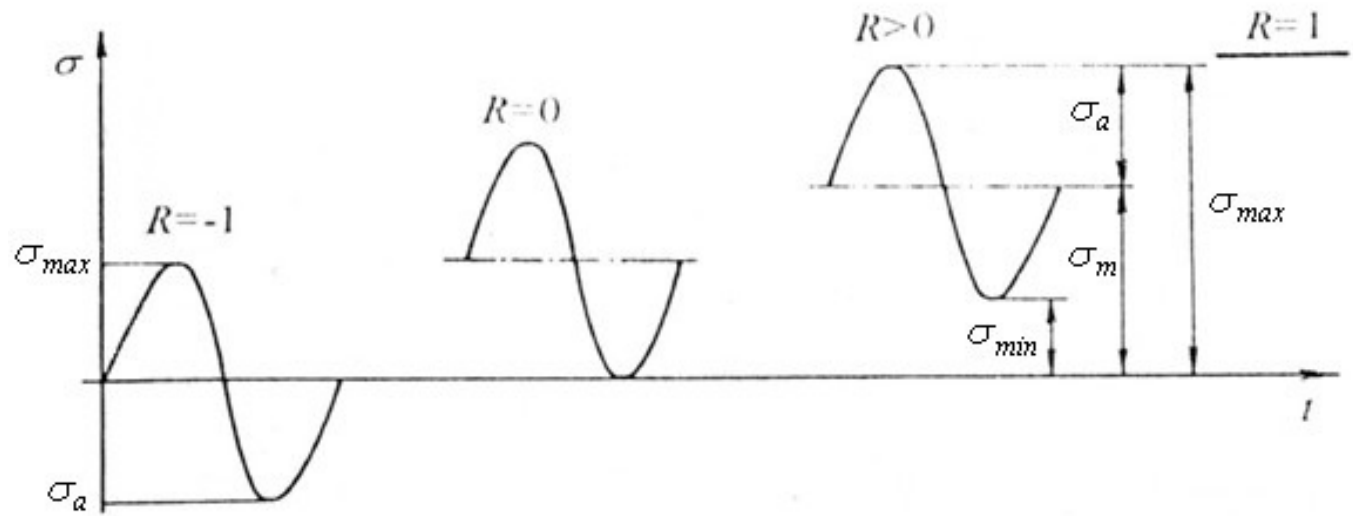
A vonal menti érintkezés pedig egy kis téglalap területén valósul meg.

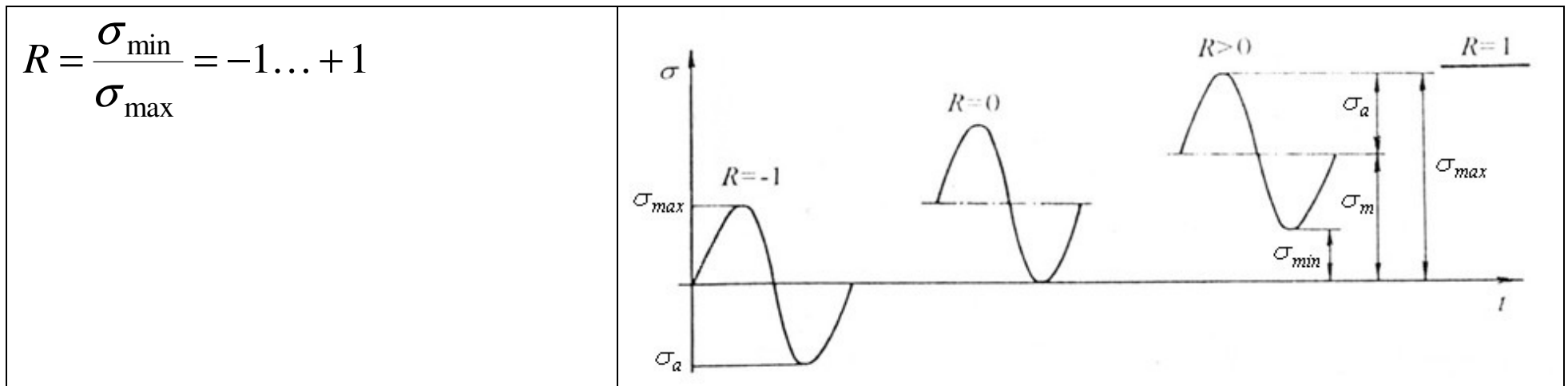


A gépkatrészekben ébredő feszültség időbeli lefolyása, a terheléshez hasonlóan, lehet nyugvó (sztatikus), vagy ciklikusan változó.

A feszültség legnagyobb (σ_{\max}) és a legkisebb értékétől (σ_{\min}) függően a változás különböző típusú lehet. A változás típusát az **R** aszimmetria tényezővel fejezzük ki:

$$R = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}} = -1 \dots +1$$





Az aszimmetria tényező jellemző értékeinek jelentése:

$0 < R < 1$ lüktető feszültség (előfeszültséggel)

$R = 0$ tiszta lüktető feszültség

$-1 < R < 0$ aszimmetrikusan váltakozó lengő feszültség

$R = -1$ tiszta (szimmetrikus) lengő feszültség

$R = +1$ nyugvó (sztatikus) feszültség

Az állandó határok közötti feszültségváltozás további jellemzői:

az átlagos vagy középfeszültség
$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2}$$

és a feszültséglengés (amplitúdó)
$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2}$$

Feszültségűjtő hatás

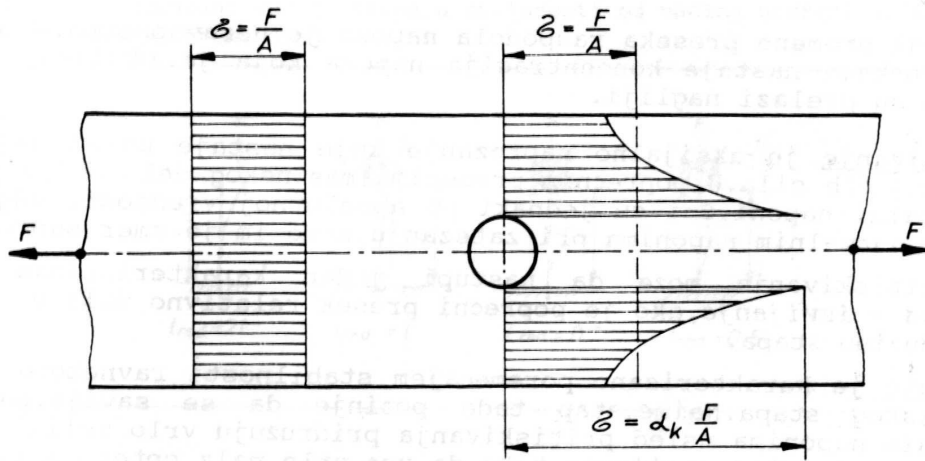
Az előzőekben adott képletek segítségével számított feszültségértékek a sima, állandó keresztmetszetű rudak esetében érvényesek.

A valóságban viszont a gépalkatrészek alakja igen összetett lehet több keresztmetszet változással (furatok, hornyok stb.). Az ilyen helyeken a feszültség nagysága és eloszlása jelentősen különbözik azoktól az értékektől, amelyek ott jelentkeznek, ahol semmilyen keresztmetszet változás nincs. Ezt a jelenséget feszültségkoncentrációnak vagy feszültségtorlódásnak nevezzük.

A keresztmetszetben jelentkező legnagyobb feszültség értéke a névleges feszültség többszöröse is lehet :

$$\sigma_{\max} = \alpha_k \cdot \sigma, \quad \text{ill.}$$

$$\tau_{\max} = \alpha_k \cdot \tau$$



$$\alpha_k = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma} \quad \text{a feszültségtorlódás alaktényezője, értéke kizárólag az alkatrész geometriai}$$

jellemzőitől függ. Számszerű értékeit diagramokból vagy táblázatokból kell kiolvasni egy-egy jellemző alakváltozáshoz és igénybevételhez.

A gyakorlatban szilárdsági számításoknál az ún. gátlástényező β_k használatos, amely az anyag tulajdonságait is figyelembe veszi:

$$\sigma_{\max} = \beta_k \cdot \sigma$$

A gátlástényező β_k értéke kisebb mint az α_k értéke és a következő képlettel számítandó:

$$\beta_k = (\alpha_k - 1) \cdot \eta_k + 1,$$

ahol :

η_k – anyagfajtától függő érzékenységi tényező

MÉRETEZÉS NYUGVÓ TERHELÉSRE

Méretezésnél abból indulunk ki, hogy a gépalkatrészben keletkező mértékadó feszültség értéke kisebb legyen egy megengedett értéknél:

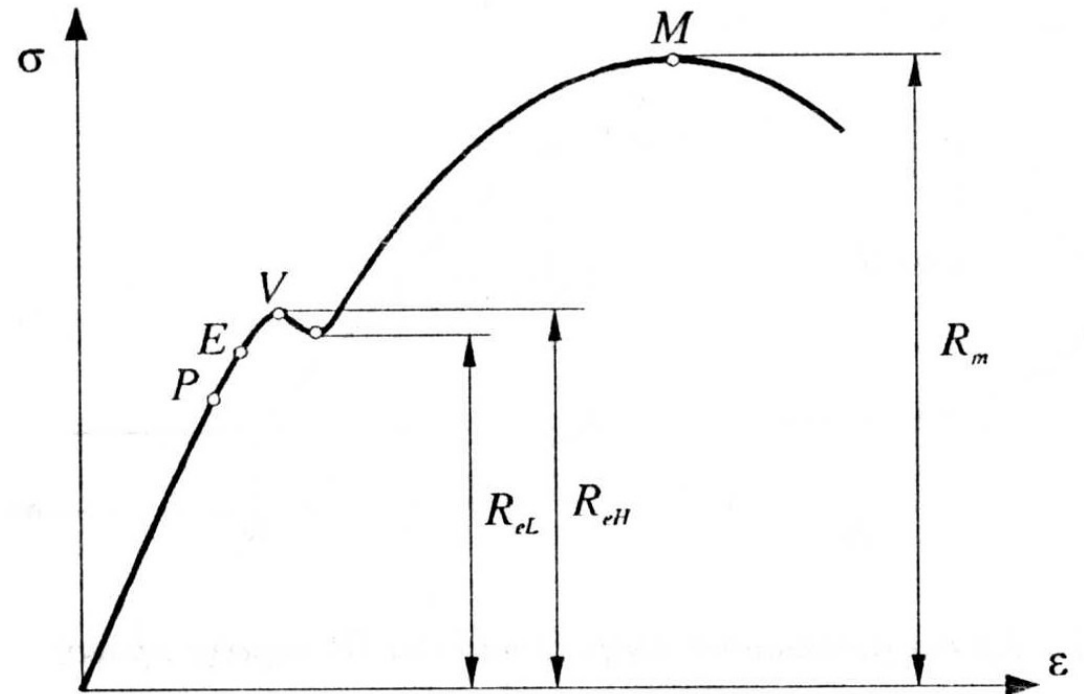
$$\sigma_{red} \leq \sigma_{meg}$$

$$\sigma_{meg} = \frac{R_{hat}}{S}$$

Ahol: S a biztonsági tényező

R_{hat} a kiválasztott anyag határállapotot jellemző értéke:

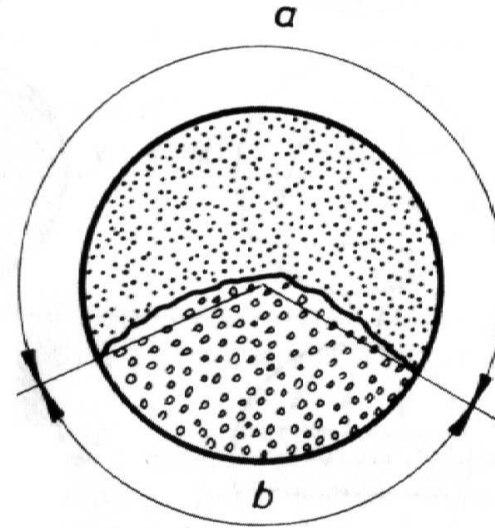
- R_m szakítószilárdság rideg anyagoknál
- R_{eH} folyáshatár szívós anyagoknál (acélok, alumínium, rézötvözetek)
- $R_{p0,2}$ olyan anyagoknál, amelyeknek nincs kifejezett folyáshatára (nagy szilárdságú acélok)



A sztatikus szakítóvizsgálat jellemző feszültségértékei

MÉRETEZÉS VÁLTOZÓ TERHELÉSRE

A gépalkatrészek törésének 80% fáradásos törés.



Fáradásos (dinamikus) törés.
a –repedés-terjedési zóna;
b –sztatikus törési zóna

Fárasztóvizsgálatok

A kifáradásra való méretezés alapja a fárasztóvizsgálatok segítségével megállapított Wöhler görbe (kifáradási görbe).

Állandó feszültségváltozási szinten törésig, ill. első repedésig fárasztják a próbatestet.

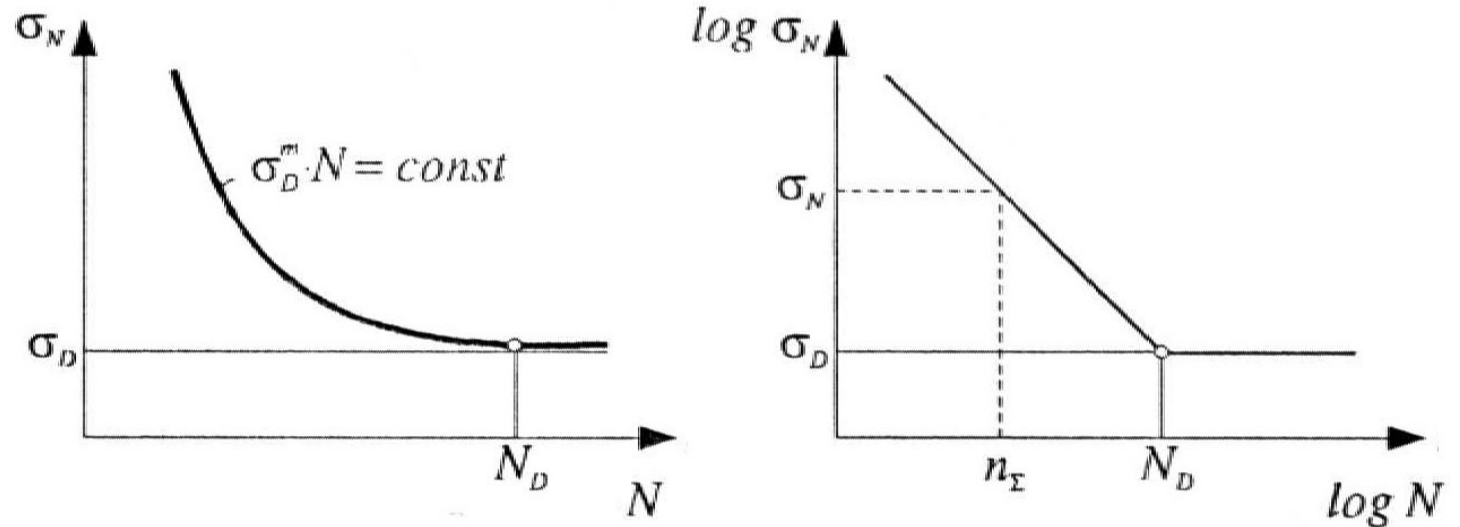
Azt a feszültséget, amely N váltakozás után a gépelem (vagy próbatest) töréséhez vezet a dinamikus határfeszültség σ_N .

Ez rendszerint kisebb, mint az anyag folyáshatára σ_T .

Kisebb számú feszültségváltakozásnak nagyobb határfeszültségek σ_N felelnek meg.

Kísérletek útján exponenciális összefüggést állapítottak meg a határfeszültség σ_N és a törést előidéző feszültségváltakozás száma N között.

$$\sigma_D^m \cdot N = const$$

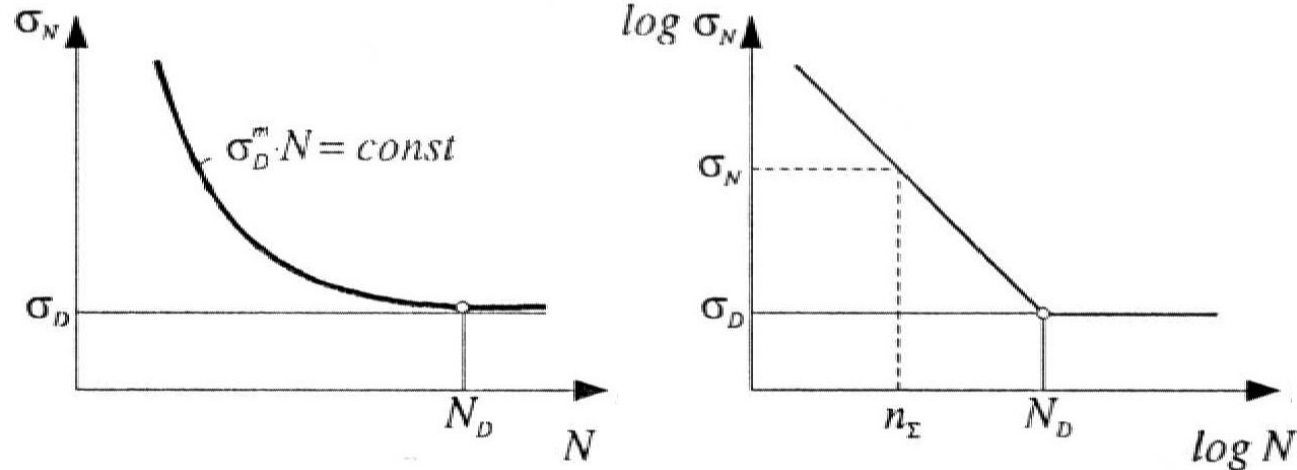


Ezt az összefüggést logaritmikus koordinátarendszerben egy tört vonallal lehet ábrázolni.

A töréspont koordinátái σ_D és N_D , ahol:

- σ_D – kifáradási határfeszültség (dinamikus szilárdság),
- N_D - pedig az ismétlődési határszám.

Az m kitevő a Wöhler görbe meredekségét határozza meg.



A dinamikus szilárdság σ_D (τ_D) az a legnagyobb feszültség, amelyet az alkatrész vagy próbatest végtelen nagy számú feszültség váltakozás esetén is károsodás nélkül kibír.

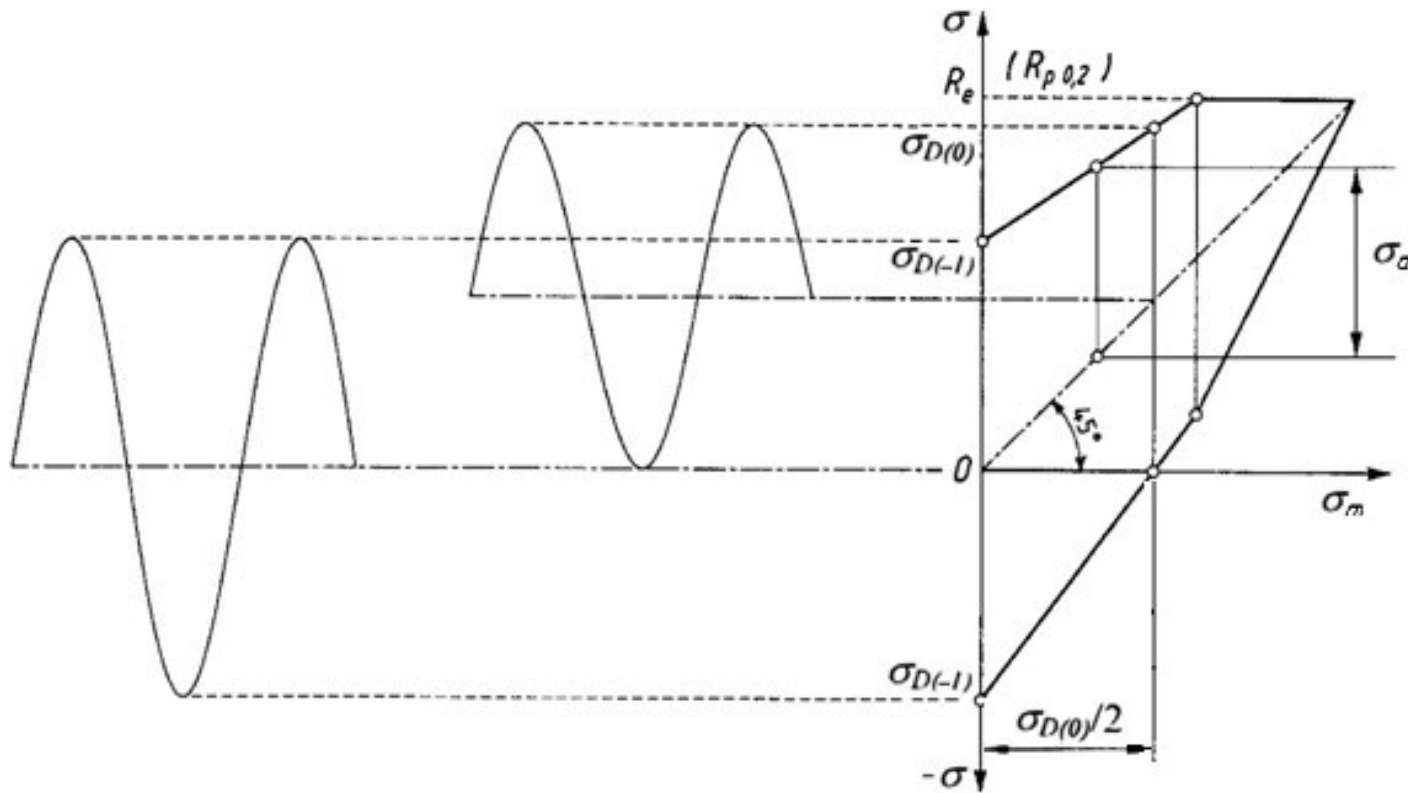
Az ismétlődési határszám N_D az a szám, amely felett a dinamikus szilárdság értéke nem függ a változások számától N , illetve a szilárdság már tartós.

A Wöhler görbe alatti tartomány két részre osztható:

- (1) Az ismétlődési határszámig N_D terjedő rész a véges, ún. időtartam-szilárdság σ_N (a görbe ferde része),
- (2) az N_D utáni rész pedig végtelen élettartamú (tartós) dinamikus szilárdság σ_D (a görbe vízszintes része).

Egy-egy kifáradási görbe csak adott feszültségváltozás esetnek felel meg. Általános érvényű ún. Smith diagram szerkeszthető, ha ismert a következő három adat:

- (1) $\sigma_{D(-1)}$ a kifáradási határfeszültség szimmetrikus lengő terhelés esetére ($R = -1$),
- (2) $\sigma_{D(0)}$ a kifáradási határfeszültség tiszta lüktető terhelés esetére ($R = 0$),
- (3) R_e az anyag folyáshatára.



Smith-diagram (általános érvényű)

Méretezésnél, ill. a megengedett feszültség meghatározásához a terhelés típusának megfelelően választjuk a határfeszültséget ($\sigma_{D(-1)}$, $\sigma_{D(0)}$, σ_a):

$$\sigma_{meg} = \frac{R_{hat}}{S}$$

6. táblázat. A járatos gépipari anyagok szilárdsági jellemzői

Anyag		Szakítószilárdság σ_M, R_m [N/mm ²]			Folyáshatár, R_e [N/mm ²]			Kifáradási határ lüktető terhelésnél [N/mm ²]			Kifáradási határ lengő terhelésnél [N/mm ²]			Keménység		
Neve	Jelzése (EN)	d≤16mm	16-40	40-100	d≤16mm	16-40	40-100	Húzás $\sigma_{D(0)}$	Hajlítás $\sigma_{D(0)}$	Csavarás $\tau_{D(0)}$	Húzás $\sigma_{D(-1)}$	Hajlítás $\sigma_{D(-1)}$	Csavarás $\tau_{D(-1)}$	HB		
Szerkezeti acél	S 235 JO	370-430			235	225	215	220-250	260-310	140-180	120-140	170-200	100-120	105-125		
	S 275 JR	420-500			275	265	255	240-280	300-350	150-180	130-170	190-240	110-140	120-140		
	E 295	500-600			295	285	275	280-340	350-420	170-240	160-200	220-270	130-160	140-170		
	E 335	600-700			335	325	315	320-380	400-480	200-230	200-240	280-330	160-190	170-195		
	E 360	700-850			360	355	345	350-430	430-540	220-270	220-280	300-380	170-220	195-240		
Nemesített acél	1 C 22	550-700	500-630		340	290		280-330	380-470	200-240	160-190	220-270	130-160	156		
	1 C 45	710-860	670-820	630-780	490	430	370	360-480	520-590	230-310	220-250	300-340	180-200	207		
	34 Cr 4	900-1100	800-950	700-850	700	590	460	450-590	630-780	250-500	260-320	360-450	210-260	217-223		
	42CrMo4	1100-1300	1000-1200	900-1100	900	750	650	550-700	800-960	340-550	320-390	460-550	270-310	217-241		
	34CrNiMo6	1200-1400	1100-1300	1000-1200	1000	900	800	600-800	870-1050	370-550	360-430	500-600	290-350	235-241		
Betétben edzett acél	C 10	650-800	500-650		390	295		320-410	430-570	190-250	180-240	250-330	150-190	90-131		
	C 15	750-900	600-800		440	335		370-460	500-630	220-280	210-280	300-370	180-220	103-146		
	16MnCr5	900-1200	800-1100	650-950	635	590	440	400-500	520-700	300-400	230-300	320-400	190-230	140-210		
Acél öntvény	GS 38	380			190			180-230	220-290	110-150	110-130	150-190	90-110	110		
	GS 45	450			230			220-280	270-350	130-180	120-150	180-220	100-130	130		
	GS 52	520			260			250-320	310-400	160-200	140-170	200-240	110-140	150		
	GS 60	600			300			280-360	350-450	180-230	150-180	220-260	130-150	174		
		σ_M Húzás	σ_M Nyomás	σ_M Hajlítás	τ_M Csavarás											
Szürke öntvény	GG 15	140-150	520-560	270-320	190-200			56-64	120-170	70	35-40	70-100	50	200		
	GG 20	180-220	660-800	330-410	230-280			72-80	140-200	100	45-50	80-120	70	220		
	GG 25	240-280	880-900	390-460	310-320			90-95	170-230	125	55-60	100-140	90	240		
	GG 35	300-350	1000-1150	510-540	400			130	240-300	180	70-80	140-160	130	190-275		
		R_m	R_e	HB				Egyéb jellemzők	Rug. modulus. N/mm ²	Sűrűség kg/dm ³	Hőtágulási té. K ⁻¹					
Bronz	CuSn12-C	280	160					Acél Szürkeöntvény Bronz Al.-ötvözetek	(2,1...2,2) 10 ⁵ (0,8...1,2) 10 ⁵ (1,1...1,2) 10 ⁵ (0,76...0,85) 10 ⁵	7,85 7,4 8,8 2,6...3	12·10 ⁻⁶ 9·10 ⁻⁶ 17·10 ⁻⁶ 23·10 ⁻⁶					
	CuAl10Fe1	600	280													
Sárgaréz	CuZn40	350	240													
	CuZn33Pb2-C	200	80													
Alumínium ötv.	G-AlSi12	150-200	70-100	45-60												
	G-AlSi10Mg	180-240	90-120	60-80												

A gépelem határfeszültsége (σ_{DG})

A Smith diagram segítségével adott dinamikus szilárdságértékeket különböző anyagokra kísérletekkel kapták, sima, polírozott felületű, 10 mm átmérőjű próbatestek vizsgálatával. Tudjuk viszont, hogy a gépelemek nagymértékben különböznek alakban, méretben és felületi érdességben (megmunkálás) a vizsgált próbatestektől.

Ezt a következő tényezőkkel vesszük figyelembe:

- mérettényező $\xi_1 < 1$ (értékei a tengelyszámítási segédletben található a 3. táblázatban),
- megmunkálási tényező $\xi_2 < 1$ (értékei a tengelyszámítási segédletben található a 4. táblázatban),
- felületi rétegállapot tényező ξ_3 ($\xi_3 > 1$ abban az esetben ha alkalmazva lett valamilyen a felületi réteget javító kezelés, $\xi_3 = 1$, ha ilyen kezelés nem történt, 5. táblázat)
- gátlástényező β_k (az alkatrész hirtelen keresztmetszet változását veszi figyelembe).

$$\sigma_{DG} = \sigma_{Dhat} \frac{\xi_1 \xi_2 \xi_3}{\beta_k}$$

Ahol:

σ_{Dhat} a terhelésnek megfelelő dinamikus határfeszültség

ELLENŐRZŐ SZÁMÍTÁS

A kvázi véglegesen kialakított szerkezet illetve alkatrész adott méretei, adott terhelés és anyagjellemzők ismeretében ellenőrizni kell, hogy elviseli-e és mekkora biztonsággal a terhelést. Ezt a biztonsági tényezővel fejezzük ki.

BIZTONSÁGI TÉNYEZŐ

A biztonsági tényező a határfeszültség (kritikus feszültség) σ_{hat} és a működő feszültség σ hányadosa.

$$S = \frac{\sigma_{hat}}{\sigma}, \text{ normálfeszültségre, illetve } S = \frac{\tau_{hat}}{\tau} \text{ tangenciális feszültségre.}$$

Egy alkatrész hibátlan működésének az a feltétele, hogy a működő feszültség a határfeszültségnél kisebb legyen. A nagyobb biztonsági tényező a működés nagyobb biztonságát jelenti, de hangsúlyozni kell, hogy az ilyen alkatrészek túlméretezettek, ami több okból sem kívánatos.

A sztatikus biztonsági tényezőt akkor ellenőrizzük, ha a terhelési ciklusok száma a gép élettartama alatt kicsi. Acélszerkezeteknél ez a szám néhány ezer.

A sztatikus biztonsági tényező számítása:
$$S_T = \frac{R_e}{\sigma}.$$

Mivel a feszültség egy bizonyos mértékig mindig változó, és ha egy általános biztonságot veszünk, a sztatikus biztonsági tényező értéke 2...3-nál nagyobb kell, hogy legyen.

Dinamikus biztonsági tényezőt úgy definiáljuk, mint a gépelem dinamikus határfeszültségének

(szilárdság) és a legnagyobb feszültség hányadosát:
$$S_D = \frac{\sigma_{DG}}{\sigma_{\max}}.$$

Értéke 1,25 –nél nagyobb kell hogy legyen.

Ha valószínűsíthető bizonyos eltérés a terhelés névleges értékétől vagy az anyagjellemzők eltérése, akkor 1,25 ...2,5 –nél nagyobb legyen.