

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 méretezéseket 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.

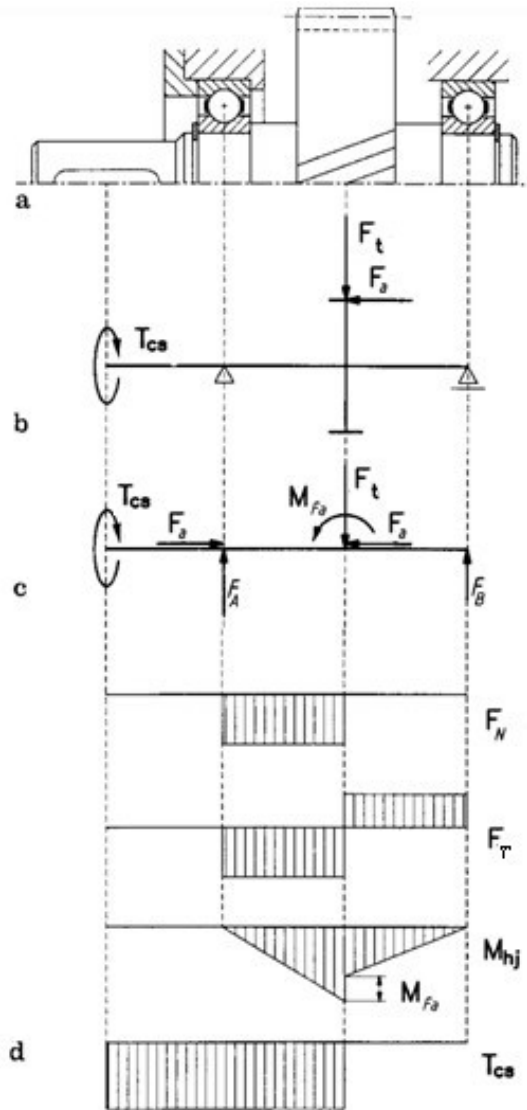
A modell és a valós szerkezet

a) a valós objektum geometriai modellje

b) a valós objektumot helyettesítő
mechanikai modell

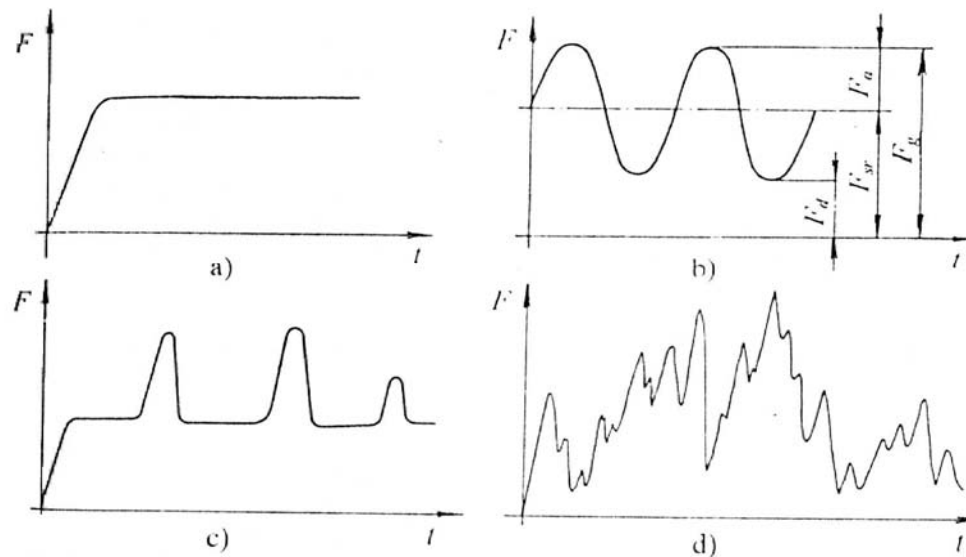
c) terhelési (sztatikai) modell

d) igénybevételi ábrák



GÉPELEMEK ÜZEMI TERHELÉSE

A terhelés időbeli lefolyása lehet állandó értékű azaz nyugvó terhelés (sztatikus terhelés) vagy változó. A változás lehet harmonikus, ütésszerű vagy véletlenszerű. A valós üzemi körülményeknél leggyakrabban véletlenszerű terhelés jelentkezik, mégis az egyszerűség érdekében a további tárgyalás során a terhelést nyugvó vagy harmonikusan változó terhelésnek tekintjük.



A terhelés időbeli lefolyása: a) nyugvó, b) harmonikusan változó, c) ütésszerű, d) véletlenszerűen változó

IGÉNYBEVÉTEL ÉS FESZÜLTSG

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	$\tau_{ny} = \frac{F_T}{A}$	
A (mm ²) -a keresztmetszet területe; K (mm ³) - keresztmetszeti tényező; K _p (mm ³) - poláris keresztmetszeti tényező		

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

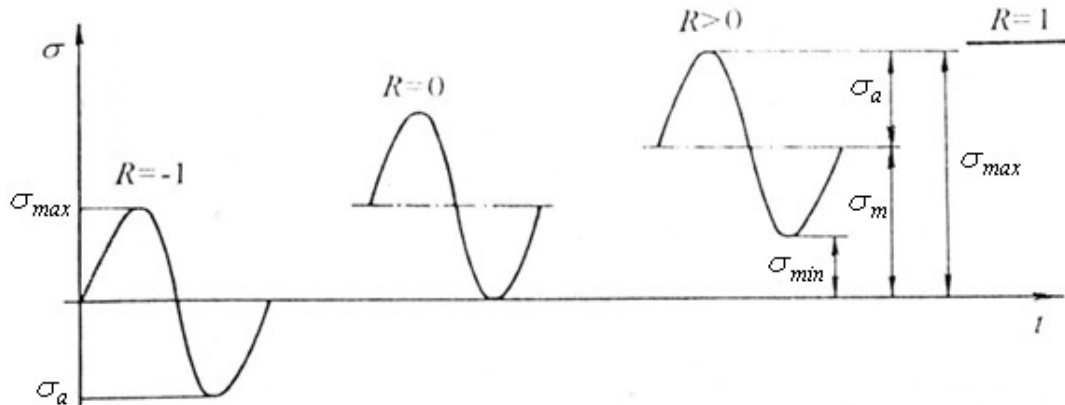
- teljes térfogatban ható igénybevételt (húzás-nyomás, hajlítás, nyírás, csavarás) és
- felületi igénybevételt (felszíni nyomás).

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

A gépalkatrészekben 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

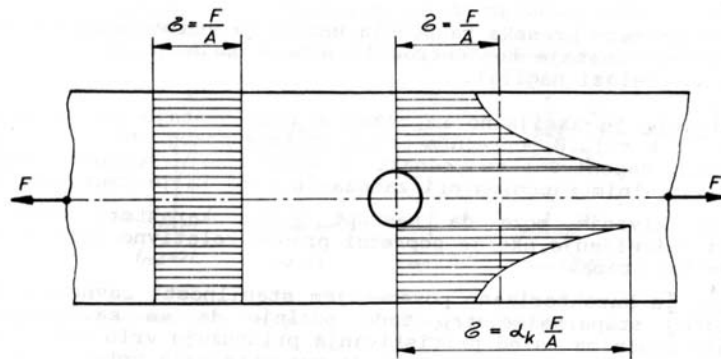
Az állandó határok közötti feszültségváltozás további jellemzői:

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

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

Feszültséggyűjtő hatás

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



2-3 ábra. Feszültséggyűjtő hatás

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 :

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

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

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 –érzékenységi tényező (anyagfajtától függő)

MÉRETEZÉS NYUGVÓ TERHELÉSRE

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

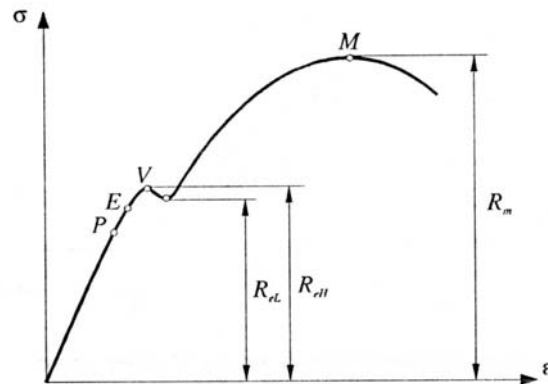
$$\sigma_{red} \leq \sigma_{meg}$$

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

Ahol: S a biztonsági tényező

R_{hat} a kiválasztott anyag határállapoti 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)

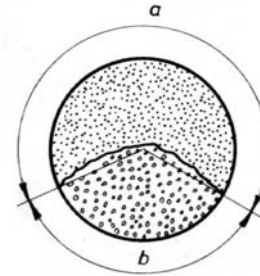


A sztatikus szakítóvizsgálat jellemző feszültségértékei

MÉRETEZÉS VÁLTOZÓ TERHELÉSRE

A gépalkatrészek törésének 80% fáradásos törés.

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



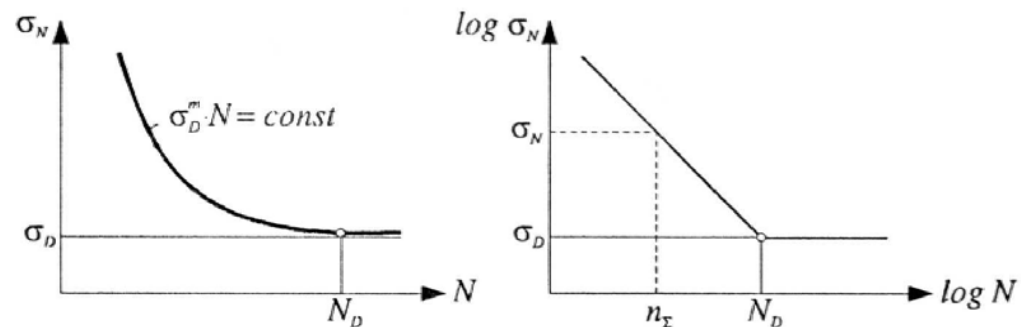
Fárasztóvizsgálatok

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 N nagyobb határfeszültségek σ_N felelnek meg. Kísérletek útján ekszponenciális összefüggést állapítottak meg a határfeszültség σ_N és a törést előidéző feszültségváltakozás száma N között.

$$\sigma_N^m \cdot N = \text{const}$$

Ezt az összefüggést logaritmikus koordinátarendszerben egy tört vonallal lehet ábrázolni (2-24 ábra).

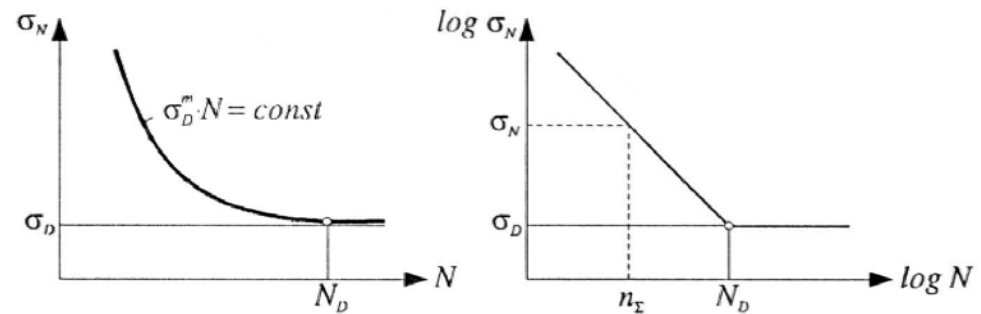


Kifáradási görbe vagy Wöhler görbe.

A töréspont koordinátái σ_D és N_D :

σ_D – kifáradási határfeszültség
(dinamikus szilárdság)

N_D - az ismétlődési határszám



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, illetve a szilárdság már tartós.

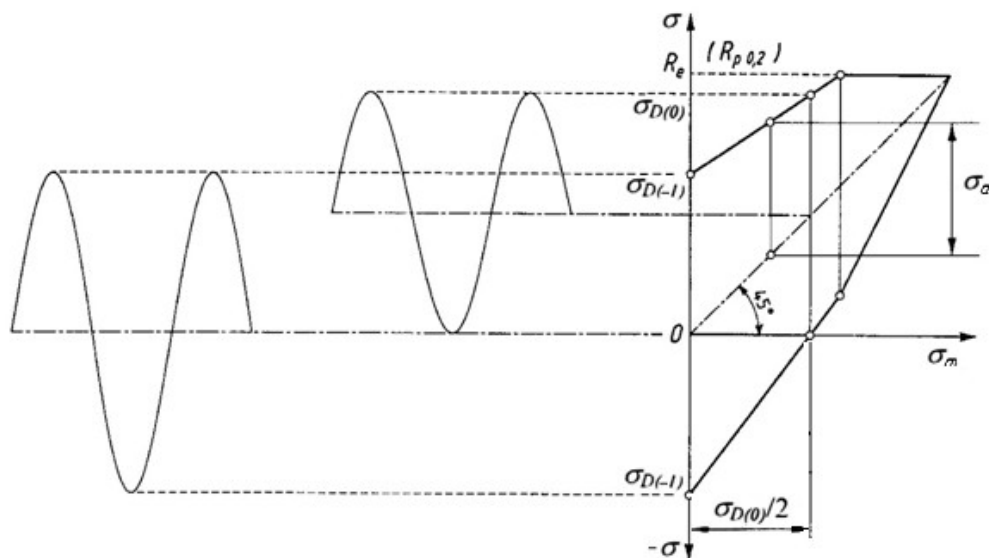
A Wöhler görbe alatti tartomány két részre osztható:

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):

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

A gépelem határfeszültsége (σ_{DG})

A Smith diagram segítségével adott dinamikus szilárdságértékeket különböző anyagokra kísérletekkel kapták, sima, polírozott felületű, 10 mm átmérőjű próbatestek vizsgálatával.

A gépelemek nagymértékben különböznek alakban, méretben és felületi érdességben (megmunkálás) a vizsgált próbatestektől. A dinamikus szilárdság meghatározásánál ezeket az eltéréseket megfelelő módosító tényezőkkel és a gátlástényezővel vesszük figyelembe:

- $\xi_1 < 1$ mérettényező (értékei a segédletben található),
- $\xi_2 < 1$ megmunkálási tényező (értékei a segédletben található),
- ξ_3 felületi rétegállapot tényező ($\xi_3 > 1$ abban az esetben ha alkalmazva lett valamilyen a felületi réteget javító kezelés, ill. $\xi_3 = 1$, ha ilyen kezelés nem történt)

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

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.

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 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.