

ANYAGOK MECHANIKAI TULAJDONSÁGAI ÉS VIZSGÁLATUK



Elektronikai technológia és anyagismeret – VIETAB00

Anyagok mechanikai tulajdonságai és vizsgálatuk

AZ ELŐADÁS SORÁN MEGISMERJÜK:

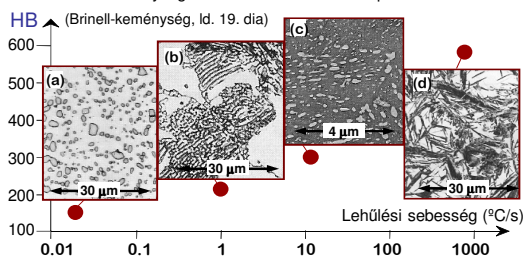
- az alapvető anyagi tulajdonságok csoportosítását;
- a rugalmas és a képlékeny alakváltozás jellemzőit;
- a valódi és a mérnöki rendszer feszültség és alakváltozás fogalmát;
- a rugalmas test anyagjellemzőit;
- a szakítóvizsgálattal meghatározható alakváltozási, feszültségi és szívóssági mérőszámokat;
- a keménységmérést;
- a kúszás, a fáradás és a törés fogalmát.

Mechanikai tulajdonságok

2/29

SZERKEZET, FOLYAMAT ÉS TULAJDONSÁGOK

- Az anyag **tulajdonsága** függ a **szerkezetétől**;
- Pl: az acél keménységének és szerkezetének kapcsolata



- **Folyamat** is megváltoztathatja a **szerkezetet**;
- Pl.: Szerkezetváltozás a lehülési sebesség hatására

Mechanikai tulajdonságok

3/29

Fémek mechanikai tulajdonságai és vizsgálatuk

ANYAGOK MECHANIKAI TULAJDONSÁGAI ÉS VIZSGÁLATUK

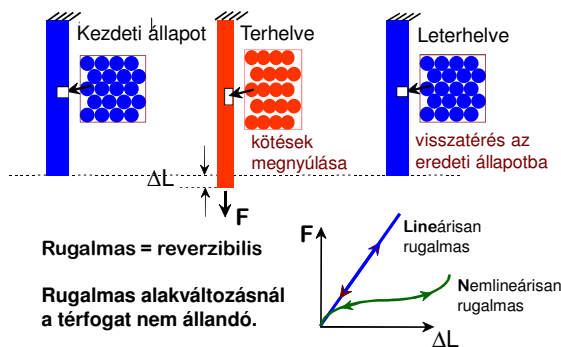
ANYAGTULAJDONSÁG CSOPORTOK

- **Mechanikai** (terhelés és alakváltozás hatása)
- **Elektromos** (elektromos tér hatása)
- **Hőfizikai** (hőmérsékletmező hatása)
- **Mágneses** (mágneses tér hatása)
- **Optikai** (elektromágneses tér hatása)
- **Károsodási** (kémiai reaktivitás hatása)

Mechanikai tulajdonságok

4/29

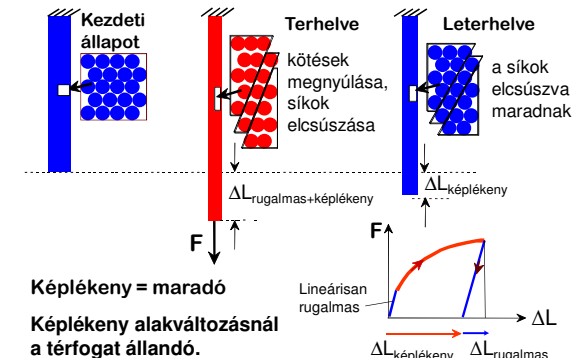
RUGALMAS ALAKVÁLTOZÁS



Mechanikai tulajdonságok

5/29

KÉPLÉKENY ALAKVÁLTOZÁS



Mechanikai tulajdonságok

6/29

Fémek mechanikai tulajdonságai és vizsgálatuk

ANYAGOK MECHANIKAI TULAJDONSÁGAI ÉS VIZSGÁLATUK

HÚZÓ ÉS NYOMÓ IGÉNYBEVÉTEL

Alakváltozás

$$\varepsilon = \frac{l - l_0}{l_0}$$

Feszültség

$$\sigma = \frac{F}{S} \approx \frac{F}{S_0}$$

Rugalmas állapotban

$$\sigma = E \varepsilon$$

(Hooke-törvény)

Húzás Nyomás

Mechanikai tulajdonságok 7/29

NYÍRÓ IGÉNYBEVÉTEL

Egyszerű nyírás Csavarás

Rugalmas állapotban

$$\tau = G \gamma$$

$$\tau = \frac{M}{I_p} r$$

Mechanikai tulajdonságok 8/29

SZAKÍTÓVIZSGÁLAT

Szakítódiagram

I. Rugalmas alakváltozás
II. Egyenletes képlékeny alakváltozás
III. Kontrakció

Próbatestek

Mechanikai tulajdonságok 9/29

Fémek mechanikai tulajdonságai és vizsgálatuk

ANYAGOK MECHANIKAI TULAJDONSÁGAI ÉS VIZSGÁLATUK

SZABVÁNYOS MÉRŐSZÁMOK

Feszültségi mérőszámok

Folyáshatár [MPa]

$$R_e = \frac{F_e}{S_0}$$

$$R_{eH} = \frac{F_{eH}}{S_0}, \quad R_{eL} = \frac{F_{eL}}{S_0}$$

$$R_{p0,2} = \frac{F_{p0,2}}{S_0}$$

Szakítószilárdság [MPa]

$$R_m = \frac{F_m}{S_0}$$

Alakváltozási mérőszámok

Kontrakció

$$Z = \frac{S_0 - S_u}{S_0} 100 [\%]$$

Szakadási nyúlás

$$A = \frac{L_u - L_0}{L_0} 100 [\%]$$

Mechanikai tulajdonságok

10/29

MECHANIKAI MENNYISÉGEK

• Mérnöki rendszer

• Valódi rendszer

$$\varepsilon = \frac{l - l_0}{l_0}$$

$$\varepsilon = \frac{S_0}{S} - 1$$

Alakváltozás

$$\varphi = \ln \frac{l}{l_0}$$

$$\varphi = \ln \frac{S_0}{S}$$

$$\sigma^M = \frac{F}{S_0}$$

Feszültség

$$\sigma = \frac{F}{S}$$

$$W_c = \int_0^{\varepsilon_c} \sigma^M d\varepsilon$$

Fajlagos törési munka [J/cm³]

$$W_c = \int_0^{\varphi_c} \sigma d\varphi$$

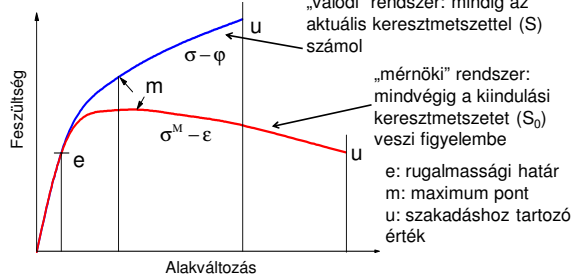
Mechanikai tulajdonságok

11/29

FESZÜLTÉG-ALAKVÁLTOZÁS GÖRBÉK

$$F = \sigma S = \sigma^M S_0 \Rightarrow \sigma = \sigma^M (1 + \varepsilon)$$

$$\varphi = \ln(1 + \varepsilon)$$



Mechanikai tulajdonságok

12/29

Fémek mechanikai tulajdonságai és vizsgálatuk

ANYAGOK MECHANIKAI TULAJDONSÁGAI ÉS VIZSGÁLATUK

LINEÁRIS RUGALMAS TULAJDONSÁGOK

- Rugalmassági modulusz:
E (Young-modulusz)

- Hooke-törvény:

$$\sigma = E \varepsilon$$

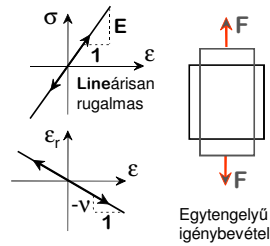
- Poisson-tényező, ν :

$$\nu = -\frac{\varepsilon_r}{\varepsilon}$$

fémek: $\nu \sim 0,33$
kerámiák: $\nu \sim 0,25$
polimerek: $\nu \sim 0,40$

Egységek:

E: [GPa] vagy [MPa]
 ν : dimenzió nélküli



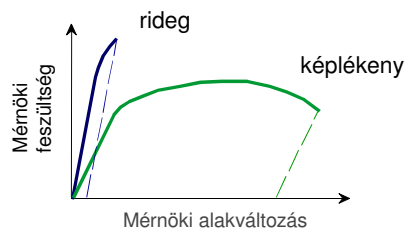
ε_r - radiális alakváltozás

$E_{\text{kerámia}} > E_{\text{fém}} \gg E_{\text{polimer}}$

Mechanikai tulajdonságok

13/29

KÉPLÉKENY / RIDEG VISELKEDÉS



ha a maradó alakváltozás közel nulla, akkor rideg,
ha a maradó alakváltozás jelentős, akkor képlékeny

Mechanikai tulajdonságok

14/29

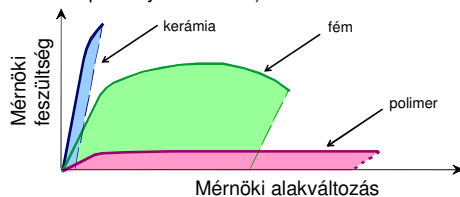
SZÍVÓSSÁG

Az anyag törésig tartó energiaelnyelő képessége.

kerámia: kis szívósság (nagy szilárdság, rideg viselkedés)

fém: nagy szívósság (közepes szilárdság, képlékeny viselkedés)

polimer: kis szívósság (kis szilárdság, képlékeny viselkedés)



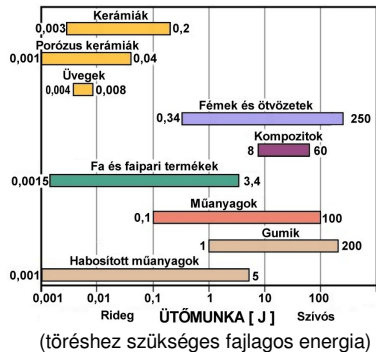
Mechanikai tulajdonságok

15/29

Fémek mechanikai tulajdonságai és vizsgálatuk

ANYAGOK MECHANIKAI TULAJDONSÁGAI ÉS VIZSGÁLATUK

SZÍVÓSSÁG



Mechanikai tulajdonságok

16/29

KÜLÖNBÖZŐ ANYAGOK MECHANIKAI TULAJDONSÁGAI 20 °C-ON

Anyag	E [GPa]	R _{p0.2} [MPa]	R _m [MPa]	A [%]
Acél	190-210	200-1700	400-1800	65-2
Alumínium-ötv.	69-79	35-550	90-60	45-4
Réz és ötv.	105-150	75-1100	140-1300	65-3
Titán és ötv.	80-130	340-1400	410-1450	25-7
Kerámiák	70-1000	-	140-2600	0
Gyémánt	820-1050	-	-	-
Polimerek	1,4-3,4	-	7-80	1000-5
Karbonszál	275-415	-	2000-3000	0
Kevlárszál	62-120	-	2800	0

Mechanikai tulajdonságok

17/29

KEMÉNYSÉGMÉRÉS

- **A (statikus) keménység fogalma:**
 - A vizsgált anyag ellenállása az adott geometriájú szűrőszerszám behatolásával szemben.
- **A keménység kapcsolata más tulajdonságokkal:**
 - Keménységi adatokból becsülhetők a szilárdsági és technológiai tulajdonságok.
- **A keménységmérés kivitelezése:**
 - Alakváltozás létrehozásával
 - Fizikai hatások alkalmazásával

Mechanikai tulajdonságok

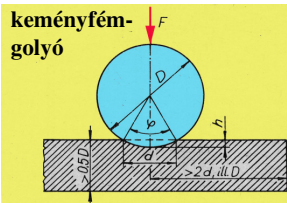
18/29

Fémek mechanikai tulajdonságai és vizsgálatuk

ANYAGOK MECHANIKAI TULAJDONSÁGAI ÉS VIZSGÁLATUK

BRINELL-KEMÉNYSÉGMÉRÉS

$$HBW = \frac{0.102F}{A} = \frac{0.102F}{D\pi h} = \frac{0.204F}{\pi D \left(D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)}$$



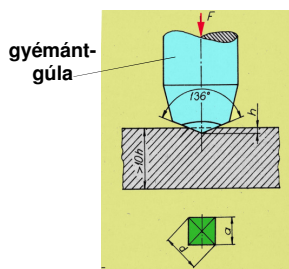
F – terhelőerő [N]
 A – lenyomat felület [mm²]
 D – golyóátmérő [mm]
 d – lenyomat átmérő [mm]
 h – lenyomat mélység [mm]

Átlagos keménység értéket ad (inhomogén anyag vizsgálatánál előnyös). Következtetni lehet az anyag szilárdságára. Öntöttvasak, színes- és könnyűfémek, lágyacélok mérésére alkalmazható.

Mechanikai tulajdonságok

19/29

VICKERS-KEMÉNYSÉGMÉRÉS



$$HV = \frac{0.102F}{A} = 0.189 \frac{F}{d^2}$$

F – terhelőerő [N]
 A – lenyomat felület [mm²]
 d – lenyomat átló [mm]

Lokális keménység pontos meghatározása. Tetszőleges anyagminőség laboratóriumi vizsgálata. A kis terhelésű és mikro-Vickers eljárás vékony lemezek, rétegek és szövetelemek vizsgálatára használható.

Mechanikai tulajdonságok

20/29

KÚSZÁS

- Tartósfolyás vagy kúszás: állandó terhelés hatására növekszik az anyag alakváltozása
- Tartósfolyási határ: az a feszültség, amely végtelenül hosszú idő alatt sem okoz az előírtnál nagyobb alakváltozást ($\sigma_{T0.2}$)
- Időtartam szilárdság: az a feszültség, amely t idő alatt előírt ϵ_t alakváltozást hoz létre (pl. $\sigma_{0.2/10^3}$)
- Tartósfolyás tipikusan nagy hőmérsékleten lejátszódó jelenség. $T > 0.4 T_{olv}$ [K]
- Alacsony olvadáspontú fémek, ötvözetek (pl. forraszkok) kúszási jelensége már szobahőmérsékleten is jelentős lehet
- Mérnöki alkalmazás: gázturbina üzemi hőmérséklete 1300 °C
- Utasszállító repülőgép leszállás nélkül átrepüli az óceánt

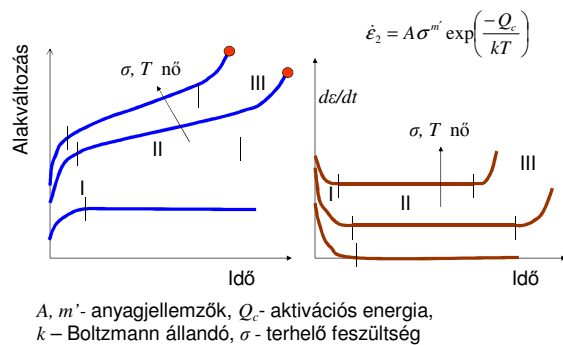
Mechanikai tulajdonságok

21/29

Fémek mechanikai tulajdonságai és vizsgálatuk

ANYAGOK MECHANIKAI TULAJDONSÁGAI ÉS VIZSGÁLATUK

A KÚSZÁS ÁLTALÁNOS GÖRBÉJE



Mechanikai tulajdonságok

22/29

A KÚSZÁSI GÖRBE HÁROM SZAKASZA

I. Elsődleges (primer) kúszás

Az alakváltozási sebesség az idővel és az alakváltozással csökken. A diszlokáció sűrűség nő, a diszlokációs cellaméret csökken az idővel és az alakváltozással.

II. Másodlagos (szekunder) kúszás (állandósult állapot)

A keményedési és a megújulási folyamatok egyensúlyban vannak.

III. Harmadlagos (tercier) kúszás

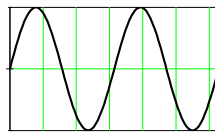
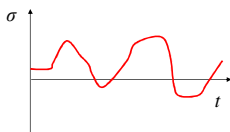
Rekristallizáció, a második fázisú részecskék durvulása kezdődik, az üregek és repedések kialakulása indul be.

Mechanikai tulajdonságok

23/29

FÁRADÁS

A kífáradás jelenségét A. Wöhler ismerte fel az 1800-as évek végén. Biztonságra méretezett vasúti tengelyek hosszabb üzemidő után az ismétlődő igénybevételek hatására eltörtek, annak ellenére hogy a terhelő feszültség **jóval a folyáshatár alatt** volt. Ez a jelenség hívta fel a figyelmet a kífáradásra.



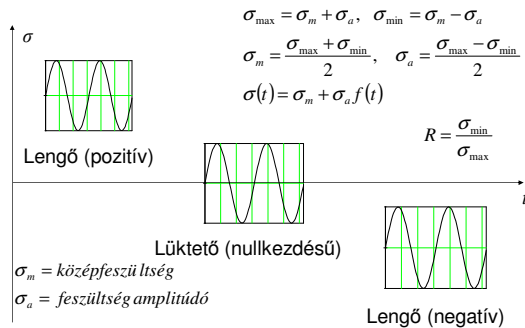
Szinuszos feszültségváltozás

Mechanikai tulajdonságok

24/29

ANYAGOK MECHANIKAI TULAJDONSÁGAI ÉS VIZSGÁLATUK

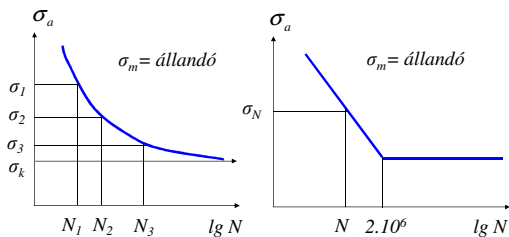
CIKLIKUS TERHELÉS JELLEMZŐI



Mechanikai tulajdonságok

25/29

WÖHLER-GÖRBE

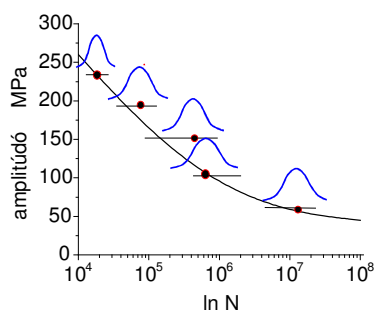


Kifáradási határ: az a feszültség-amplitúdó (adott középfeszültségnél), amely végtelen sok igénybevétel esetén sem okoz törést.
 Tartamszilárdság: az a feszültség-amplitúdó (adott középfeszültségnél), amely megadott igénybevételi számig nem okoz törést.

Mechanikai tulajdonságok

26/29

A FÁRADÁS STATISZTIKUS JELLEGŰ



Mechanikai tulajdonságok

27/29

Fémek mechanikai tulajdonságai és vizsgálatuk

ANYAGOK MECHANIKAI TULAJDONSÁGAI ÉS VIZSGÁLATUK

TÖRÉS



Törés: az anyagban folytonossági hiány jön létre, amitől darabokra eshet szét.

Törés folyamata:

- Repedés keletkezése;
- Repedés terjedése és a törés létrejötte.

Képlékeny (szívós) törés: a törést megelőzően jelentős mértékű képlékeny alakváltozás lép fel.

Ridegtörés: hirtelen bekövetkező jelenség, minimális képlékeny alakváltozás előzi meg. A kis hőmérséklet, a bonyolult húzó feszültségi állapot és a nagy terhelési sebesség elősegíti a ridegtörés fellépését.

Repedés mindig van az anyagban, legfeljebb nem tudjuk kimutatni.

Mechanikai tulajdonságok

28/29

REPEDÉS KELETKEZÉSE AZ ÜZEMELÉS SORÁN

- Időleges túlterhelés, illetve környezeti tényezők hatása
- Korróziós fáradás
- Feszültségkorrózió
- Hidrogén okozta elridegedés
- Hőmérséklet és mechanikai terhelés együttes hatása, kúszási repedés
- Hőszokk okozta repedés.

Repedések kimutatása:

roncsolásmentes anyagvizsgálati módszerekkel.

Mechanikai tulajdonságok

29/29
