

# ANYAGOK MECHANIKAI TULAJDONSÁGAI ÉS VIZSGÁLATUK

**ANYAGTUDOMÁNY ÉS  
TECHNOLÓGIA TANSZÉK**  
Informatika, Fizika és Számítástechnikai Egyetem

Elektronikai technológia és anyagismeret – VIETAB00

**Anyagok mechanikai  
tulajdonságai és vizsgálatuk**

1

---

---

---

---

---

---

---

## 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

2

---

---

---

---

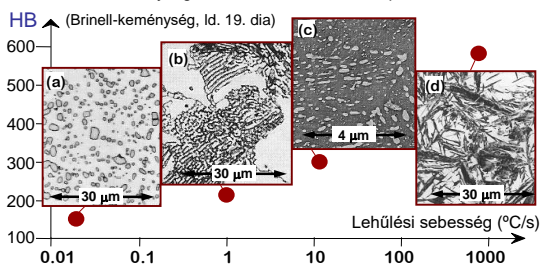
---

---

---

## 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

3

---

---

---

---

---

---

---

## 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

4

---

---

---

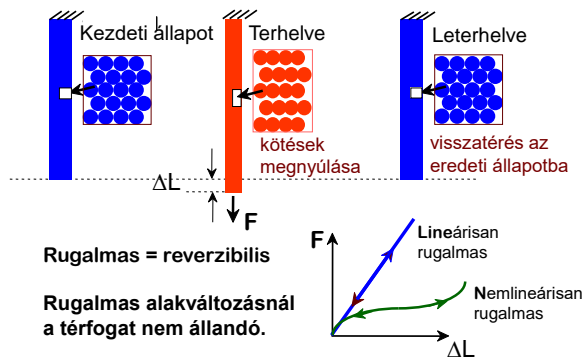
---

---

---

---

## RUGALMAS ALAKVÁLTOZÁS



5

---

---

---

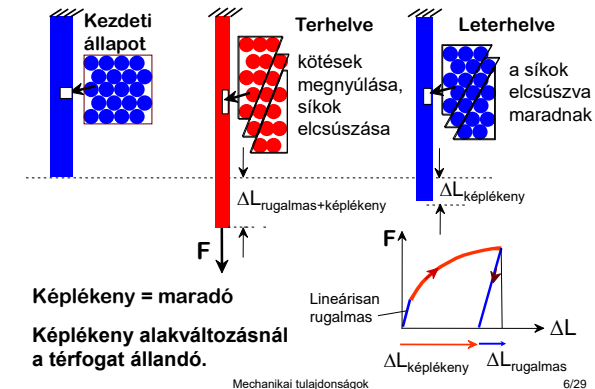
---

---

---

---

## KÉPLÉKENY ALAKVÁLTOZÁS



6

---

---

---

---

---

---

---

# ANYAGOK MECHANIKAI TULAJDONSÁGAI ÉS VIZSGÁLATUK

## HÚZÓ ÉS NYOMÓ IGÉNYBEVÉTEL

Alakváltozás

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

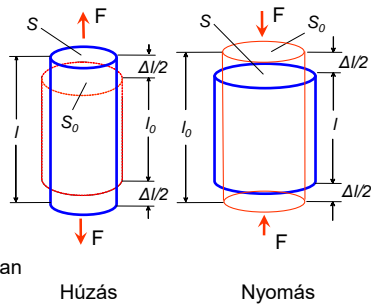
Feszültség

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

Rugalmas állapotban

$$\sigma = E \varepsilon$$

(Hooke-törvény)

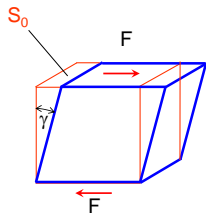


Mechanikai tulajdonságok

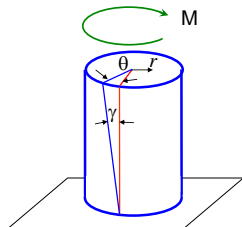
7/29

7

## NYÍRÓ IGÉNYBEVÉTEL



Egyszerű nyírás



Csavarás

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

Rugalmas állapotban

$$\tau = G \gamma$$

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

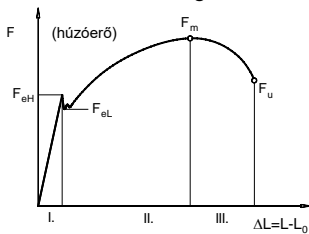
Mechanikai tulajdonságok

8/29

8

## SZAKÍTÓVIZSGÁLAT

Szakítódíagram

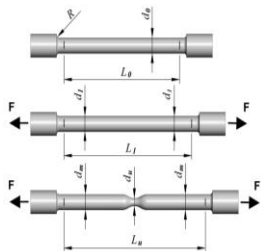


I. Rugalmas alakváltozás

II. Egyenletes képlékeny alakváltozás

III. Kontrakció

Próbatestek



Mechanikai tulajdonságok

9/29

9

Fémek mechanikai tulajdonságai és vizsgálatuk

# ANYAGOK MECHANIKAI TULAJDONSÁGAI ÉS VIZSGÁLATUK

## SZABVÁNYOS MÉRŐSZÁMOK

Feszültségi mérőszámok

Folyáshatár [MPa]

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

$$R_{el} = \frac{F_{el}}{S_0}, \quad R_{et} = \frac{F_{et}}{S_0}$$

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

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

10

## MECHANIKAI MENNYISÉGEK

• Mérnöki rendszer

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

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

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

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

Alakváltozás

Feszültség

Fajlagos törési munka [J/cm³]

• Valódi rendszer

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

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

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

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

Mechanikai tulajdonságok

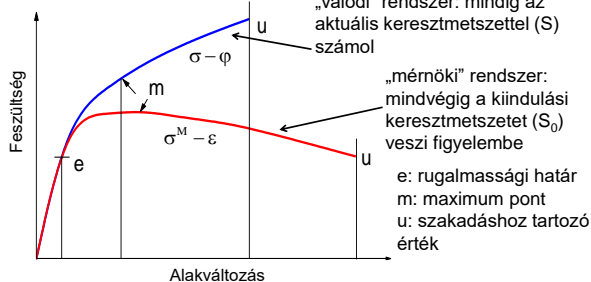
11/29

11

## FESZÜLTÉG-ALAKVÁLTOZÁS GÖRBÉK

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

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



Mechanikai tulajdonságok

12/29

12

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,  $\nu$ :

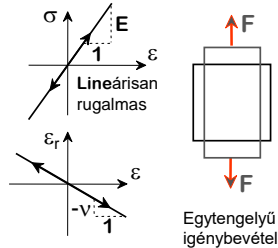
$$\nu = -\frac{\varepsilon_r}{\varepsilon}$$

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

Egységek:

E: [GPa] vagy [MPa]

$\nu$ : dimenzió nélküli



$\varepsilon_r$  - radiális alakváltozás

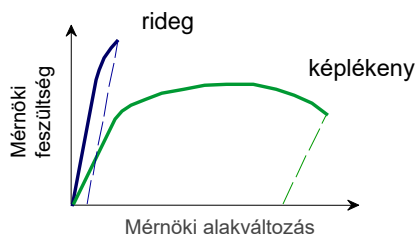
$$E_{\text{kerámia}} > E_{\text{fém}} \gg E_{\text{polimer}}$$

Mechanikai tulajdonságok

13/29

13

## KÉPLÉKENY / RIDEG VISELKEDÉS



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

Mechanikai tulajdonságok

14/29

14

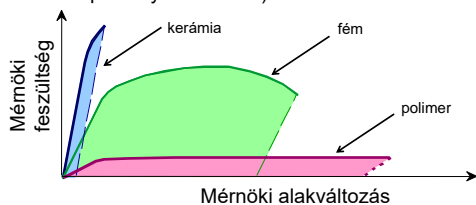
## SZÍVÓSSÁG

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)



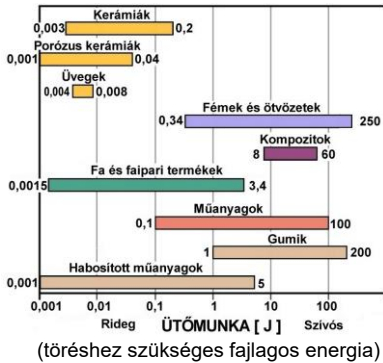
Mechanikai tulajdonságok

15/29

15

# ANYAGOK MECHANIKAI TULAJDONSÁGAI ÉS VIZSGÁLATUK

## SZÍVÓSSÁG



Mechanikai tulajdonságok

16/29

16

## KÜLÖNBÖZŐ ANYAGOK MECHANIKAI TULAJDONSÁGAI 20 °C-ON

Anyag	E [GPa]	R <sub>p0.2</sub> [MPa]	R <sub>m</sub> [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
Kerámia	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

17

## 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

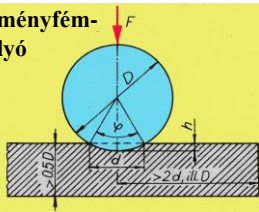
18

# ANYAGOK MECHANIKAI TULAJDONSÁGAI ÉS VIZSGÁLATUK

## BRINELL-KEMÉNYSÉGMÉRÉS

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

keményfém-  
golyó



$F$  – terhelőerő [N]  
 $A$  – lenyomat felület [mm<sup>2</sup>]  
 $D$  – golyóátmérő [mm]  
 $d$  – lenyomat átmérő [mm]  
 $h$  – lenyomat mélység [mm]

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

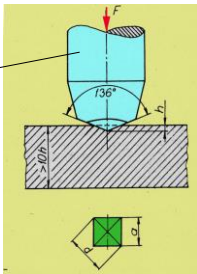
Mechanikai tulajdonságok

19/29

19

## VICKERS-KEMÉNYSÉGMÉRÉS

gyémánt-  
gúla



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

$F$  – terhelőerő [N]  
 $A$  – lenyomat felület [mm<sup>2</sup>]  
 $d$  – 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

20

## 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  $\epsilon_t$  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

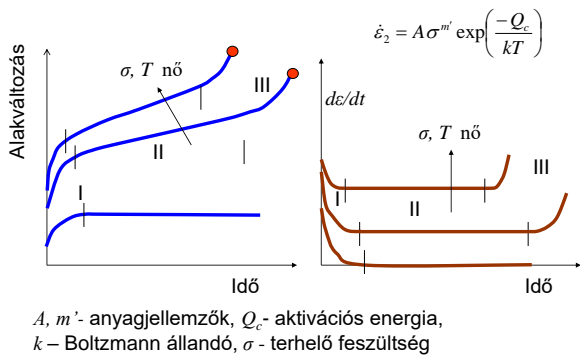
Mechanikai tulajdonságok

21/29

21

# ANYAGOK MECHANIKAI TULAJDONSÁGAI ÉS VIZSGÁLATUK

## A KÚSZÁS ÁLTALÁNOS GÖRBÉJE



Mechanikai tulajdonságok

22/29

22

## 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.

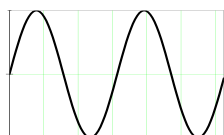
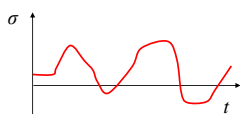
Mechanikai tulajdonságok

23/29

23

## FÁRADÁS

A kifáradás 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 kifáradásra.



Szinuszos feszültségváltozás

Mechanikai tulajdonságok

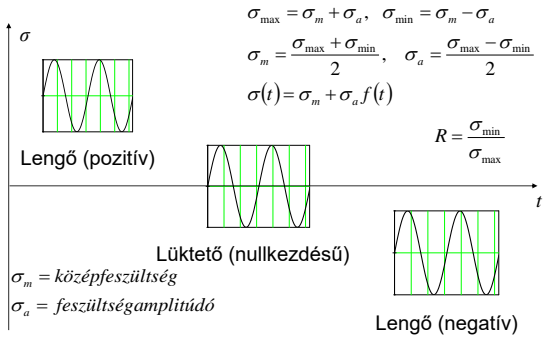
24/29

24



# ANYAGOK MECHANIKAI TULAJDONSÁGAI ÉS VIZSGÁLATUK

## CIKLIKUS TERHELÉS JELLEMZŐI

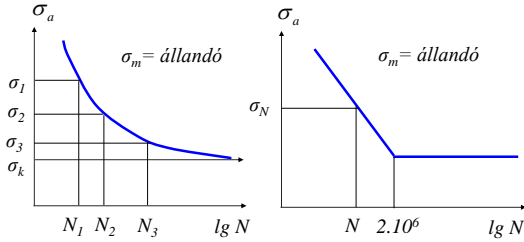


Mechanikai tulajdonságok

25/29

25

## WÖHLER-GÖRBE



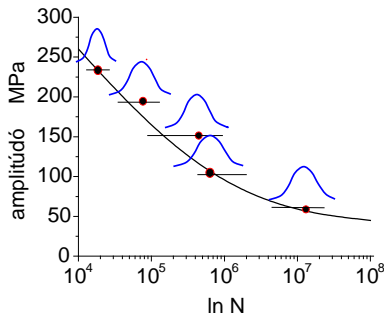
Kifáradási határ: az a feszültség-amplitúdó (adott középfeszültségnél), amely végtelen sok igénybevétel esetén sem okoz törést.  
Tartamszilárdság: az a feszültség-amplitúdó (adott középfeszültségnél), amely megadott igénybevételi számig nem okoz törést.

Mechanikai tulajdonságok

26/29

26

## A FÁRADÁS STATISZTIKUS JELLEGŰ



Mechanikai tulajdonságok

27/29

27

# 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

28

---

---

---

---

---

---

---

## REPEDÉS KELETKEZÉSE AZ ÜZEMELÉS SORÁN

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

**Repedések kimutatása:**

roncsolásmentes anyagvizsgálati módszerekkel.

Mechanikai tulajdonságok

29/29

29

---

---

---

---

---

---

---