

 Anyagtudomány és Technológia Tanszék 

# Mérnöki anyagok alkalmazástechnikája

Esettanulmányok 3.

Dr. Orbulov Imre Norbert  
orbulov.imre.norbert@gpk.bme.hu  
MS Teams: orbulovi@edu.bme.hu

1

---

---

---


---

---

---

---

---

 Miről lesz ma szó? 

- Esettanulmányokról, amelyekkel az anyagválasztás stratégiáját gyakoroljuk
- Gumi tömítések
- Alakváltozásra méretezett rideg polimerek
- Biztonságos nyomástartó edények

2

2 / 24

---

---

---

---

---

---

---

---

 Anyagtudomány és Technológia Tanszék 

# Tömítések

3

---

---

---

---

---

---

---

---



Amit tudni érdemes...



- Újrahasználható tömítésről van szó
- Rugalmasnak kell lennie, maradó alakváltozást nem szenvedhet
- Rengeteg típusa van
- Mindenki tudja, hogy elasztomerekből készülnek, de hátha van valami új tanulnivaló is

---

---

---

---

---

---

---

---

4 / 24

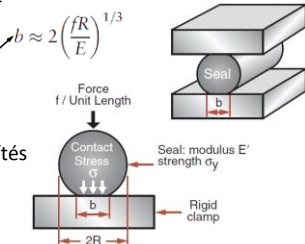
4



A gumitömítés



- Mechanikai szempontból egy nyomott henger
- El kell viselje a nyomást reverzibilisen
- Minél nagyobb tömítőfelületet kell biztosítani
- Kis feszültségértéken, hogy a felület és a tömítés ne sérüljön



$$b \approx 2 \left( \frac{fR}{E} \right)^{1/3}$$

5 / 24

5

---

---

---

---

---

---

---

---



Funkció

- Rugalmas tömítés

Megkötések

- Felületi nyomás ( $\sigma < \sigma_r$ )
- Olcsónak kell lennie

Rangsorolás

- Maximális felületkövetés

Szabad változó

- Anyag

$$\sigma = 0.6 \left( \frac{fE}{R} \right)^{1/3} \quad b \approx 2 \left( \frac{fR}{E} \right)^{1/3}$$

$$b \leq 3.3R \left( \frac{\sigma_r}{E} \right)$$

$$M_1 = \frac{\sigma_r}{E}$$

$$M_2 = \sigma_r \leq 100 \text{ MPa}$$

6 / 24

6

---

---

---

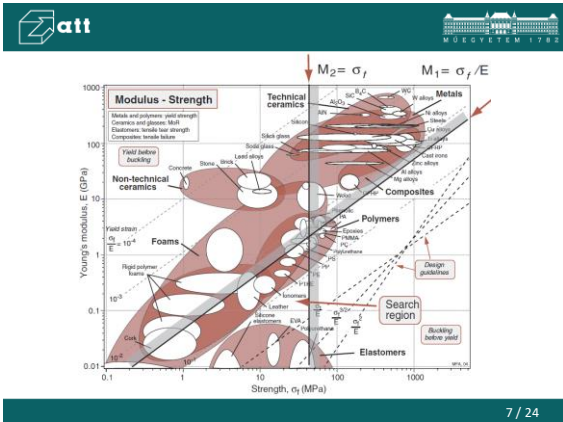
---

---

---

---

---



7

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**att**

- Elastomerek, polimerek, parafa, habok
- További követelmény
- Kémiai stabilitás, hőállóság, újrahasznosíthatóság
- Elastomer (EVA, etilén-vinil-acetát),  $M_1=0,7-1$ 
  - Természetes választás, rossz kémiai stabilitás és hőállóság
- Poliuretán (PU),  $M_1=2-5$ 
  - Széleskörben alkalmazott tömítőanyag
- Szilikon gumi,  $M_1=0,2-0,5$ 
  - A szénhidrogénekénél jobb hőállóság és kémiai stabilitás

**Elastomerek**

8

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**att**

- Teflon (PTFE),  $M_1=0,05-0,1$ 
  - Drága, de termikusan és kémiailag stabil
- Polietilén (PE),  $M_1=0,02-0,05$ 
  - Olcsó, de hajlamos a kúszásra
- Polipropilén (PP),  $M_1=0,2-0,04$ 
  - Olcsó, de hajlamos a kúszásra
- Nylon (PA),  $M_1=0,02-0,03$ 
  - Közel a nyomás felső határához

**Polimerek**

9

---

---

---

---

---


---

---

---

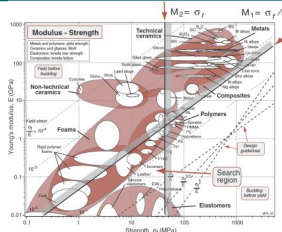
---

---

**att** 

- Parafa,  $M_1=0,03-0,06$ 
  - Kis felületi nyomás, kémiailag stabil
- Polimer habok,  $M_1=-0,03$ 
  - Nagyon kis felületi nyomás, finom tömitések

Polimerek



Mi a teendő nagy nyomás és hőmérséklet esetén?

- További megfontolások, képlékeny alakváltozás
- Lágy fémek (Pb, Cu, Ti)

10 / 24

10

**att** Anyagtudomány és Technológia Tanszék 

## Alakváltozásra méretezett rideg polimerek

11

**att** Kis kitérő... 

A tervezőmérnökök általában szívós anyagokat alkalmaznak

- Fémek, ökölszabály  $K_{IC} > 15 \text{ MPam}^{1/2}$ 
  - Kivétel: fehértöretű öntöttvas, néhány porkohászati termék ( $\sim 10 \text{ MPam}^{1/2}$ )
- A kerámiák 1-6  $\text{MPam}^{1/2}$  között vannak
  - És a mérnökök mély gyanúval szemlélik őket...
- A polimerek szívóssága 0,5-3  $\text{MPam}^{1/2}$  között van
  - A mérnökök mégis előszeretettel alkalmazzák... akkor most mi van?
- Amikor egy (lineárisan rugalmas) rideg anyag eltörik, a törés pillanatáig rugalmasan alakváltozik, a törés pillanatában a feszültség

$$\sigma_I = \frac{CK_c}{\sqrt{\pi a_c}}$$

12 / 24

12

Terhelésre méretezés esetén ebből következően a nagy szívóssággal rendelkező anyagok a jók ( $K_{IC} \uparrow$ )  
 De nem csak terhelésre lehet méretezni, hanem

- Energiatárolásra és
- Alakváltozásra is

Ezt a három scenáriót fogjuk megismerni ebben a példában

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

13

Funkció

- Bármilyen, a rideg törés elkerülése mellett

Megkötések

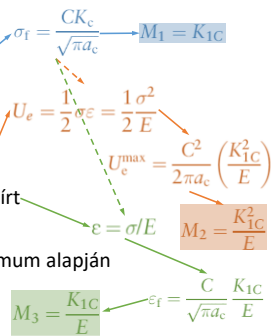
- A tervezési terhelés előírt
- A tervezési energia előírt
- A tervezési alakváltozás előírt

Rangsorolás

- A térfogat (ár, tömeg) minimum alapján

Szabad változó

- Anyag



14

---

---

---

---

---

---

---

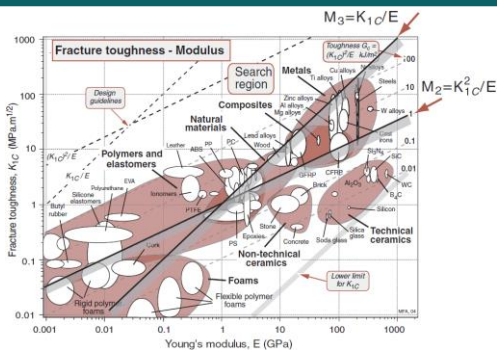
---

---

---

---

---



15

---

---

---

---

---

---

---

---

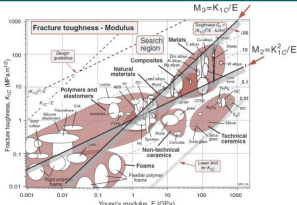
---

---

---

---

- Terhelésre méretezve
  - A fémek hozzák a 15 MPam<sup>1/2</sup> értéket
  - Polimerek, kerámiák nem
- Energiára méretezve
  - Űtésállóság, 1 kJ/m<sup>2</sup> felett
  - Fémek, kompozitok és néhány polimer
  - Kerámiák nem
- Alakváltozásra méretezve
  - Itt a polimerek a legjobbak: nagy rugalmas alakváltozásra képesek törés nélkül
  - Különösen PA, PC és PP




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

16

- A fémeket azért szeretjük, mert mindhárom mutatóban egészen jól teljesítenek
- A polimerek K<sub>IC</sub>/E értéke jó, a K<sub>IC</sub><sup>2</sup>/E értéke elfogadható
- A kerámiák mindhárom törési szívósságot tartalmazó jellemzője gyengének mondható
  - Ezért ódzkodnak tőle a mérnökök...
  - ...ugyanakkor vannak alkalmazások, ahol megkerülhetetlenek

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

17

# Biztonságos nyomástartó edények

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

18

**att** Amit tudni érdemes... 

- Az aeroszolos palacktól a bojlereken át a legnagyobb kazánokig biztonságosságra vannak méretezve:
  - Megfolyás törés előtt
  - Eresztés törés előtt
- Megfolyás törés előtt: folyási feszültségre tervezik, ami mellett a legkisebb repedés sem terjedhet, de jól látható képlékeny alakváltozás lép fel → beavatkozás
- Eresztés törés előtt (ahol az előző például a méretek miatt nem lehetséges): a legkisebb repedésméret, amely már instabilan terjedne legyen nagyobb a falvastagságnál → eresztés → beavatkozás
- Különböző anyagindexek a két módszerhez...

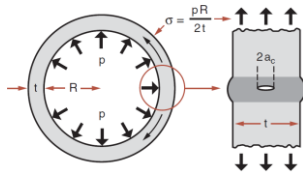
19 / 24

19



**att** A nyomástartó edény 

- Mechanikai szempontból általában vékonyfalú szerkezet
- Egy gömbtartály esetén  $\sigma = \frac{pR}{2t}$
- A t értéket úgy választják meg, hogy p mellett a folyásnál kisebb feszültség legyen ( $\sigma < \sigma_f$ )
- A repedés jelenléte NDT-vel ellenőrizhető ( $2a_c < 2a_c^*$ )



$$\sigma = \frac{CK_{1C}}{\sqrt{\pi a_c^*}}$$

20 / 24

20



**att** 

Funkció

- Nyomástartó edény (gömbtartály)

Megkötések

- Sugár (R) adott

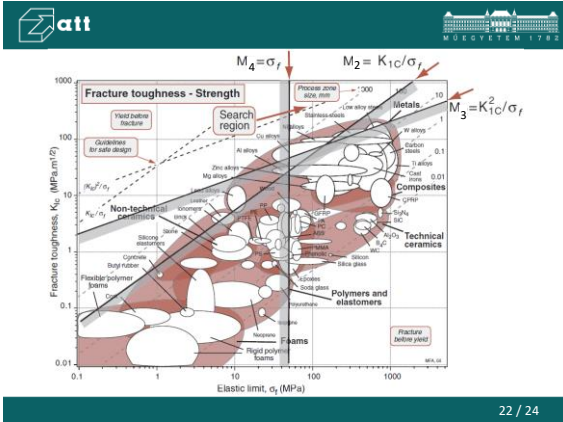
Rangsorolás

- Nyomás (biztonság nélkül)  $p \leq \frac{2t}{R} \frac{K_{1C}}{\sqrt{\pi a_c^*}} \rightarrow M_1 = K_{1C}$
- Biztonság, megfolyás ( $\sigma = \sigma_f$ )  $\pi a_c \leq C^2 \left[ \frac{K_{1C}}{\sigma_f} \right]^2 \rightarrow M_2 = \frac{K_{1C}}{\sigma_f}$
- Biztonság, eresztés ( $a = t/2$ )  $\sigma = \frac{CK_{1C}}{\sqrt{\pi t/2}} \rightarrow t \geq \frac{pR}{2\sigma_f}$
- Minimális falvastagság
- Anyag  $t \geq \frac{pR}{2\sigma_f} \rightarrow M_4 = \sigma_f$   $p \leq \frac{4C^2}{\pi R} \left( \frac{K_{1C}^2}{\sigma_f} \right) \rightarrow M_3 = \frac{K_{1C}^2}{\sigma_f}$

21 / 24

21





22

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

- Rozsdamentes acél
  - $M_2=0,35 \text{ m}^{1/2}$ ,  $M_3=300 \text{ MPa}$
  - Atomerőművek: 316
- Alacsony ötvöztésű acél
  - $M_2=0,20 \text{ m}^{1/2}$ ,  $M_3=800 \text{ MPa}$
  - Szokványos anyagválasztás
- Réz
  - $M_2=0,50 \text{ m}^{1/2}$ ,  $M_3=200 \text{ MPa}$
  - Hidegalakított, kisebb méret
- Al ötvözetek
  - $M_2=0,15 \text{ m}^{1/2}$ ,  $M_3=200 \text{ MPa}$
  - Rakéták
- Ti ötvözetek
  - $M_2=0,13 \text{ m}^{1/2}$ ,  $M_3=800 \text{ MPa}$
  - Kis tömeg, drága
- Egyebek
  - Fontos tényező lehet a korrózió (méretfüggetlen)
  - Kritikus esetekben még törhetnek, törésmechanika

23

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



Dr. Orbulov Imre Norbert – orbulov.imre.norbert@gpk.bme.hu

Köszönöm a figyelmet!

24

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---