Anyagtudomány és Technológia Tanszék

Mérnöki anyagok alkalmazástechnikája

Esettanulmányok 4.

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

1

Miről lesz ma szó?

- Esettanulmányokról, amelyekkel az anyagválasztás stratégiáját gyakoroljuk
- Rázóasztalok
- Hőszigetelt (vész)adóvevők
- Energiahatékony kemence falazat

2 / 23

2

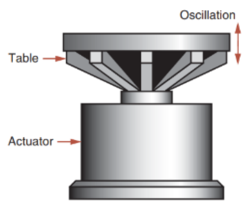
Anyagtudomány és Technológia Tanszék

Rázóasztalok

3

Amit tudni érdemes…

- Elektromágneses rázóasztal
- Eszközök dinamikus vizsgálatára
- Paraméterek:
  - Frekvencia (akár 1000 Hz)
  - Amplitúdó
- Nagy teljesítményigény
  - A fő cél ennek minimalizálása



4

Funkció
- Rázóasztal

Megkötések
- Átmérő (R)
- Merev (megfogás)
- Sajátfrekvencia az üzemelési felett
- Nagy csillapítás (környezet) → η
- Szívósság („monkey-proof”) → K_{IC}

Rangsorolás
- Teljesítményfelvétel minimalizálás

Szabad változó
- Asztal vastagsága
- Anyag

$$t^3 R$$

$$S = \frac{C_2 E I}{R^3}$$

$$t = C_3 \left(\frac{S R^2}{E}\right)^{1/3}$$

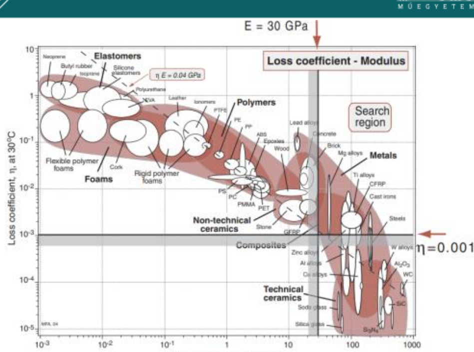
$$m = C_3 \pi R^{8/3} S^{1/3} \left(\frac{\rho}{E^{1/3}}\right)$$

$$M_1 = \frac{E^{1/3}}{\rho}$$

$$p = C_1 m A^2 \omega^3$$

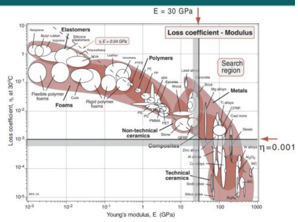
$$m = \pi R^2 t \rho$$

5



6

- Mg ötvözetek
  - $\eta=2\cdot10^{-2}$, $M_1=1{,}9$, $\rho=1{,}75$
  - Legelőnyösebb
- Ti ötvözetek
  - $\eta=5\cdot10^{-3}$, $M_1=1{,}0$, $\rho=4{,}6$
  - Jó csillapítás, de drága
- CFRP
  - $\eta=4\cdot10^{-3}$, $M_1=3{,}0$, $\rho=1{,}8$
  - Rosszabb csillapítás
- Öntöttvasak
  - $\eta=4\cdot10^{-3}$, $M_1=0{,}7$, $\rho=7{,}8$
  - Jó csillapítás, de nehéz
- Zn ötvözetek
  - $\eta=7\cdot10^{-3}$, $M_1=0{,}7$, $\rho=5{,}5$
  - Mg-nél rosszabb csillapítás



- Gumi borítású fémek?
  - Csillapítás növelés
- C szállal erősített Al?
  - Merevségnövelés

7

Anyagtudomány és Technológia Tanszék

Hőszigetelt (vész)adóvevők

8

Amit tudni érdemes

- Például katonai alkalmazás: vészjeladó
  - A Föld nagyobb része vízzel borított
  - A tengervíz átlaghőmérséklete ~4°C
- A mikroelektronikai eszközök nem szeretik a hideget (a meleget sem…)
  - Elkezd elmászni a frekvenciájuk… jeladó esetén nem előnyös
- Hősokkállóság
  - Amikor a külső hőmérséklet ugrásszerűen változik 30°C-al, egy órán belül nem változhat jelentősen
- Nem lehet túl nagy
- A Dewar-rendszer nem jöhet szóba – túl törékeny
- Habok (?) – tévút

9

A feladat

Funkció

- Hőszigetelt jeladó

Megkötések

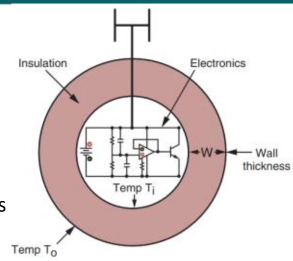
- Előírt falvastagság (w=20 mm)

Rangsorolás

- Időtartam maximálás gyors külső hőmérsékletváltozás esetén

Szabad változó

- Anyag

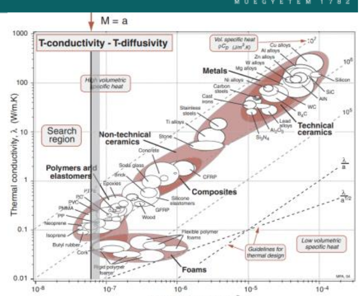


A hőáram az adott feladat esetén, általánosságban

$$q = -\lambda \frac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}x} = \lambda \frac{(T_i - T_o)}{w}$$

Az egyetlen szabad változó a hővezetési tényező (anyag), ha a hőáramot minimalizálni akarjuk, akkor kicsi λ kell

→HABOK



De ezzel rossz kérdést válaszoltunk meg!

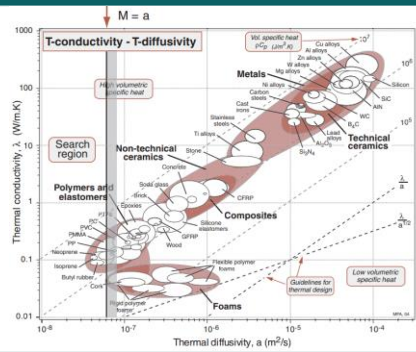
- A feladat nem a hőáram minimalizálása volt, hanem az idő maximálása a hőmérsékletváltozás előtt!
- A hősokk egyfajta hullám, a t idő alatti behatolási mélység (w) $\sqrt{2at}$

$$t \approx \frac{w^2}{2a}$$

ahol „a” a hőfokvezetési tényező

$$a = \frac{\lambda}{\rho C_p}$$

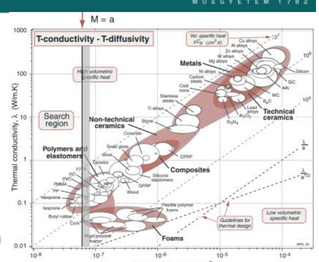
A hőfokvezetési tényezőt kell minimalizálni, hogy t nőjön att



13

att

- Elasztomerek
  - Butylgumi, neoprén, izoprén → legjobb
- Tömegpolimerek
  - PE, PP
  - Olcsóbb, de kevésbé hatékony
- Polimer habok
  - Sokkal rosszabbak, nem jók a hősokk kezelésére
  - Az a értékük nagyobb a kis tömeg és hőkapacitás miatt



- Még jobb a folyadék feltöltés, ami a legkisebb működési hőmérsékleten szilárdul… látens hő, viasz

14

att Anyagtudomány és Technológia Tanszék

Energiahatékony kemence falazat

15

Amit tudni érdemes…

- Kiégető kemencéről van szó (kerámia dísztárgyak, porkohászat, kerámia alkatrészek gyártása)
- Egy nagy kiégető kemence energiaigénye jelentős (… és ezért az üzemeltetés drága)
- Az energia egy része a kemence falazatán keresztül távozik
  - Kis hővezetési tényezőjű vastag fal a kedvező…
- Az energia másik része a kemence felfűtését biztosítja
  - Kis hőkapacitású vékony fal a kedvező…
- Hogyan oldjuk fel ezt az ellentmondást?

16 / 23

16

Funkció

- Kiégető kemence
- Ciklikus felfűtés és hűtés

Megkötések

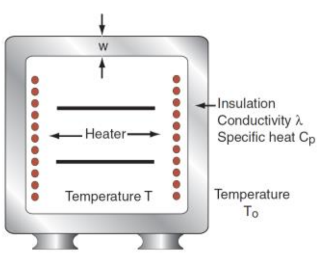
- T_{max}=1000°C
- Falvastagság (w)

Rangsorolás

- Energiaszükséglet minimalizálása

Szabad változó

- Falvastagság
- Anyag



17 / 23

17

Egy kemence felhevítésénél a kiinduló hőmérsékletről (T_o) gyorsan nő a hőmérséklet az üzemire (T_i), ahol aztán hőntartják t ideig.

A felhasznált energia:

- Egyrésze a szabadba kerül állandósult hővezetéssel (Q_1)

$$Q_1 = -\lambda \frac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}x} t = \lambda \frac{(T_i - T_o)}{w} t$$

- Másik része a falban nyelődik el (a fal anyagának hevítésére fordítódik)

$$Q_2 = C_p \rho w \left(\frac{T_i - T_o}{2} \right)$$

18 / 23

18

A teljes energiaigény a két részenergiaigény összege

$$Q = Q_1 + Q_2 = \frac{\lambda (T_i + T_o) t}{w} + \frac{C_p \rho w (T_i - T_o)}{2}$$

- Túl vékony fal esetén túl sok a hőveszteség (első tag)
- Túl vastag fal esetén túl nagy a felfűtés energiaigénye (második tag)
- A kettő között létezik egy optimum → szélsőértékvizsgálat (dQ/dw=0)

$$w = \left(\frac{2\lambda t}{C_p \rho}\right)^{1/2} = (2at)^{1/2}$$

- Ez hossz dimenziójú és megmutatja, hogy a hő milyen mélyre hatol be t idő alatt

19

Az optimális falvastagságot visszahelyettesítve az összenergia összefüggésébe

$$Q = (T_i - T_o)(2t)^{1/2} (\lambda C_p \rho)^{1/2}$$

- Az összenergia tehát minimalizálható a

$$(\lambda C_p \rho)^{1/2}$$

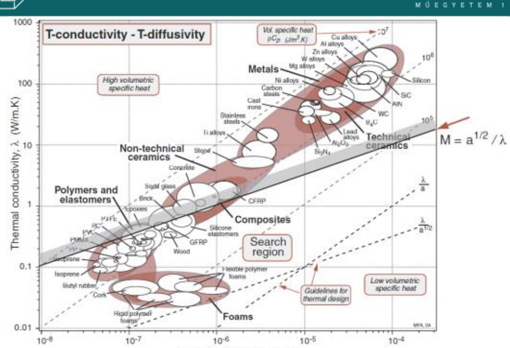
minimalizálásával, vagyis a

$$M = (\lambda C_p \rho)^{-1/2} = \frac{a^{1/2}}{\lambda}$$

maximalizálásával.

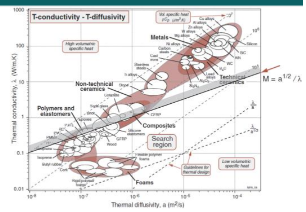
Persze nem árt w tényleges értékére is odafigyelni…

20



21

- Tégla
  - $M=10^{-3}$, w=90 mm
  - Nyilvánvaló választás, speciális téglák 3xM
- Beton
  - $M=5\cdot10^{-4}$, w=110 mm
- Fa
  - $M=2\cdot10^{-4}$, w=60 mm
  - Stevenson mozdony
- A falvastagság 3 h-ás hőntartásra vonatkozik



- Polimerek, polimer habok, parafa jók… 150°C-ig…

22 / 23

22

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

Köszönöm a figyelmet!

23 / 23

23