

MéRNÖKI anyagok alkalmazástechnikája

Esettanulmányok 5.

Dr. Orbulov Imre Norbert

orbulov@eik.bme.hu

MS Teams: orbulovi@edu.bme.hu

- Esettanulmányokról, amelyekkel az anyagválasztás stratégiáját gyakoroljuk
- Mikrométer kengyel
- Hajó kormánylapát csapágyazás
- Hőcserélők
- Antenna burkolat

Mikrométer kengyel

A precíziós mérőműszerek (például mikrométer, mérési pontosság $<1 \mu\text{m}$) pontosságát a

- merevség és a

- hőtágulás

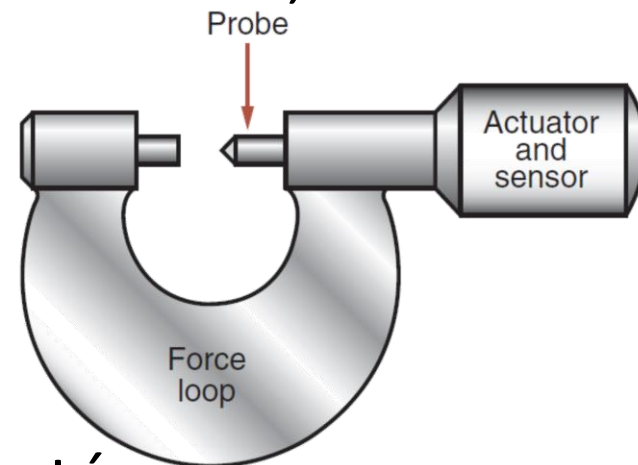
befolyásolja.

- A rugalmas alakváltozás kompenzálható

- A hőtágulás kompenzálható (homogén hőmérséklet)

- Probléma a hőmérséklet gradienssel van – nem kompenzálható

- További pontatlanságot eredményezhetnek a rezgések – magas sajátfrekvenciával kiküszöbölhető.



Funkció

- Mikrométer kengyel

Megkötések

- Tolerálnia kell a hőáramot
- Kompenzálni kell hőtágulásra
- Tolerálnia kell a rezgéseket

Rangsorolás

- Pontosság alapján (def.)

Szabad változó

- Anyag

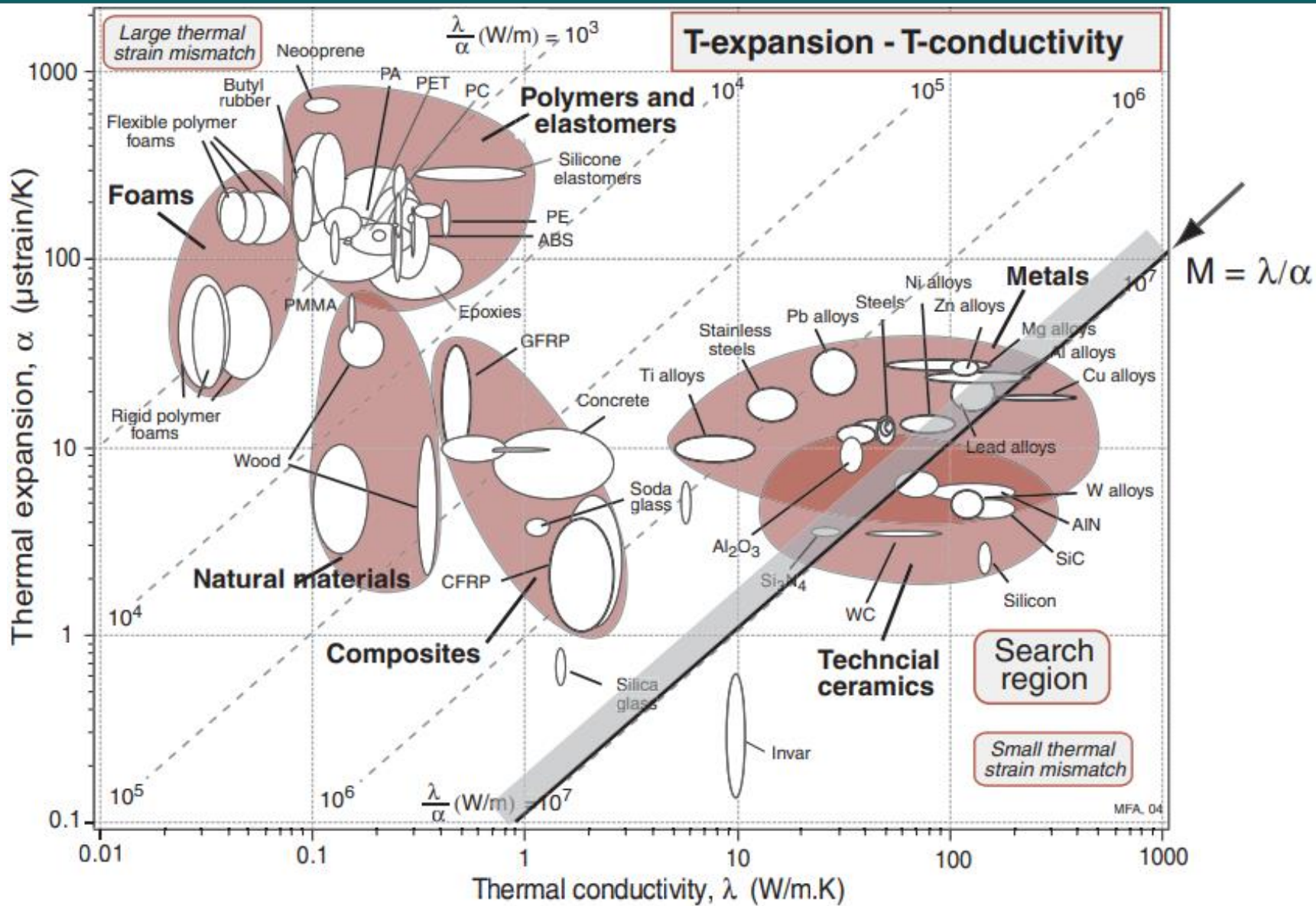
$$q = -\lambda \frac{dT}{dx}$$

$$\varepsilon = \alpha(T_o - T)$$

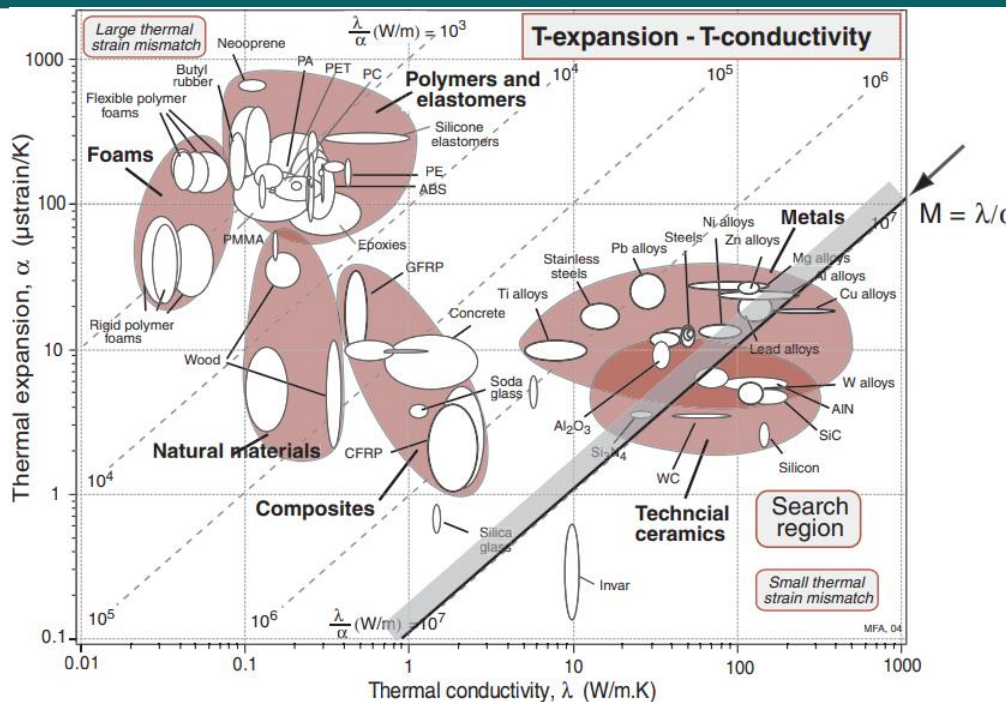
$$\frac{d\varepsilon}{dx} = \frac{\alpha dT}{dx} = \left(\frac{\alpha}{\lambda}\right) q$$

$$M_1 = \frac{\lambda}{\alpha}$$

$$M_2 = \frac{E^{1/2}}{\rho}$$



- Si
 - $M_1=6 \cdot 10^7$, $M_2=5,2$
 - Kiváló paraméterek
- SiC
 - $M_1=3 \cdot 10^7$, $M_2=6,4$
 - Kiváló paraméterek, nehezebb alakadás
- Rézötvözetek
 - $M_1=2 \cdot 10^7$, $M_2=1,3$
 - Nagy sűrűség miatt gyenge M_2
- Volfrám
 - $M_1=3 \cdot 10^7$, $M_2=1,1$
 - Cu-nál jobb, de elmarad a Si-hoz és SiC-hoz képest
- Al ötvözetek
 - $M_1=10^7$, $M_2=3,3$
 - Legolcsóbb, legkönnyebb alakadás



- Hasonló elven működik a nano-skálás mérőeszköz is
 - SEM, TEM, STM
- VHS videó, winchester
 - Olvasófejek

Hajó kormánylapát csapágyazás

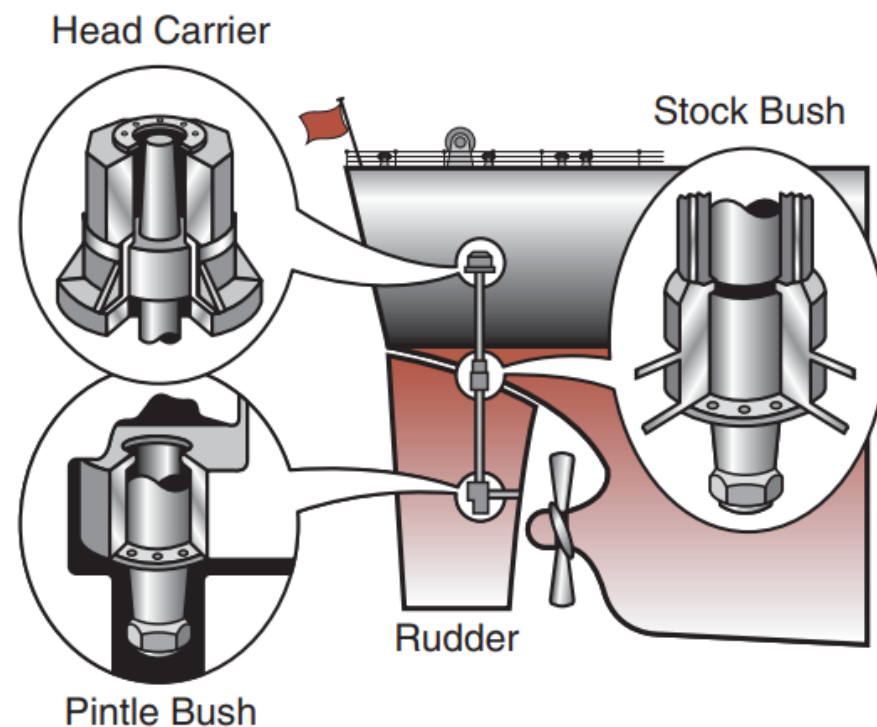
Kedvezőtlen körülmények között üzemel

- Nagy felületi nyomás
- Kenés fenntartása nehézkes
- Rezgések (propeller)
- Fretting, abrazív anyagok
- Sós víz

Hagyományosan bronzból készül

- Korrózió, abrazív kopás

Van-e más megoldás?



Funkció

- Csúszócsapágó

Megkötések

- Kopásállóság víz kenéssel
- Sós víznek álljon ellen
- Nagy csillapítás

Rangsorolás

- Élettartam (kopási sebesség)

Szabad változó

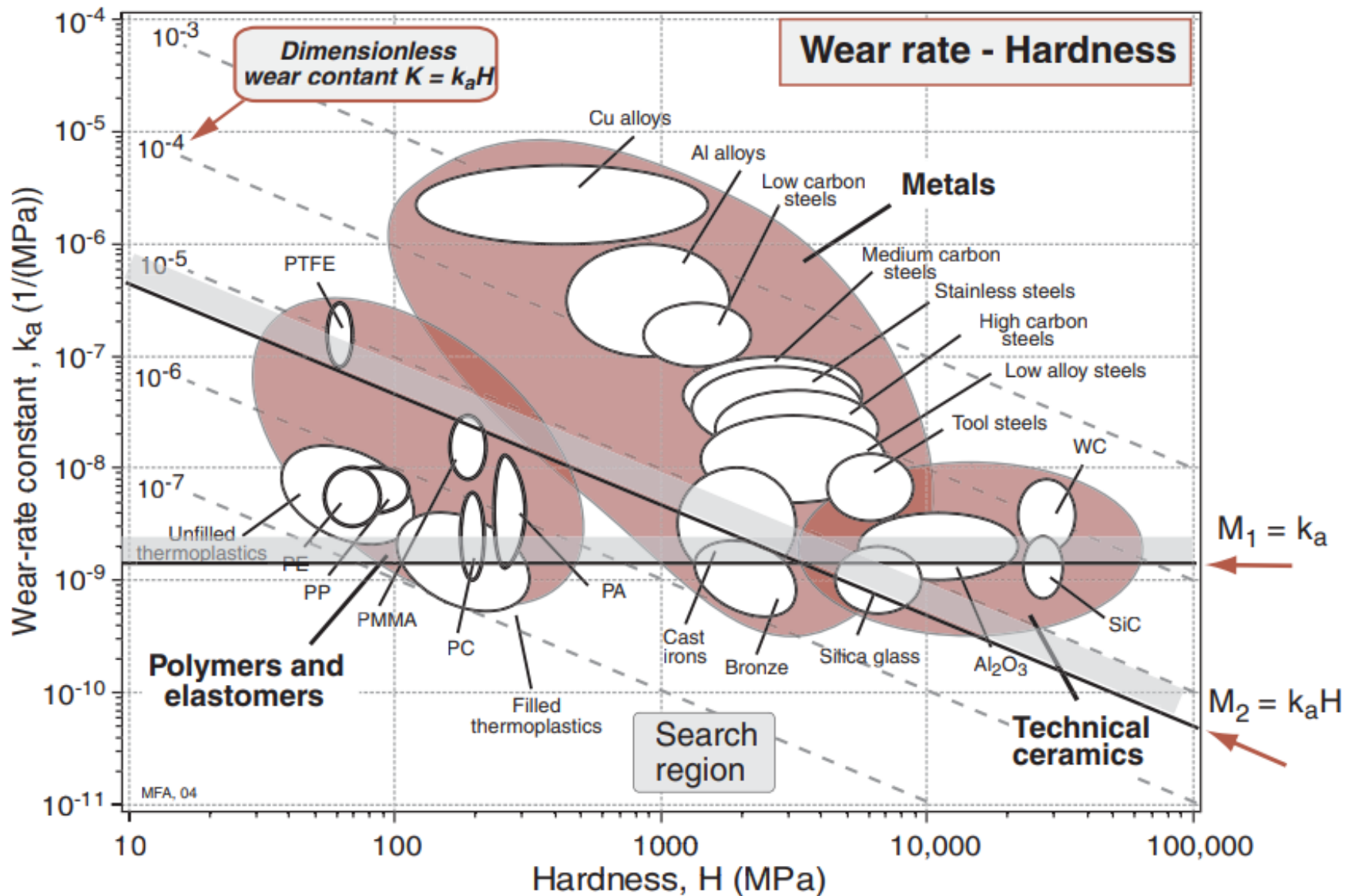
- Anyag
- Méretek

$$P \propto \frac{F}{A}$$

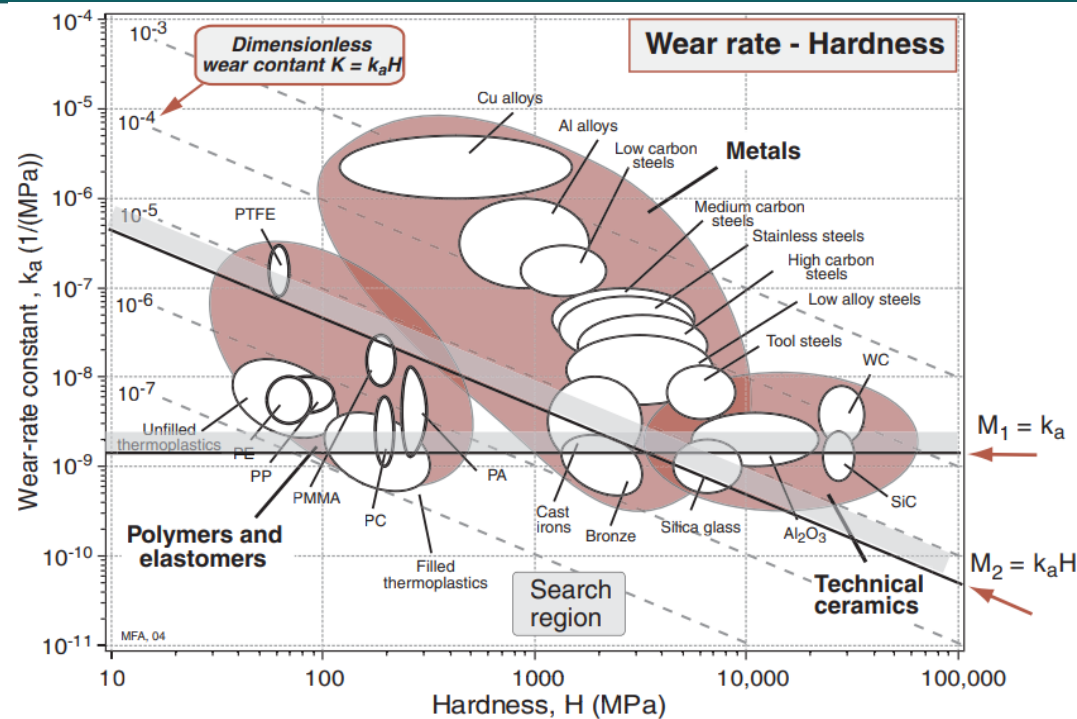
$$\Omega = k_a P = C \left(\frac{P}{P_{\max}} \right) k_a H$$

$$M_1 = k_a$$

$$M_2 = k_a H$$



- Polimerek
 - PA, PTFE, PE, PP
 - Kis súrlódás, jó kopásállóság kis nyomás esetén
- Kompozitok
 - Üvegszálazás PTFE, PE, PP
 - Kiváló kopási és korróziós ellenállás sós vízben, ha P nem túl nagy
- Kerámiák
 - SiC, Al₂O₃, WC
 - Kiváló kopási és korróziós ellenállás sós vízben, rossz szívósság, csillapítás



• Kompromisszum

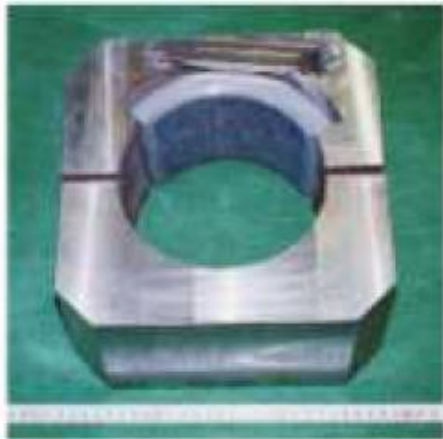
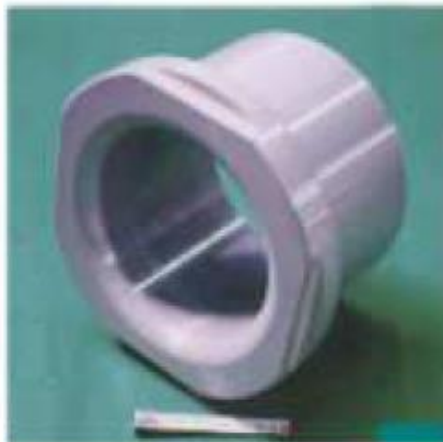
- A tulajdonságok előnyös kombinációja a döntő

(SiAlON) Korrózióállóság 1.

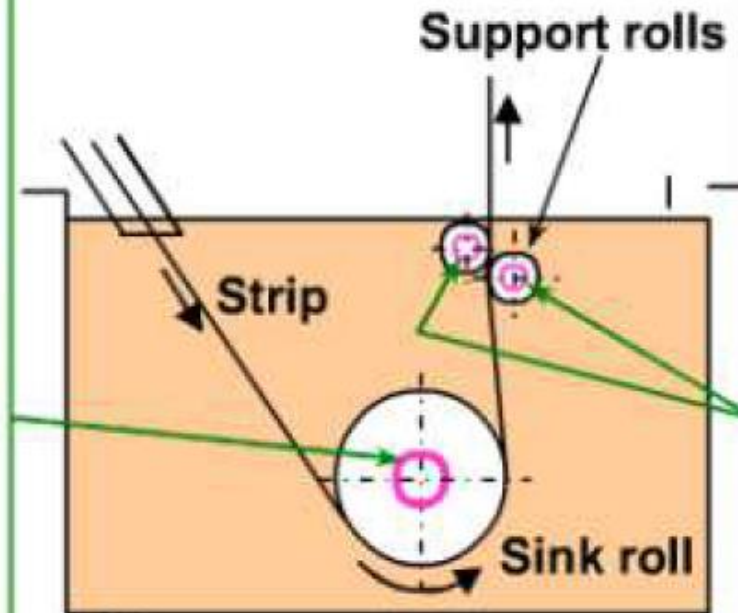
Süllyesztő henger csapágycsapat

Szállító henger csapágycsapat

Sink roll bearings



Support roll bearings

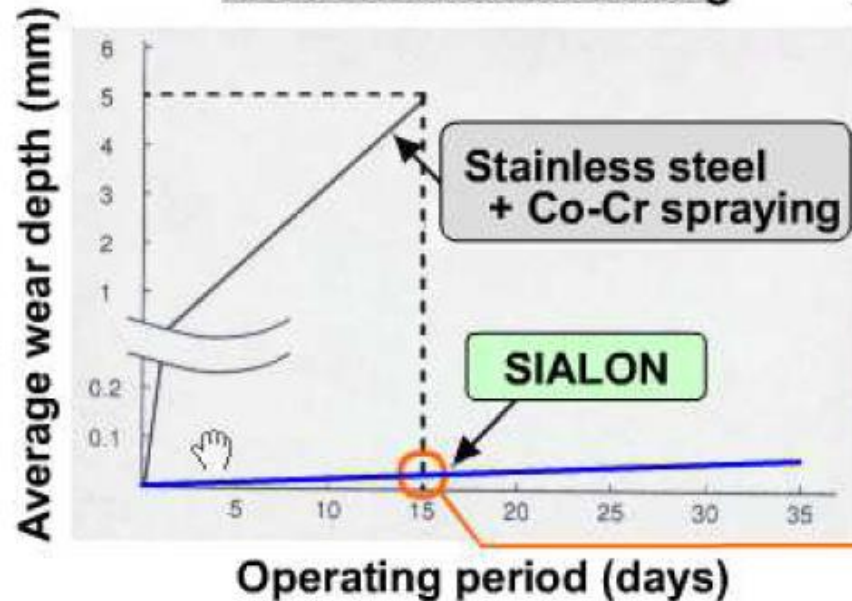


Zinc pot
(860 ~ 895 F)

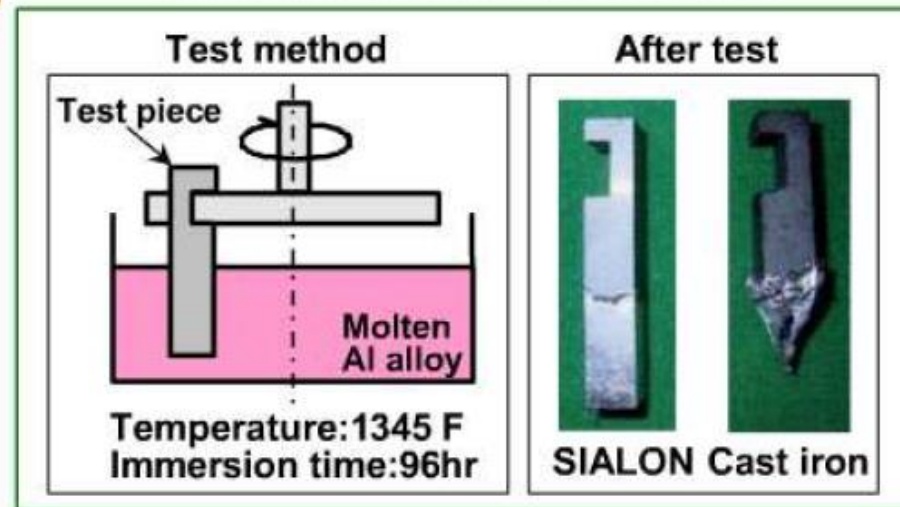
Korrózióállóság 2.

Wear of sink roll bearing

SIALON sink roll bearing after 15 days usage

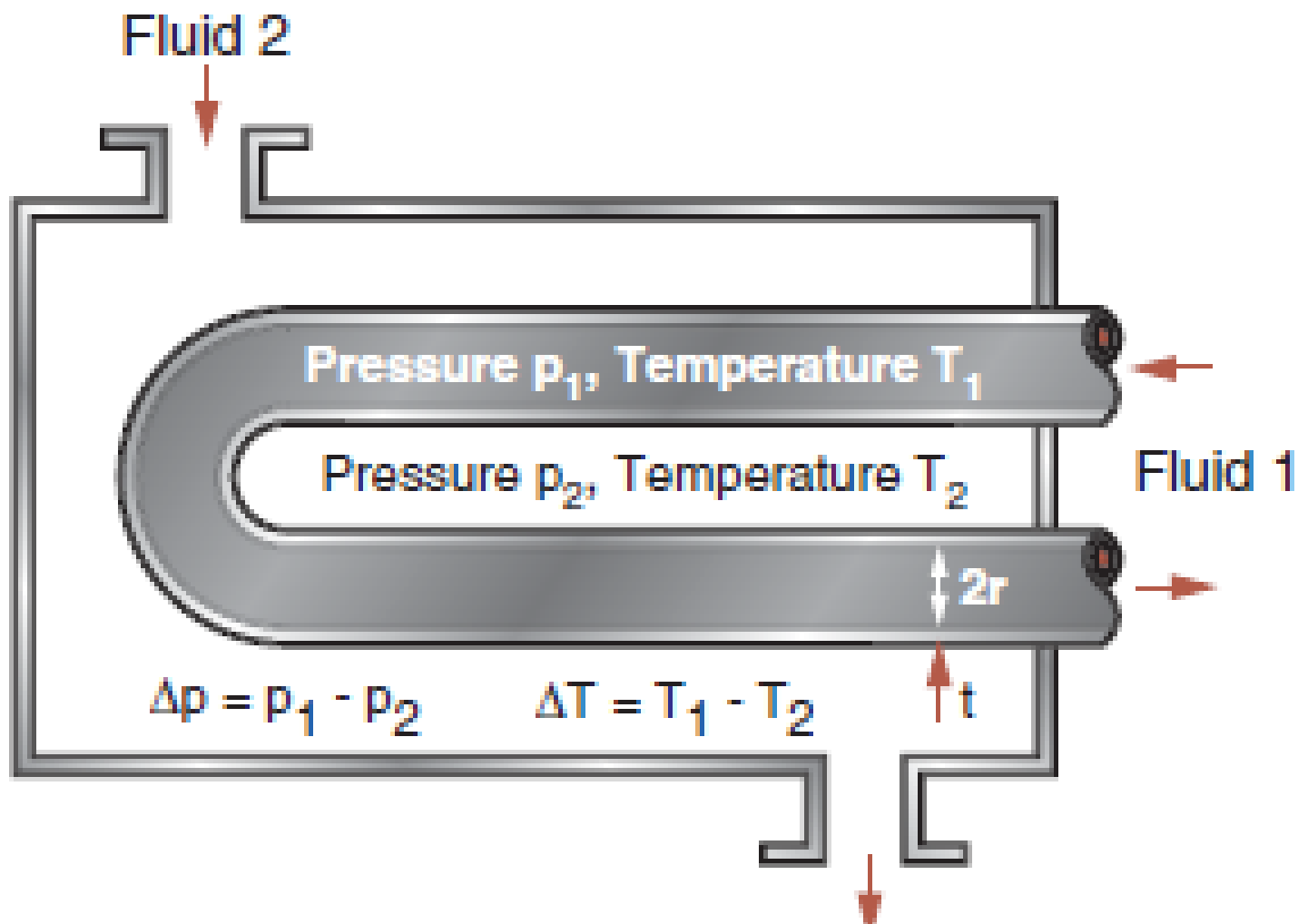


Corrosion resistance to molten Al

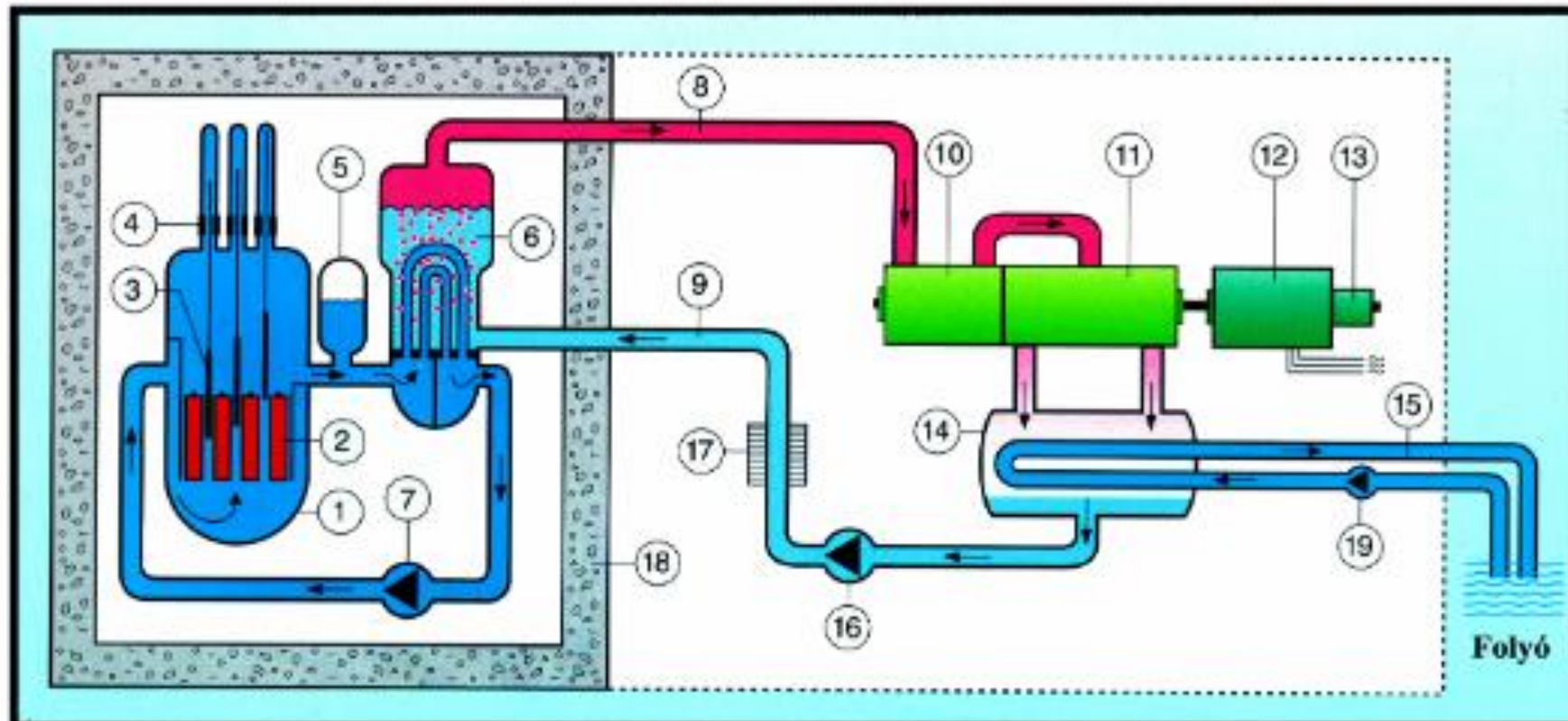


Hőcserélők

Folyadék-folyadék hőcserélő



Nyomottvizes atomreaktor (PWR)

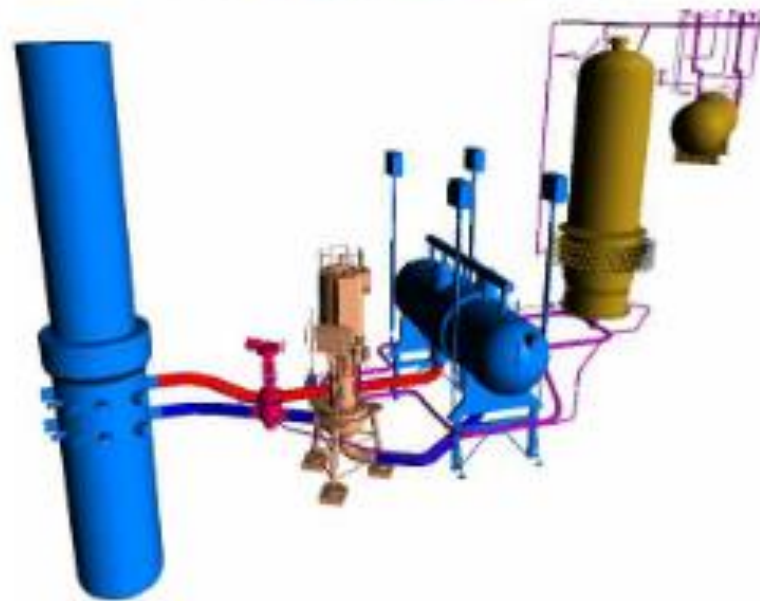
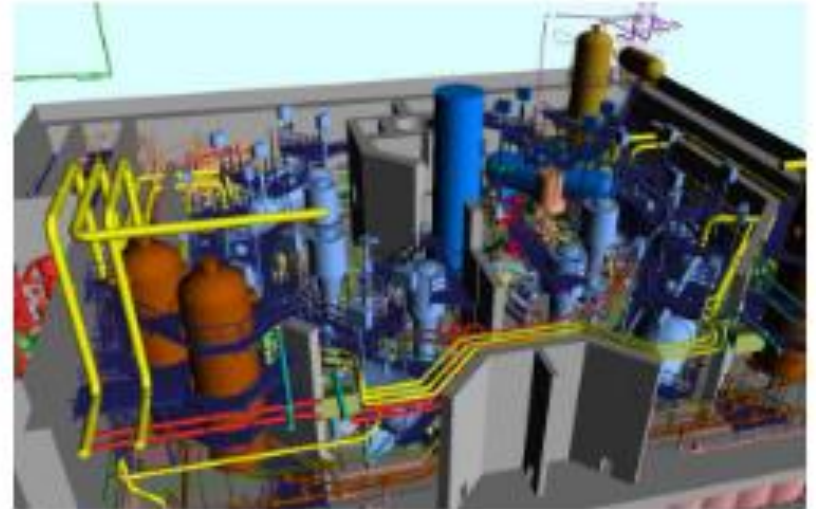
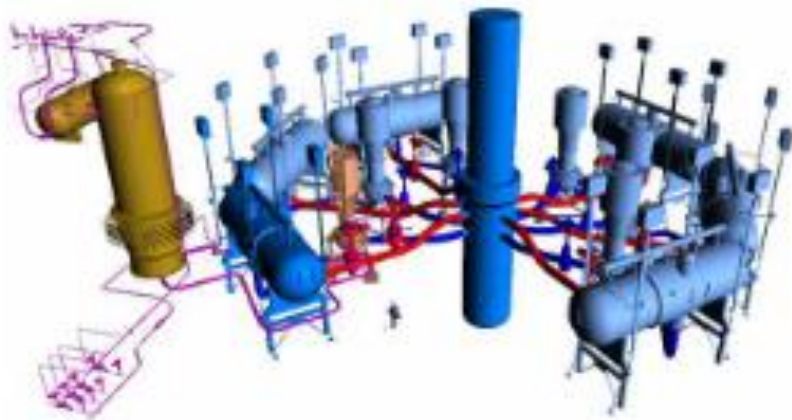


- 1 Reaktortartály
- 2 Fűtőelem pálcák
- 3 Szabályozórúdák
- 4 Szabályozórúd hajtás
- 5 Nyomásklegyenlítő
- 6 Gőzfejlesztő
- 7 Primer körű hűtővíz szivattyú

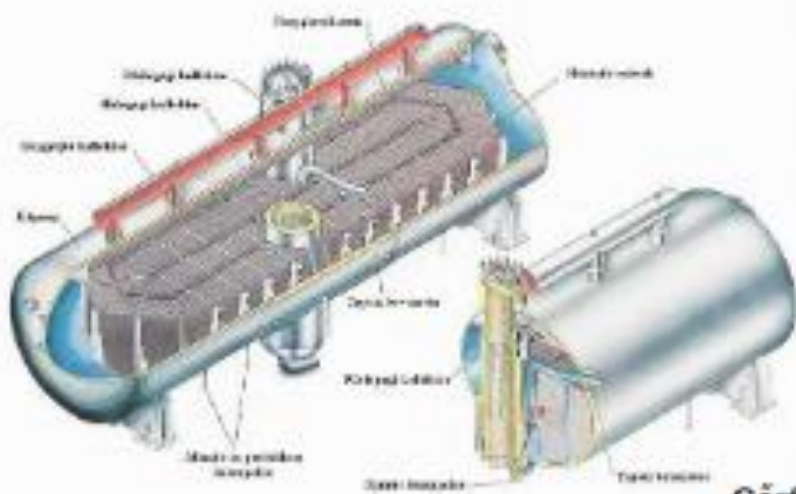
- 8 Frissgőz
- 9 Tápvíz
- 10 Nagynyomású turbina
- 11 Kisnyomású turbina
- 12 Generátor
- 13 Gerjesztőgép

- 14 Kondenzátor
- 15 Kondenzátor hűtővíz
- 16 Tápvíz szivattyú
- 17 Előmelegítő
- 18 Betonvédelem
- 19 Kondenzátor hűtővíz szivattyú

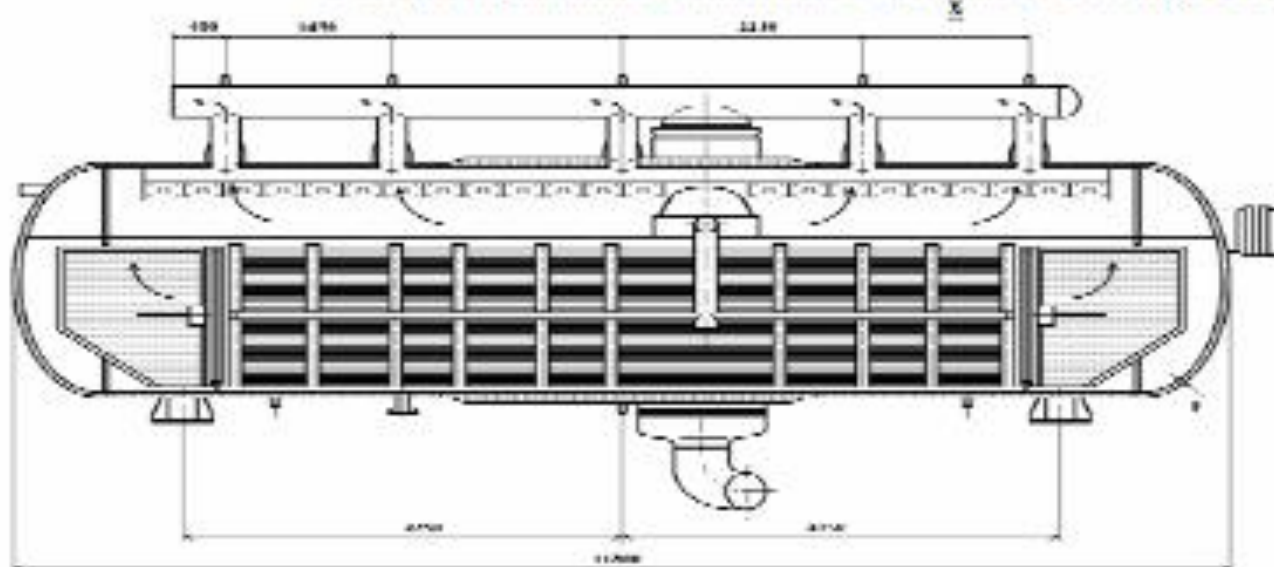
Primer kör, VVER-440, Paks

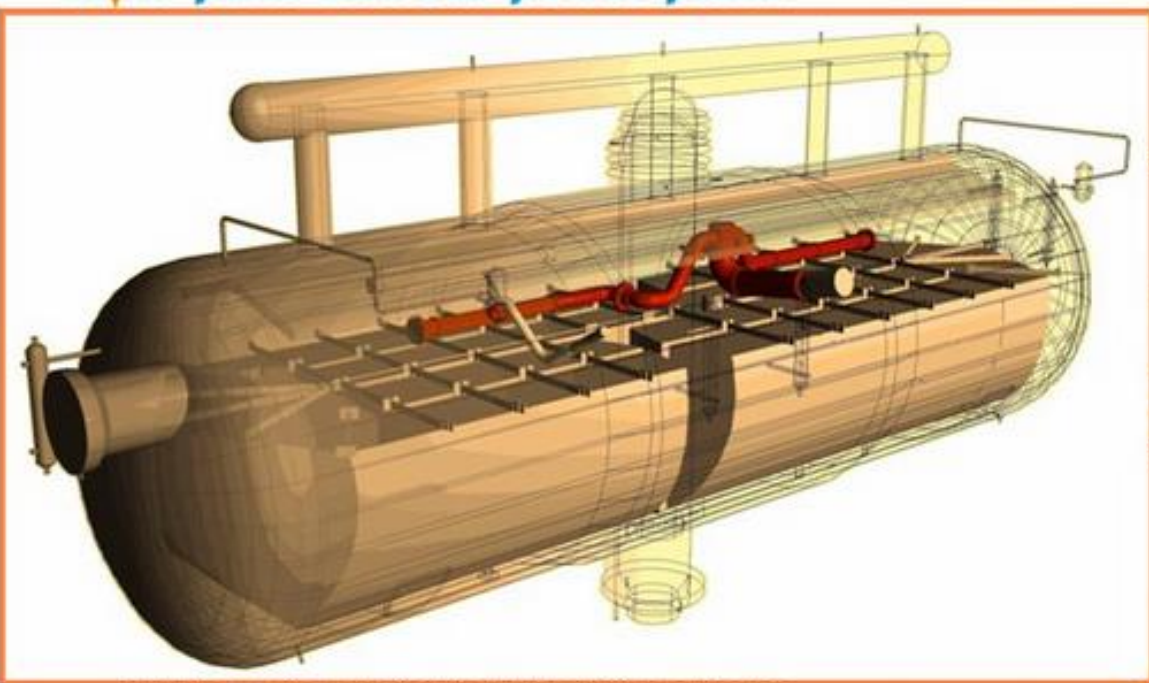


Gőzfejlesztő – fekvő, VVER-440

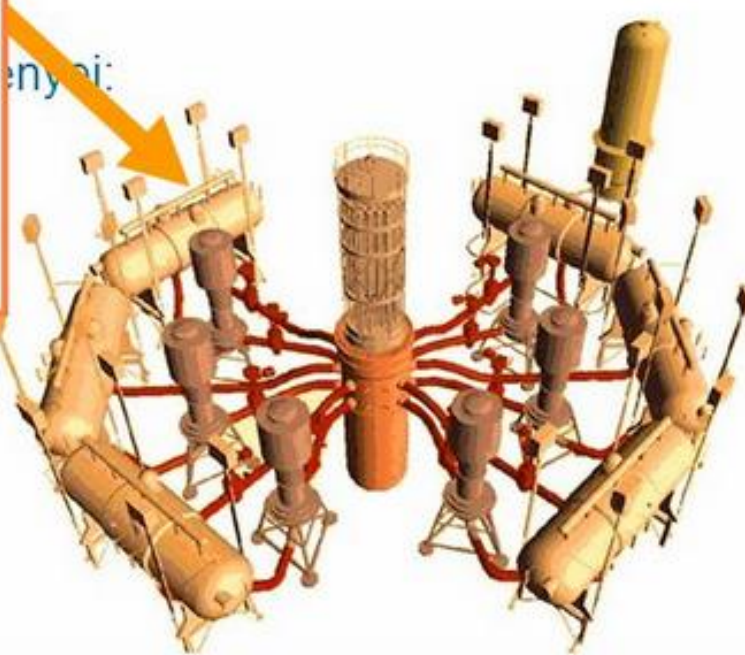


Gőzfejlesztő primerköri kollektor beltről a hűtendő csövekkel (5536 db)





zónában keletkező hőmennyiség
 lsejében áramlik.



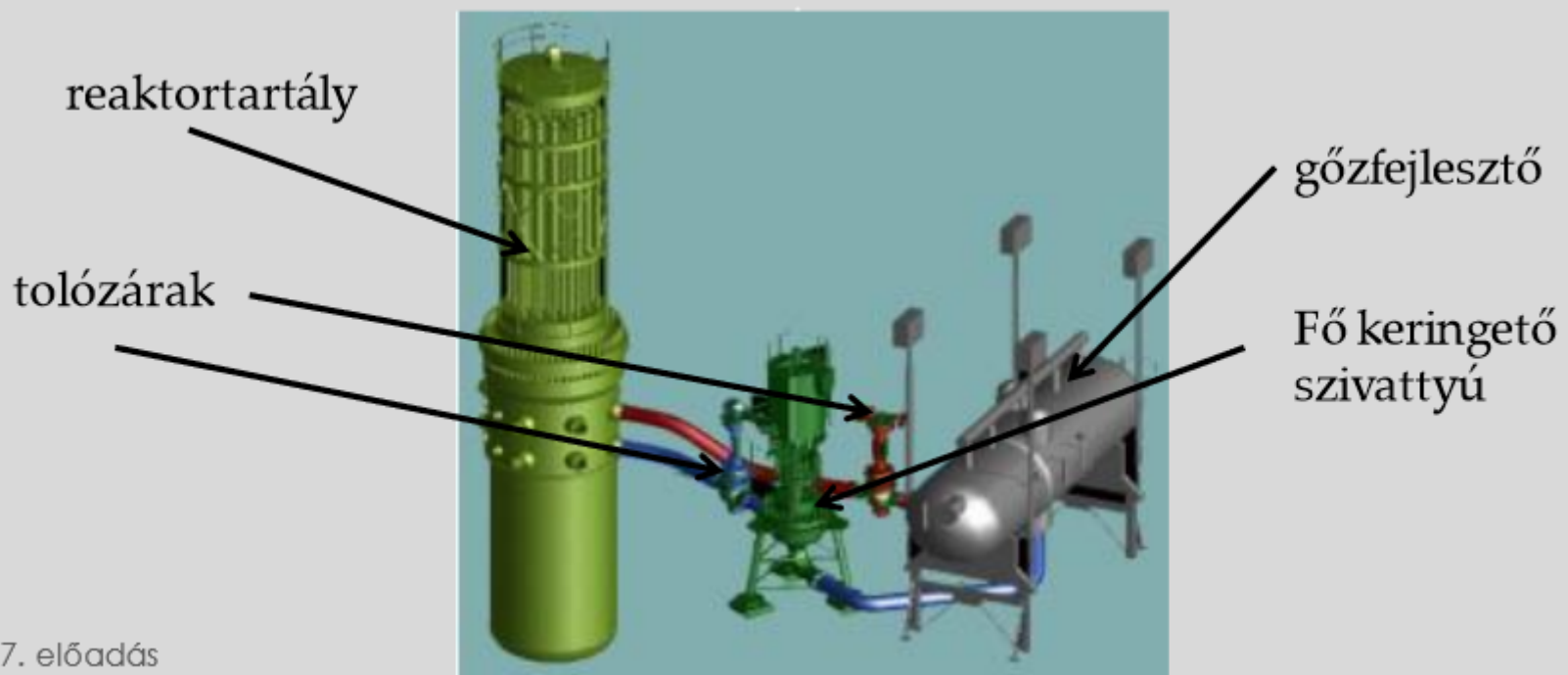
– Elhúzóó visszaindulás, milliárdos nagyságrendű anyagi kár

Normál üzemi paraméterek (VVER-440):

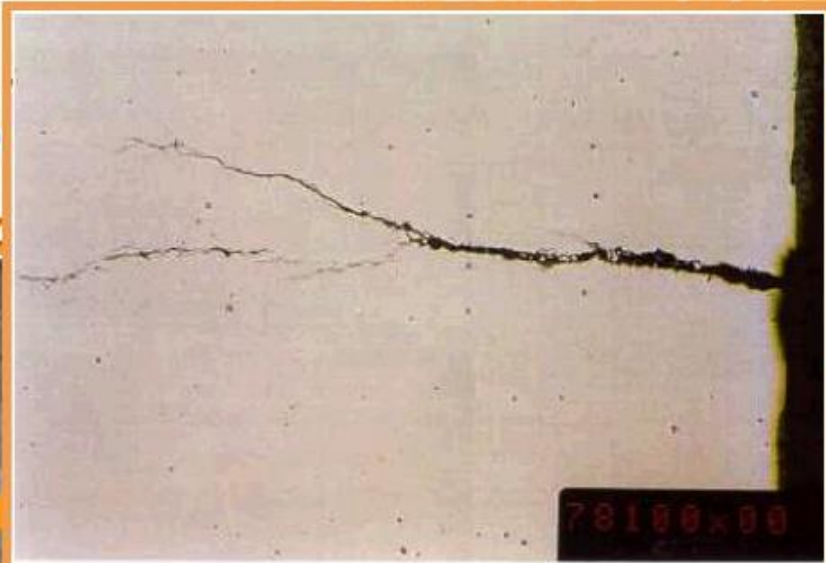
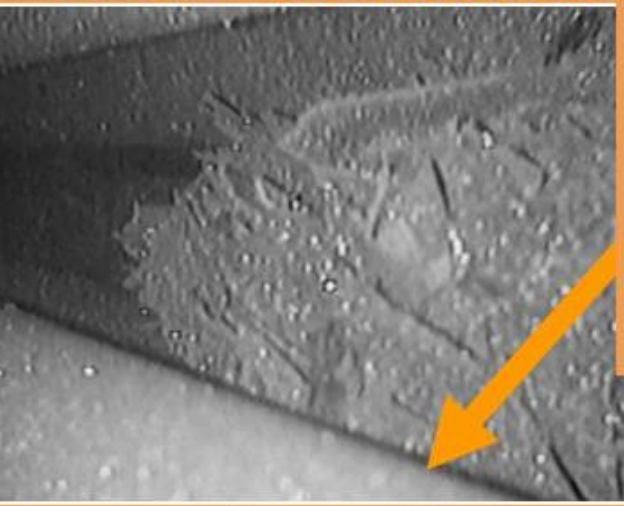
- Primerköri nyomás 123 bar
- Melegági hőmérséklet 297 °C
- Szekunderköri nyomás 46 bar
- Gőz hőmérséklet 260 °C

A hőátadó csövek romlását átlyukadás/törés előtt detektálni kell => ET vizsgálat

- Névleges állapotban a víz 297 C fokos a reaktorban, nyomás 123 bar (forráspont itt kb. 330 C)
- A meleg víz a piros ágon lép ki a reaktorból
- Ezt követően a víz a gőzfejlesztőbe ér
- A gőzfejlesztő 3,2 m átmérőjű, 12 m hosszú hengeres edény, amely egy nagy hőcserélő. (5536 db, 16 mm átmérőjű csővel)
- A hőcserélőben a primer kör vize átadja a hőjét a szekunder kör vizének, és közben 267 C fokra lehűl.
- A lehűlt primerköri víz a hideg (kék) ágon jut vissza a reaktorba.
- A primerköri víz radioaktív!
- A primerköri nyomást a térfogat kompenzátor nyomáskiegyenlítő szabályozza

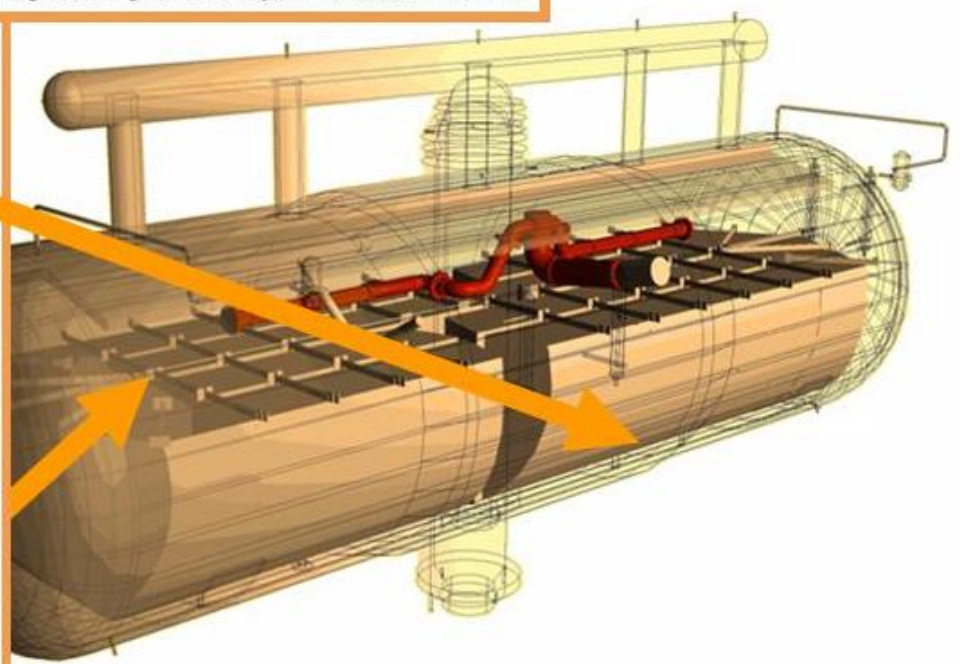


VVER-440 aőzfeillesz



Feszültségi korróziós repedés, C jelű hibahely, maratlan, N = 100x

erakódás fészkekben,



A feladat hő átadása egyik közegről a másikra

Rengeteg változat ismert:

- Közeg szerint (folyadék – folyadék stb.), egyen-, ellen...
- Példák: kazánok, klímák

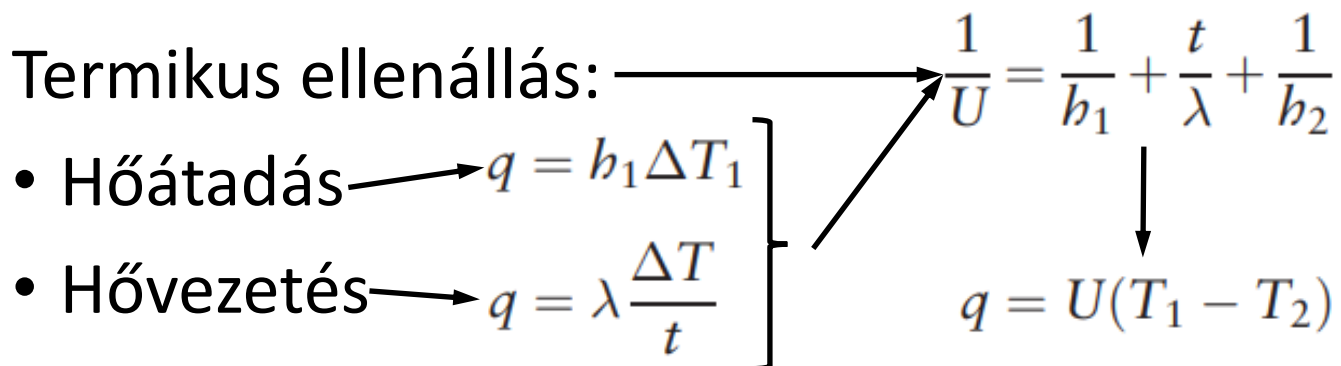
A kulcs alkatrész az elválasztó membrán a két közeg között

Termikus ellenállás:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_1} + \frac{t}{\lambda} + \frac{1}{h_2}$$

$$q = U(T_1 - T_2)$$

• Hőátadás $\rightarrow q = h_1 \Delta T_1$
 • Hővezetés $\rightarrow q = \lambda \frac{\Delta T}{t}$



Gáz esetén a hőátadás dominál, folyadék esetén a hővezetés dominál az ellenállásban (utóbbi a példa)

Funkció

- Sós vizes hőcserélő

n db, L hosszú, r sugarú, t falvastagságú cső

Megkötések

- Nyomáskülönbség, Δp
- Kloridionok
- $T_{\max} = 150^\circ\text{C}$
- Költség

Rangsorolás

- Hőáram maximalizálás

Szabad változó

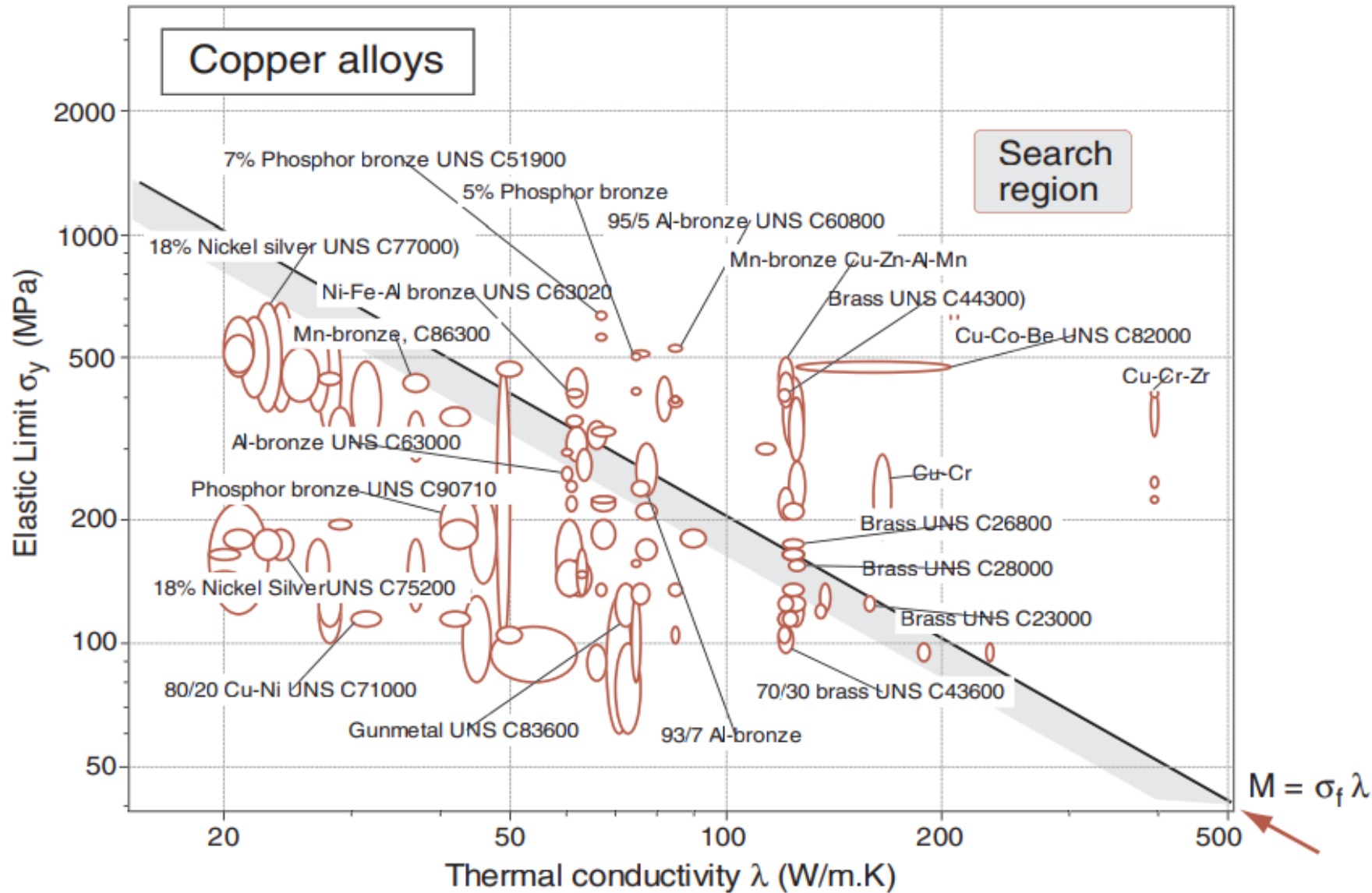
- Falvastagság
- Anyag

$$Q = qA = \frac{A\lambda}{t} \Delta T \leftarrow A = 2\pi rLn$$

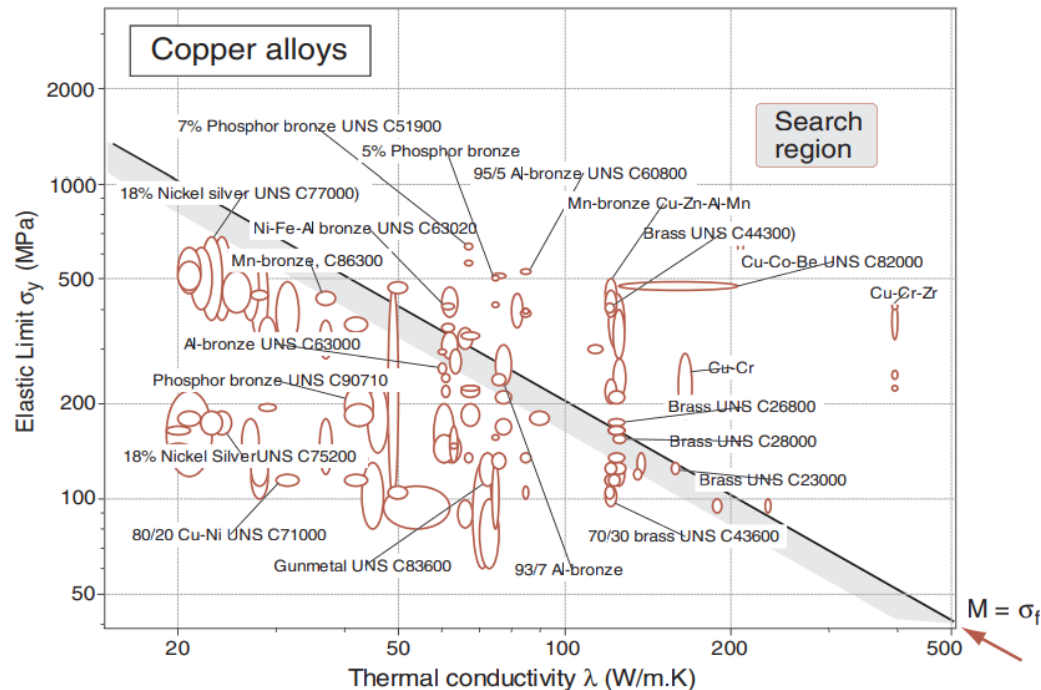
$$\sigma = \frac{\Delta p r}{t} < \sigma_y$$

$$Q = \frac{A\Delta T}{r\Delta p} (\lambda\sigma_y)$$

Cu ötvözetek $\leftarrow M_1 = \lambda\sigma_y$



- Sárgaréz ötvözetek
 - Cinktelenedés
 - Foszfor bronzok
 - Olcsóbb, de kevésbé korrózióálló
 - Alumínium bronzok
 - Gazdaságos és praktikus választás
 - Ni-Fe-Al bronzok
 - Jobb korrózióállóság, de drágább
- Biológiai veszély (lerakódás)



- Tömegminimalizálás

$$M_2 = \frac{\lambda \sigma_y^2}{\rho}$$

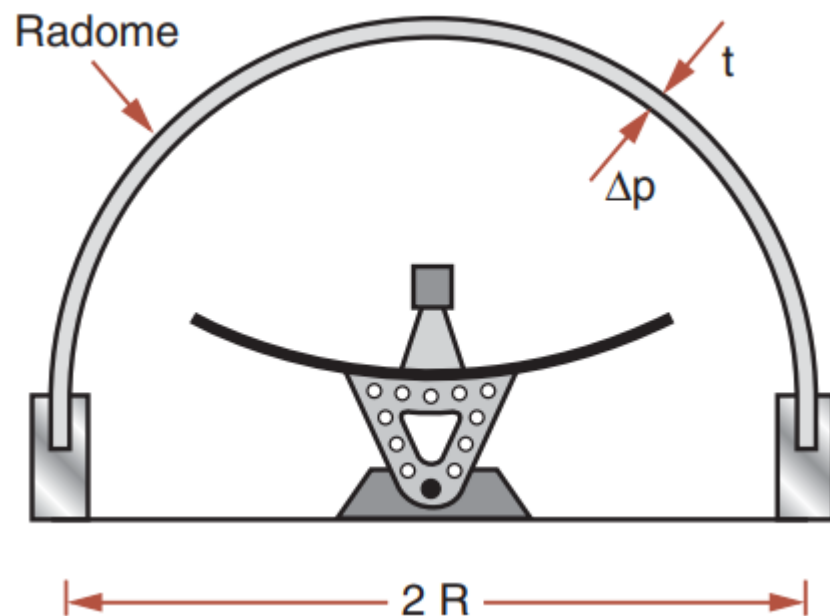
- Költségminimalizálás

$$M_3 = \frac{\lambda \sigma_y^2}{C_m \rho}$$

Antenna burkolat

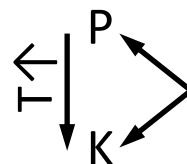
Antennák védelméhez, burkolatként

- Mikrohullám áteresztőnek kell lennie
- Ellen kell állni a
 - mechanikai terhelésnek,
 - nyomáskülönbségnek (repülőgépek),
 - Hőterhelésnek



Funkció

- Antenna burkolat



$$M_1 = \frac{\sigma_f}{\varepsilon \tan \delta}$$

$$\left| \frac{\Delta U}{U} \right| = \frac{f A^2 \varepsilon_0 \Delta p R}{4} \left(\frac{\varepsilon \tan \delta}{\sigma_f} \right)$$

Megkötések

- Nyomáskülönbség, $\Delta p \rightarrow \sigma = \frac{\Delta p R}{2t} \rightarrow t \geq \frac{\Delta p R}{2\sigma_f}$
- Előírt T_{\max}

Rangsorolás

- Villamos veszteség
 - Visszaverődés (dielektromos áll., ε)
 - Elnyelés (veszteségtényező, $\tan \delta$)

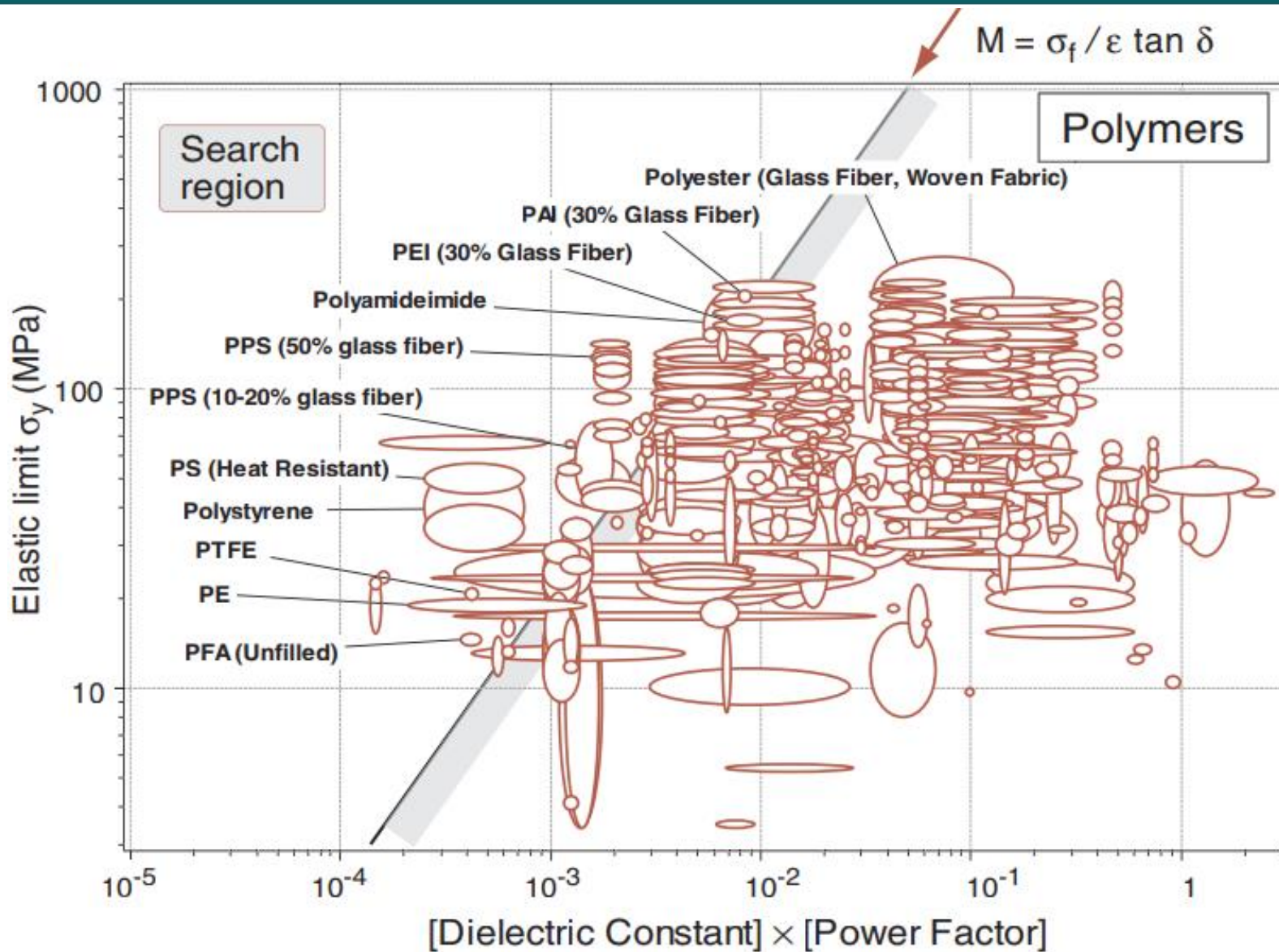
Szabad változó

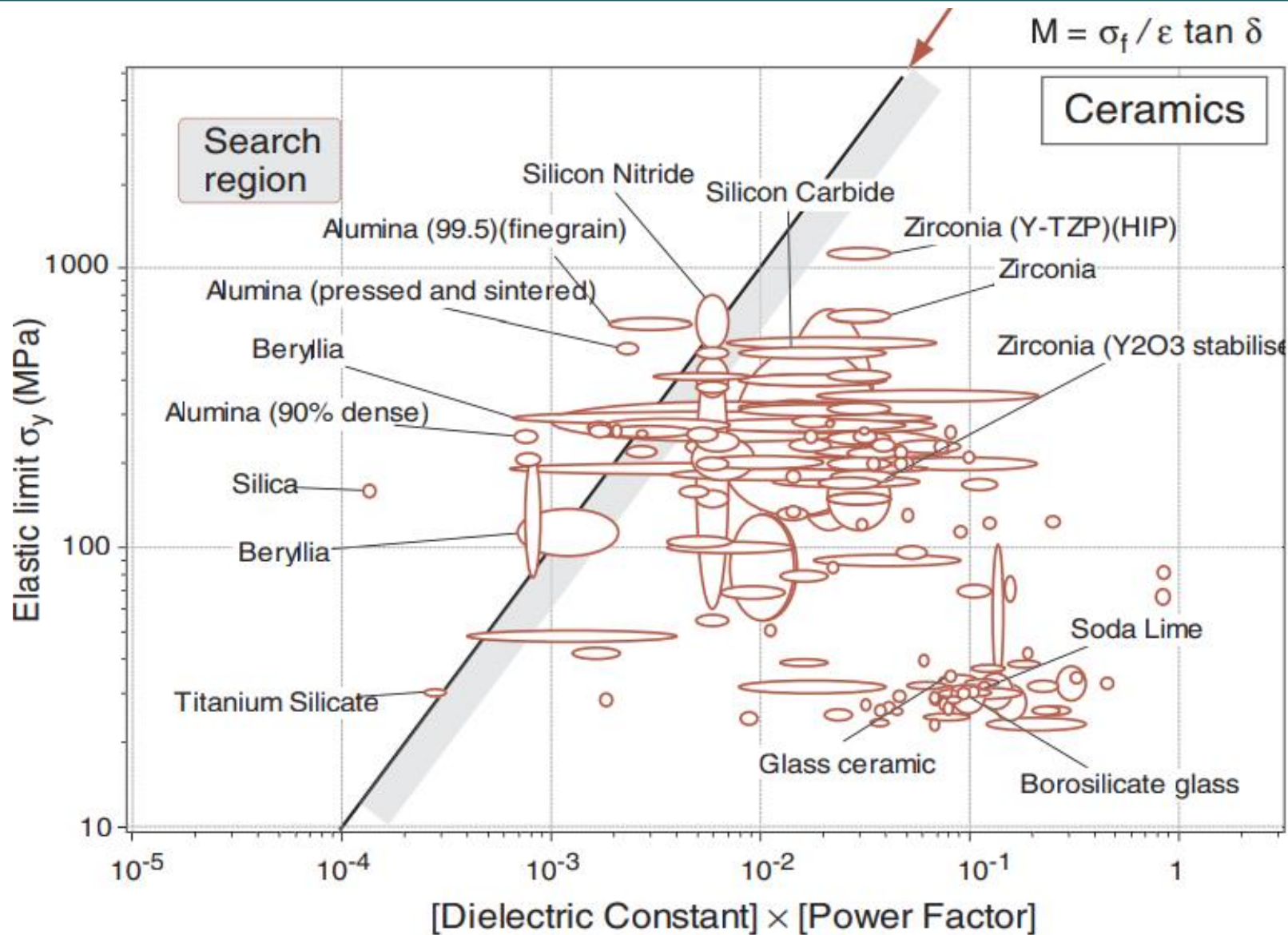
- Falvastagság
- Anyag

f frekvenciájú elektromágneses hullám teljesítményvesztesége $\tan \delta$ veszteségtényezőjű dt vastag dielektrikumon áthaladva

$$\left| \frac{\Delta U}{U} \right| = \frac{f A^2 \varepsilon_0 t}{2} (\varepsilon \tan \delta)$$

$$\left| \frac{du}{u} \right| = \frac{f A^2 \varepsilon_0}{2} (\varepsilon \tan \delta) dt$$





- Polimerek – PTFE, PE, PP, PS, PPS (polifenilén-szulfid)
 - Minimális dielektromos állandó, csak szobahőmérséklet környezetében
- Polimer kompozitok – üvegszálalás PTFE, PE, PP...
 - Kicsit nagyobb veszteség, de kedvezőbb szilárdság és hőállóság
- Kerámiák – SiO_2 , Al_2O_3 , Si_3N_4 , BeO
 - Visszatérő üreszközök, rakéták – nagy hőterhelés

Dr. Orbulov Imre Norbert – orbulov@eik.bme.hu

Köszönöm a figyelmet!