Pannon Egyetem
Mérnöki Kar

Segédlet

Műszaki hőtan feladatgyűjtemény

Műszaki hőtan
Műszaki áramlástan és hőtan II.
Műszaki áramlás- és hőtan

2020. május 20.

Tartalomjegyzék

Alapadatok **2**

A tárgy adatai . . . 2

A segédlet célja . . . 2

Ajánlott szakirodalom . . . 2

1. Levegő állapotváltozásai **3**

K1/9. feladat . . . 3

2. Víz és vízgőz állapotváltozásai **5**

K2/1. feladat . . . 5

3. Munkát szolgáltató körfolyamatok **6**

K1/5. feladat . . . 6

4. Hűtőgépek, hűtőkörfolyamatok **7**

5. Hőterjedés álló közegben **8**

K5/1. feladat: Hőterjedés sík kazánfalban . . . 8

K5/2. feladat: Szénacél csőre kifagyó jégréteg . . . 10

K5/4. feladat: Hengeres fal közelítése síkfallal . . . 13

HS/9. feladat . . . 14

HS/11. feladat . . . 16

6. Hőterjedés áramló közegben **18**

K6/1. feladat: Ellenáramú hőcserélő számítása . . . 18

K6/4. feladat: Hőátadás és lecsapódás függőleges csőfalon . . . 20

7. Hőcserélők, hőszigetelés **22**

K7/1. feladat . . . 22

K7/2. feladat . . . 25

Alapadatok

A tárgy adatai

Név:	Műszaki áramlástan és hőtan II. (Műszaki hőtan)
Kód:	VEMKGEB242H
Kreditérték:	2 (1 elmélet, 1 gyakorlat)
Követelmény típus:	vizsga
Szervezeti egység:	Gépészmérnöki Intézet
Előadás látogatása:	kötelező
Gyakorlat látogatása:	kötelező
Számonkérés:	a félév végén zárthelyi, írásbeli és szóbeli vizsga

A segédlet célja

A segédlet célja ismertetni a **Műszaki hőtan szemináriumi segédlet és példatár** (Dr. Pleva László, Zsíros László) feladatainak megoldását.

A segédlet kidolgozása még folyamatban van, ezen sorok írásakor az elsődleges célja az ötödik, hatodik és hetedik fejezetben található feladatok megoldásának ismertetése, melyekre a 2016/17-es tanév őszi féléve során nem jutott idő az előadásokon, azonban a számonkérés részét képezik.

Ajánlott szakirodalom

- Dr. Pleva László, Zsíros László: Műszaki hőtan, Pannon Egyetemi Kiadó (ebből kimarad: 59-62; 66-69; 100-104; 114-209; 237-245; 280-309 oldalak)
- M. A. Mihajev: A hőátadás számításának gyakorlati alapjai, Tankönyvkiadó, Budapest, 1990.

1. fejezet

Levegő állapotváltozásai

K1/9. feladat: Nedves vízgőz kiterjedése

$V_1 = 1{,}5\,\mathrm{m}^3$ térfogatú, $p_1 = 16\,\mathrm{bar}$ nyomású és $x_1 = 0{,}95$ fajlagos gőztartalmú vízgőz **adiabatikusan** $p_2 = 0{,}1\,\mathrm{bar}$ nyomásig terjed ki. Határozza meg a kiterjedés kezdetén és végén a gőz állapotjelzőit, a gőz m tömegét és a gőz által végzett w_t technikai munkát!

Ábrázolja a folyamatot $T - s$ diagramban!

Ismert jellemzők a kezdeti állapotban

$$p_1 = 16\,\mathrm{bar}, \quad V_1 = 1{,}5\,\mathrm{m}^3, \quad x_1 = 0{,}95, \quad h_1' = 858{,}3\,\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}}, \quad h_1'' = 2793\,\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}}$$

$$s_1' = 2{,}344\,\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg\,K}}, \quad s_1'' = 6{,}442\,\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg\,K}}, \quad v_1' = 0{,}001\,16\,\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{kg}}, \quad v_1'' = 0{,}1238\,\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{kg}}$$

Ismert jellemzők a végállapotban

$$h_2' = 191{,}9\,\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}}, \quad h_2'' = 2584\,\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}}, \quad s_2' = 0{,}6492\,\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg\,K}}, \quad s_2'' = 8{,}149\,\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg\,K}}$$

Az állapotjelzők a kezdeti állapotban

A kezdeti állapothoz tartozó h_1 hőtartalom, v_1 fajtérfogat és s_1 entrópia a szélsőértékek és az x_1 fajlagos gőztartalom felhasználásával számolható:

$$h_1 = (1 - x_1)\,h_1' + x_1 h_1'' = 2696{,}27\,\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}} \tag{1.1}$$

$$v_1 = (1 - x_1)\,v_1' + x_1 v_1'' = 0{,}1176\,\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{kg}} \tag{1.2}$$

$$s_1 = (1 - x_1)\,s_1' + x_1 s_1'' = 6{,}237\,\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg\,K}} \tag{1.3}$$

A kiterjedő gőz tömege az azonos állapotra vonatkozó térfogat és fajtérfogat hányadosa. A kezdeti állapotra mindkét mennyiség ismert:

$$m = \frac{V_1}{v_1} = 12{,}74\,\mathrm{kg} \tag{1.4}$$

Az állapotjelzők a végállapotban

A végállapot állapotjelzőinek számolásához szükségünk van az ismert szélsőértékek mellett az x_2 fajlagos gőztartalomra is. Az állapotváltozás adiabatikus jellegű, emiatt $s_1 \approx s_2$ (ha reverzibilisnek tekintjük az állapotváltozást, akkor $s_1 = s_2$):

$$s_2 = (1 - x_2)\, s_2' + x_2 s_2'' \quad \Rightarrow \quad x_2 = \frac{s_2 - s_2'}{s_2'' - s_2'} \approx \frac{s_1 - s_2'}{s_2'' - s_2'} = 0{,}745 \tag{1.5}$$

A hőtartalom a végállapotban:

$$h_2 = (1 - x_2)\, h_2' + x_2 h_2'' = 1974\, \frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}} \tag{1.6}$$

A technikai munka

Az állapotváltozás technikai munkáját az első főtétel átáramlott rendszerek

2. fejezet

Víz és vízgőz állapotváltozásai

K2/1. feladat: Gőzfejlesztés állandó nyomáson

3. fejezet

Munkát szolgáltató körfolyamatok

K1/5. feladat: Levegő Carnot-körfolyamata

4. fejezet

Hűtőgépek, hűtőkörfolyamatok

5. fejezet

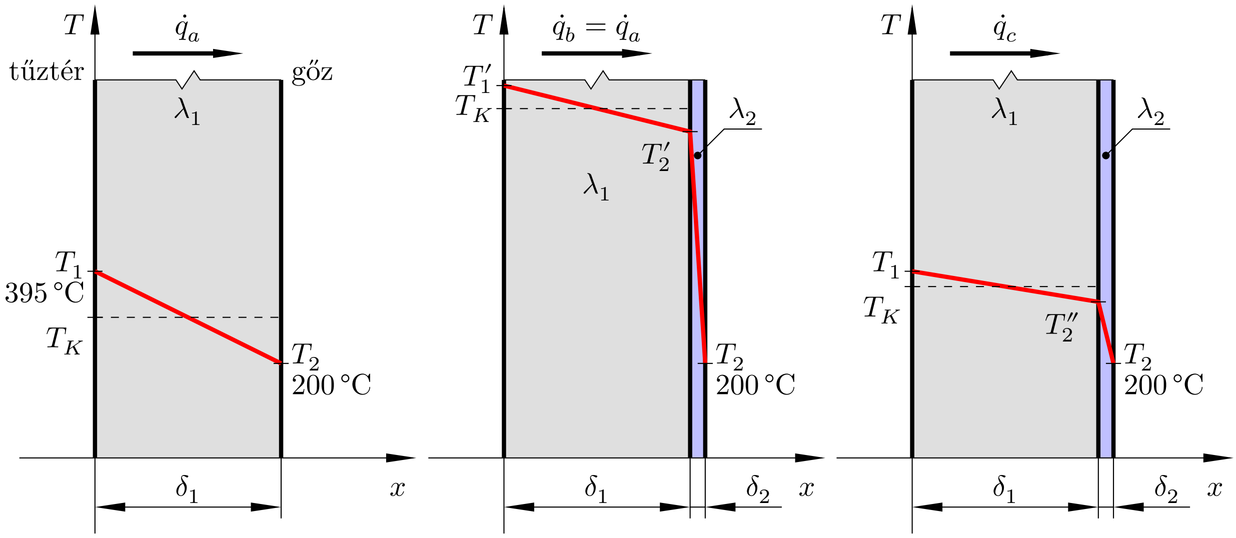
Hőterjedés álló közegben

K5/1. feladat: Hőterjedés sík kazánfalban

Név	Szalay István
Szak	
Félév	2019/2020 II. (tavaszi) félév

Egy kazánban 10 bar nyomású gőzt termelnek. A kazánfal belső felülete 200 °C, külső (tűztér felőli) felülete pedig 395 °C hőmérsékletű. A kazán fala $\delta_1 = 16$ mm vastagságú.

A kazán falának hővezetési tényezője $\lambda_1 = 43\,\dfrac{\mathrm{W}}{\mathrm{m\,K}}$. (A kazán falát síkfalnak tekintjük.)



(a) A hőmérséklet-hely függvény az a) esetben.

(b) A hőmérséklet-hely függvény az b) esetben.

(c) A hőmérséklet-hely függvény a c) esetben.

a) Határozzuk meg a fal közepes hőmérsékletét és a falban kialakuló hőáramsűrűséget!

A fal közepes hőmérséklete a lineáris hőmérsékleteloszlás miatt a falhőmérsékletek átlaga:

$$T_K = \frac{T_1 + T_2}{2} = 297{,}5\,°\mathrm{C} \tag{5.1}$$

Nem lineáris hőmérsékleteloszlás esetén a hőmérséklet-hely függvény határozott integráljának és a falvastagságnak a hányadosa a közepes hőmérséklet.

A hőáramsűrűség a falban

$$\dot{q}_a = \frac{\lambda_1}{\delta_1}(T_1 - T_2) = 524\,\frac{\mathrm{kW}}{\mathrm{m}^2} \tag{5.2}$$

Ebben a feladatban a kazánfal oldalain végbemenő hőátadást tökéletesnek tekintjük, azaz a falhőmérsékletek megegyeznek a közeghőmérsékletekkel.

b) A kazán falára $\delta_2 = 1{,}2\,\mathrm{mm}$ vastag kazánkőréteg rakódik. Változatlan gőztermelés és gőznyomás esetén számítsuk ki a kazán falának közepes hőmérsékletét!

A vízkőréteg hővezetési tényezője $\lambda_2 = 1{,}6\,\dfrac{\mathrm{W}}{\mathrm{m\,K}}$.

A "változatlan gőztermelés" kifejezés azt jelenti, hogy a gőzoldali falhőmérséklet és a hőáramsűrűség a falban nem változik. A vízkőréteg miatt a hőáramsűrűség csak úgy maradhat azonos $\dot{q}_a$-val, hogy a tűztér oldali T_1' falhőmérséklet sokkal nagyobb T_1-nél, a T_2' falhőmérséklet pedig nem azonos a gőzoldali T_2 hőmérséklettel. A vízkőréteg hővezetési tényezője sokkal kisebb a kazánlemezénél, ezért a kisebb rétegvastagság ellenére nagyobb hőmérséklet esik rajta.

A fal közepes hőmérséklete itt is a két falhőmérséklet átlaga:

$$T_K' = \frac{T_1' + T_2'}{2} \tag{5.3}$$

A T_1' és a T_2' falhőmérséklet a q_b hőáramsűrűség alapján számítható ki:

$$\dot{q}_b = \dot{q}_a = \frac{\lambda_1}{\delta_1}(T_1' - T_2') = \frac{\lambda_2}{\delta_2}(T_2' - T_2) \tag{5.4}$$

$$T_2' = T_2 + \frac{\delta_2}{\lambda_2}\dot{q}_a = 200\,{}^\circ\mathrm{C} + \frac{1{,}2\,\mathrm{mm}}{1{,}6\,\dfrac{\mathrm{W}}{\mathrm{m\,K}}} 524\,\frac{\mathrm{kW}}{\mathrm{m}^2} = 593\,{}^\circ\mathrm{C} \tag{5.5}$$

$$T_1' = T_2' + \frac{\delta_1}{\lambda_1}\dot{q}_a = 593\,{}^\circ\mathrm{C} + \frac{16\,\mathrm{mm}}{43\,\dfrac{\mathrm{W}}{\mathrm{m\,K}}} 524\,\frac{\mathrm{kW}}{\mathrm{m}^2} = 788\,{}^\circ\mathrm{C} \tag{5.6}$$

c) Ha szilárdsági okok miatt a fal hőmérséklete nem emelkedhet, de a gőznyomás változatlan, mekkora lesz a hőáramsűrűség?

Ha gőznyomás nem változik, akkor a gőz hőmérséklete sem változik, mivel a kazánban a nedves gőzmezőbe eső állapotú a víz, és ott T–s diagram szerint az izotermák és az izobár vonalak egybeesnek. Tehát a gőzoldali hőmérséklet T_2. Ha szilárdsági okok miatt a fal hőmérséklete nem emelkedhet, akkor a tűztér oldali hőmérséklet az eredeti T_1.

A $\dot{q}_c$ hőáramsűrűség azonos a kazánfalban és a vízkőrétegben:

$$\dot{q}_c = \frac{\lambda_1}{\delta_1}(T_1 - T_2'') = \frac{\lambda_2}{\delta_2}(T_2'' - T_2) \tag{5.7}$$

Kifejezve a két hőmérsékletkülönbséget, és összeadva a két egyenletet:

$$\left.\begin{aligned} \dot{q}_c\frac{\delta_1}{\lambda_1} &= (T_1 - T_2'') \\ \dot{q}_c\frac{\delta_2}{\lambda_2} &= (T_2'' - T_2) \end{aligned}\right\} \quad\Rightarrow\quad \dot{q}_c\left(\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2}\right) = (T_1 - T_2) \quad\Rightarrow\quad \dot{q}_c = 173{,}78\,\frac{\mathrm{kW}}{\mathrm{m}^2} \tag{5.8}$$

A fenti két egyenletet kétismeretlenes egyenletrendszernek is tekinthetjük, ahol a hőáramsűrűség mellett a másik ismeretlen a T_2'' falhőmérséklet. A hőáramsűrűséget visszahelyettesítve megkaphatjuk az értékét:

$$T_2'' = T_1 - \dot{q}_c\frac{\delta_1}{\lambda_1} = 330{,}34\,{}^\circ\mathrm{C} \tag{5.9}$$

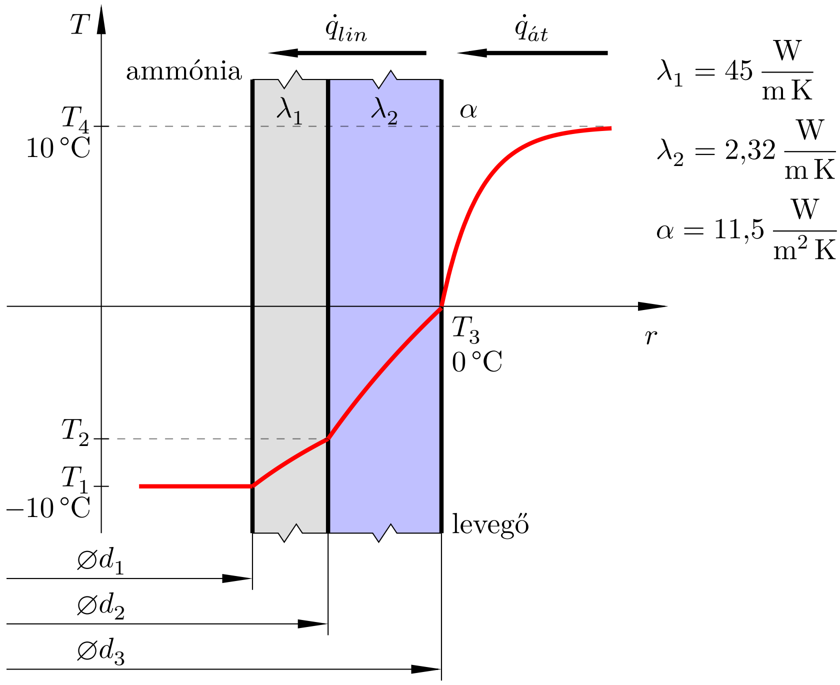
K5/2. feladat: Szénacél csőre kifagyó jégréteg

Név	Szalay István
Szak	
Félév	2019/2020 II. (tavaszi) félév

Egy NÁ125-ös szénacél csőben (a külső átmérő $d_2 = 133\,\mathrm{mm}$, a belső átmérő $d_1 = 125\,\mathrm{mm}$, a falvastagság $s = 4\,\mathrm{mm}$) ammóniát szállítanak, amelynek nyomása $p = 2{,}9\,\mathrm{bar}$, hőmérséklete $T_1 = -10\,°\mathrm{C}$.

A környezet levegője ($T_4 = 10\,°\mathrm{C}$) melegíti a csövet, ammónia forrásban van a cső belsejében, így belülről hőelvonás van, és a cső hideg külső felületére kifagy a levegő nedvességtartalma. A kifagyott jégréteg szigetelőként működik, beáll az egyensúlyi állapot.

Meghatározandó a csőre fagyott jégréteg külső d_3 átmérője! A jégréteg felületének hőmérséklete $T_3 = 0\,°\mathrm{C}$ (olvadó jég), a csőfal belső hőmérséklete pedig a forrásban lévő ammónia jó hőátadási tényezője miatt $T_1 = -10\,°\mathrm{C}$-nak vehető (a hőátadás termikus ellenállása elhanyagolható).



5.2. ábra. A hőmérséklet-hely függvény **nem méretarányos** vázlata.

Vizsgálat többrétegű hengeres falként

A csőfal és a rárakódó jégréteg hengeres alakú, ezért lineáris a hőáramsűrűségeket tudjuk felírni. A csőfalban és a jégrétegben állandósult a hőmérsékleteloszlás és csak hővezetés történik. A hengeres falakra a $\dot{q}_{lin}$ **vezetéses** lineáris hőáramsűrűség vonatkozik.

$$\dot{q}_{lin} = \frac{T_3 - T_1}{\frac{\ln\frac{d_2}{d_1}}{2\pi\lambda_1} + \frac{\ln\frac{d_3}{d_2}}{2\pi\lambda_2}} \tag{5.10}$$

A levegőből a jégrétegbe **átadódó** $\dot{q}_{át}$ lineáris hőáramsűrűség:

$$\dot{q}_{át} = \alpha d_3 \pi (T_4 - T_3) \tag{5.11}$$

A két lineáris hőáramsűrűséget az ábrán úgy vettük fel, hogy a hőmérsékletcsökkenés irányába pozitívak, ezért a felírásuknál a nagyobb hőmérsékletből vonjuk ki a kisebbet.

Az energiamegmaradás miatt a két lineáris hőáramsűrűség egyenlő:

$$\dot{q}_{lin} = \dot{q}_{át} = \dot{q} \tag{5.12}$$

A fentiekből az alábbi kétismeretlenes egyenletrendszert kapjuk, amiben a jégréteg d_3 átmérője a a $\dot{q}$ lineáris hőáramsűrűség az ismeretlenek. Az egyenletrendszer nem lineáris, átrendezéssel nem oldható meg (transzcendens), csak numerikus közelítő megoldása lehetséges:

$$\left.\begin{aligned} \dot{q} &= \frac{T_3 - T_1}{\dfrac{\ln\frac{d_2}{d_1}}{2\pi\lambda_1} + \dfrac{\ln\frac{d_3}{d_2}}{2\pi\lambda_2}} \\ \dot{q} &= \alpha d_3 \pi (T_4 - T_3) \end{aligned}\right\} \quad \Rightarrow \quad \begin{cases} \dot{q} \approx 137{,}873\,\dfrac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}} \\ d_3 \approx 381{,}6\,\mathrm{mm} \end{cases} \tag{5.13}$$

Innen a jégréteg vastagsága $\dfrac{1}{2}(d_3 - d_2) = 124{,}3\,\mathrm{mm}$.

A méretarányos ábra és a hőmérséklet hely függvény

A lineáris hőáramsűrűség és a jég külső átmérőjének numerikus közelítő megoldását felhasználva megrajzolható méretarányosan a $T(r)$ hőmérséklet-hely függvény. A hőmérséklet a d_1 átmérőn belül állandó T_1 érték. A csőfalban és a jégrétegben $T(r) = T_0 + \dfrac{\dot{q}}{2\pi\lambda}\ln\dfrac{r}{r_0}$ alakban írható fel, ahol a T_0 a belső r_0 sugárhoz tartozó hőmérséklet.

A csőfal esetén $T_0 = T_1$ és $r_0 = \dfrac{d_1}{2}$:

$$T(r) = T_1 + \frac{\dot{q}}{2\pi\lambda_1}\ln\frac{2r}{d_1} \tag{5.14}$$

Innen megkaphatjuk a csőfal és a jégréteg határfelületének hőmértékletét, T_2-t:

$$T_2 = T\left(\frac{d_2}{2}\right) = T_1 + \frac{\dot{q}}{2\pi\lambda_1}\ln\frac{d_2}{d_1} = -9{,}96\,^\circ\mathrm{C} \tag{5.15}$$

A jégréteg esetén $T_0 = T_2$ és $r_0 = \dfrac{d_2}{2}$:

$$T(r) = T_2 + \frac{\dot{q}}{2\pi\lambda_2}\ln\frac{2r}{d_2} \tag{5.16}$$

Vizsgálat többrétegű síkfalként

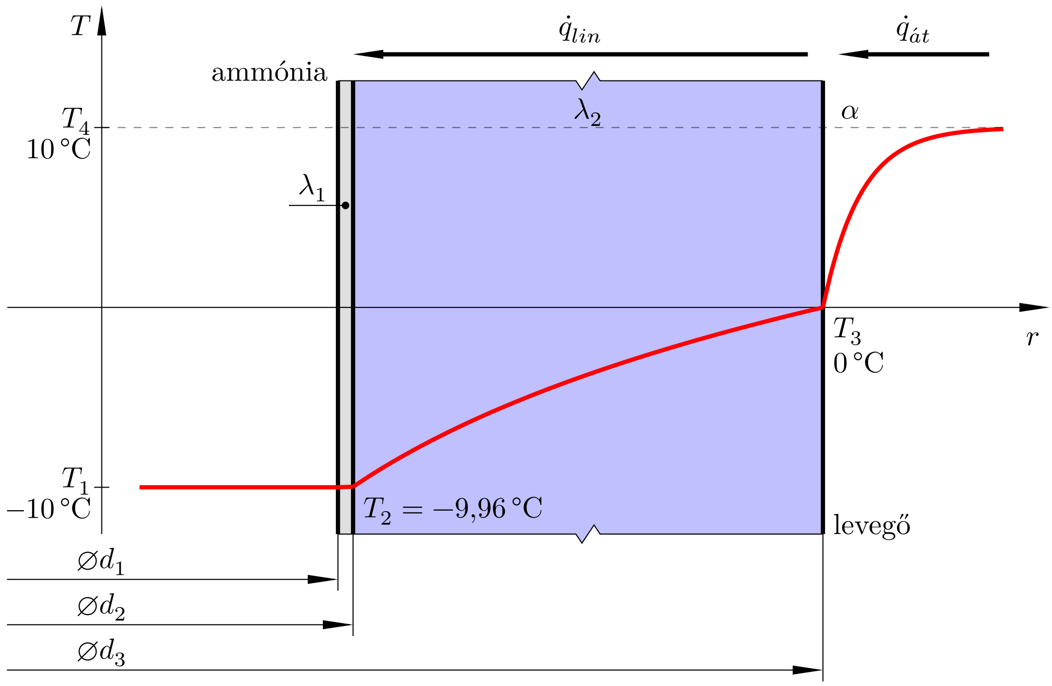
A hengeres falon keresztül történő hőterjedés mindig közelíthető a hengeres fal kiterítésével kapott síkfalon át történő hőterjedéssel. A közelítés hibája a a hengeres fal vastagságától függ, minél vékonyabb, annál kisebb a síkfallal történő közelítés hibája.

A többrétegű hengeres falat többrétegű síkfallal közelíthetjük. A közelítő síkfal vastagsága és hossza megegyezik a hengeres réteg vastagságával és hosszával, a szélessége a hengeres réteg közepes átmérőjéhez tartozó kerülettel közelíthető:

$$\left.\begin{aligned} \dot{q}_{lin} &= \frac{\lambda_1}{\frac{d_2 - d_1}{2}}\frac{d_1 + d_2}{2}\pi(T_2 - T_1) \\ \dot{q}_{lin} &= \frac{\lambda_2}{\frac{d_3 - d_2}{2}}\frac{d_2 + d_3}{2}\pi(T_3 - T_2) \end{aligned}\right\} \quad \Rightarrow \quad \dot{q}_{lin} = \frac{T_3 - T_1}{\dfrac{d_2 - d_1}{\lambda_1 (d_1 + d_2)\pi} + \dfrac{d_3 - d_2}{\lambda_2 (d_2 + d_3)\pi}} \tag{5.17}$$

A falbeli lineáris hőáram és a hőátadást jellemző lineáris hőáram most is egyenlő.

$$\dot{q}_{lin} = \frac{T_3 - T_1}{\dfrac{d_2 - d_1}{\lambda_1 (d_1 + d_2)\cancel{\pi}} + \dfrac{d_3 - d_2}{\lambda_2 (d_2 + d_3)\cancel{\pi}}} = \alpha d_3 \cancel{\pi} (T_4 - T_3) = \dot{q}_{\acute{a}t} \tag{5.18}$$



5.3. ábra. A hőmérséklet-hely függvény méretarányosan ábrázolva.

Egyszerűsítve, és kifejezve a hőmérsékletkülönbségek hányadosát:

$$\underbrace{\frac{T_3 - T_1}{T_4 - T_3}}_{\substack{T\\ \text{állandó}}} = \underbrace{\frac{(d_2 - d_1)\,\alpha}{\lambda_1\,(d_1 + d_2)}}_{\substack{C\\ \text{állandó}}}\, d_3 + \frac{(d_3 - d_2)\,\alpha d_3}{\lambda_2\,(d_2 + d_3)} \tag{5.19}$$

Vezessük be a T és C állandókat, hogy gyorsabb és átláthatóbb legyen az egyenlet átrendezése:

$$T = C d_3 + \frac{(d_3 - d_2)\,\alpha d_3}{\lambda_2\,(d_2 + d_3)} \tag{5.20}$$

Megszüntetve a törtet d_3-ra másodfokú egyenletet kapunk:

$$T\lambda_2\,(d_2 + d_3) = C d_3 \lambda_2\,(d_2 + d_3) + (d_3 - d_2)\,\alpha d_3 \tag{5.21}$$

$$0\,\mathrm{W} = (C\lambda_2 + \alpha)\,d_3^2 + (C\lambda_2 d_2 - d_2\alpha - T\lambda_2)\,d_3 - T\lambda_2 d_2 \tag{5.22}$$

Innen a d_3 közelítő értéke:

$$d_{3,1} = 0{,}4008\,\mathrm{m}, \qquad \underbrace{\left(d_{3,2} = -0{,}0668\,\mathrm{m}\right)}_{\substack{\text{a másodfokú egyenletnek megoldása,}\\ \text{de a fizikai problémának nem}}} \tag{5.23}$$

A d_3 közelítő megoldással nyert értéke tehát 400,8 mm. A nemlineáris egyenlet közelítő numerikus megoldásától ez 5 %-kal tér el.

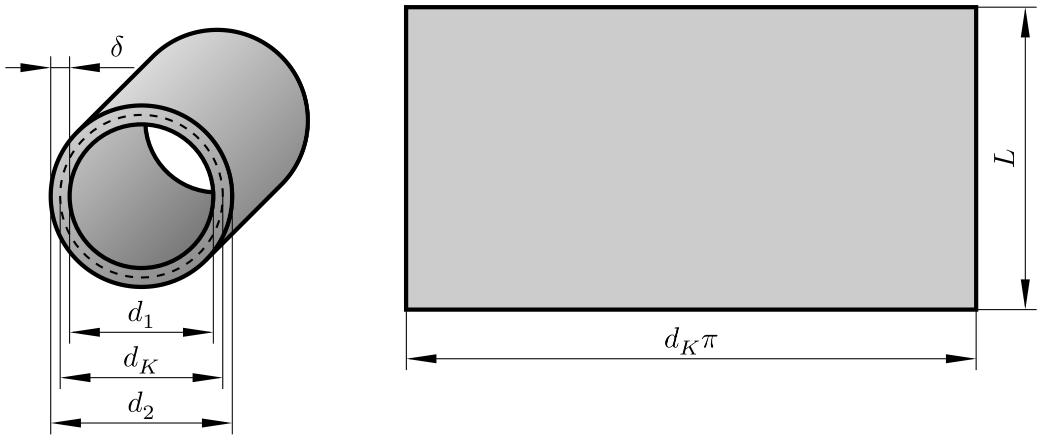
K5/4. feladat: Hengeres fal közelítése síkfallal

Név	Szalay István
Szak	
Félév	2019/2020 II. (tavaszi) félév

Gyakorlati számítások során szokás a hengeres falon vezetéssel átjutó hőáramot közelítő módon síkfalra vonatkozó összefüggésekkel számolni. Határozza meg egy hengeres fal külső d_2 és belső d_1 átmérőjének hányadosa függvényében, hogy a lineáris hőáramsűrűség számításakor hány %-os hibát vétünk az alábbi közelítő összefüggéseket használva:

$$\dot{q}_{lin} = \frac{\lambda}{\delta} d_K \pi \left(T_1 - T_2\right), \quad \delta = \frac{d_2 - d_1}{2}, \quad \text{és} \quad d_K = \frac{d_1 + d_2}{2} \tag{5.24}$$

ahol δ a falvastagság és d_K a közepes átmérő.



5.4. ábra. Hengeres fal kiterítése és közelítése síkfallal.

A hőáramra vonatkozó valós és a közelítő összefüggés:

$$\dot{Q}_{valós} = \frac{2\pi\lambda L}{\ln \frac{d_2}{d_1}} \left(T_1 - T_2\right) \quad \text{és} \quad \dot{Q}_{közelítő} = \frac{2\lambda}{d_2 - d_1} \frac{d_1 + d_2}{2} \pi L \left(T_1 - T_2\right) \tag{5.25}$$

A vizsgálatot a $\varphi = \dfrac{d_2}{d_1} \in [1, 3]$ intervallumban, 0,5-es lépésekben végezzük el. A vizsgálat az ε relatív hiba értékének kiszámítását jelenti a φ átmérőhányados különböző értékei mellett. A relatív hiba, behelyettesítve a hőáramokat:

$$\varepsilon = \frac{\dot{Q}_{valós} - \dot{Q}_{közelítő}}{\dot{Q}_{valós}} = 1 - \frac{\dot{Q}_{közelítő}}{\dot{Q}_{valós}} = 1 - \frac{\frac{\cancel{2}\cancel{\lambda}}{d_2 - d_1} \frac{d_1 + d_2}{2} \cancel{\pi} \cancel{L} \cancel{\left(T_1 - T_2\right)}}{\frac{\cancel{2}\cancel{\pi}\cancel{\lambda}\cancel{L}}{\ln \frac{d_2}{d_1}} \cancel{\left(T_1 - T_2\right)}} \tag{5.26}$$

Kifejezve d_2-t φd_1 alakban:

$$\varepsilon = 1 - \frac{d_1 + d_2}{d_2 - d_1} \frac{1}{2} \ln \frac{d_2}{d_1} = 1 - \frac{d_1 + \varphi d_1}{\varphi d_1 - d_1} \frac{1}{2} \ln \varphi = 1 - \frac{1 + \varphi}{\varphi - 1} \frac{1}{2} \ln \varphi \tag{5.27}$$

A relatív hiba értékei a vizsgált intervallumban:

φ	1	1,5	2	2,5	3
$\varepsilon(\varphi)$	$\lim\limits_{\varphi \to 1+} \varepsilon(\varphi) = 0$	0,0134	0,0382	0,0645	0,0897

HS9: Főzőüst gömbfalának hővesztesége

Név:	Drávai Tamás László GHKELE
Szak:	Mechatronikai mérnök
Félév:	2019/2020 II. (tavaszi) félév

Határozzuk meg egy gömb alakú főzőüst falán keresztül előálló hőveszteséget (W). Ha az üst belső átmérője 1,2 m az üst falának és szigetelő rétegének együttes vastagsága 0,1 m. A belső felület hőmérséklete $T_1 = 140\,°\mathrm{C}$, a külső felület hőmérséklete $T_2 = 140\,°\mathrm{C}$, a hővezetési tényezője $\lambda = 0{,}1396\,\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m\,K}}$.

Adatok:

$$D_1 = 1{,}2\,\mathrm{m} \quad D_2 = 1{,}4\,\mathrm{m} \quad \delta = 0{,}1\,\mathrm{m} \quad \lambda = 0{,}1396\,\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m\,K}}$$

Feladat megoldás:

Alap összefüggés felírása:

$$\dot{Q}_{veszt} = \pi\lambda\Delta T\frac{D_1 \cdot D_2}{\delta} \tag{5.28}$$

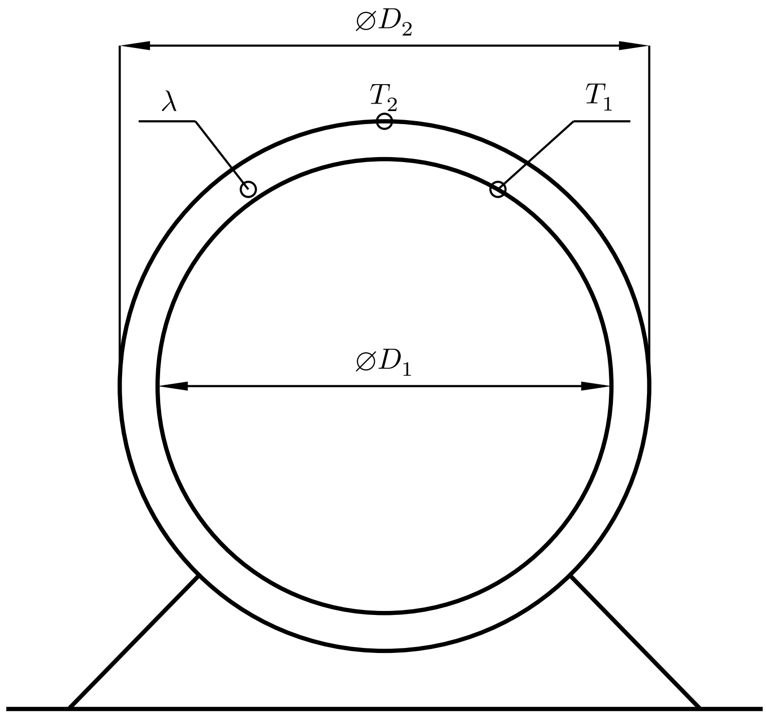
Behelyettesítés a képletbe:

$$\dot{Q}_{veszt} = \pi 0{,}1396\,\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m\,K}} 90\,\mathrm{K}\frac{1{,}2\,\mathrm{m} \cdot 1{,}4\,\mathrm{m}}{0{,}1\,\mathrm{m}} \tag{5.29}$$

Egyenlet rendezés és számítások elvégzése.

$$\dot{Q}_{veszt} = 663{,}11\,\mathrm{W} \tag{5.30}$$

A fözőüst falán keresztül fellépő hőveszteség az 663,11 W.



5.5. ábra. Gömb alakú főzőüst

5.6. ábra