

PANNON EGYETEM  
MÉRNÖKI KAR

SEGÉDLET

# Műszaki hőtan feladatgyűjtemény

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

2020. május 20.

# Tartalomjegyzék

|                                                            |          |
|------------------------------------------------------------|----------|
| <b>Alapadatok</b>                                          | <b>2</b> |
| A tárgy adatai . . . . .                                   | 2        |
| A segédlet célja . . . . .                                 | 2        |
| Ajánlott szakirodalom . . . . .                            | 2        |
| <b>1. Levegő állapotváltozásai</b>                         | <b>3</b> |
| K1/9. feladat . . . . .                                    | 3        |
| <b>2. Víz és vízgőz állapotváltozásai</b>                  | <b>5</b> |
| K2/1. feladat . . . . .                                    | 5        |
| <b>3. Munkát szolgáltató körfolyamatok</b>                 | <b>6</b> |
| K1/5. feladat . . . . .                                    | 6        |
| <b>4. Hűtőgépek, hűtőkörfolyamatok</b>                     | <b>7</b> |
| <b>5. Hőterjedés álló közegben</b>                         | <b>8</b> |
| K5/1. feladat: Hőterjedés sík kazánfalban . . . . .        | 8        |
| K5/2. feladat: Szénacél csőre kifagyó jégréteg . . . . .   | 10       |
| K5/4. feladat: Hengeres fal közelítése síkfallal . . . . . | 13       |
| Főzőüst gömbfalának hővesztesége . . . . .                 | 14       |

# 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

$V_1 = 1,5 \text{ m}^3$  térfogatú,  $p_1 = 16 \text{ bar}$  nyomású és  $x_1 = 0,95$  fajlagos gőztartalmú vízgőz **adiabatikusan**  $p_2 = 0,1 \text{ bar}$  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

$$p_1 = 16 \text{ bar}, \quad V_1 = 1,5 \text{ m}^3, \quad x_1 = 0,95, \quad h'_1 = 858,3 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, \quad h''_1 = 2793 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$
$$s'_1 = 2,344 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}, \quad s''_1 = 6,442 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}, \quad v'_1 = 0,00116 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}, \quad v''_1 = 0,1238 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

#### Ismert jellemzők a végállapotban

$$h'_2 = 191,9 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, \quad h''_2 = 2584 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, \quad s'_2 = 0,6492 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}, \quad s''_2 = 8,149 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$$

---

#### 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:

$$h_1 = (1 - x_1) h'_1 + x_1 h''_1 = 2696,27 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad (1.1)$$

$$v_1 = (1 - x_1) v'_1 + x_1 v''_1 = 0,1176 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \quad (1.2)$$

$$s_1 = (1 - x_1) s'_1 + x_1 s''_1 = 6,237 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} \quad (1.3)$$

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

$$m = \frac{V_1}{v_1} = 12,74 \text{ kg} \quad (1.4)$$

### 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  $s_1 = s_2$ ):

$$s_2 = (1 - x_2) s'_2 + x_2 s''_2 \quad \Rightarrow \quad x_2 = \frac{s_2 - s'_2}{s''_2 - s'_2} \approx \frac{s_1 - s'_2}{s''_2 - s'_2} = 0,745 \quad (1.5)$$

A hőtartalom a végállapotban:

$$h_2 = (1 - x_2) h'_2 + x_2 h''_2 = 1974 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad (1.6)$$

### 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

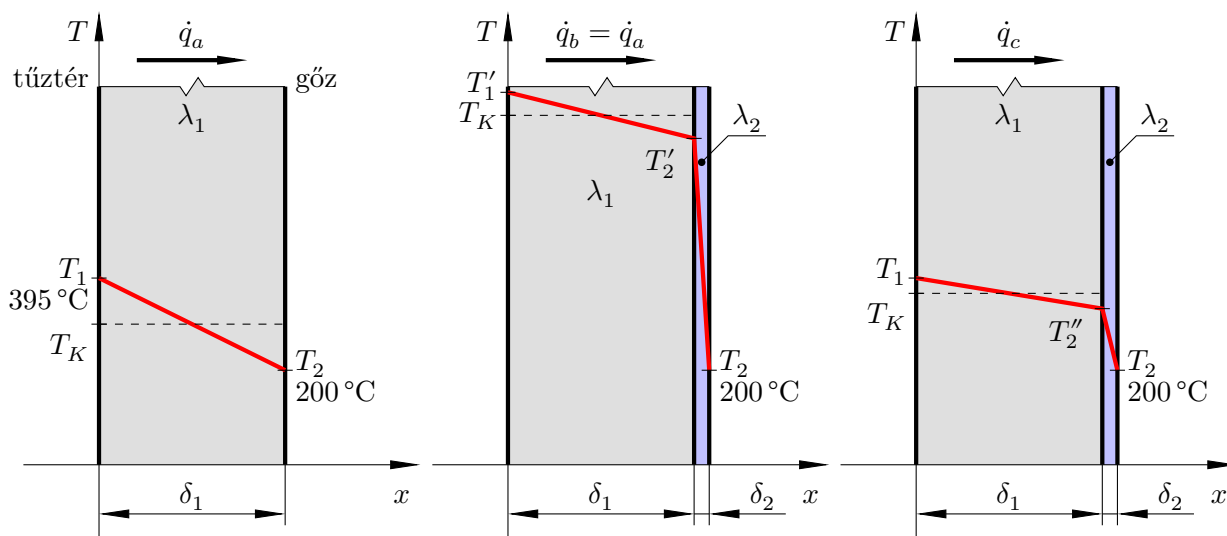
# Hőterjedés álló közegben

### 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  $200^\circ\text{C}$ , külső (tűztér felőli) felülete pedig  $395^\circ\text{C}$  hőmérsékletű. A kazán fala  $\delta_1 = 16\text{ mm}$  vastagságú.

A kazán falának hővezetési tényezője  $\lambda_1 = 43 \frac{\text{W}}{\text{m K}}$ . (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:

$$T_K = \frac{T_1 + T_2}{2} = 297,5^\circ\text{C} \quad (5.1)$$

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

A hőáramsűrűség a falban

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

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

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

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

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 tüztér 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:

$$T'_K = \frac{T'_1 + T'_2}{2} \quad (5.3)$$

A  $T'_1$  és a  $T'_2$  falhőmérséklet a  $q_b$  hőáramsűrűség alapján számítható ki:

$$\dot{q}_b = \dot{q}_a = \frac{\lambda_1}{\delta_1}(T'_1 - T'_2) = \frac{\lambda_2}{\delta_2}(T'_2 - T_2) \quad (5.4)$$

$$T'_2 = T_2 + \frac{\delta_2}{\lambda_2} \dot{q}_a = 200^\circ\text{C} + \frac{1,2 \text{ mm}}{1,6 \frac{\text{W}}{\text{m K}}} 524 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2} = 593^\circ\text{C} \quad (5.5)$$

$$T'_1 = T'_2 + \frac{\delta_1}{\lambda_1} \dot{q}_a = 593^\circ\text{C} + \frac{16 \text{ mm}}{43 \frac{\text{W}}{\text{m K}}} 524 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2} = 788^\circ\text{C} \quad (5.6)$$

**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 tüztér oldali hőmérséklet az eredeti  $T_1$ .

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

$$\dot{q}_c = \frac{\lambda_1}{\delta_1}(T_1 - T''_2) = \frac{\lambda_2}{\delta_2}(T''_2 - T_2) \quad (5.7)$$

Kifejezve a két hőmérsékletkülönbséget, és összeadva a két egyenletet:

$$\left. \begin{aligned} \dot{q}_c \frac{\delta_1}{\lambda_1} &= (T_1 - T''_2) \\ \dot{q}_c \frac{\delta_2}{\lambda_2} &= (T''_2 - T_2) \end{aligned} \right\} \Rightarrow \dot{q}_c \left( \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} \right) = (T_1 - T_2) \Rightarrow \dot{q}_c = 173,78 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2} \quad (5.8)$$

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:

$$T''_2 = T_1 - \dot{q}_c \frac{\delta_1}{\lambda_1} = 330,34^\circ\text{C} \quad (5.9)$$

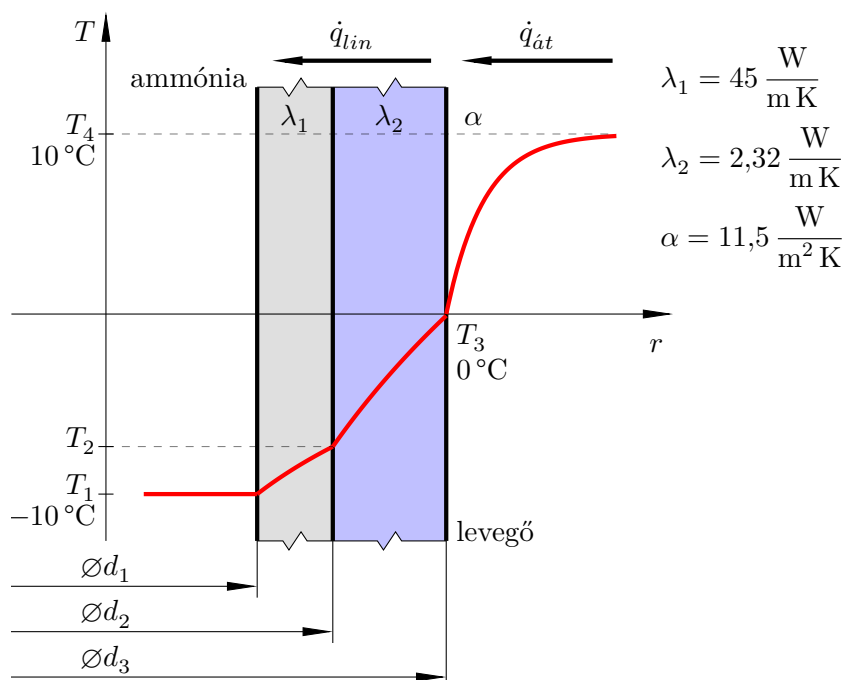
## K5/2. feladat: Szénacél csőre kifagyó jégréteg

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

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

A környezet levegője ( $T_4 = 10^\circ\text{C}$ ) 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  $T_3 = 0^\circ\text{C}$  (olvadó jég), a csőfal belső hőmérséklete pedig a forrásban lévő ammónia jó hőátadási tényezője miatt  $T_1 = -10^\circ\text{C}$ -nak vehető (a hőátadás termikus ellenállása elhanyagolható).



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

### Vizsgálat többretegű hengeres falként

A csőfal és a ráakódó 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  $\dot{q}_{lin}$  **vezetési** lineáris hőáramsűrűség vonatkozik.

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

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

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

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:

$$\dot{q}_{lin} = \dot{q}_{at} = \dot{q} \quad (5.12)$$

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

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

Innen a jég réteg vastagsága  $\frac{1}{2} (d_3 - d_2) = 124,3 \text{ mm}$ .

### 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 jég rétegben  $T(r) = T_0 + \frac{\dot{q}}{2\pi\lambda} \ln \frac{r}{r_0}$  alakban írható fel, ahol a  $T_0$  a belső  $r_0$  sugárhoz tartozó hőmérséklet.

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

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

Innen megkaphatjuk a csőfal és a jég réteg határfelületének hőmérsékletét,  $T_2$ -t:

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

A jég réteg esetén  $T_0 = T_2$  és  $r_0 = \frac{d_2}{2}$ :

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

### Vizsgálat több rétegű síkfalként

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

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

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

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

$$\dot{q}_{lin} = \frac{T_3 - T_1}{\frac{d_2 - d_1}{\lambda_1 (d_1 + d_2) \kappa} + \frac{d_3 - d_2}{\lambda_2 (d_2 + d_3) \kappa}} = \alpha d_3 \kappa (T_4 - T_3) = \dot{q}_{át} \quad (5.18)$$



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

Egyszerűsítve, és kifejezve a hőmérsékletkülönbségek hányadosát:

$$\underbrace{\frac{T_3 - T_1}{T_4 - T_3}}_T = \underbrace{\frac{(d_2 - d_1) \alpha}{\lambda_1 (d_1 + d_2)}}_C d_3 + \frac{(d_3 - d_2) \alpha d_3}{\lambda_2 (d_2 + d_3)} \quad (5.19)$$

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

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

Megszüntetve a törtet  $d_3$ -ra másodfokú egyenletet kapunk:

$$T \lambda_2 (d_2 + d_3) = C d_3 \lambda_2 (d_2 + d_3) + (d_3 - d_2) \alpha d_3 \quad (5.21)$$

$$0 W = (C \lambda_2 + \alpha) d_3^2 + (C \lambda_2 d_2 - d_2 \alpha - T \lambda_2) d_3 - T \lambda_2 d_2 \quad (5.22)$$

Innen a  $d_3$  közelítő értéke:

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

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

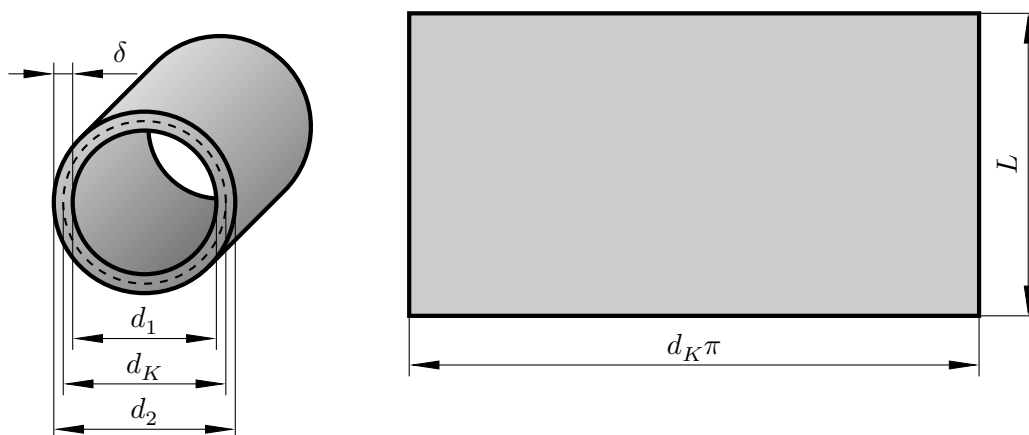
## K5/4. feladat: Hengeres fal közelítése síkfallal

|       |                               |
|-------|-------------------------------|
| 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:

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

ahol  $\delta$  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:

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

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

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

Kifejezve  $d_2$ -t  $\varphi d_1$  alakban:

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

A relatív hiba értékei a vizsgált intervallumban:

| $\varphi$              | 1                                                        | 1,5    | 2      | 2,5    | 3      |
|------------------------|----------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| $\varepsilon(\varphi)$ | $\lim_{\varphi \rightarrow 1+} \varepsilon(\varphi) = 0$ | 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  $T_1 = 140^\circ\text{C}$ , a külső felület hőmérséklete  $T_2 = 50^\circ\text{C}$ , a hővezetési tényezője  $\lambda = 0,1396 \frac{\text{W}}{\text{m K}}$ .

### Adatok:

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

### Feladat megoldás:

Alap összefüggés felírása:

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

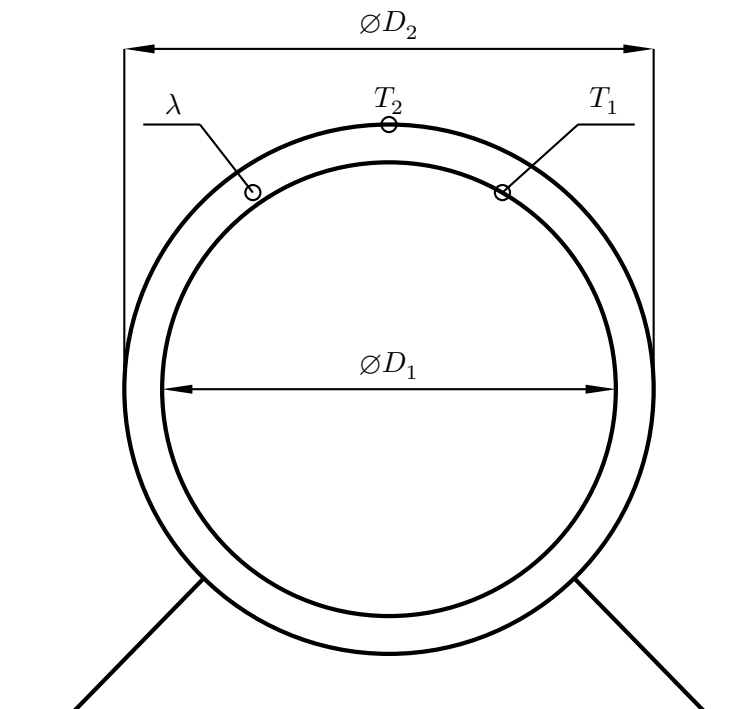
Behelyettesítés a képletbe:

$$\dot{Q}_{veszt} = \pi 0,1396 \frac{\text{W}}{\text{m K}} 90 \text{ K} \frac{1,2 \text{ m} \cdot 1,4 \text{ m}}{0,1 \text{ m}} \quad (5.29)$$

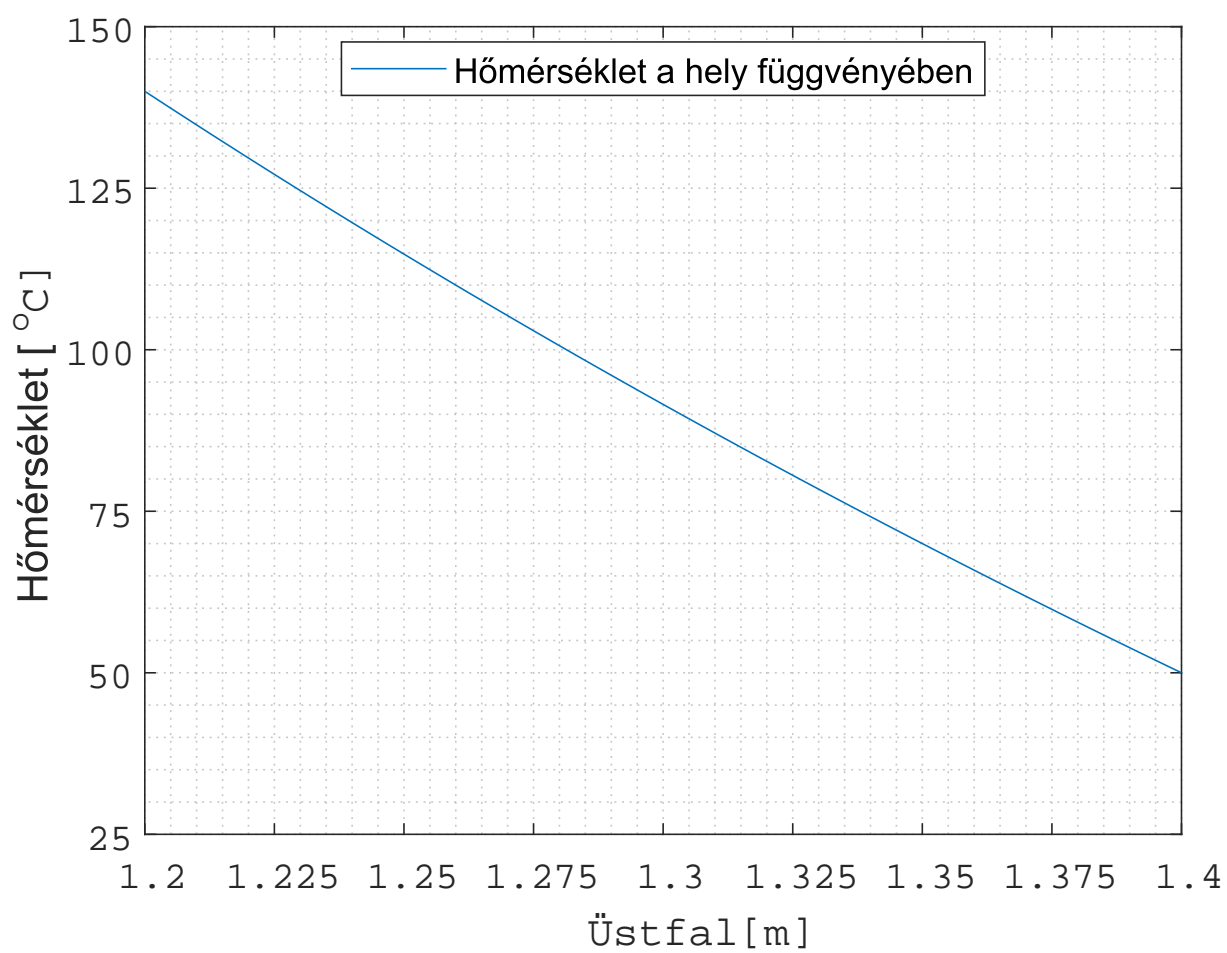
Egyenlet rendezés és számítások elvégzése.

$$\dot{Q}_{veszt} = 663,11 \text{ W} \quad (5.30)$$

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



5.5. ábra. Gömb alakú főzőüst



5.6. ábra