

## VM I/2. témakör (B)

### 1. példa

50 db 16/20 mm (belső/külső) átmérőjű csövet tartalmazó csőköteges kondenzátorban 5100 kg/h szerves párat kell lekondenzáltatnunk 80°C-on. A szerves anyag párolgáshője 400 kJ/kg. A hűtővíz térfogatárama 36 m<sup>3</sup>/h, belépő hőmérséklete 17°C.

- Mekkora a hőátbocsátási tényező a kondenzátorban, ha a kondenzátor köpenyterében a kondenzációs hőátadási tényező 6000 W/m<sup>2</sup>K, és a csőfal hővezetési tényezője 17,4 W/mK?
- Mekkora felületű kondenzátorra van szükség az 5100 kg/h szerves pára lekondenzáltatásához?

A víz anyagi jellemzői:  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ,  $c_p = 4,18 \text{ kJ/kgK}$ ,  $\eta = 10^{-3} \text{ Pas}$ ,  $\lambda = 0,65 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

(A számításhoz használható a síkfal képlete.)

### 2. példa

Egy csőköteges hőcserélőben 25 db 25/20 mm átmérőjű 6 m hosszú cső van. A köpeny belső átmérője 202 mm. Ebben a hőcserélőben kell előmelegítenünk 12,5 m<sup>3</sup>/h 20 °C-os oldószeráramot. Erre az alábbi két lehetőség kínálkozik:

- a) A hőcserélő csöveiben áramlik az oldószer. A köpenytérben vele ellenáramban 36 m<sup>3</sup>/h víz áramlik, belépő hőmérséklete 100 °C. Milyen hőmérsékleten lép ki az oldószer és a víz a hőcserélőből?
- b) Az oldószeráram előmelegítése történhet gőzfűtéssel is, amikor a fenti hőcserélő köpenyterében vízgőz kondenzál (a vízgőz csak kondenzációs hőjét adja le). A hőcserélő csöveiben áramló oldószer hőátadási tényezője azonosnak vehető az a) feladatban meghatározottal. A gőzoldali hőátadási tényező értéke 6800 W/m<sup>2</sup>K. Milyen hőmérsékletű vízgőzzel kell fűtenünk, ha az oldószer 20 °C-ról 80 °C-ra kívánjuk fölmelegíteni?

Anyagi jellemzők:

	$\rho$ , kg/m <sup>3</sup>	$\eta$ , mPas	$\lambda$ , W/mK	$c_p$ , kJ/kgK
víz	1000	0,6	0,65	4,18
oldószer	800	0,4	0,4	3,80
csőfal	–	–	40	–

A számításokhoz a sík falra vonatkozó képlet használható!

### 3. példa

A reaktorba betáplálendő reakcióelegyet 20 °C-ról 95 °C-ra melegítjük egy csőköteges hőcserélőben,  $p=1,7$  bar túlnyomású gőzzel. A csőköteges hőcserélő 60 db 25/20 mm (külső/belső átmérő) csöveiben 100 t/h reakcióelegy áramlik, a reakcióelegy sűrűsége 885 kg/m<sup>3</sup>, fajhője 3,9 kJ/kgK, viszkozitása 0,85 mPas, a hővezetési tényező 0,235 W/mK. A csőfal hővezetési tényezője

58 W/mK. A hőcserélő köpenyterében kondenzálódó fűtőgőz hőátadási tényezője 9000 W/m<sup>2</sup>K.

- Mennyi a kondenzvíz mennyisége, ha a fűtőgőz 5% nedvességet tartalmaz?
- Mekkora hőátadó felület szükséges a reakcióelegy felmelegítéséhez? (A számításhoz használhatók a sík falra érvényes képletek.)

#### 4. példa

Egy hőcserélő hőátadó felülete 35 m<sup>2</sup>, a hőátbocsátási tényező értéke 1500 W/m<sup>2</sup>K. A hőcserélőbe belépő térfogatáramok, a belépő hőmérsékletek és az anyagi jellemzők az alábbi táblázatban találhatók.

Térfogatáram, m <sup>3</sup> /h	50	25
Belépő hőmérséklet, °C	95	17
Sűrűség, kg/m <sup>3</sup>	850	1000
Fajhő, kJ/kgK	3,1	4,18
Viszkozitás, mPas	0,8	1,1
Hővezetési tényező, W/mK	0,230	0,625

- Mekkora a kilépő hőmérséklete a két folyadékáramnak egyenáramú üzemeltetés esetén?
- Mekkora a kilépő hőmérséklete a két folyadékáramnak ellenáramú üzemeltetés esetén?
- Mekkora az ellenáramban kicserélt hőáram, és ez az érték hányszorosa az egyenáraménak?

#### 5. példa

Keverős tartályban 60°C-on kell tartani a reakcióelegyet ( $\rho = 980 \text{ kg/m}^3$ ,  $\eta = 0,7 \text{ mPas}$ ,  $c_p = 3,9 \text{ kJ/kgK}$ ,  $\lambda = 0,48 \text{ W/mK}$ ), miközben a kémiai reakció miatt felszabaduló hőáram 220000 kJ/h. Ezért a kevert folyadékba merített csőkígyón keresztül 20°C-os hűtővízzel ( $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ,  $\eta = 0,75 \text{ mPas}$ ,  $c_p = 4,18 \text{ kJ/kgK}$ ,  $\lambda = 0,62 \text{ W/mK}$ ) hűtjük a reaktort. A hűtővíz 20 °C-ot melegszik. A tartály belső átmérője 1200 mm, a keverő átmérője 300 mm, fordulatszámja 160 1/min. A csőkígyó 35/30 mm átmérőjű saválló vascsőből készült ( $\lambda_{cső} = 14 \text{ W/mK}$ ), közepes kanyarátmérője 900 mm. Milyen hosszú csőből kell készíteni a csőkígyót?

#### 6. példa

A p=2,0 bar nyomású vízgőzt hűtővízzel kondenzáltatjuk. A hűtővíz 20 °C-ról 35 °C-ra melegszik. A csököteges kondenzátorban 20 db 25/20 mm (külső/belső átmérő) cső van, benne 30 t/h hűtővíz áramlik. A hűtővíz sűrűsége 1000 kg/m<sup>3</sup>, fajhője 4,18 kJ/kgK, viszkozitása 1,0 mPas, a hővezetési tényező 0,628 W/mK. A csőfal hővezetési tényezője 58 W/mK. A hőcserélő köpenyterében kondenzálódó gőz hőátadási tényezője 9000 W/m<sup>2</sup>K.

- Mennyi a kondenzvíz mennyisége, ha a fűtőgőz 5% nedvességet tartalmaz?

- Milyen hosszú hőcserélőre van szükség a gőz kondenzáltatásához? (A számításhoz használhatók a sík falra érvényes képletek.)

### 7. példa

2000 kg/h 10 %-os NaOH oldatot 25%-osra sűrítünk, légköri nyomáson (1 bar) működő bepárlóban. A betáplált oldat hőmérséklete 20 °C. a fűtőgőz nyomása 3,2 bar, a hőveszteség 80 kW.

- Adja meg a bepárlóban keletkező pára és a sűrű oldat tömegáramát!
- Mennyi a bepárló fűtőgőz fogyasztása?
- Mekkora legyen a bepárló hőátadó felülete, ha a látszólagos hőátbocsátási tényező 1000 W/m<sup>2</sup>K.

### 8. példa

Egy ellenáramú csőköteges hőcserélőben 43,2 t/h 20 °C-os folyadékot ( $\eta=0,8 \cdot 10^{-3}$  Pas,  $c_p=2,84$  kJ/kgK,  $\rho=780$  kg/m<sup>3</sup>,  $\lambda=0,6$  W/mK) kell felmelegíteni 40 °C-ra. A hőcserélő 300 mm-es köpenyében 74 db 32/22 mm-s cső van ( $\lambda_{vas}=58$  W/mK). A melegítendő folyadék a köpenytérben áramlik. A csövekben áramló 72 m<sup>3</sup>/h fűtőfolyadék ( $\eta=1,3 \cdot 10^{-3}$  Pas,  $c_p=4,18$  kJ/kgK,  $\rho=980$  kg/m<sup>3</sup>,  $\lambda=0,65$  W/mK) 70 °C-on lép be a berendezésbe. Milyen hosszú hőcserélőre van szükség?

### 9. példa

Egy Robert bepárlóban 2 t/h, 20 °C-os, 14 %-os NaOH oldatot kell 30 %-os-ra besűríteni. A bepárlóban a nyomás 0,5 bar. A bepárló hővesztesége 130 kW.

- Mekkora a gőzfogyasztás, ha a gőz nyomása 1,43 bar?
- Mekkora fűtőfelületű a berendezés, ha a  $k_{kor}$ =1500 W/m<sup>2</sup>K?
- Mekkora a látszólagos hőátbocsátási tényező?

### 10. példa

0,5 bar nyomáson üzemelő Robert bepárlóban óránként 800 kg 12 m/m%-os (tömegszázalékos) NaOH oldatot töményítünk 42 m/m%-osra. Mekkora a sűrítmény és a pára tömegárama és hőmérséklete? A betáplálás forrpontri. Adja meg a fűtőgőz igényt, ha a fűtőgőz szükséglet 5%-a a hőveszteséget fedezi. A bepárlót 1,7 bar túlnyomású 3 % vizet tartalmazó nedves vízgőzzel fűtjük. (30p)

### 11. példa

Atmoszférikus körülmények között üzemeltetett bepárlóban a betáplálás ( $S_0$ ) tömegárama 600 kg/h (fajhője 3300 J/kgK, hőmérséklete az előmelegítőbe lépéskor 20 °C), a sűrített oldat ( $S_1$ ) tömegárama 315 kg/h (fajhője 2500 J/kgK, hőmérséklete az előmelegítőbe lépéskor 120 °C). A légköri nyomáson működő bepárlóból távozó pára telített vízgőznek tekinthető. A párat csőköteges kondenzátorban kondenzáltatjuk, ahol csak a kondenzációs hőjét adjuk le.

- Kondenzátor: A csövekben áramló hűtővíz belépő hőmérséklete 20°C, kilépő hőmérséklete 35°C (fajhő 4180 J/kgK, hővezetési tényező 0,635W/mK, sűrűség

1000 kg/m<sup>3</sup>, dinamikus viszkozitás 1 mPas). A gőzoldali hőátadási tényező 4800 W/m<sup>2</sup>K. a kondenzátorban 16 db 25/20-es, vas cső van. A vas hővezetési tényezője 58 W/mK. Milyen hosszú legyen a kondenzátor? (50p)

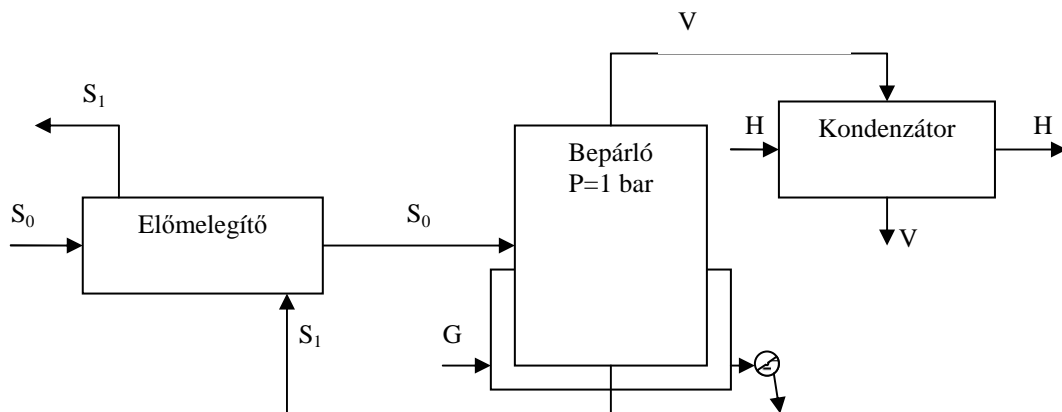
- b) Előmelegítő: Milyen hőmérsékletre lehet előmelegíteni a 20 °C-os tápot a 120 °C hőmérsékletű tömény oldattal ellenáramú hőcserélőben, ha a hőcserélőben a minimális hőfokkülönbség 5°C? Milyen hőmérsékletű a kilépő töményített oldat? (20p)

## 12. példa

Kérjük tanulmányozzák a mellékelt ábrát, amely egy atmoszférikus körülmények között üzemeltetett bepárló anyagáramait jelzi sematikusan (H: hűtővíz, G: gőz, V: pára, S<sub>0</sub>: táp, S<sub>1</sub>: sűrítmény). A betáplálás (S<sub>0</sub>) tömegárama 600 kg/h (fajhője 3300 J/kgK, hőmérséklete az előmelegítőbe lépéskor 20 °C), a sűrített oldat (S<sub>1</sub>) tömegárama 315 kg/h (fajhője 2500 J/kgK, hőmérséklete az előmelegítőbe lépéskor 120 °C). A légköri nyomáson működő bepárlóból távozó pára telített vízgőznek tekinthető. A párárt csökötteges kondenzátorban kondenzáltatjuk, ahol csak a kondenzációs hőjét adja le.

- a) Kondenzátor: A csövekben áramló hűtővíz belépő hőmérséklete 20°C, kilépő hőmérséklete 35°C (fajhő 4180 J/kgK, hővezetési tényező 0,635W/mK, sűrűség 1000 kg/m<sup>3</sup>, dinamikus viszkozitás 1 mPas). A gőzoldali hőátadási tényező 4800 W/m<sup>2</sup>K. a kondenzátorban 16 db 25/20-es, vas cső van. A vas hővezetési tényezője 58 W/mK. Milyen hosszú legyen a kondenzátor? (50p)

- b) Előmelegítő: Milyen hőmérsékletre lehet előmelegíteni a 20 °C-os tápot a 120 °C hőmérsékletű tömény oldattal ellenáramú hőcserélőben, ha a hőcserélőben a minimális hőfokkülönbség 5°C? Milyen hőmérsékletű a kilépő töményített oldat? (20p)



### 13. példa

Egy cső a csőben hőcserélő belső csövében ( $d_{\text{külső}}/d_{\text{belső}}=34/30$  mm) óránként  $2,7 \text{ m}^3$  glicerin oldatot ( $\eta=1,8 \text{ mPas}$ ,  $c_p=3,39 \text{ kJ/kgK}$ ,  $\rho=1120 \text{ kg/m}^3$ ,  $\lambda=0,285 \text{ W/mK}$ ) akarunk  $80^\circ\text{C}$ -ról  $50^\circ\text{C}$ -ra lehűteni. A hőcserélő külső csövében ( $d_{\text{külső}}/d_{\text{belső}}=52/48$  mm)  $14^\circ\text{C}$  belépő hőmérsékletű hűtővíz áramlik. A hűtővíz kilépő hőmérséklete nem lehet  $45^\circ\text{C}$ -nál magasabb ( $\eta=0,8 \text{ mPas}$ ,  $c_p=4,18 \text{ kJ/kgK}$ ,  $\rho=1000 \text{ kg/m}^3$ ,  $\lambda=0,616 \text{ W/mK}$ ). Használhatja a síkfalra vonatkozó képleteket.

- Adja meg a minimális hűtővíz igényt! Mekkora ekkor a hűtővíz áramlási sebessége a csőben?
- Határozza meg a hőátbocsátási tényezőt, ha óránként  $2,4 \text{ m}^3$  hűtővizet használunk fel. Mekkora ekkor a hűtővíz kilépő hőmérséklete?
- Milyen hosszú hőcserélőre van szükség, ha a hőátbocsátási tényezőt jó közelítéssel  $1000 \text{ W/m}^2\text{K}$ -nek tekintjük? Határozza meg egyen- és ellenáramú esetre is!

Az egyes alkérdések egymástól függetlenül is megoldhatóak.