

VEGYIPARI MŰVELETEK I. – SZÁMÍTÁSI GYAKORLATOK

C.: BEPÁRLÁS

**A Vegyipari műveleti számítások II.
(Műegyetemi Kiadó, 2002, 60862) egyetemi jegyzet
alapján írta**

Angyalné Dr. Koczka Katalin

Dr. Cséfalvay Edit

Dr. Deák András

Dr. Farkas Tivadar

Lakné Dr. Komka Kinga

Dr. Mika László Tamás

Dr. Székely Edit

Tartalomjegyzék

1. Feladatok	2
1.7. Bepárlás	2
2. Eredmények.....	10
2.7. Bepárlás	10

1. Feladatok

1.7. Bepárlás

7.1. feladat

2000 kg/h 10%-os NaOH-oldatot 25%-osra sűrítünk légköri nyomáson működő Robert bepárlóban. A betáplált oldat hőmérséklete 20 °C, a fűtőgőz nyomása 3,2 bar, a hőveszteség 6%.

- Adja meg a bepárlóban keletkező pára és sűrű oldat tömegáramát!
- Mennyi a bepárló fűtőgőzfogyasztása, ha a gőz 4% nedvességet tartalmaz?
- A gőzkondenzátumból légköri nyomáson mennyi sarjűgőz keletkezik?
- Mekkora legyen a bepárló hőátadó felülete, ha a látszólagos hőátbocsátási tényező 1000 W/m²K?
- 25 m²-es hőátadó felület esetén mekkora a korrigált hőátbocsátási tényező?

Megoldás

- a) Adja meg a bepárlóban keletkező pára és sűrű oldat tömegáramát!

$$S_0 \cdot b_0 = S_1 \cdot b_1$$

$$S_1 = S_0 \cdot \frac{b_0}{b_1} = 2000 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \cdot \frac{0,1}{0,25} = 800 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$S_0 = S_1 + V$$

$$V = S_0 - S_1 = 2000 \frac{\text{kg}}{\text{h}} - 800 \frac{\text{kg}}{\text{h}} = 1200 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Mennyi a bepárló fűtőgőzfogyasztása, ha a gőz 4% nedvességet tartalmaz?

Átment hőáram

$$\dot{Q} = S_1 \cdot i_1 - S_0 \cdot i_0 + V \cdot i''_v + \dot{Q}_v$$

Entalpiák

Híg áram entalpiája

$$\left. \begin{array}{l} b_0 = 0,1 \\ T_0 = 20^\circ\text{C} \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{Merkel-diagram}} i_0 = -40 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Tömény áram entalpiája

$$\left. \begin{array}{l} b_1 = 0,25 \\ p = 1 \text{ bar} \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{Merkel-diagram}} i_1 = 130 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Pára entalpiája

$$p = 1 \text{ bar} \xrightarrow{\text{vízgőz-táblázat}} i''_v = 2675,784 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Átment hőáram

A Robert bepárló nagy testű bepárló, így a hőveszteség nagy része a páratérben keletkezik. Emiatt az átment hőáramba bele kell számítani a hőveszteséget is.

$$\dot{Q} = S_1 \cdot i_1 - S_0 \cdot i_0 + V \cdot i''_v + \dot{Q}_v$$

Figyelembe véve, hogy a veszteség az átment hőáram 6%-a:

$$\dot{Q} = S_1 \cdot i_1 - S_0 \cdot i_0 + V \cdot i''_v + 0,06 \cdot \dot{Q}$$

$$0,94 \cdot \dot{Q} = S_1 \cdot i_1 - S_0 \cdot i_0 + V \cdot i''_v$$

$$\dot{Q} = \frac{800 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \cdot 130 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 2000 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \cdot \left(-40 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right) + 1200 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \cdot 2675,784 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}{0,94} = 3,61 \cdot 10^6 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}$$

Gőz párolgáshője

$$p_G = 3,2 \text{ bar} \xrightarrow{\text{vízgőz-táblázat}} r = 2156,621 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Gőzáram

$$\dot{Q} = G \cdot r$$

$$G = \frac{\dot{Q}}{r} = \frac{3,61 \cdot 10^6 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}}{2156,621 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} = 1674,7 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Ez csak a lekondenzálódó gőzsükséglet. Figyelembe kell venni, hogy a gőz 4% nedvességet is tartalmaz:

$$G' = \frac{G}{x_G} = \frac{1674,7 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{0,96} = 1744 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

A gőzkondenzátumból légköri nyomáson mennyi sarjűgőz keletkezik?

A 3,2 bar-os gőzkondenzátum (GK) légköri nyomáson túlhevített folyadék, így egy része elpárolog, egy része pedig légköri nyomású forrponi víz (F) lesz. Az így keletkezett gőz a sarjűgőz (SG).

Entalpiák

$$p_{GK} = 3,2 \text{ bar} \xrightarrow{\text{vízgőz-táblázat}} i'_{GK} = 571,917 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$p = 1 \text{ bar} \left\{ \begin{array}{l} \xrightarrow{\text{vízgőz-táblázat}} i''_{SG} = 2675,784 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \\ i'_F = 419,099 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \end{array} \right.$$

Anyagmérleg

$$GK = SG + F$$

Hőmérleg

$$GK \cdot i'_{GK} = SG \cdot i''_{SG} + F \cdot i'_F$$

$$GK \cdot i'_{GK} = SG \cdot i''_{SG} + (GK - SG) \cdot i'_F$$

$$S_G = \frac{GK \cdot (i'_{GK} - i'_F)}{i''_{SG} - i'_F} = \frac{1744 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \cdot \left(571,917 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 419,099 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right)}{2675,784 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 419,099 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} = 118,1 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Mekkora legyen a bepárló hőátadó felülete, ha a látszólagos hőátbocsátási tényező $1000 \text{ W/m}^2\text{K}$?

Hőmérsékletek

$$p = 1 \text{ bar} \left\} \xrightarrow{\text{vízgőz-táblázat}} T_V = 100^\circ\text{C}$$

$$p_G = 3,2 \text{ bar} \left\} \xrightarrow{\text{vízgőz-táblázat}} T_G = 136^\circ\text{C}$$

Látszólagos hőmérsékletkülönbség

$$\Delta T_{\text{látsz}} = T_G - T_V = 136^\circ\text{C} - 100^\circ\text{C} = 36^\circ\text{C}$$

Hőátadó felület

$$\dot{Q} = k_{\text{látsz}} \cdot A \cdot \Delta T_{\text{látsz}}$$

$$A = \frac{\dot{Q}}{k_{\text{látsz}} \cdot \Delta T_{\text{látsz}}} = \frac{3,61 \cdot 10^6 \frac{\text{kJ}}{\text{h}} \cdot 1000 \frac{\text{J}}{\text{kJ}}}{1000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \cdot 36^\circ\text{C} \cdot 3600 \frac{\text{s}}{\text{h}}} = 27,85 \text{ m}^2$$

25 m^2 -es hőátadó felület esetén mekkora a korrigált hőátbocsátási tényező?

Tömény oldat hőmérséklete

$$\left. \begin{array}{l} b_1 = 0,25 \\ p = 1 \text{ bar} \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{Merkel-diagram}} T_1 = 110^\circ\text{C}$$

Korrigált hőmérsékletkülönbség

$$\Delta T_{\text{kor}} = T_G - T_1 = 136^\circ\text{C} - 110^\circ\text{C} = 26^\circ\text{C}$$

Korrigált hőátbocsátási tényező

$$\dot{Q} = k_{\text{kor}} \cdot A \cdot \Delta T_{\text{kor}}$$

$$k_{\text{kor}} = \frac{\dot{Q}}{A \cdot \Delta T_{\text{kor}}} = \frac{3,61 \cdot 10^6 \frac{\text{kJ}}{\text{h}} \cdot 1000 \frac{\text{J}}{\text{kJ}}}{25 \text{ m}^2 \cdot 26^\circ\text{C} \cdot 3600 \frac{\text{s}}{\text{h}}} = 1543 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

7.2. feladat

Egyszeres átfolyású Wiegand-rendszerű (esőfilmes) bepárlóban 3 t/h 15% -os NaOH -oldatot 30% -ra kell besűríteni $0,6 \text{ bar}$ nyomáson. A belépő oldat 95°C -os. A hőveszteség 4% .

- Mennyi a bepárlás hőszükséglete?
- Milyen telítési hőmérsékletű fűtőgőzt kell használni, ha a bepárlóban a megengedett legkisebb hőmérséklet-különbség 10°C ?
- Mennyi 115°C -os gőzre van szükség?
- Mekkora fűtőfelület szükséges 115°C -os gőz használata esetén, ha az átlagos hőátbocsátási tényező $1,2 \text{ kW/m}^2\text{K}$?

Megoldás

a) Mennyi a bepárlás hőszükséglete?

Kimenő áramok

$$S_0 \cdot b_0 = S_1 \cdot b_1$$

$$S_1 = S_0 \cdot \frac{b_0}{b_1} = 3 \frac{\text{t}}{\text{h}} \cdot \frac{0,15}{0,3} = 1,5 \frac{\text{t}}{\text{h}}$$

$$S_0 = S_1 + V$$

$$V = S_0 - S_1 = 3 \frac{\text{t}}{\text{h}} - 1,5 \frac{\text{t}}{\text{h}} = 1,5 \frac{\text{t}}{\text{h}}$$

Átment hőáram

Az esőfilmes bepárló kis testű bepárló. Emiatt a hővesztés nagy része a gőztérben jelentkezik, így az átment hőáramba a hővesztést nem kell beleszámolni.

$$\dot{Q} = S_1 \cdot i_1 - S_0 \cdot i_0 + V \cdot i''_V$$

Entalpiák

$$\left. \begin{array}{l} b_0 = 0,15 \\ T_0 = 100^\circ\text{C} \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{Merkel-diagram}} i_0 = 200 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\left. \begin{array}{l} b_1 = 0,3 \\ p = 0,6 \text{ bar} \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{Merkel-diagram}} i_1 = 60 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$p = 0,6 \text{ bar} \xrightarrow{\text{vízgőz-táblázat}} i''_V = 2653,175 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Átment hőáram

$$\dot{Q} = S_1 \cdot i_1 - S_0 \cdot i_0 + V \cdot i''_V$$

$$\dot{Q} = 1500 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \cdot 60 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 3000 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \cdot 200 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + 1500 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \cdot 2653,175 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\dot{Q} = 3,47 \cdot 10^6 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}$$

Milyen telítési hőmérsékletű fűtőgőzt kell használni, ha a bepárlóban a megengedett legkisebb hőmérséklet-különbség 10°C ?

A páratérben a legmagasabb hőmérséklete a tömény oldatnak van.

$$\left. \begin{array}{l} b_1 = 0,3 \\ p = 0,6 \text{ bar} \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{Merkel-diagram}} T_1 = 103^\circ\text{C}$$

$$T_G = T_1 + \Delta T_{\min} = 103^\circ\text{C} + 10^\circ\text{C} = 113^\circ\text{C}$$

Mennyi 115°C -os gőzre van szükség?

Gőz entalpiája

$$T_G = 115^\circ\text{C} \xrightarrow{\text{vízgőz-táblázat}} r_G = 2216,492 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Gőzáram

A bepárló hőveszteségét itt kell figyelembe venni.

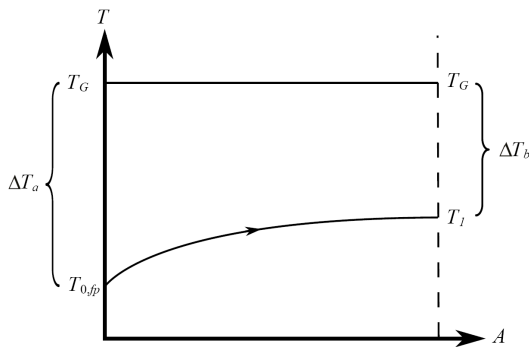
$$\dot{Q} = G \cdot r_G - \dot{Q}_v$$

$$G = \frac{\dot{Q} + \dot{Q}_v}{r_G} = \frac{1,04 \cdot \dot{Q}}{r_G} = \frac{1,04 \cdot 3,47 \cdot 10^6 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}}{2216,492 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} = 1628 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Mekkora fűtőfelület szükséges 115 °C-os gőz használata esetén, ha az átlagos hőátbocsátási tényező 1,2 kW/m²K?

Az egyszeres átfolyású esőfilmes bepárló úgy működik, mint egy csököteges hőcserélő. A fűtőfelület számításához logaritmikus hőmérsékletkülönbséget kell számítani.

Habár a betáplálás 100 °C-os, a híg oldat a bepárlóban nagyon hamar eléri a forrpointját. Emiatt a logaritmikus hőmérsékletkülönbség számításánál a forrpointot kell figyelembe venni.



7.1. ábra Hőmérsékletprofil a 7.2. feladatban

$$\left. \begin{array}{l} b_0 = 0,15 \\ p = 0,6 \text{ bar} \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{Merkel-diagram}} T_{0,fp} = 78^\circ\text{C}$$

Hőmérsékletkülönbségek a bepárló két végén.

$$\Delta T_a = T_G - T_{0,fp} = 115^\circ\text{C} - 78^\circ\text{C} = 37^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_b = T_G - T_i = 115^\circ\text{C} - 103^\circ\text{C} = 12^\circ\text{C}$$

Logaritmikus hőmérsékletkülönbség

$$\Delta T_{\text{atl}} = \frac{\Delta T_a - \Delta T_b}{\ln \frac{\Delta T_a}{\Delta T_b}} = \frac{37^\circ\text{C} - 12^\circ\text{C}}{\ln \frac{37^\circ\text{C}}{12^\circ\text{C}}} = 22,2^\circ\text{C}$$

Hőátadó felület

$$\dot{Q} = k \cdot A \cdot \Delta T_{\text{atl}}$$

$$A = \frac{\dot{Q}}{k \cdot \Delta T_{\text{atl}}} = \frac{3,47 \cdot 10^6 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}}{1,2 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \cdot 22,2^\circ\text{C} \cdot 3600 \frac{\text{s}}{\text{h}}} = 36,2 \text{ m}^2$$

7.3. feladat (II/49. oldal/8. feladat bővítve)

100 kg/h forrponton levő 30%-os NaOH-oldatot 0,5 bar nyomáson 143 °C-os fűtőgőzzel 40%-osra párolunk be. A hőveszteség 150 kJ/h. Mennyi a fűtőgőzszükséglet?

7.4. feladat (II/49. oldal/11. feladat módosítva)

Egy 5 m² fűtőfelületű, légköri nyomáson üzemelő bepárlóban mennyi

- a) 37%-os
- a) 42%-os

20 °C-os NaOH-oldatot lehet óránként 55%-osra betöményíteni, ha a bepárlót 165 °C-os telített gőzzel fűtjük, és a hőveszteség 4%, valamint $k_{\text{kor}} = 1,2 \text{ kW/m}^2\text{K}$? Mennyi a gőzszükséglet, ha a gőz párolgáshője 2065,7 kJ/kg?

7.5. feladat (II/49. oldal/12. feladat módosítva)

20 t/h 15%-os NaOH-oldatot 1 bar nyomáson 25%-osra kell töményíteni. Számítsa ki a fűtőgőzszükségletet és a fűtőfelületet, ha a betáplálás a Robert-bepárlóba

- a) 20 °C-on,
- b) forrponton,
- c) 2 bar-ra túlhevítve történik!

A fűtőgőz 133 °C-os gőz, amely 5% nedvességet tartalmaz. A hőveszteség 230 kW. $k_{\text{latsz}} = 1 \text{ kW/m}^2\text{K}$

7.6. feladat (II/50. oldal/13. feladat módosítva)

Egyszeres átfolyású Wiegand-rendszerű (esőfilmes) bepárlóban 5 t/h 20%-os NaOH-oldatot 35%-ra kell besűríteni 0,5 bar nyomáson. A belépő oldat 100 °C-os. A hőveszteség 3%.

- a) Mennyi a bepárlás hőszükséglete?
- b) Milyen telítési hőmérsékletű fűtőgőzt kell használni, ha a bepárlóban a megengedett legkisebb hőmérséklet-különbség 6 °C?
- c) Mekkora fűtőfelület szükséges, ha az átlagos hőátbocsátási tényező 0,5 kW/m²K?

7.7. feladat (II/49. oldal/7. feladat)

NaOH-oldatot Robert-bepárlóban 42%-osra töményítünk 0,2 bar nyomáson. A betáplálás 20 °C-on történik, 0,6 t sűrített oldatot és 1,5 t páráat kapunk óránként. A fűtőgőz 1,2 bar-os telített gőz, amit 1,48 bar-os élesgőzből és a pára egy részének összekeveréséből nyerünk. (A pára a bepárlóból kilépve túlhevítési hőjét leadja.) A pára másik részét barometrikus keverőkondenzátorban 18 m³/h 10 °C-os hűtővízzel kondenzáltatjuk.

- a) Mennyi az élesgőzfogyasztás, és a párából mennyit tudunk felhasználni?
- b) Hány fokos víz távozik a keverőkondenzátorból?
- c) Mennyi sarjgőz keletkezik a fűtőgőz kondenzvizéből?

7.8. feladat

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

- a) Mekkora a gőzfogyasztás, ha a gőz nyomása 1,43 bar?
- b) Mekkora fűtőfelületű a berendezés, ha $k_{kor} = 1500 \text{ W/m}^2\text{K}$?
- c) Mekkora a látszólagos hőátbocsátási tényező?

7.9. feladat

0,5 bar nyomáson üzemelő Robert-bepárlóban óránként 800 kg 12%-os NaOH-oldatot töményítünk 42%-osra. A betáplálás forrponthi. A bepárlót 1,7 bar túlnyomású, 3% vizet tartalmazó nedves gőzzel fűtjük.

- a) Mekkora a sűrítmény és a pára tömegárama és hőmérséklete?
- b) Adja meg a fűtőgőzigényt, ha a fűtőgőzsükséglet 5%-a a hőveszteséget fedezi!

7.10. feladat (II/32. oldal/6. feladat bővítve)

Egytestes bepárlóban 20 t/h 14%-os NaOH-oldatot 24%-osra kell bepárolni. A bepárlás légköri nyomáson történik, a fűtőgőz hőmérséklete 150 °C. A bepárló becsült hővesztesége 110 kW.

Számítsa ki a fűtőgőz-szükségletet, ha az oldat

- a) forrponthi,
- b) 20 °C-on,
- c) 150 °C-on érkezik a bepárlóba!

7.11. feladat (II/52. oldal/21. feladat bővítve)

Egy atmoszférikus bepárlóban 8%-ról 32%-ra sűrítünk be 1,4 t/h NaOH-oldatot. A híg oldat 18 °C-on lép a készülékbe. A 2 bar-os fűtőgőzből, aminek nedvességtartalma 4,5%, óránként 1,45 tonnát használunk fel.

Mennyi a készülék hővesztesége?

7.12. feladat

Egyszeres átfolyású Wiegand-rendszerű (esőfilmes) bepárlóban 1,2 t/h 10%-os NaOH-oldatot 25%-ra kell besűríteni légköri nyomáson. A belépő oldat 100 °C-os. A hőveszteség 5%.

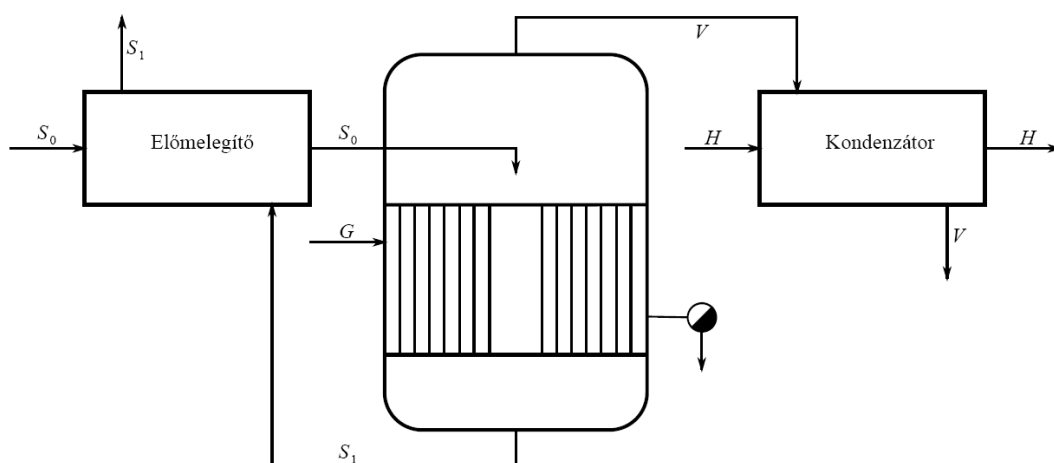
- a) Mennyi 130 °C-os gőzre van szükség, ha a gőz 3% nedvességet tartalmaz?
- b) Mekkora fűtőfelület szükséges 130 °C-os gőz használata esetén, ha az átlagos hőátbocsátási tényező $1,35 \text{ kW/m}^2\text{K}$?

7.13. feladat

Atmoszférikus körülmények között üzemeltetett bepárlóban a betáplálás tömegárama 600 kg/h, fajhője 3300 J/kgK, hőmérséklete az előmelegítőbe lépéskor 20 °C. A sűrített oldat tömegárama 315 kg/h, fajhője 2500 J/kgK, hőmérséklete az előmelegítőbe lépéskor 120 °C. A bepárlóból távozó pára telített vízgőznek tekinthető. A párat csökköteges kondenzátorban kondenzáltatjuk, ahol csak a kondenzációs hőjét adja le.

- a) Kondenzátor. A csövekben áramló hűtővíz belépő hőmérséklete 20 °C, kilépő hőmérséklete 35 °C, fajhője 4180 J/kgK, hővezetési tényezője $0,635 \text{ W/mK}$, sűrűsége 1000 kg/m^3 , dinamikus viszkozitása 1 mPas. A gőzoldali hőátadási tényező $4800 \text{ W/m}^2\text{K}$. A kondenzátorban 16db 25/20-as vas cső van. A vas hővezetési tényezője 58 W/mK . Milyen hosszú legyen a kondenzátor?
- b) Előmelegítő. Milyen hőmérsékletre lehet előmelegíteni a 20 °C-os betápot a 120 °C-os tömény oldattal ellenáramú hőcserélőben, ha a hőcserélőben a minimális hőfokkülönbség 5 °C? Milyen hőmérsékletű a kilépő töményített oldat?

A számításokhoz használhatók a sík falra érvényes összefüggések.



7.2. ábra Készülékek és áramok a 7.8. feladatban

2. Eredmények

2.7. Bepárlás

7.3. feladat

$$S_1 = 75 \text{ kg/h}; \quad V = 25 \text{ kg/h}; \quad i_0 = 40 \text{ kJ/kg}; \quad i_1 = 40 \text{ kJ/kg}; \quad i_{V''} = 2645,4 \text{ kJ/kg}; \quad \dot{Q} = 6,52 \cdot 10^4 \text{ kJ/h}; \\ r_G = 2136,105 \text{ kJ/kg}; \quad G = 30,56 \text{ kg/h}$$

7.4. feladat

a) $T_1 = 155 \text{ }^\circ\text{C}; \Delta T_{\text{kor}} = 10 \text{ }^\circ\text{C}; \dot{Q} = 60 \text{ kW}; i_0 = -270 \text{ kJ/kg}; i_1 = 180 \text{ kJ/kg}; i_{V''} = 2675,784 \text{ kJ/kg};$
 $S_0 = 163,7 \text{ kg/h}; G = 104,6 \text{ kg/h};$

b) $i_0 = -270 \text{ kJ/kg}; S_0 = 199,4 \text{ kg/h}$

7.5. feladat

a) $S_1 = 12 \text{ t/h}; V = 8 \text{ t/h}; i_0 = -100 \text{ kJ/kg}; i_1 = 130 \text{ kJ/kg}; i_{V''} = 2675,784 \text{ kJ/kg}; \dot{Q} = 2,58 \cdot 10^7 \text{ kJ/h};$
 $r_G = 2165,413 \text{ kJ/kg}; G_{\text{tisza}} = 11,9 \text{ t/h}; G_{\text{nedves}} = 12,5 \text{ t/h}; T_V = 100 \text{ }^\circ\text{C}; \Delta T_{\text{lász}} = 33 \text{ }^\circ\text{C}; A = 217 \text{ m}^2$

b) $i_0 = 220 \text{ kJ/kg}; \dot{Q} = 1,94 \cdot 10^7 \text{ kJ/h}; G_{\text{tisza}} = 9 \text{ t/h}; G_{\text{nedves}} = 9,43 \text{ t/h}; A = 163,25 \text{ m}^2$

c) $i_0 = 300 \text{ kJ/kg}; \dot{Q} = 1,78 \cdot 10^7 \text{ kJ/h}; G_{\text{tisza}} = 8,22 \text{ t/h}; G_{\text{nedves}} = 8,65 \text{ t/h}; A = 150 \text{ m}^2$

7.6. feladat

a) $S_1 = 2,86 \text{ t/h}; V = 2,14 \text{ t/h}; i_0 = 140 \text{ kJ/kg}; i_1 = 35 \text{ kJ/kg}; i_{V''} = 2645,4 \text{ kJ/kg}; \dot{Q} = 5,07 \cdot 10^6 \text{ kJ/h}$

b) $T_1 = 105 \text{ }^\circ\text{C}; T_G = 111 \text{ }^\circ\text{C}$

c) $T_{0,\text{fp}} = 88 \text{ }^\circ\text{C}; \Delta T_{\text{átlag}} = 12,65 \text{ }^\circ\text{C}; A = 223 \text{ m}^2$

7.7. feladat

a) $S_0 = 2,1 \text{ t/h}; b_0 = 0,12; i_0 = -65 \text{ kJ/kg}; i_1 = -30 \text{ kJ/kg}; i_{V''} = 2609,214 \text{ kJ/kg}; \dot{Q} = 4,03 \cdot 10^6 \text{ kJ/h};$
 $r_G = 2243,287 \text{ kJ/kg}; G = 1,8 \text{ t/h}; i_{G''} = 2683,320 \text{ kJ/kg}; i_{GE''} = 2692,95 \text{ kJ/kg}; GE = 1,59 \text{ t/h};$
 $V_{\text{élesgőzre}} = 0,2 \text{ t/h}$

b) $V_{\text{kondenzálni}} = 1,3 \text{ t/h}; H = 18 \text{ t/h}; K = 19,3 \text{ t/h}; i_{H''} = 42,035 \text{ kJ/kg}; i_{K''} = 214 \text{ kJ/kg}; T_K = 51 \text{ }^\circ\text{C}$

c) $i_{GK'} = 440,2 \text{ kJ/kg}; i_{SG''} = 2675,784 \text{ kJ/kg}; i_F' = 419,099 \text{ kJ/kg}; GK = 1,8 \text{ t/h}; SG = 16,8 \text{ kg/h}$

7.8. feladat

a) $S_1 = 933,33 \text{ kg/h}; V = 1066,67 \text{ kg/h}; i_0 = -90 \text{ kJ/kg}; i_1 = 40 \text{ kJ/kg}; i_{V''} = 2645,4 \text{ kJ/kg};$
 $\dot{Q} = 3,51 \cdot 10^6 \text{ kJ/h}; r_G = 2229,89 \text{ kJ/kg}; G = 1572,8 \text{ kg/h}$

b) $T_1 = 97 \text{ }^\circ\text{C}; T_G = 110 \text{ }^\circ\text{C}; A = 50 \text{ m}^2$

c) $T_V = 81,34 \text{ }^\circ\text{C}; k_{\text{lász}} = 680 \text{ W/m}^2\text{K}$

7.9. feladat

a) $S_1 = 228,6 \text{ kg/h}; V = 571,4 \text{ kg/h}; T_1 = 113 \text{ }^\circ\text{C}; T_V = 81,34 \text{ }^\circ\text{C}$

b) $i_0 = 180 \text{ kJ/kg}$; $i_1 = 45 \text{ kJ/kg}$; $i_{V''} = 2645,4 \text{ kJ/kg}$; $\dot{Q} = 1,45 \cdot 10^6 \text{ kJ/h}$; $r_G = 2174,205 \text{ kJ/kg}$;
 $G = 1572,8 \text{ kg/h}$

7.10. feladat

a) $S_1 = 11,67 \text{ t/h}$; $V = 8,33 \text{ t/h}$; $i_0 = 230 \text{ kJ/kg}$; $i_1 = 140 \text{ kJ/kg}$; $i_{V''} = 2675,784 \text{ kJ/kg}$;
 $\dot{Q} = 1,97 \cdot 10^7 \text{ kJ/h}$; $r_G = 2114,334 \text{ kJ/kg}$; $G = 9,33 \text{ t/h}$

b) $i_0 = -90 \text{ kJ/kg}$; $\dot{Q} = 2,61 \cdot 10^7 \text{ kJ/h}$; $G = 12,36 \text{ t/h}$

c) $i_0 = 400 \text{ kJ/kg}$; $\dot{Q} = 1,63 \cdot 10^7 \text{ kJ/h}$; $G = 7,72 \text{ t/h}$

7.11. feladat

$r_G = 2202,675 \text{ kJ/kg}$; $\dot{Q} = 3,05 \cdot 10^6 \text{ kJ/h}$; $S_1 = 0,35 \text{ t/h}$; $V = 1,05 \text{ t/h}$; $i_0 = -20 \text{ kJ/kg}$; $i_1 = 105 \text{ kJ/kg}$;
 $i_{V''} = 2675,784 \text{ kJ/kg}$; $\dot{Q}_{veszt} = 48,84 \text{ kW}$

7.12. feladat

a) $S_1 = 0,48 \text{ t/h}$; $V = 0,72 \text{ t/h}$; $i_0 = 270 \text{ kJ/kg}$; $i_1 = 130 \text{ kJ/kg}$; $i_{V''} = 2675,784 \text{ kJ/kg}$;
 $\dot{Q} = 462,5 \text{ kW}$; $r_G = 2174,205 \text{ kJ/kg}$; $G = 829 \text{ kg/h}$

b) $T_{0,fp} = 102 \text{ }^\circ\text{C}$; $T_1 = 110 \text{ }^\circ\text{C}$; $\Delta T_{atl} = 23,78 \text{ }^\circ\text{C}$; $A = 14,4 \text{ m}^2$

7.13. feladat

a) $V = 285 \text{ kg/h}$; $r_V = 2256,685 \text{ kJ/kg}$; $\dot{Q} = 6,43 \cdot 10^5 \text{ kJ/h}$; $\dot{m}_2 = 2,85 \text{ kg/s}$; $v_2 = 0,567 \text{ m/s}$;
 $\alpha_2 = 2398 \text{ W/m}^2\text{K}$; $k = 1496 \text{ W/m}^2\text{K}$; $T_V = 100 \text{ }^\circ\text{C}$; $\Delta T_{atl} = 72,24 \text{ }^\circ\text{C}$; $A = 1,65 \text{ m}^2$; $L = 1,46 \text{ m}$

b) $q_{w,0} = 550 \text{ W/K}$; $q_{w,1} = 218,75 \text{ W/K}$; $T_{1,ki} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$; $\dot{Q} = 7,48 \cdot 10^7 \text{ J/h}$; $T_{0,ki} = 57,8 \text{ }^\circ\text{C}$