

Vegyipari műveletek I. – Számítási gyakorlatok

C.: Bepárlás

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

**Angyalné Dr. Koczka Katalin Zsuzsanna**

**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 sarjúgőz keletkezik?
- Mekkora legyen a bepárló hőátadó felülete, ha a látszólagos hőátbocsátási tényező 1000 W/m<sup>2</sup>K?
- 25 m<sup>2</sup>-es hőátadó felület esetén mekkora a korrigált hőátbocsátási tényező?

#### Megoldás

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

$$S_0 b_0 = S_1 b_1$$

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

$$S_0 = S_1 + V$$

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

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

Átment hőáram

$$Q = S_1 i_1 - S_0 i_0 + V i''_v + Q_v$$

Entalpiák

Híg áram entalpiája

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

Tömény áram entalpiája

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

Pára entalpiája

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

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.

$$Q = S_1 i_1 - S_0 i_0 + V i''_V + Q_v$$

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

$$Q = S_1 i_1 - S_0 i_0 + V i''_V + 0,06 Q$$

$$0,94 Q = S_1 i_1 - S_0 i_0 + V i''_V$$

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

Gőz párolgáshője

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

Gőzáram

$$Q = G r$$

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

Ez csak a lekondenzálódó gőzszükséglet. 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

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

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

Anyagmérleg

$$GK = SG + F$$

Hőmérleg

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

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

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

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

Hőmérsékletek

$$p = 1 \text{ bar} \left. \vphantom{p} \right\} \text{ vizgőz táblázat } T_V = 100^\circ\text{C}$$

$$p_G = 3,2 \text{ bar} \left. \vphantom{p_G} \right\} \text{ vizgőz táblázat } T_G = 136^\circ\text{C}$$

Látszólagos hőmérsékletkülönbség

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

Hőátadó felület

$$Q = k_{\text{látsz}} A T_{\text{látsz}}$$

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

$25 \text{ m}^2$ -es hőátadó felület esetén mekkora a korrigált hőátbocsátási tényező?

Tömény oldat hőmérséklete

$$b_1 = 0,25 \left. \vphantom{b_1} \right\} \text{ Merkel diagram } T_1 = 110^\circ\text{C}$$

$$p = 1 \text{ bar}$$

Korrigált hőmérsékletkülönbség

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

Korrigált hőátbocsátási tényező

$$Q = k_{\text{korr}} A T_{\text{korr}}$$

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

## 7.2. feladat

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

- Mennyi a bepárlás hőszükséglete?
- Milyen telítési hőmérsékletű fűtőgőzt kell használni, ha a bepárlóban a megengedett legkisebb hőmérséklet-különbség  $10^\circ\text{C}$ ?
- Mennyi  $115^\circ\text{C}$ -os gőzre van szükség?
- Mekkora fűtőfelület szükséges  $115^\circ\text{C}$ -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

$$S_0 b_0 = S_1 b_1$$

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

$$S_0 = S_1 + V$$

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

Átment hőáram

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

$$Q = S_1 i_1 - S_0 i_0 + V i''_v$$

Entalpiák

$$\begin{array}{l} b_0 = 0,15 \\ T_0 = 100^\circ\text{C} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{Merkel diagram} \\ i_0 = 190 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \end{array}$$

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

$$p = 0,6 \text{ bar} \} \quad \begin{array}{l} \text{vízgőz táblázat} \\ i''_v = 2653,175 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \end{array}$$

Átment hőáram

$$Q = S_1 i_1 - S_0 i_0 + V i''_v$$

$$Q = 1500 \frac{\text{kg}}{\text{h}} 60 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 3000 \frac{\text{kg}}{\text{h}} 190 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + 1500 \frac{\text{kg}}{\text{h}} 2653,175 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$Q = 3,50 \cdot 10^6 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}$$

Milyen telítési hőmérsékletű fűtőgőzt kell használni, ha a bepárlóban a megengedett legkisebb hőmérséklet-különbség  $10^\circ\text{C}$ ?

A páratérben a legmagasabb hőmérséklete a tömény oldatnak van.

$$\begin{array}{l} b_1 = 0,3 \\ p = 0,6 \text{ bar} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{Merkel diagram} \\ T_1 = 105^\circ\text{C} \end{array}$$

$$T_G = T_1 + T_{\min} = 105^\circ\text{C} + 10^\circ\text{C} = 115^\circ\text{C}$$

Mennyi  $115^\circ\text{C}$ -os gőzre van szükség?

Gőz entalpiája

$$T_G = 115^\circ\text{C} \left. \vphantom{T_G} \right\} \text{ vízgőz táblázat} \quad r_G = 2216,492 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Gőzáram

A bepárló hőveszteségét itt kell figyelembe venni.

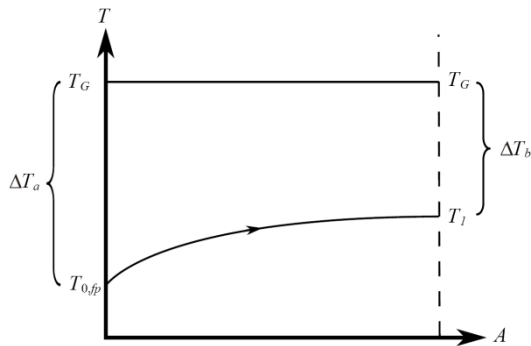
$$Q = G r_G + Q_v$$

$$G = \frac{Q + Q_v}{r_G} = \frac{Q + 0,04 Q}{r_G} = \frac{1,04 \cdot 3,50 \cdot 10^6 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}}{2216,492 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} = 1642 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Mekkora fűtőfelület szükséges 115 °C-os gőz használata esetén, ha az átlagos hőátbocsátási tényező 1,2 kW/m<sup>2</sup>K?

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

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



7.1. ábra Hőmérsékletprofil a 7.2. feladatban

$$b_0 = 0,15 \quad \text{Merkel diagram} \quad T_{0,fp} = 90^\circ\text{C}$$

$$p = 0,6 \text{ bar}$$

Hőmérsékletkülönbségek a bepárló két végén.

$$T_a = T_G \quad T_{0,fp} = 115^\circ\text{C} \quad 90^\circ\text{C} = 25^\circ\text{C}$$

$$T_b = T_G \quad T_1 = 115^\circ\text{C} \quad 106^\circ\text{C} = 9^\circ\text{C}$$

Logaritmikus hőmérsékletkülönbség

$$T_{\text{át}} = \frac{T_a - T_b}{\ln \frac{T_a}{T_b}} = \frac{25^\circ\text{C} - 9^\circ\text{C}}{\ln \frac{25^\circ\text{C}}{9^\circ\text{C}}} = 15,7^\circ\text{C}$$

Hőátadó felület

$$Q = k A T_{\text{át}}$$

$$A = \frac{Q}{k T_{\text{át}}} = \frac{3,5 \cdot 10^6 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}}{1,2 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2 \text{K}} \cdot 15,7^\circ\text{C} \cdot 3600 \frac{\text{s}}{\text{h}}} = 51,6 \text{m}^2$$

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 fűtőgőzsükséglet?

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

Egy 5 m<sup>2</sup> 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 gőzsükséglet, 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 fűtőgőzsükségletet 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.  $k_{\text{át}} = 1 \text{ kW/m}^2\text{K}$

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/m<sup>2</sup>K?

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

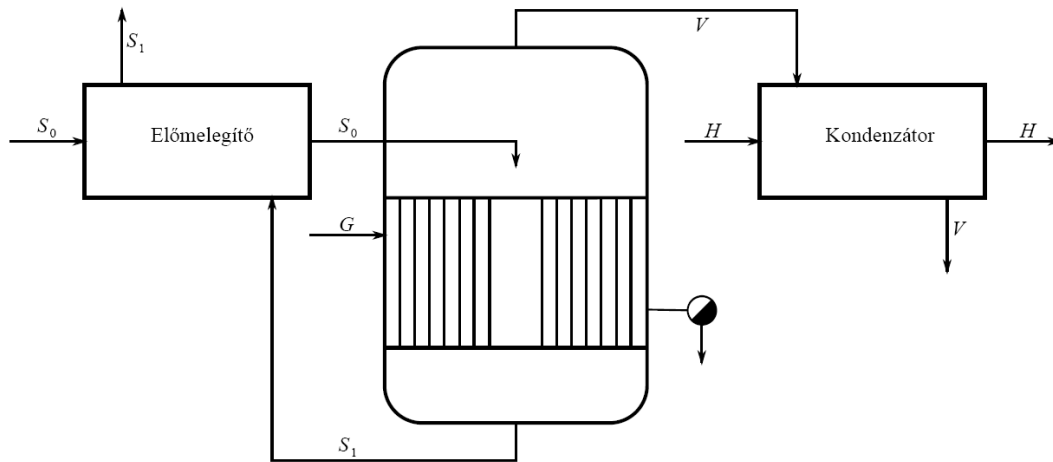
NaOH-oldatot Robert-bepárlóban 42%-osra töményítünk 0,2 bar nyomáson. A betáplálás 20 °C-on történik, 0,6 t sűrített oldatot és 1,5 t párákat kapunk óránként. A fűtőgőz 1,2 bar-os telített gőz, amit 1,48 bar-os élesgőzből és a pára egy részének összekeveréséből nyerünk. (A pára a bepárlóból kilépve túlhevítési hőjét leadja.) A pára másik részét barometrikus keverőkondenzátorban 18 m<sup>3</sup>/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.

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



7.2. ábra Készülékek és áramok a 7.8. feladatban

### 7.9. feladat

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

- Mekkora a sűrítmény és a pára tömegárama és hőmérséklete?
- 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

- forrponton,
- 20 °C-on,
- 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 kW/m<sup>2</sup>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 párákat 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 W/mK, sűrűsége 1000 kg/m<sup>3</sup>, dinamikus viszkozitása 1 mPas. A gőzoldali hőátadási tényező 4800 W/m<sup>2</sup>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 az előmelegítőtől kilépő töményített oldat?

A számításokhoz használhatók a sík falra érvényes összefüggések.

## 2. Eredmények

### 2.7. Bepárlás

#### 7. Bepárlás

##### 7.1. feladat

- a)  $S_1 = 800 \text{ kg/h}$ ;  $V = 1200 \text{ kg/h}$
- b)  $i_0 = -40 \text{ kJ/kg}$ ;  $i_1 = 130 \text{ kJ/kg}$ ;  $i_V'' = 2675,784 \text{ kJ/kg}$ ;  $Q = 3,61 \cdot 10^6 \text{ kJ/h}$ ;  
 $r_G = 2156,621 \text{ kJ/kg}$ ;  $G = 1674,7 \text{ kg/h}$ ;  $G' = 1744 \text{ kg/h}$
- c)  $i'_{GK} = 571,917 \text{ kJ/kg}$ ;  $i''_{SG} = 2675,784 \text{ kJ/kg}$ ;  $i'_F = 419,099 \text{ kJ/kg}$ ;  $SG = 118,1 \text{ kg/h}$
- d)  $T_V = 100^\circ\text{C}$ ;  $T_G = 136^\circ\text{C}$ ;  $A = 27,85 \text{ m}^2$
- e)  $T_1 = 110^\circ\text{C}$ ;  $\Delta T_{korr} = 26^\circ\text{C}$ ;  $k_{korr} = 1543 \text{ W/m}^2\text{K}$

##### 7.2. feladat

- a)  $S_1 = 1500 \text{ kg/h}$ ;  $V = 1500 \text{ kg/h}$ ;  $i_0 = 190 \text{ kJ/kg}$ ;  $i_1 = 60 \text{ kJ/kg}$ ;  $i_V'' = 2653,175 \text{ kJ/kg}$ ;  
 $Q = 3,5 \cdot 10^6 \text{ kJ/h}$
- b)  $T_1 = 105^\circ\text{C}$ ;  $T_G = 115^\circ\text{C}$
- c)  $r_G = 2216,492 \text{ kJ/kg}$ ;  $G = 1642 \text{ kg/h}$
- d)  $\Delta T_{\text{átlag}} = 15,7^\circ\text{C}$ ;  $A = 51,6 \text{ m}^2$

##### 7.3. feladat

- $S_1 = 75 \text{ kg/h}$ ;  $V = 25 \text{ kg/h}$ ;  $i_0 = 40 \text{ kJ/kg}$ ;  $i_1 = 40 \text{ kJ/kg}$ ;  $i_V'' = 2645,4 \text{ kJ/kg}$ ;  
 $Q = 6,53 \cdot 10^4 \text{ kJ/h}$ ;  $r_G = 2136,105 \text{ kJ/kg}$ ;  $G = 30,56 \text{ kg/h}$

##### 7.4. feladat

- a)  $T_1 = 155^\circ\text{C}$ ;  $\Delta T_{korr} = 10^\circ\text{C}$ ;  $Q = 60 \text{ kW}$ ;  $i_0 = -270 \text{ kJ/kg}$ ;  $i_1 = 180 \text{ kJ/kg}$ ;  
 $i_V'' = 2675,784 \text{ kJ/kg}$ ;  $S_0 = 163,7 \text{ kg/h}$ ;  $G = 104,6 \text{ kg/h}$ ;
- b)  $i_0 = -270 \text{ kJ/kg}$ ;  $S_0 = 199,4 \text{ kg/h}$

##### 7.5. feladat

- a)  $S_1 = 12 \text{ t/h}$ ;  $V = 8 \text{ t/h}$ ;  $i_0 = -100 \text{ kJ/kg}$ ;  $i_1 = 130 \text{ kJ/kg}$ ;  $i_V'' = 2675,784 \text{ kJ/kg}$ ;  
 $Q = 2,58 \cdot 10^7 \text{ kJ/h}$ ;  $r_G = 2165,413 \text{ kJ/kg}$ ;  $G_{tisza} = 11,9 \text{ t/h}$ ;  $G_{nedves} = 12,5 \text{ t/h}$ ;  
 $T_V = 100^\circ\text{C}$ ;  $\Delta T_{\text{látsz}} = 33^\circ\text{C}$ ;  $A = 217 \text{ m}^2$
- b)  $i_0 = 220 \text{ kJ/kg}$ ;  $Q = 1,94 \cdot 10^7 \text{ kJ/h}$ ;  $G_{tisza} = 9 \text{ t/h}$ ;  $G_{nedves} = 9,43 \text{ t/h}$ ;  $A = 165 \text{ m}^2$
- c)  $i_0 = 300 \text{ kJ/kg}$ ;  $i_1 = 215 \text{ kJ/kg}$ ;  $i_V'' = 2706,637 \text{ kJ/kg}$ ;  $Q = 1,88 \cdot 10^7 \text{ kJ/h}$ ;  
 $G_{tisza} = 8,68 \text{ t/h}$ ;  $G_{nedves} = 9,04 \text{ t/h}$ ;  $A = 402 \text{ m}^2$

### 7.6. feladat

- a)  $S_1 = 2,86 \text{ t/h}$ ;  $V = 2,14 \text{ t/h}$ ;  $i_0 = 140 \text{ kJ/kg}$ ;  $i_1 = 40 \text{ kJ/kg}$ ;  $i_V'' = 2645,4 \text{ kJ/kg}$ ;  
 $Q = 5,08 \cdot 10^6 \text{ kJ/h}$
- b)  $T_1 = 103 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $T_G = 109 \text{ }^\circ\text{C}$
- c)  $T_{0,fp} = 87 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $\Delta T_{\text{átlag}} = 12,31 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $A = 229,3 \text{ m}^2$

### 7.7. feladat

- a)  $S_0 = 2,1 \text{ t/h}$ ;  $b_0 = 0,12$ ;  $i_0 = -65 \text{ kJ/kg}$ ;  $i_1 = -30 \text{ kJ/kg}$ ;  $i_V'' = 2609,214 \text{ kJ/kg}$ ;  
 $Q = 4,03 \cdot 10^6 \text{ kJ/h}$ ;  $r_G = 2243,287 \text{ kJ/kg}$ ;  $G = 1,8 \text{ t/h}$ ;  $i_G'' = 2683,320 \text{ kJ/kg}$ ;  
 $i_{G\acute{E}}'' = 2692,95 \text{ kJ/kg}$ ;  $G\acute{E} = 1,59 \text{ t/h}$ ;  $V_{\text{élesgőzre}} = 207,5 \text{ kg/h}$
- b)  $V_{\text{kond}} = 1,3 \text{ t/h}$ ;  $H = 18 \text{ t/h}$ ;  $K = 19,3 \text{ t/h}$ ;  $i_H'' = 42,035 \text{ kJ/kg}$ ;  $i_K'' = 214 \text{ kJ/kg}$ ;  
 $T_K = 51,1 \text{ }^\circ\text{C}$
- 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)  $S_1 = 933,3 \text{ kg/h}$ ;  $V = 1066,7 \text{ kg/h}$ ;  $i_0 = -90 \text{ kJ/kg}$ ;  $i_1 = 40 \text{ kJ/kg}$ ;  $i_V'' = 2645,376 \text{ kJ/kg}$ ;  
 $Q = 3,51 \cdot 10^6 \text{ kJ/h}$ ;  $r_G = 2230 \text{ kJ/kg}$ ;  $G = 1574 \text{ kg/h}$
- b)  $T_1 = 97 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $T_G = 110 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $\Delta T_{\text{korr}} = 12 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $A = 50,0 \text{ m}^2$
- c)  $T_V = 81,34 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $\Delta T_{\text{át}} = 28,66 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $k_{\text{látsz}} = 680 \text{ W/m}^2\text{K}$

### 7.9. feladat

- a)  $S_1 = 228,6 \text{ kg/h}$ ;  $V = 571,4 \text{ kg/h}$ ;  $T_1 = 112 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $T_V = 81,34 \text{ }^\circ\text{C}$
- b)  $i_0 = 180 \text{ kJ/kg}$ ;  $i_1 = 45 \text{ kJ/kg}$ ;  $i_V'' = 2645,376 \text{ kJ/kg}$ ;  $Q = 1,45 \cdot 10^6 \text{ kJ/h}$ ;  
 $r_G = 2174,205 \text{ kJ/kg}$ ;  $G = 687,5 \text{ kg/h}$

### 7.10. feladat

- a)  $S_1 = 11,67 \text{ t/h}$ ;  $V = 8,33 \text{ t/h}$ ;  $i_0 = 230 \text{ kJ/kg}$ ;  $i_1 = 140 \text{ kJ/kg}$ ;  $i_V'' = 2675,784 \text{ kJ/kg}$ ;  
 $Q = 1,97 \cdot 10^7 \text{ kJ/h}$ ;  $r_G = 2114,334 \text{ kJ/kg}$ ;  $G = 9,33 \text{ t/h}$
- b)  $i_0 = -90 \text{ kJ/kg}$ ;  $Q = 2,61 \cdot 10^7 \text{ kJ/h}$ ;  $G = 12,375 \text{ t/h}$
- c)  $i_0 = 405 \text{ kJ/kg}$ ;  $Q = 1,62 \cdot 10^7 \text{ kJ/h}$ ;  $G = 7,675 \text{ t/h}$

### 7.11. feladat

- $r_G = 2202 \text{ kJ/kg}$ ;  $Q = 3,05 \cdot 10^6 \text{ kJ/h}$ ;  $S_1 = 350 \text{ kg/h}$ ;  $V = 1050 \text{ kg/h}$ ;  $i_0 = -22 \text{ kJ/kg}$ ;  
 $i_1 = 105 \text{ kJ/kg}$ ;  $i_V'' = 2675,784 \text{ kJ/kg}$ ;  $Q_{\text{veszt}} = 48,02 \text{ kW}$

### 7.12. feladat

- a)  $S_1 = 480 \text{ kg/h}$   $V = 720 \text{ kg/h}$ ;  $i_0 = 270 \text{ kJ/kg}$ ;  $i_1 = 130 \text{ kJ/kg}$ ;  $i_V'' = 2675,784 \text{ kJ/kg}$ ;  
 $Q = 1,75 \cdot 10^6 \text{ kJ/h}$ ;  $r_G = 2174,205 \text{ kJ/kg}$ ;  $G = 831 \text{ kg/h}$
- b)  $T_{0,fp} = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $T_1 = 110 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $\Delta T_{\acute{a}tl} = 24,66 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $A = 14,6 \text{ m}^2$

### 7.13. feladat

- a)  $V = 285 \text{ kg/h}$ ;  $r_V = 2256,685 \text{ kJ/kg}$ ;  $Q = 6,43 \cdot 10^5 \text{ kJ/h}$ ;  $m_H = 2,85 \text{ kg/s}$ ;  
 $v_H = 0,57 \text{ m/s}$ ;  
 $\alpha_H = 2399 \text{ W/m}^2\text{K}$ ;  $k = 1496 \text{ W/m}^2\text{K}$ ;  $\Delta T_{\acute{a}tl} = 72,2 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $L = 1,46 \text{ m}$
- b)  $T_{0,be} = 20^\circ\text{C}$ ;  $T_{1,be} = 120^\circ\text{C}$ ;  $T_{1,ki} = 25^\circ\text{C}$ ;  $Q = 20781 \text{ W}$ ;  $T_{0,ki} = 57,8 \text{ }^\circ\text{C}$   
 $q_{w,0} = 550 \text{ W/K}$ ;  $q_{w,1} = 218,75 \text{ W/K}$ .