

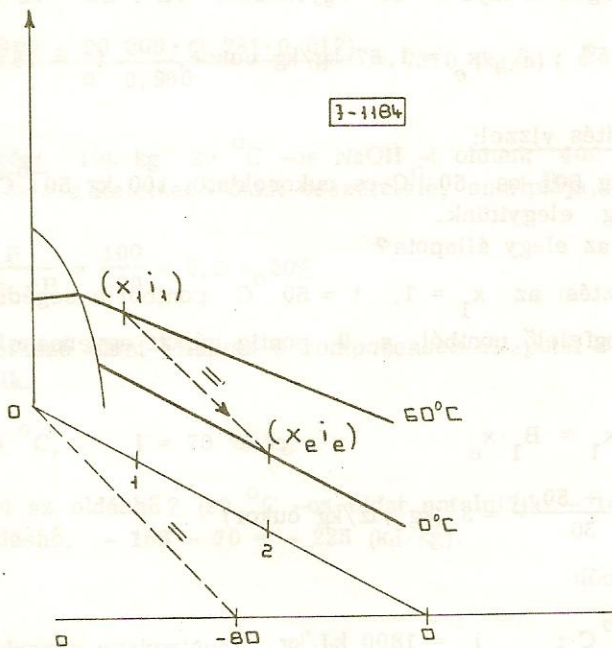
$t_e = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$ (ez az oldat $-3,3 \text{ } ^\circ\text{C}$ -on kezd megfagyni)

$i_e = 1050 \text{ kJ/kg}$

Számítással: $i_1 = 1380 \text{ kJ/kg}$ cukor

$$B \cdot i_e = B \cdot i_1 + A \cdot i_1$$

$$i_e = i_1 + \frac{A \cdot i_1}{B} = 1380 + \frac{50 \cdot (-330)}{50} = 1050 \text{ (kJ/kg cukor)}$$



1.9 ábra

e) Elegyítés gőzzel

100 kg 25%-os ($x_1 = 3 \text{ kg/kg}$ cukor) $50 \text{ } ^\circ\text{C}$ -os, 1 bar nyomású oldatba 25 kg 1 bar nyomású telített gőzt vezetünk

Mi lesz az elegy összetétele és entalpiája?

Diagramból: $i_1 = 1800 \text{ kJ/kg}$ cukor

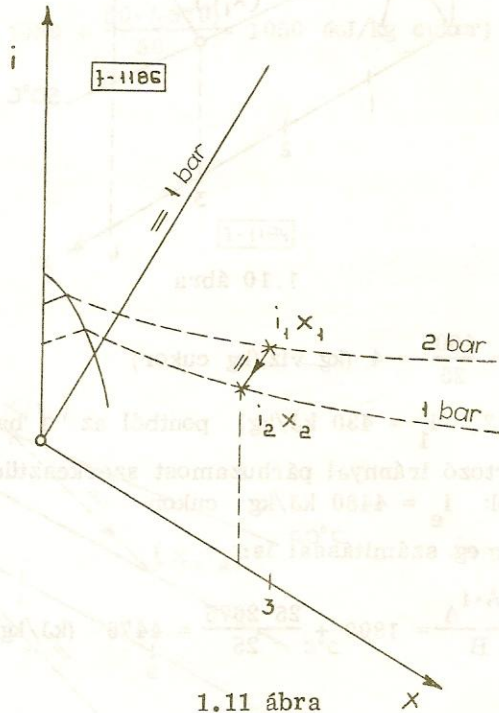
$$A + B \cdot x_1 = B \cdot x_e = 25 + 25 \cdot 3 = 100 \text{ kg}$$

$$p_2 = 1 \text{ bar}$$

$$t_2 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$$

A kivált gőz mennyisége:

$$V = B \cdot (x_1 - x_2) = 25 \cdot (3,00 - 2,86) = 3,5 \text{ (kg)}$$



1.11 ábra

g) Bepárlás

1000 kg 25%-os ($x_1 = 3 \text{ kg/kg}$ cukor) $70 \text{ }^\circ\text{C}$ -os ($i_1 = 2100 \text{ kJ/kg}$ cukor), 1 bar nyomású oldattal $2,100 \text{ kJ/kg}$ cukor hőt közlünk.

Milyen összetételű és entalpiájú sűrű oldatot kapunk és mennyi gőz párolog el?

$$B = 250 \text{ kg}, \quad Q = B \cdot q = 250 \cdot 2100 = 5,25 \cdot 10^5 \text{ kJ}$$

Az oldat - gőz elegy állapota: $x_e = 3 \text{ kg/kg}$ cukor,

$$i_e = 4190 \text{ kJ/kg}$$

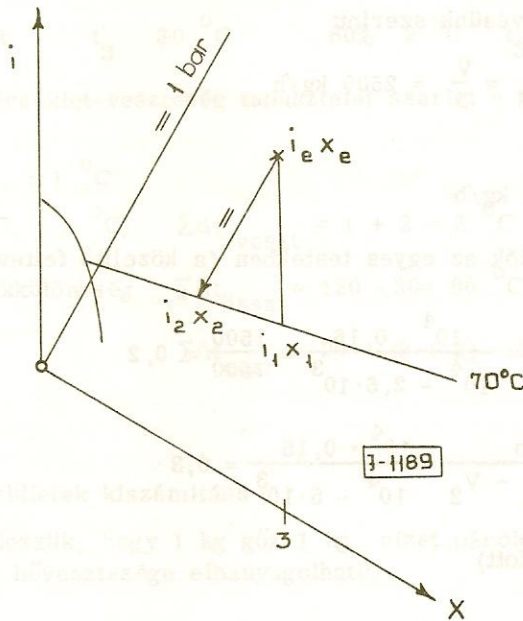
Az oldat állapotát megkapjuk, ha az (i_e, x_e) pontból az 1 bar nyomású telített gőz entalpiájához tartozó iránnyal párhuzamosot húzunk.

$$x_e = 2,27 \text{ kg/kg cukor}$$

$$i_e = 2220 \text{ kJ/kg cukor}$$

A pára mennyisége:

$$V = B \cdot (x_1 - x_2) = 250 \cdot (3,00 - 2,27) = 182 \text{ (kg)}$$



1.12 ábra

9. 10 t/h 15%-os cukoroldatot 60%-osra akarunk bepárolni háromtes-tes bepárlóban. A fűtőgőz 2 bar nyomású telített gőz, az utolsó test ke-
verő kondenzátorában a távozó hűtővíz hőmérséklete 30 °C . (Feltételez-
zük, hogy a kondenzátorban a pára nem hül forrpointja alá.) A hig oldat
forrpointon áll rendelkezésre. A korrigált hőátbocsátási együtthatók
($\text{kW} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$) : $k_1 = 2,9$; $k_2 = 1,86$; $k_3 = 0,70$.

Mennyi az egyes testekben az elpárologtatott vízmennyiség, a közölt hő, a fűtőgőz- szükséglet, a fűtőfelület? Egyenlő nagyságú fűtőfelületet akarunk beépíteni. (Az I. és II. testeket összekötő vezetékben a hőfokvesztés $1\text{ }^{\circ}\text{C}$, a II. és III. testeket összekötőben $2\text{ }^{\circ}\text{C}$.)

Megoldás

1. Az összes elpárologtatandó vízmennyiség:

$$V = S_o \cdot \left(1 - \frac{b_o}{b_3}\right) = 10\ 000 \cdot \left(1 - \frac{0,15}{0,60}\right) = 7500 \text{ (kg/h)}$$

Közelítő feltevésünk szerint:

$$V_1 = V_2 = V_3 = \frac{V}{3} = 2500 \text{ kg/h}$$

és

$$G = \frac{V}{3} = 2500 \text{ kg/h}$$

A koncentrációk az egyes testekben (a közelítő feltevésből)

$$b_1 = \frac{S_o \cdot b_o}{S_o - V_1} = \frac{10^4 \cdot 0,15}{10^4 - 2,5 \cdot 10^3} = \frac{1500}{7500} = 0,2$$

$$b_2 = \frac{S_o \cdot b_o}{S_o - V_1 - V_2} = \frac{10^4 \cdot 0,15}{10^4 - 5 \cdot 10^3} = 0,3$$

$$b_3 = 0,6 \text{ (adott)}$$

2. Δt_{corr} kiszámítása: első közelítésben az összes nyomásesést osszuk el egyenletesen

Fűtőgőz nyomása: 2 bar

Kondenzátor nyomás: 0,042 bar

$$\Delta P_{\text{össz}} = 1,958 \text{ bar}$$

$$\Delta P_i = \frac{\Delta P_{\text{össz}}}{3} = 0,653 \text{ bar}$$

Mennyi az egyes testekben az elpárologtatott vízmennyiség, a közölt hő, a fűtőgőz- szükséglet, a fűtőfelület? Egyenlő nagyságú fűtőfelületet akarunk beépíteni. (Az I. és II. testeket összekötő vezetékben a hőfokvesztés $1\text{ }^{\circ}\text{C}$, a II. és III. testeket összekötőben $2\text{ }^{\circ}\text{C}$.)

Megoldás

1. Az összes elpárologtatandó vízmennyiség:

$$V = S_o \cdot \left(1 - \frac{b_o}{b_3}\right) = 10\,000 \cdot \left(1 - \frac{0,15}{0,60}\right) = 7500 \text{ (kg/h)}$$

Közelítő feltevésünk szerint:

$$V_1 = V_2 = V_3 = \frac{V}{3} = 2500 \text{ kg/h}$$

és

$$G = \frac{V}{3} = 2500 \text{ kg/h}$$

A koncentrációk az egyes testekben (a közelítő feltevésből)

$$b_1 = \frac{S_o \cdot b_o}{S_o - V_1} = \frac{10^4 \cdot 0,15}{10^4 - 2,5 \cdot 10^3} = \frac{1500}{7500} = 0,2$$

$$b_2 = \frac{S_o \cdot b_o}{S_o - V_1 - V_2} = \frac{10^4 \cdot 0,15}{10^4 - 5 \cdot 10^3} = 0,3$$

$$b_3 = 0,6 \text{ (adott)}$$

2. Δt_{corr} kiszámítása: első közelítésben az összes nyomáseést osszuk el egyenletesen

Fűtőgőz nyomása: 2 bar

Kondenzátor nyomás: 0,042 bar

$$\Delta P_{\text{össz}} = 1,958 \text{ bar}$$

$$\Delta P_i = \frac{\Delta P_{\text{össz}}}{3} = 0,653 \text{ bar}$$

Fűtőgőz	π_1	2 bar	ϑ_1	120 °C
I. test	p_1	1,35 bar	t_{p_1}	108 °C
II. test	p_2	0,69 bar	t_{p_2}	90 °C
III. test	p_3	0,042 bar	t_{p_3}	30 °C

A koncentráció és nyomásviszonyok ismeretében a cukor-víz diagramból kivethetjük a koncentrációs forrpont-emelkedést:

I. test	t_1	108 °C	20% 0 °C	$t_1 = t_{p_1}$
II. test	t_2	90 °C	30% 0 °C	$t_2 = t_{p_2}$
III. test	t_3	30 °C	60% 2 °C	$t_3 = t_{p_3} + 2 °C$

A hőmérséklet-veszteség tapasztalat szerint a testeket összekötő csövekben:

$$\begin{aligned} \text{I.} - \text{II.} &: 1 \text{ °C} \\ \text{II.} - \text{III.} &: 2 \text{ °C} \end{aligned} \quad \Sigma \Delta t_{\text{veszt}} = 1 + 2 = 3 \text{ °C}$$

$$\text{A teljes hőfokkülönbség} \quad \Sigma \Delta t_{\text{össz}} = 120 - 30 = 90 \text{ °C}$$

$$\Sigma \Delta t_{\text{corr}} = 90 - (2 + 3) = 85 \text{ °C}$$

3. A fűtőfelületek kiszámítása

Feltételezzük, hogy 1 kg gőz 1 kg vizet párologtat el, és, hogy a bepárlótestek hővesztesége elhanyagolható.

		I. test	II. test	III. test
Fűtőgőz hőfoka	°C	120	107	88
Páratér hőfoka	°C	108	90	30
Oldat hőfoka	°C	108	90	32
Δt_{corr}	°C	12	17	56
Fűtőgőz	kJ/kg	2203	2238	2288
pár. hője				
$Q = G \cdot r$	kW	1530	1554	1589

Fűtőgőz	π_1	2 bar	ϑ_1	120 °C
I. test	p_1	1,35 bar	t_{p_1}	108 °C
II. test	p_2	0,69 bar	t_{p_2}	90 °C
III. test	p_3	0,042 bar	t_{p_3}	30 °C

A koncentráció és nyomásviszonyok ismeretében a cukor-víz diagramból kivethetjük a koncentrációs forrpont-emelkedést:

I. test	t_1	108 °C	20% 0 °C	$t_1 = t_{p_1}$
II. test	t_2	90 °C	30% 0 °C	$t_2 = t_{p_2}$
III. test	t_3	30 °C	60% 2 °C	$t_3 = t_{p_3} + 2 °C$

A hőmérséklet-veszteség tapasztalat szerint a testeket összekötő csövekben:

$$\begin{aligned} \text{I. - II. : } & 1 \text{ °C} \\ \text{II. - III. : } & 2 \text{ °C} \end{aligned} \quad \Sigma \Delta t_{\text{veszt}} = 1 + 2 = 3 \text{ °C}$$

$$\text{A teljes hőfokkülönbség} \quad \Sigma \Delta t_{\text{össz}} = 120 - 30 = 90 \text{ °C}$$

$$\Sigma \Delta t_{\text{corr}} = 90 - (2 + 3) = 85 \text{ °C}$$

3. A fűtőfelületek kiszámítása

Feltételezzük, hogy 1 kg gőz 1 kg vizet párologtat el, és, hogy a bepárlótestek hővesztesége elhanyagolható.

		I. test	II. test	III. test
Fűtőgőz hőfoka	°C	120	107	88
Páratér hőfoka	°C	108	90	30
Oldat hőfoka	°C	108	90	32
Δt_{corr}	°C	12	17	56
Fűtőgőz	kJ/kg	2203	2238	2288
pár. hője				...
$Q = G \cdot r$	kW	1530	1554	1589

A fűtőfelületek

$$F_1 = \frac{Q_1}{k_1 \cdot \Delta t_1} = \frac{1530}{2,9 \cdot 12} = 44,0 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$F_2 = 49,2 \text{ m}^2 \quad \text{és} \quad F_3 = 40,5 \text{ m}^2$$

4. A fűtőfelületek nem egyenlőek, a hőfokeloszlást újból kell számítani.

$$\frac{Q_1}{k_1} = \frac{1530}{2,9} = 528 \quad \frac{Q_2}{k_2} = 836 \quad \text{és} \quad \frac{Q_3}{k_3} = 2270$$

$$\sum \frac{Q}{k} = 3634$$

$$\Delta t_{1 \text{ corr}} = \frac{\frac{Q_1}{k_1} \sum \Delta t_{\text{corr}}}{\sum \frac{Q}{k}} = \frac{528,85}{3634} = 12 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$\Delta t_{2 \text{ corr}} = 20 \text{ }^\circ\text{C} \quad \text{és} \quad \Delta t_{3 \text{ corr}} = 53 \text{ }^\circ\text{C}$$

5. A következőkben az egyes testekben elpárologtatott víz mennyiségét a hő- és anyagmérlegekből pontosan kiszámítjuk. Az oldat entalpiáját diagramból (11. melléklet) a vizgózét táblázatból vesszük.

		I. test	II. test	III. test
Fűtőgőz hőfoka	$^\circ\text{C}$	120	107	85
Δt_{corr}	$^\circ\text{C}$	12	20	53
Oldathőfok	$^\circ\text{C}$	108	87	32
Párahőfok	$^\circ\text{C}$	108	87	30
Fűtőgőz látens hője	kJ/kg gőz	2203	2238	2296
Pára entalpiája	kJ/kg gőz	2688	2655	2556
b		0,2	0,3	0,6
Oldat entalpiája	kJ/kg cukor	2880	1960	1020
Táplálék entalpiája	kJ/kg cukor	3600	2880	1960

A hőmérleget 1 kg szárazanyagra írjuk fel:

$$\text{I.} \quad g \cdot 2203 + 3600 = 2880 + 2688 v_1 \quad \text{kJ/kg cukor}$$

$$\text{II.} \quad v_1 \cdot 2238 + 2880 = 1960 + 2655 v_2 \quad \text{kJ/kg cukor}$$

$$\text{III.} \quad v_2 \cdot 2296 + 1960 = 1020 + 2556 v_3 \quad \text{kJ/kg cukor}$$

Anyagmérleg 1 kg szárazanyagra vonatkoztatva:

Elpárologatandó vízmennyiség 7500 kg/h

Szárazanyag 1500 kg/h

$$v = \frac{7500}{1500} = v_1 + v_2 + v_3 = 5 \text{ kg víz/kg cukor}$$

A legutolsó egyenletből és az I., II., III. hőmérlegekből álló egyenletrendszert az ismeretlen g , v_1 , v_2 és v_3 -ra megoldva:

$$g = 1,538 \text{ kg/kg cukor} \quad G = 2310 \text{ kg/h}$$

$$v_1 = 1,529 \text{ kg/kg cukor} \quad V_1 = 2290 \text{ kg/h}$$

$$v_2 = 1,635 \text{ kg/kg cukor} \quad V_2 = 2450 \text{ kg/h}$$

$$v_3 = 1,836 \text{ kg/kg cukor} \quad V_3 = 2760 \text{ kg/h}$$

Látjuk, hogy az egyes testekben elpárologatott víz az önelpárologatás miatt növekszik:

$$V_1 : V_2 : V_3 = 1 : 1,07 = 1,20$$

Koncentrációk az egyes testekben:

$$b_0 = 15\% ; \quad b_1 = 19,5\% ; \quad b_2 = 28,5\% ; \quad b_3 = 60\%.$$

Az egyes testekben átadott hőmennyiség:

$$Q_1 = 2203 \cdot 2310 = 5,09 \cdot 10^6 \text{ kJ/h} \quad Q_1 = 1410 \text{ kW}$$

$$Q_2 = 2238 \cdot 2290 = 5,13 \cdot 10^6 \text{ kJ/h} \quad Q_2 = 1420 \text{ kW}$$

$$Q_3 = 2296 \cdot 2450 = 5,63 \cdot 10^6 \text{ kJ/h} \quad Q_3 = 1560 \text{ kW}$$

$$\text{Az egyes testek fűtőfelülete:} \quad F_1 = \frac{1410}{2,9 \cdot 12} = 40,5 \text{ m}^2$$

$$F_2 = \frac{1420}{1,86 \cdot 20} = 38,2 \text{ m}^2$$

$$F_3 = \frac{1560}{0,7 \cdot 53} = 42,0 \text{ m}^2$$

6. Mivel a számított fűtőfelületek nemegyeznek meg, a 4-5. pontban ismertetett számításokat újból el kell végeznünk.

$$\frac{Q_1}{k_1} = \frac{1410}{2,9} = 486 \quad \Delta t_1 = \frac{Q_1}{k_1} \frac{\sum \Delta t}{\sum \frac{Q}{k}} = 486 \cdot \frac{85}{3478} = 12 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\frac{Q_2}{k_2} = \frac{1420}{1,86} = 763 \quad \Delta t_2 = 19 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\frac{Q_3}{k_3} = \frac{1560}{0,7} = 2229 \quad \text{és} \quad \Delta t_3 = 54 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\sum \frac{Q}{k} = 3478$$

	I.	II.	III.
Fűtőgőz hőfok $^\circ\text{C}$	120	107	86
Δt_{corr}	12	19	54
Oldathőfok	108	88	32
Párahőfok	108	88	30
Fűtőgőz látenshője	2203	2238	2288
Pára entalpiája	2688	2657	2556
b	0,195	0,285	0,6
Oldat entalpiája	2930	2000	1020
Táplálék entalpiája	3600	2930	2000

A hőmérleg 1 kg szárazanyagra:

$$\text{I.} \quad g \cdot 2203 + 3600 = 2930 + v_1 \cdot 2688$$

$$\text{II.} \quad v_1 \cdot 2238 + 2930 = 2000 + v_2 \cdot 2657$$

$$\text{III.} \quad v_2 \cdot 2288 + 2000 = 1020 + v_3 \cdot 2556$$

Anyagmérleg:

$$5 = v_1 + v_2 + v_3$$

A hőmérlegekből és az anyagmérlegből álló egyenletrendszert megold-

va:

$$g = 1,554 \text{ kg/kg cukor} \quad G = 2330 \text{ kg/h}$$

$$v_1 = 1,523 \text{ kg/kg cukor} \quad V_1 = 2280 \text{ kg/h}$$

$$v_2 = 1,633 \text{ kg/kg cukor} \quad V_2 = 2450 \text{ kg/h}$$

$$v_3 = 1,845 \text{ kg/kg cukor} \quad V_3 = 2770 \text{ kg/h}$$

A koncentrációk:

$$b_o = 15\% ; \quad b_1 = 19,4\% ; \quad b_2 = 28,5\% ; \quad b_3 = 60\%$$

Az átadott hőmennyiségek:

$$Q_1 = 1430 \text{ kW} ; \quad Q_2 = 1420 \text{ kW} ; \quad Q_3 = 1560 \text{ kW}$$

A fűtőfelületek:

$$F_1 = 41,1 \text{ m}^2 ; \quad F_2 = 40,2 \text{ m}^2 ; \quad F_3 = 41,3 \text{ m}^2$$

10. Szakaszos bepárlóban ($F = 40 \text{ m}^2$) 20 t $b_o = 5\%$ -os, 20°C -os vizes oldatot ($c_{p_o} = 4 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$) kell $b_1 = 50\%$ -osra besűriteni (vákuumban). Az oldat forrpointja és a hőátbocsátási tényező koncentrációfüggése az alábbi:

$b(\%)$	5	10	20	30	40	50
$t(^{\circ}\text{C})$	55	56	60	67	76	95

$$k \left(\frac{\text{kW}}{\text{m}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}} \right) 2,15 \quad 1,75 \quad 1,13 \quad 0,74 \quad 0,49 \quad 0,28$$

A felmelegítés szakaszában $k = 0,35 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}}$

A fűtőgőz hőmérséklete: $\vartheta = 120^\circ\text{C}$

Mekkora a felmelegítés és a bepárlás gőzszükséglete, ha a gőz nedvességtartalma 5%, és mekkora a teljes bepárlási idő?

Megoldás:

A gőzszükséglet:

Az elpárologatandó vízmennyiség: