

8.2. Bepárlás vizsgálata

8.2.1. Elméleti összefoglalás

(Lásd még az “Elméleti bevezetés a hőtani mérésekhez” című fejezetet)

A közepes folyadékterű, forralócsöves bepárlókban levő oldat koncentrációja – a folyamatos működés következtében – megegyezik a kilépő oldat koncentrációjával. A forralócsövekben az oldat áramlását természetes cirkuláció, vagy kényszercirkuláció (szivattyú) hozza létre. Ha nő az áramlás sebessége, nő a folyadékoldali hőátadási tényező is. A természetes cirkuláció okozta áramlás gyorsabb, ha

- növekszik a folyadékszint a forralócsövekben,
- a forralócsöveket magasabb hőmérsékletű gőz fűti,
- az ejtőcsőben a folyadék hidegebb (nagyobb a sűrűsége!).

A forralócsöves bepárlókban a folyadék hidrosztatikus nyomása és az oldat koncentrációs forráspontemelkedése miatt a forralócsövekben a folyadék hőmérséklete a hely szerint változik, és mindenütt magasabb, mint a páratér hőmérséklete, viszont többnyire csak ez utóbbit mérik. A páratér hőmérséklete a látszólagos folyadékoldali forráspont ($\vartheta_{\text{látsz}}$), amellyel a látszólagos hőmérsékletkülönbséget és a látszólagos hőátbocsátási tényezőt ($k_{\text{látsz}}$) definiáljuk:

$$\dot{Q} = k_{\text{látsz}} A (\vartheta_g - \vartheta_{\text{látsz}}) \quad (8.2-1)$$

ahol

\dot{Q}	bepárló fűtőfelületén átadott hőáram, W
A	fűtőfelület, m ²
ϑ_g	fűtőgőz kondenzációs hőmérséklete, °C
ϑ_{gk}	fűtőgőz kondenzátumának hőmérséklete, °C
$\vartheta_{\text{látsz}} = \vartheta_{p1}$	páratér hőmérséklete, °C.

A bepárló fűtőfelületén átadott hőáram (\dot{Q}) a bepárló teljes hőmérlegéből határozható meg:

$$G_g i_g + L_0 i_0 = G_{gk} i_{gk} + L_1 i_1 + W i_{p1} + \dot{Q}_V \quad (8.2-2)$$

ahol

G_g	fűtőgőz tömegárama, kg/s
L_0 ill. L_1	a táplálék ill. az elvétel tömegárama, kg/s
$W = L_0 - L_1$	pára tömegárama, kg/s
i_g ill. i_{gk}	fűtőgőz ill. kondenzátumának fajlagos entalpiája, J/kg

i_0 ill. i_1	a táplálék ill. az elvétel fajlagos entalpiája, J/kg
i_{p1}	pára fajlagos entalpiája, J/kg
\dot{Q}_V	hővesztesség, W

A (8.2-2) hőmérleg alapján a fűtőfelületen átadott hőáram:

$$\dot{Q} = G_g(i_g - i_{gk}) - \dot{Q}_V = L_0(i_1 - i_0) + W(i_{p1} - i_1) \quad (8.2-3)$$

A (8.2-3) egyenlet felírásánál feltételeztük, hogy a hővesztesség teljes egészében a fűtőkamra vesztesége és így nem adódik át a fűtőfelületen. (A valóság ennél bonyolultabb, mert a veszteségnek közel a fele a páratérből adódik át a környezetnek, és a hővesztesség ezen része már a fűtőfelületen átment hőáramból való.)

A bepárló hővesztességének meghatározása a (8.2-2) hőmérlegből lehetséges, ha az egyenlet többi tagja (pl. mérésből) ismert.

A bepárló hőátbocsátási tulajdonságainak vizsgálatára több lehetőség van:

- üzemi körülmények között: az L_0 táplálék b_0 töménységű, az L_1 sűrítmény b_1 töménységű oldat, a pára tiszta oldószer; a bepárlóban levő oldat töménysége b_1 (b_0 és b_1 tömegtört):

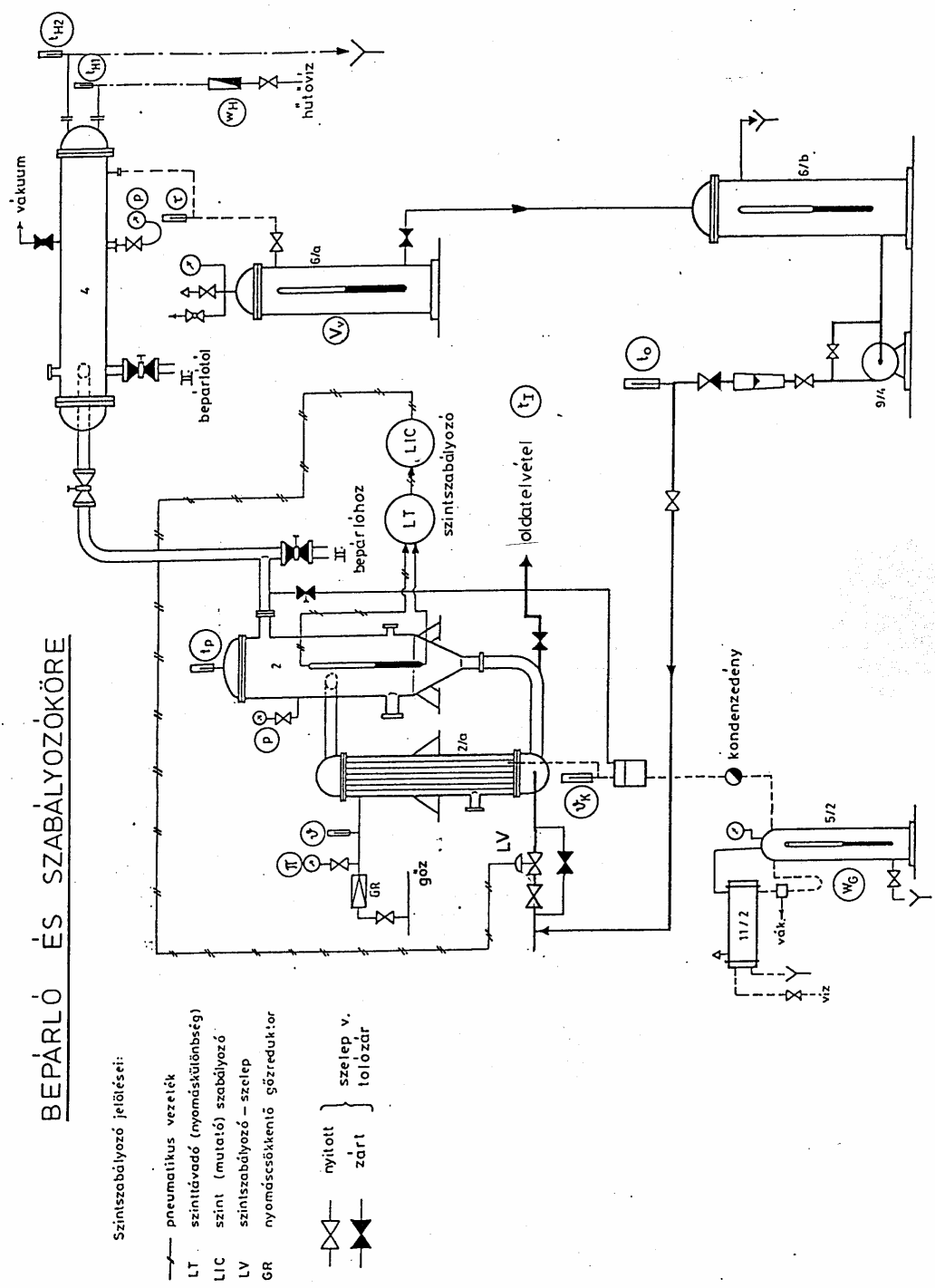
$$L_0 b_0 = L_1 b_1 \quad (8.2-4)$$

- az L_0 táplálék tiszta oldószer, a bepárlóban levő oldat töménysége b_1 , a pára tiszta oldószer, $L_1 = 0$, vagyis nincsen sűrített oldat elvétel! Ez utóbbi esetben a stacionárius állapot biztosítása könnyebb feladat.
- az L_0 táplálék és a bepárlóban lévő folyadék is tiszta oldószer, tehát $b_0 = 0$ és $L_1 = 0$, azaz nincs sűrített oldat elvétel. Ilyen körülmények között kapjuk a legnagyobb hőátbocsátási tényezőt. A mérés során mi is így fogunk dolgozni.

8.2.2. A berendezés leírása (8.2-1. ... 3. ábrák).

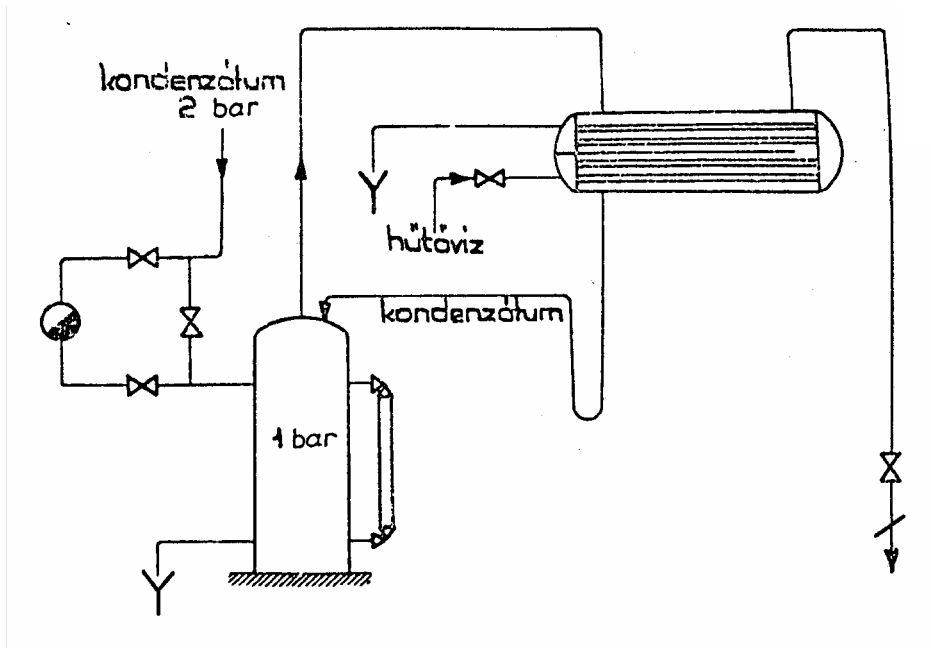
A bepárló egy külső fűtőterű, természetes cirkulációval működő berendezés. A 2/a fűtőtér, függőleges elrendezésű csököteges hőcserélő, melynek csöveiben, az un. forrcsővekben a bepárlandó, forrásban levő oldat, köpenyterében a fűtőgőz ill. kondenzátuma található. A fűtőtér forrcsőveiből a gőz-folyadék keverék tangenciálisan lép be a 2 bepárló ciklon rendszerű, terelőlapos cseppleválasztóval ellátott bepárló testbe, ahonnan az el nem párolgott folyadékot külső ejtőcsövön keresztül a 2/a fűtőtér aljába, a párát a 4 vízszintes helyzetű kondenzátorba vezetjük. A kondenzátor a csövekben áramló hűtővízre nézve – a jó hőátadási tényező biztosítása érdekében – négyszeres átfolyású. A pára a kondenzátor köpenyterében kondenzálódik, a kondenzátumot – a tetején a légtér felé nyitott – 6/a gyűjtőtartályába vezetjük.

A bepárlandó folyadékot a 6/b adagoló tartályból a 9/4 Sihi szivattyúval, rotaméteren keresztül, adagoljuk be a bepárló fűtőtere aljába. Az adagoló szivattyú megkerülő vezetékkel rendelkezik, mely a szivattyú által szállított fölös folyadékot vezeti vissza a szivattyú szívó oldalára. A megkerülő vezetékben levő szelepet – működő szivattyúnál – tilos elzárni!



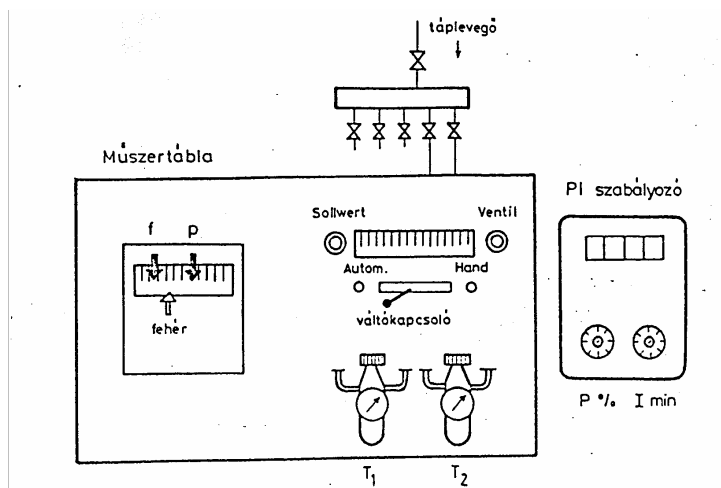
8.2-1. ábra
Folyamatábra a természetes cirkulációjú bepárlóttest üzemeltetéséhez

A fűtőterre ráadott fűtőgőz nyomásának állandóságáról a gőzvezetékbe beépített GR stabilizált gőznyomás csökkentő szelep gondoskodik, mely (a beállításától függően 0,1-1 bar között) a kimenő oldalon állandó értéken tartja a gőznyomást, függetlenül a bemenő oldalon levő nyomás értékétől (feltéve, hogy ez nem esik a kívánt érték alá). A gőzreduktor kimenő nyomásának értékét a szeleprugó előfeszítésének változtatásával lehet szabályozni.



8.2-2. ábra

A fűtőgőz kondenzátumának gyűjtő-mérő tartálya



8.2-3. ábra

A bepárló szintszabályzója

A fűtőtérben keletkező fűtőgőz-kondenzátumot úszógolyós kondenzedényen keresztül az 5/2 gyűjtőtartályba vezetjük. A kondenzedény olyan kialakítású, hogy a nem kondenzálódó gázokat is el tudja távolítani a fűtőtérből, nincs szükség a megkerülő ún. légtelenítő vezetékre. Mivel a kondenzátum atmoszféránál nagyobb nyomású térből, közel forrponjtján érkezik az atmoszféra nyomású gyűjtőedénybe, egy része elpárolog, ún. sarjúgőz keletkezik. Ennek visszatartására 11/2 visszafolyó hűtő csatlakozik a tartály tetejéhez. A gyűjtőtartály a visszafolyó hűtő köpenyterének legmagasabb pontján keresztül csatlakozik a külső légtérhez.

A bepárló 2/a fűtőterének belsőoldali hőátadó felülete: $1,1 \text{ m}^2$. A 4 kondenzátor hőátadó felülete: 4 m^2 . Az 5/2 és 6/a kondenzátum-gyűjtő tartályok szintmutatója literre van kalibrálva.

Mérési helyek:

1. Bepárlónál: a fűtőgőz nyomását (p_g) és hőmérsékletét (ϑ_g), a páratér nyomását (p_1) és hőmérsékletét (t_{p1}), valamint a bepárló folyadékszintjét (h);
2. A bepárló alatti szinten: a fűtőgőz kondenzátum hőmérsékletét (ϑ_{gk}) és tömegáramát az 5/2 tartálynál köbözéssel (G_{gk}), a rotaméter felett a betáplálási hőmérsékletet (ϑ_0);
3. Kondenzátornál: a pára-kondenzátum hőmérsékletét (ϑ_{Wk}) és tömegáramát a 6/a tartálynál köbözéssel (W), a hűtővíz tömegáramát a vízóránál (G_H) valamint a be- és kilépő hőmérsékletét (ϑ_{H1} , ϑ_{H2}) kell megmérni és a jegyzőkönyvbe feljegyezni.

8.2.3. A mérés ismertetése

A külső fűtőterű bepárlót zárt rendszerben, desztillált vízzel működtetjük. A mérés megkezdése előtt a 6/b táptartálytól kezdve végigjárjuk az "oldat", a 2 bepárlótól indulva a pára és a 2/a fűtőtértől kezdve a fűtőgőz ill. kondenzátuma útját az 1 folyamatábra segítségével. Ellenőrizzük, hogy az LV szintszabályozó szelep előtti és utáni golyós szelep nyitva, a megkerülő vezetékben levő csap zárva legyen. Ellenőrizzük, hogy a pára-vezetékben a 4 kondenzátor előtti tolózár nyitva, (és mivel a bepárló egy kéttetes bepárló első egysége) a II. bepárlóból érkező pára-vezeték, és a II fokozat felé menő fűtővezeték tolózárja zárva legyen. A 6/a páratlak-kondenzátum szedőtartályát 0 nívóig ürítjük (amivel a 6/b táptartályt töltjük fel) és ellenőrizzük, hogy a 6/a szedőtartály légzője nyitva legyen. A fűtőgőz-kondenzátum 5/2 szedőedényét 0 nívóig ürítjük és ellenőrizzük, hogy a 6/b táptartály legalább félig töltve legyen. Ezzel a berendezés indításra kész.

Mérés indítása:

1. Elindítjuk a 9/4 tápszivattyút és teljesen kinyitjuk a rotaméter alatti szelepet. A szivattyú kerülő vezetékében levő szelep a megfelelő mértékig nyitott állapotban rögzítve van. A rotaméter úszója az első pillanatban felugrik, majd visszaül.
2. Ráadjuk a bepárlóra a fűtőgőzt (a szelepet teljesen nyissuk ki). Ha a gőzreduktor beállítását meg kell változtatni, azt csak néhány perc eltelte után célszerű megtenni.
3. A 11/2 visszacsepegő hűtőre, valamint a 4 párakondenzátorra ráadjuk a hűtővizet.
4. Az LIC szintszabályozóra ráadjuk a táplevegőt: a két táplevegő reduktoron (T1, T2 a 8.2-3. ábrán) a piros jelre (1,4 skr) állítjuk a mutatót.
5. Ellenőrizzük, hogy a szabályozó automata állásban legyen és beállítjuk a mérésvezető által megadott alapjelet (alsó, fehér mutatót, célszerűen 10...40% közötti értékre).

A mérés célja: az állandósult (stacionárius) állapotban mért adatokból a bepárló és a kondenzátor hőmértégeknek, ill. a bepárlóra a látszólagos hőátbocsátási tényezőnek a kiszámítása.

A berendezés kb. fél óra alatt hozható állandósult állapotba. Ezt a bepárló folyadék szintjének, valamint a párlat-kondenzátum és a kilépő hűtővíz hőmérsékletének állandósága jelezi. A kondenzátornál ügyeljünk arra, hogy a hűtővízáramot úgy állítsuk be, hogy a stacionárius állapotban működő bepárló esetében a kilépő hűtővíz hőmérséklete 30...50 °C közé essen. Ha elértük az állandósult állapotot, a mellékelt táblázatba jegyezzük be kb. 5 percenként a táblázatban feltüntetett adatokat (a mérési pontok helyeit az 1. ábra mutatja). Mivel a két gyűjtőtartálnál ill. a hűtővízáramot mérő vízóránál az adott időhöz (pl. 5 min-hez) a mennyiség leolvasása nehéz és pontatlan, célszerűbb adott, jól leolvasható mennyiséghez (a fűtőgőz-kondenzátumnál 5 dm³-hez, a pára-kondenzátumnál 4 dm³-hez, a hűtővíznél 0,1 m³-hez) tartozó időket mérni stopper órával. Amikor az azonos mennyiségekhez tartozó utolsó három idő nem mutat monoton változást és az eltérés közöttük kisebb mint 5%, a mérés befejezhető.

Mérés leállítása:

Zárjuk

- a fűtőgőzt
- a táplevegőt
- a rotaméter előtti betápláló szelepet és leállítjuk a szivattyút
- mindkét kondenzátor hűtővizét.

Mérési táblázat

Szabályozó beállítása: alapjel: %, P: %, I: min.

No		1	2	3	4	5
Fűtőgőz	p_g , túlnyomás, bar ϑ_g , hőmérséklet, °C ϑ_{gk} , kondenzátum hőmérséklete, °C kondenzátum mennyisége, dm ³ gyűjtési idő, s G_g , tömegáram, kg/s					
Betáplálás	ϑ_0 , hőmérséklet, °C					
Pára	p_1 , túlnyomás, bar ϑ_{p1} , páratér hőmérséklete, °C ϑ_{wk} , kondenzátum hőmérséklete, kondenzátum mennyisége, dm ³ gyűjtési idő, s G_W , tömegáram, kg/s	0	0	0	0	0
Hűtővíz	ϑ_{H1} , belépő hőmérséklet, °C ϑ_{H2} , kilépő hőmérséklet, °C hűtővíz mennyisége, m ³ gyűjtési idő, s G_H , tömegáram, kg/s					
Bepárló	h , folyadékszint, cm					

Eredmény táblázat

	Bepárló		Kondenzátor	
	kW	%	kW	%
\dot{Q} össz		100		100
\dot{Q} átadott				
\dot{Q}_v				
k	kW/m ² K		—	

8.2.4. A mérés kiértékelése

Mivel a bepárlót tiszta vízzel üzemeltetjük:

$$b_0 = b_1 = 0, \quad L_1 = 0, \quad W = L_0$$

Teljes hõforgalom a bepárlóban:

$$\dot{Q}_{\text{össz}} = G_g (i_g - i_{gk}) = W(i_{p1} - i_0) + \dot{Q}_v$$

Fûtõfelületen átadott hõáram:

$$\dot{Q}_{\text{átadott}} = \dot{Q}_{\text{össz}} - \dot{Q}_v$$

Látszólagos hõátbocsátási tényezõ:

$$k_{\text{látsz}} = \frac{\dot{Q}_{\text{átadott}}}{A(\vartheta_g - \vartheta_{p1})}$$

Hõmérleg a kondenzátorra:

$$G_H c_p \vartheta_{H1} + W i_{p1} = G_H c_p \vartheta_{H2} + W c_p \vartheta_{wk} + \dot{Q}_v$$

Teljes hõforgalom a kondenzátorban:

$$\dot{Q}_{\text{össz}} = W(i_{p1} - c_p \vartheta_{wk}) = G_H c_p (t_{H2} - t_{H1}) + \dot{Q}_v$$

Az entalpia és a fajhõ értékeket a vonatkozó nyomás ill. hõmérséklet alapján vízgõz táblázatból keressük ki.

Beadandó:

1. Mérési táblázat
2. Részletes számolás, adatokkal
3. Eredmény-táblázat
4. Megjegyzés, értékelés, ha szükséges.

Készítette: Havas Géza
Hajdú Hajnalka

Ellenõrizte: Fonyó Zsolt