

CUKROVARNICKÁ TECHNOLOGIE – DÍL XV.

Zahřívání šťáv

SUGAR TECHNOLOGY – JUICES HEATING

Zdeněk Bubník, Svatopluk Henke, Simona Gillarová, Pavel Kadlec
Vysoká škola chemicko technologická v Praze

Zahřívání šťáv

Zahřívání šťáv probíhá v tepelných výměnících, které se nazývají zahříváče. Pro záhřev se využívá tepla:

- brýdových par z odparky,
- brýdových par z varny,
- horkých kondenzátů,
- barometrické vody.

Pro ekonomické hospodaření s teplem je nutné zajistit minimální teplotní rozdíly mezi topným a ohřívaným médiem, co nejnížší tepelný odpor přepážky a protiproudý tok médií. Při souproutém uspořádání mezi vstupem a výstupem šťávy se trvale snižuje teplotní rozdíl, tedy hnací síla procesu. V případě protiproudého uspořádání je možné udržovat teplotní rozdíl na setrvalé hodnotě (1–3).

Na obr. 1. je znázorněn průběh teplot při zahřívání šťávy párou (obr. 1A) a kondenzátem (obr. 1B).

Prostup tepla rovinnou stěnou, součinitel prostupu tepla (2)

Bilanci tepla při prostupu rovinnou stěnou zahříváče (obr. 2.) můžeme popsat následujícími vztahy.

Teplo, které předává pára stěně zahříváče (rovnice 1), se rovná teplu, které projde stěnou (rovnice 2) a rovná se též teplu, které předá stěna ohřívané šťávě (rovnice 3):

$$d\dot{Q}_{AB} = \alpha_A(t_A - t_{sA})dA = \frac{\lambda}{\delta}(t_{sA} - t_{sB})dA = \alpha_B(t_{sB} - t_B)dA \quad (1-3),$$

kde $\dot{Q}_{AB}$ je teplo procházející stěnou zahříváče (W); α_A – součinitel přestupu tepla z páry na stěnu zahříváče ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$); t_A – teplota páry ($^{\circ}\text{C}$); t_{sA} – teplota stěny ze strany páry ($^{\circ}\text{C}$); A – plocha stěny (m^2); λ – tepelná vodivost materiálu stěny ($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$); δ – tloušťka stěny (m); t_{sB} – teplota stěny ze strany šťávy ($^{\circ}\text{C}$); α_B – součinitel přestupu tepla ze stěny zahříváče do šťávy ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$); t_B – teplota šťávy ($^{\circ}\text{C}$)

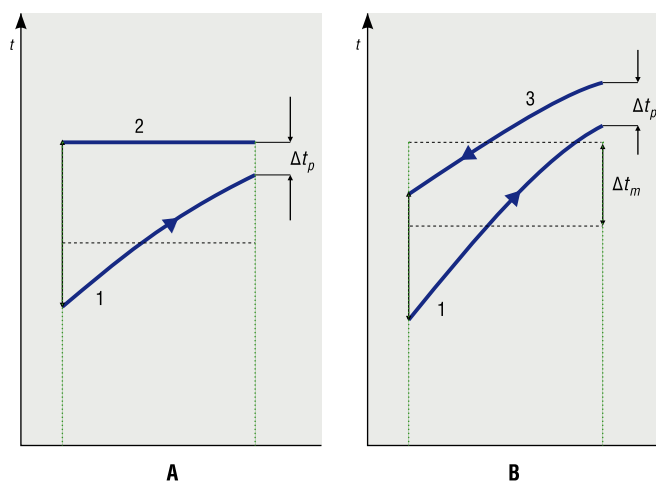
Úpravou těchto 3 rovnic eliminujeme ze vztahu teploty stěn (ze strany páry i ze strany šťávy) a dostaneme se ke vztahům:

$$d\dot{Q}_{AB} = \frac{(t_A - t_B) dA}{\frac{1}{\alpha_A} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_B}} = k(t_A - t_B)dA \quad (4-5),$$

kde k je součinitel prostupu tepla ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$) z páry o teplotě t_A , stěnou do šťávy o teplotě t_B ,

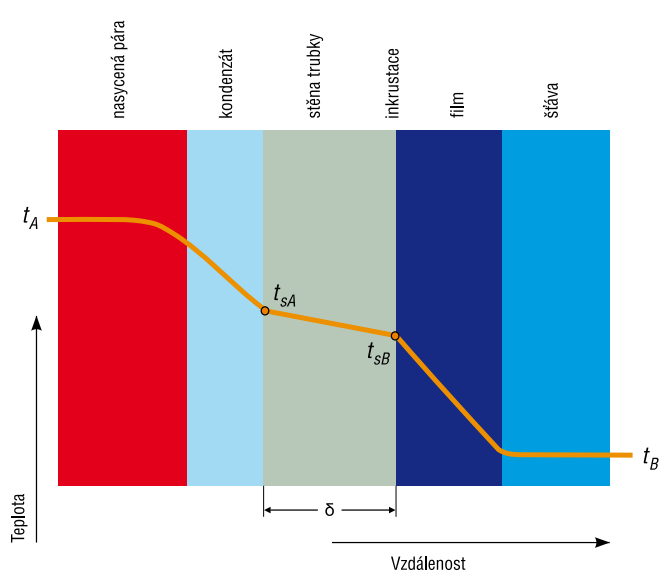
$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_A} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_B}} \quad (6).$$

Obr. 1. Průběh teplot při zahřívání šťávy párou a kondenzátem (1)

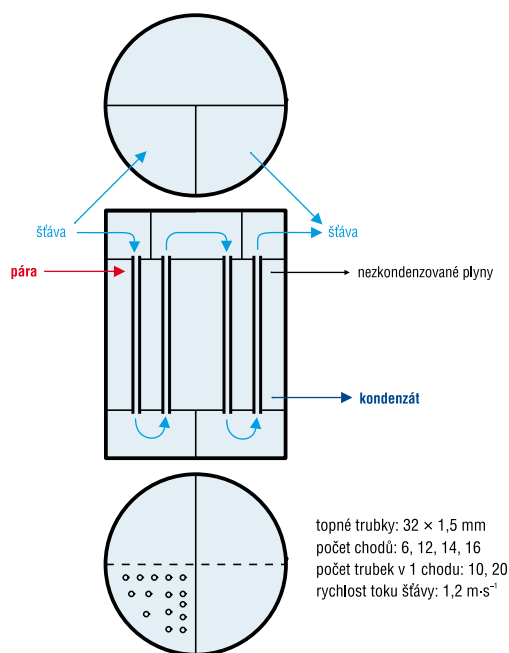


A – topné médium pára, B – topné médium kondenzát; 1 – šťáva, 2 – topná pára; 3 – kondenzát; Δt_m – střední logaritmický rozdíl teplot, Δt_p – minimum teplotního rozdílu.

Obr. 2. Prostup tepla rovinnou stěnou (2)



Obr. 3. Rychloproudý zahříváč



Zahříváče

Obecně se tepelné výměníky mohou používat v technologii podle účelu buď jako zahříváče nebo chladiče, v této kapitole se výhradně jedná o zahříváče. Podle konstrukce mohou být trubkové, deskové či spirálové, podle použitého přenašeče energie parní či kapalinové. Pokud je v tepelném výměníku teplosměnná přepážka, nazývají se rekuperační, při přímém styku se nazývají směšovací. Zahříváče se dělí na:

- trubkové zahříváče $\Delta t = 10 - 20$ °C,
- deskové zahříváče $\Delta t = 3 - 5$ °C,
- spirálové zahříváče,
- parokontaktní zahříváče,
- trubkové zahříváče kapalina-kapalina.

Obr. 4. Trubkový zahříváč



Zjednodušené schéma rychloproudého zahříváče jako svazkového výměníku proudění šťaavy je znázorněno na obr. 3. Ohřívání šťaavy protéká trubkami střídavě směrem dolů a nahoru. Rychlost proudění šťaavy w se pohybuje v hodnotách 0,8–1,5 m·s⁻¹.

Pro výpočet součinitele prostupu tepla k (kJ·m⁻²·h⁻¹·K⁻¹) v rychloproudém zahříváči lze použít též empirický vzorec dle Sázavského (4):

$$k = 210 + 4200 w \quad (7)$$

Teplota kondenzátů (pro zahříváče) (5)

$$t_k = \frac{6 t_p + t_1 + t_2}{8} \quad (8)$$

kde t_k – je teplota kondenzátu (°C); t_p – teplota páry (°C); t_1 – teplota šťaavy na vstupu do zahříváče (°C); t_2 – teplota šťaavy na výstupu ze zahříváče (°C).

Jednotlivé typy zahříváčů jsou znázorněny na obr. 4. až 8. Na obr. 4. je vlevo celkový pohled na trubkový zahříváč, vpravo je vidět pohled do otevřeného zahříváče s detaily odklopeného dna, kde jsou přepážky oddělující jednotlivé chody (svazky trubek).

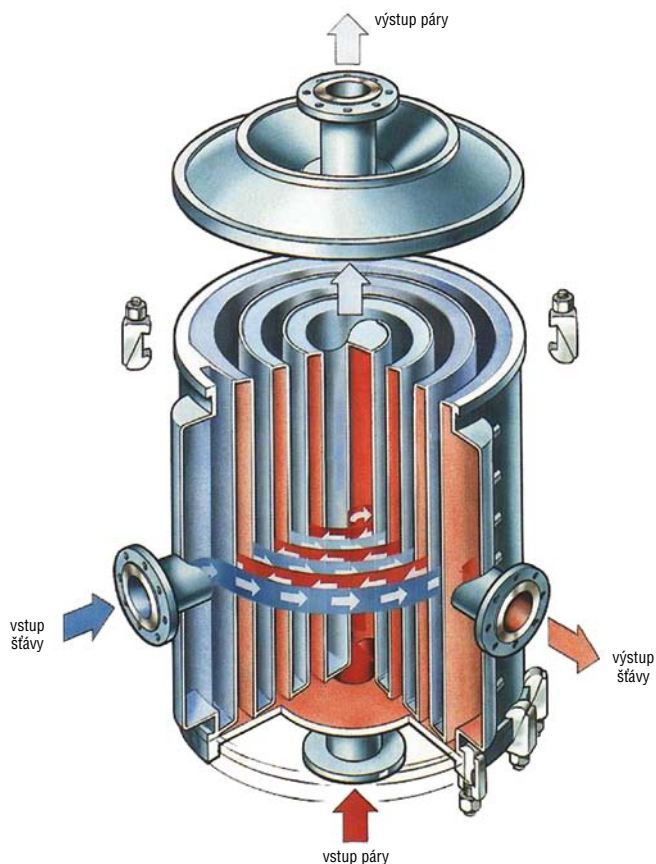
Deskové zahříváče se skládají z desek o různém povrchovém profilu (viz detail desek vpravo dole). Tyto desky jsou složeny podobně jako filtrační desky v kalolisu a smontovány mezi dvě čelní robustní desky. Deskové zahříváče jsou ideální pro ohřev horkým kondzátem nebo barometrickou vodou.

Parokontaktní zahříváč se používá k ohřevu provozní vody (na extrakci, libovolně v technologii, na ohřev užitkové vody). Tyto zahříváče nelze použít k ohřevu šťaavy, protože ohřívání šťaavy by se v tomto zahříváči zředlova kondzátem z brýdové páry.

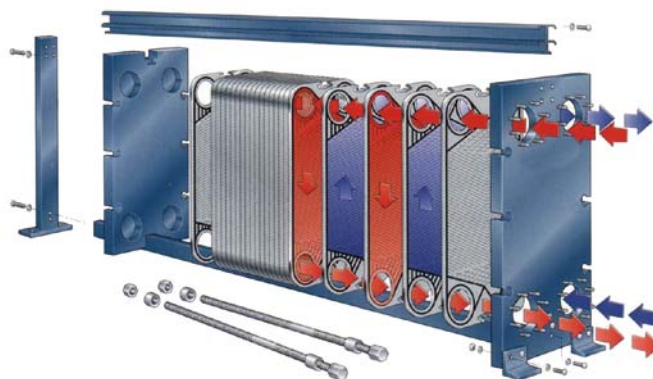
Spotřeba páry na ohřevy šťaav a svařování cukrovin

Na tepelnou bilanci extrakce má největší vliv odtah surové šťaavy, teplota přídavné vody, teplota sladkých řízků a teplota odcházející surové šťaavy.

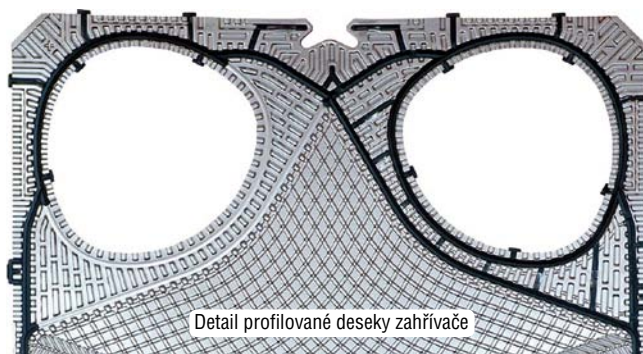
Obr. 5. Spirálový zahříváč



Obr. 6. Deskový zahříváč



šipky – vstup a výstup topného média (kondenzátu nebo barometrické vody, příp. páry) a vstup, výstup ohřívané šťávy



Podle použitého extraktoru lze použít jako přídavnou vodu kondenzáty.

Před více lety se doporučovalo přecházet z dvoustupňového náhřevu lehké šťávy před odparkou (1. brýdou a returní párou) na třístupňový. Nyní, v souvislosti se snižováním odběrů brýd a využíváním odpadního tepla se doporučuje čtyřstupňový až pětistupňový náhřev lehké šťávy (postupně 4., 3., 2., 1. brýdou a returní párou). Obdobně se zavádí dvoustupňový ohřev před 2. saturací (4. a 3. brýdou). Toto uspořádání přesouvá odběry z odparky na zadní tělesa a tak snižuje ztrátu tepla do kondenzace. Pro ekonomický ohřev šťáv je důležité maximální využití tepla brýd z varny a kondenzátů, dále brýd z posledního stupně odparky, event. barometrické vody, tedy odpadního tepla. Pro tyto účely se používají deskové zahříváče, které jsou schopné při optimální teplosměnné ploše pracovat při nízké diferenci mezi teplotou ohřívané šťávy a teplotou topné brýdy, a to i při rozdílu teplot reálně 3–5 °C. Běžný trubkový zahříváč potřebuje pro takový ohřev rozdíl 10–20 °C.

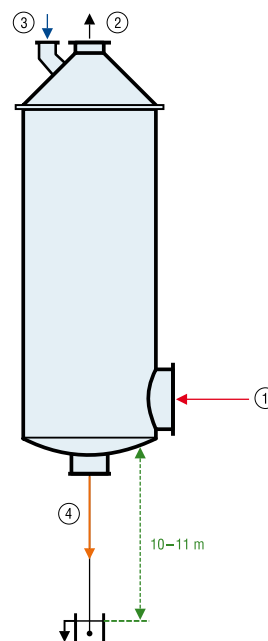
Spotřeba páry se rozděluje na účelovou a neúčelovou. Jednotlivé typy spotřeb v přehledu jsou (5):

Účelová spotřeba celkem	32 % ř.,
– z toho: ohřev extraktoru	4 % ř.,
surové šťávy	7 % ř.,
před 2. saturací	4 % ř.,
před odparkou	5 %
svařování cukrovin	12 %
Neúčelová spotřeba celkem	6 %
– z toho: stroje	2 %
vedlejší spotřeba	2 %
ztráty sáláním	2 %

Závady při zahřívání šťáv

Hlavní závadou při zahřívání šťáv je nízká hodnota součinitele prostupu tepla a tepelné ztráty v parním potrubí i ve vlastním

Obr. 7. Parokontaktní zahříváč



1 – vstup brýdové páry (80–90 °C); 2 – výstup nezkondenzovaných plynů, 3 – vstup studené vody; 4 – výstup ohřáté vody (78–88 °C)

Obr. 8. Zahříváče lehké šťávy před odparkou



výměníku. Nízké hodnoty součinitele prostupu tepla jsou způsobeny zejména těmito činiteli:

- nízkou rychlostí proudění šťávy,
- inkrustacemi (nutná častá kontrola, mechanické a chemické čištění),
- nedostatečným odvodem kondenzátu z topné komory,
- neodplyněním topné komory – nezkondenzovatelné plyny.

Tepelné ztráty v parním potrubí a ve vlastním výměníku jsou způsobeny zejména:

- nedostatečnou izolací, ztrátami sáláním,
- ztrátami v kondenzátech,
- ztrátami odvodem nezkondenzovatelných plynů.

Nejčastějším problémem při ohřevu šťáv je špatná funkce jednotlivých zahříváčů. Obvykle to bývá způsobeno špatným odvodem kondenzátů nebo nezkondenzovatelných plynů (nazývaných též jako amoniaky) z topných komor. Příčiny bývají v potrubním systému, tj. přivřené nebo nevhodně zapojené nezkondenzovatelné plyny, poddimenzované nebo nevhodně zapojené potrubí kondenzátů, nefungující kondenzační skřínky, zavodněné sborníky kondenzátů, problémy s expandováním sborníků. Další příčinou je zainkrustování zahříváče v důsledku špatné práce epurace, v některých případech i poddimenzované brýdové potrubí event. strhávání brýdy z tohoto přírodního potrubí do jiného spotřebiče. Odvody nezkondenzovatelných plynů mohou být vedeny do nižší brýdy, s ohledem na zhoršování životního prostředí nelze vypouštět nezkondenzovatelné plyny do atmosféry.

Literatura

1. HENKE, S. ET AL.: *Technologie cukru*. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2024.
2. KADLEC, P. ET AL.: *Přednášky z Technologie cukru pro bakalářské a magisterské studium*. Praha: FPBT VŠCHT, 2022.
3. KADLEC, P.: *Technologie cukru*. s. 429-448. In KADLEC P., MELZICH K., VOLDŘICH M. (ED.) ET AL.: *Technologie potravin – Přehled tradičních potravinářských výrob*. Ostrava: KEY Publishing, 2012, 569 s.
4. ČÍŽ, K.; SÁZAVSKÝ, V.; ŠANDERA, K.: *Základy cukrovarnictví III. Cukrovarnická energetika a výpočty*. Praha: SNTL, 1961, 276 s.
5. BRETSCHNEIDER, R.: *Technologie cukru: surovarna a rafinerie*. Praha: SNTL, 1980, 424 s.