

Destilační kolony se sítovými dny

JAROSLAV SUKOVATÝ

MPPV - HS Lihovary a škrobárny, Praha

663.551.2

Dosavadní způsob destilace zkvašených zápar v destilačních kolonách s kalotovými dny ustupuje výkonnější destilaci v destilačních kolonách se sítovými dny.

Tohoto nového způsobu vyvařování alkoholu ze zápar ve spojení s rafinačním přístrojem (kombinovaný destilační a rektifikační přístroj) se nově používá v lihovarském průmyslu na př. v SSSR a USA. Také u nás používáme úspěšně tohoto nového způsobu destilace.

Velké zásluhy o uvedení nového způsobu destilace do provozu má Ing. E. Gregor, jehož jméno bylo a je spojeno vždy s předním technickým pokrokem v lihovarství u nás i v cizině.

Vyvařování alkoholu na sítových dnech destilační kolony v porovnání se starým způsobem vy-

vařování alkoholu na kalotových dnech destilační kolony znamená konstrukční jednoduchost sítových den, úsporu materiálu a zvýšený výkon.

Objasníme si nyní zvýšení výkonu destilační kolony.

a) Uvažujeme destilační kolonu s kalotovými dny průměru 1,25 m, průřezu $F = 1,227 \text{ m}^2$, s počtem vyvařovacích den 15 a se vzdáleností den 280 mm (viz „Teorie vyvařování alkoholu v kolonách“ rovnice 18, Kvasný průmysl č. 10/1956).

Rychlosť par ve volném prostoru kolony vyjádříme empirickou rovnici podle Kirschbauma

$$v = A \cdot \gamma^{-m}, \quad (1)$$

kde: v — rychlosť par v $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,

γ — specifická váha par v $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$

A a m — koeficient vzdálenosti den (tab. 1).

Tabulka 1

H mm	500	400	300	200	150	135
A	1,14	1,10	1,02	0,82	0,62	0,54
m	0,465	0,470	0,490	0,545	0,490	0,425

Hodnoty koeficientů A a m v závislosti vzdálenosti den H.

Další empirická explicitní funkce v , kde nezávisle na proměnnými veličinami jsou vzdálenost den a hloubka prováděcí vrstvy záparu na dně je podle Stabnikova:

$$v = \frac{0,305 H}{60 + 0,05 H} - 0,012 Z \quad (2)$$

kde: v je rychlosť par v $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,

H — vzdálenost den v mm,

Z — hloubka prováděcí vrstvy záparu na dně v mm.

V našem případě a) je rychlosť par ve volném prostoru kolony

$$v = \frac{0,35 \cdot 280}{60 + 0,05 \cdot 280} - 0,012 \cdot 50 = 0,55 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

b) Destilační kolona se sítovými dny při stejném průřezu $\varnothing 1,25 \text{ m}$, $F = 1,227 \text{ m}^2$, počet vyvařovacích sítových den kolony viz „Teorie vyvařování alkoholu v kolonách“, Kvasný průmysl č. 10/1956.

Uvádíme odvozenou hodnotu T_1 , kterou je třeba dosadit do rovnice pro výpočet počtu den [rovnice (18)].

$$T_1 = U_o \frac{\chi + C_{P1}}{L_o + \chi} \quad (3)$$

kde: T_1 je vahové procento přepadu prvního dna, počítáno od spodu kolony,

U_o — vahové procento par (nultého dna),

χ — funkční ukazatel kolony (viz citovaný časopis),

C_{P1} — tepelný obsah přepadu prvého dna v $\text{kcal} \cdot \text{kg}^{-1}$,

L_o — tepelný obsah par (nultého dna) v $\text{kcal} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Skutečný počet sítových den v koloně podle rovnice (18) citovaného časopisu $n_{sk} = 20$ den.

Konstrukční změnou vyvařovacích den se zvyšuje rychlosť par v [případ b)].

Podle rovnice (1), uvažujeme-li maximální specifickou váhu par v koloně, dostáváme rychlosť par ve volném prostoru kolony:

$$v' = 1,16 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Rychlosť páry ve volném prostoru kolony podle rovnice (2)

$$v' = \frac{0,305 \cdot 500}{60 + 0,05 \cdot 500} - 0,012 \cdot 50 = 1,19 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Pro výpočet výkonu destilační kolony se sítovými dny bereme praktickou fiktivní hodnotu rychlosti páry $v = 0,8 \div 0,9 v'$

$$v = 0,95 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Porovnáme-li rychlosť par v případě a) a b) vidíme, že výkon destilační kolony se sítovými dny

je asi o 90 až 100 % větší než výkon destilační kolony s kalotovými dny.

Porovnejme si nyní praktický hodinový výkon starého a nového způsobu vyvařování alkoholu v destilační koloně stejného průřezu.

Lihovitost záparu je 10 obj. %, tepelný obsah předeřežné záparu $C_D = 70 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1}$ a praktická spotřeba páry $D_x = 180 \text{ kg}$ na 100 l alkoholu.

$$V = \frac{F \cdot v \cdot \gamma \cdot 3600}{180} \quad (4)$$

kde: V je výkon kolony v hl alkoholu za hodinu,

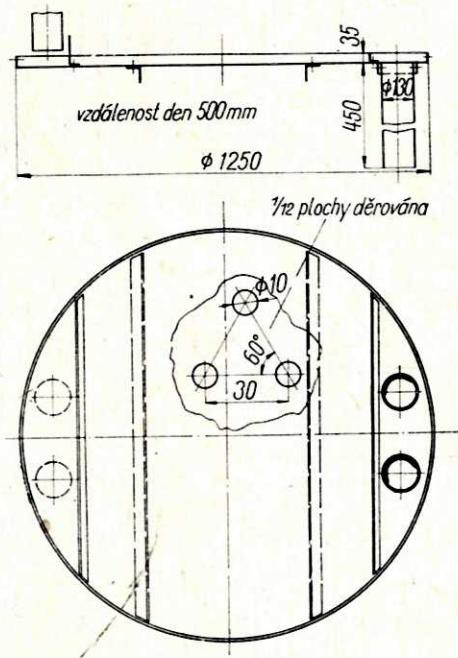
F — průřez kolony v m^2 ,

v — rychlosť par v $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,

γ — minimální specifická váha par v $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

Destilační kolona průměru 1,25 m, průřezu $F = 1,227 \text{ m}^2$ s kalotovými dny [případ a)] dává maximální hodinový výkon $V_a = 8 \text{ hl}$ alkoholu za hodinu, t. j. 192 hl alkoholu za 24 hodin.

Destilační kolona stejného průřezu se sítovými dny [případ b)], obr. 1, dává hodinový výkon $V_b = 14,6 \text{ hl}$ alkoholu za hodinu, t. j. 350 hl alkoholu za 24 hodin.



Obr. 1

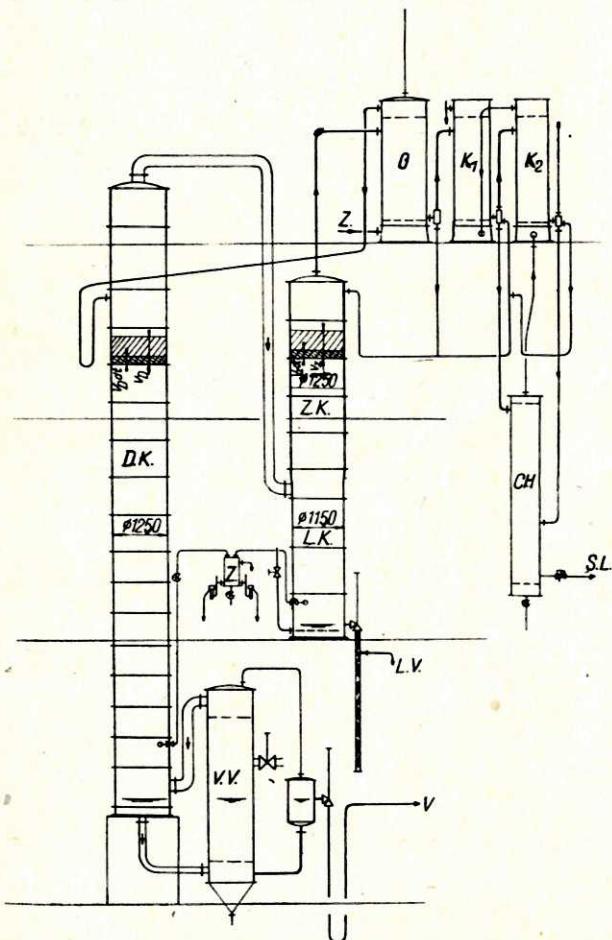
Starý způsob destilace nahrazujeme konstrukčním řešením novým, jmenovitě u dvoukolonového destilačního přístroje, lihové páry přecházejí tu do zesilovací kolony, po př. u destilačního a rektifikaciho přístroje pro výrobu čistého lihu přímo ze záparu (viz „Rektifikace lihu“, Kvasný průmysl č. 1/1957).

Pro správnou funkci přístroje po rekonstrukci musíme bezpodmínečně zachovat rovnici kontinuity pro optimální rychlosť par ve volném prostoru destilační i zesilovací kolony podle rovnice

$$\begin{aligned} dV_D &= dV_z = > F_D \cdot \frac{dx_D}{dt} = F_z \frac{dx_z}{dt} \\ F_D \cdot v_D &= F_z v_z \end{aligned} \quad (5)$$

kde: dV_D je elementární objem par v destilační koloně,
 dV_z — elementární objem par v zesilovaci koloně,
 F_D — průřez destilační kolony v m^2 ,
 F_z — průřez zesilovací kolony v m^2 ,
 v_D — rychlosť par ve volném prostoru destilační kolony v závislosti na vzdálenosti den a provádzací vrstvě zápar na dně v $m \cdot s^{-1}$,
 v_z — rychlosť par ve volném prostoru zesilovací kolony v závislosti na vzdálenosti den a provádzací vrstvě lihové kapaliny na dně v $m \cdot s^{-1}$.

Uvažujme dvoukolonový destilační přístroj, kde destilační kolona se sítovými dny má průměr 1,25 m, průřez $F = 1,227 m^2$, vzdálenost den



Obr. 2 — Dvoukolonový destilační přístroj na 14,6 hl alkoholu za hod, t. j. 350 hl alkoholu za 24 hod

D. K. - destilační kolona se sítovými dny, vzdálenost den 500 mm; Z. K. - zesilovací kolona, vzdálenost den 350 mm; L. K. - vyvařovací lihová kolona (lutrová kolona); O - ohřívák záparu; K₁ - kondenzátor; K₂ - kondenzátor-chladic; Ch - chladic surového lihu; V. V. - vařák výpalku; Z - zkusební čerpadlo a chladic; SL - surový lih; V - výpalky; z - zápara; v_D - elementární rychlosť par ve volném prostoru destilační kolony; v_z - elementární rychlosť par ve volném prostoru zesilovací kolony

500 mm, zesilovací kolonu stejněho průměru, vzdálenost den 150 mm a výšku provádzací vrstvy lihové kapaliny $h = 23,5$ mm.

Optimální rychlosť par ve volném prostoru zesilovací lihové kolony podle rovnice (2)

$$v_z = \frac{0,305 \cdot 150}{60 + 0,05 \cdot 150} = 0,012 \cdot 23,5 = 0,4 m \cdot s^{-1}$$

Splnění rovnice kontinuity v našem případě, kde $v_D > v_z$ vyžaduje:

a) zvětšení vzdálenosti den zesilovací kolony pro zvětšení rychlosť par ve volném prostoru zesilovací kolony nebo

b) zvětšení průměru zesilovací kolony.

Příklad:

Destilační dvoukolonový přístroj, destilační kolona se sítovými dny, lihová kolona zesilovací a vyvařovací s kalotovými dny, lihové páry přecházejí z destilační kolony přímo do kolony zesilovací (obr. 2).

Zkvašená zápara obsahuje 10 obj. % (8 vah. %) alkoholu, tepelný obsah předehřáté záparu $C_D = 70 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Podle „Teorie vyvařování alkoholu“ Kvasný průmysl č. 10/1956 snadno zjistíme příslušné veličiny. $T_1 = 9,97 \%$ — vahové procento alkoholu na napájecím dně,

$U_1 = 51 \%$ — vahové procento alkoholu v párách napájecího dna,

$V_1 = 15,8 \text{ kg na hl záparu}$ — vahové množství lihových par na hl záparu.

Objem par z destilační sítové kolony na hl záparu

$$O_D = V_1 \cdot \frac{1}{\gamma} = 16,6 \text{ m}^3 \text{ na hl záparu}$$

objem par z vyvařovací části lihové kolony (lutrové kolony)

$$O_L = 7,4 \text{ m}^3 \text{ na hl záparu}$$

celkový objem par přicházející do zesilovací kolony

$$O = O_D + O_L = 24 \text{ m}^3 \text{ na hl záparu.}$$

Sledujeme-li zachování rovnice kontinuity, snadno nalezneme správné konstrukční řešení:

a) vzdálenost den v zesilovací lihové koloně se zvětší na 350 (min. 300) mm při zachování stejněho průměru destilační kolony se sítovými dny a zesilovací kolony s kalotovými dny (viz obr. 2).

Rychlosť par ve volném prostoru zesilovací kolony bude podle rovnice (2)

$$v = \frac{0,305 \cdot 350}{60 + 0,05 \cdot 350} = 0,012 \cdot 23,5 = 1,1 m \cdot s^{-1}$$

nebo

b) zvětšíme průměr zesilovací kolony při zachování vzdálenosti den 150' mm podle výpočtu $D_z = 1,6 \text{ m}$, $F_z = 2 \text{ m}^2$, bereme-li v úvahu maximální rychlosť par ve volném prostoru zesilovací kolony.

V obou případech je splněna rovnice kontinuity a destilační dvoukolonový přístroj pracující podle nového způsobu destilace může dávat maximální výkon při nejmenší spotřebě páry a správné funkci.

Poznámka:

Výpočet zesilovacích a vyvařovacích den lihové kolony, deflegmace, kondensace a chlazení lihových par, včetně spotřeby topící páry viz „Teorie vyvařování alkoholu“ a „Rektifikace lihu“ Kvasný průmysl 2 (1956) 225 a 3 (1957) 7.

L i t e r a t u r a

- [1] E. KIRSCHBAUM: Destillier- und Rektifiziertechnik, 1940
- [2] E. N. BARTĚNĚV: Osnovy proektirovaniya spirtovykh zavodov, Moskva 1952
- [3] J. SUKOVATÝ, J. NAVRÁTIL: Teorie vyvařování alkoholu v kolonách, Kvasný průmysl 2 (1956), 225
- [4] J. SUKOVATÝ: Rektifikace lihu, Kvasný průmysl 3 (1957), 7