

8 DESTILÁCIA

Destilácia je difúzny proces, ktorý sa používa na rozdeľovanie kvapalných zmesí. Oddelovanie zložiek kvapalných zmesí sa uskutočňuje na základe rozdielneho bodu varu jednotlivých zložiek, pri ktorom sa kvapalné zmesi ohrievajú tak, aby sa vyparovaním oddelili jednotlivé látky, kým neprchavý podiel ostáva na dne zariadenia a schladené pary sa kondenzujú na destilát.

Destilácia je jeden z najrozšírenejších difúzných procesov, ktorou sa dajú oddeliť látky tvoriace kvapalné roztoky, ktoré majú pri rovnakej teplote rôzne tenzie pár alebo pri rovnakom tlaku rôzne body varu s výnimkou kvapalín, tvoriacich tzv. azeotropné zmesi. Pri neazeotropických zmesiach po čiastočnom vyparení kvapaliny sú pary vždy bohatšie na niektorú zložku ako kvapalina, spravidla na zložku s nižšou teplotou varu.

Oddelením a kondenzáciou pár vzniknutých z kvapaliny sa získa, podľa zloženia a počtu zložiek východiskovej zmesi, kvapalina bohatšia na jednu alebo viac zložiek. Získaná kvapalina sa nazýva destilát.

JEDNODUCHÁ DESTILÁCIA

Jednoduchá destilácia je proces, pri ktorom nastane jednorazové vyparovanie spojené s nasledujúcou kondenzáciou. Rozdeľuje sa na nasledujúce dva druhy:

- **rovnovážnu destiláciu** – zloženie destilátu a kvapaliny v destilačnom kotle je konštantné a zodpovedá rovnovážnemu zloženiu,
- **diferenciálnu destiláciu** – zloženie kvapaliny v destilačnom kotle a zloženie odvádzaných pár sa stále mení.

V nasledujúcej časti sa bude predpokladať, že ide o ideálnu zmes, alebo je to reálna zmes so správaním podobným ideálnemu.

MATERÁLOVÁ BILANCIA NEPRETRŽITEJ DESTILÁCIE BINÁRNYCH ZMESÍ

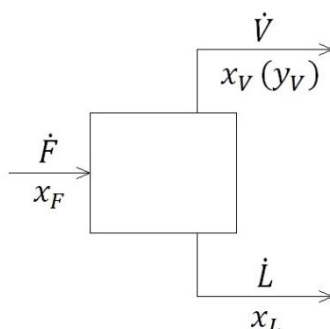
Pri nepretržitej destilácii sa do destilačného zariadenia privádza:

- **roztok** – množstvo roztoku \dot{F} (mol. h⁻¹),
– mólový zlomok prchavejšej zložky v roztoku x_F .

Zo zariadenia sa odvádza:

- **destilát** – množstvo destilátu \dot{V} (mol. h⁻¹),
– mólový zlomok prchavejšej zložky v destiláte x_V .
- **destilačný zvyšok** – množstvo destilačného zvyšku \dot{L} (mol. h⁻¹),
– mólový zlomok prchavejšej zložky v destilačnom zvyšku x_L .

Ak má destilát rovnovážne zloženie vzhľadom na destilačný zvyšok, mólový zlomok prchavejšej zložky v destiláte bude označený y_V .



Obr. 8.1. Základná schéma nepretržitej destilácie binárnych zmesí [6]

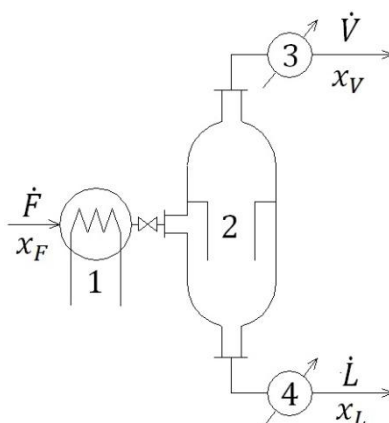
Materiálová bilancia nepretržitej destilácie binárnej zmesi bude:

$$\dot{F} = \dot{V} + \dot{L} \quad (8.1)$$

$$\dot{F}x_F = \dot{V}x_V + \dot{L}x_L \quad (8.2)$$

ROVNOVÁŽNA DESTILÁCIA BINÁRNYCH ZMESÍ

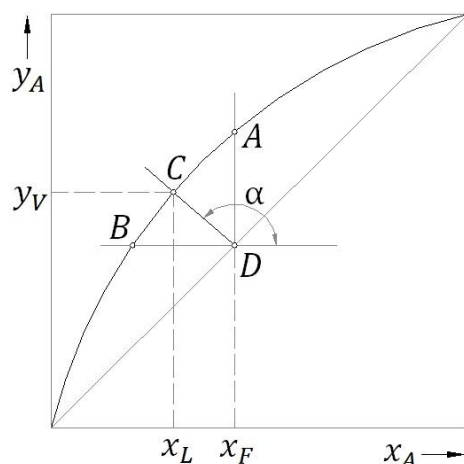
Na obrázku 8.2 je vyobrazená schéma rovnovážnej destilácie. Pri nepretržitom procese sa roztok privádza do výmenníka tepla (1), kde sa ohreje a čiastočne vyparí. Zmes pary a kvapaliny postupuje potom do odlučovača (2), odkiaľ sa pary odvádzajú cez kondenzátor (3) ako destilát a kvapalina cez chladič ako zvyšok (4).



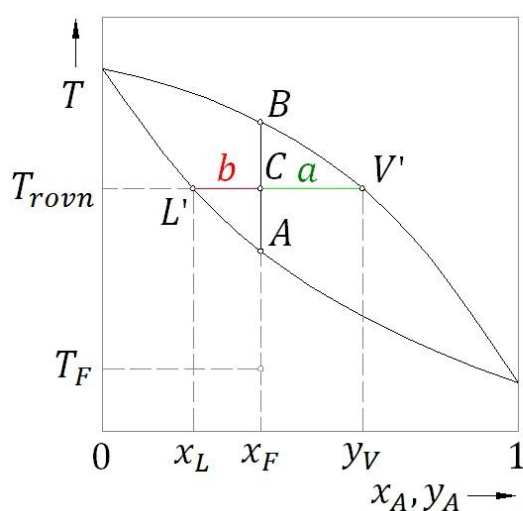
Obr. 8.2. Schéma rovnovážnej destilácie [6]:

1 – výmenník tepla, 2 – odlučovač, 3 – kondenzátor, 4 – chladič

Keďže para a kvapalina sú ešte určitý čas po výstupe z výmenníka v styku, ustáli sa medzi nimi rovnováha. Vzťah medzi zložením destilátu a zvyšku je potom daný rovnovážnou krivkou diagramu $y - x$ (obr. 8.3) alebo diagramu $T - x, y$ (obr. 8.4).



Obr. 8.3. Vplyv pomeru \dot{L}/\dot{V} na zloženie destilátu pri rovnovážnej destilácii $\dot{L}/\dot{V} = -\text{tg } \alpha$ [6]



Obr. 8.4. Rovnovážna destilácia, znázornenie v $T - x, y$ diagrame [6]

Rovnica rovnovážnej krivky je:

$$y_V = f(x_L) \tag{8.3}$$

Zlúčením rovníc materiálovej bilancie sa získa nasledujúci tvar:

$$\frac{\dot{L}}{\dot{V}} = \frac{y_V - x_F}{x_F - x_L} \tag{8.4}$$

Z nej vyplýva, že je možné meniť zloženie destilátu a zvyšku zmenou pomeru prietoku destilačného zvyšku a destilátu.

Ak je prietok destilátu nekonečne malý, potom:

$$x_F - x_L = 0 \rightarrow x_F = x_L \tag{8.5}$$

a zloženie destilátu je dané bodom A na rovnovážnej krivke.

Naopak, ak sa odoberá nekonečne malé množstvo zvyšku, zloženie destilátu sa rovná zloženiu suroviny a zloženie zvyšku je dané bodom B .

V reálnych podmienkach je však množstvo destilátu a zvyšku konečné, a preto je ich zloženie dané bodom C .

Na diagrame $T - x, y$ je nástrek znázornený bodom F odpovedajúcim teplote T_F a koncentrácii prchavejšej zložky x_F . Ten sa ohreje tak, aby vznikla paro-kvapalná zmes daná bodom C . Bod sa preto musí nachádzať medzi varnou a kondenzačnou krivkou (medzi bodmi A a B). Táto zmes sa potom rozdelí v separátore na kvapalnú zvyšok (L') s mólovým zlomkom prchavejšej zložky x_L a pary destilátu (V') s mólovým zlomkom y_V a s rovnovážnou teplotou T_{rovn} .

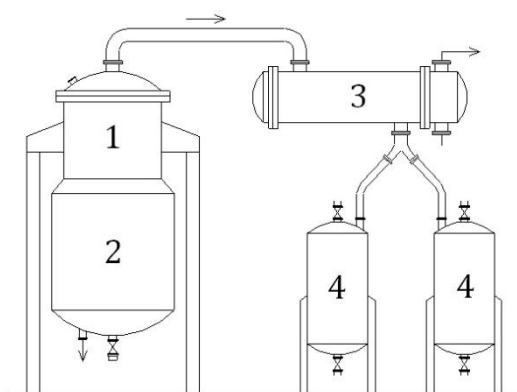
Použitím pákového pravidla, teda pre pomer úsečiek a, b platí:

$$\frac{a}{b} = \frac{\dot{L}}{\dot{V}} \quad (8.6)$$

DIFERENCIÁLNA DESTILÁCIA BINÁRNYCH ZMESÍ

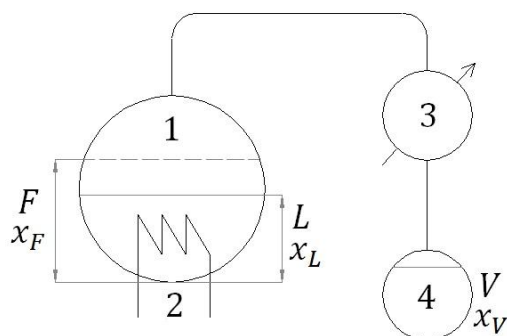
Na obrázku 8.5 je vyobrazená schéma diferenciálnej destilácie. Diferenciálna destilácia je diskontinuálny proces. Destilačný kotol (1) sa jednorazovo naplní čerstvým roztokom. Tento sa privedie do varu buď parným hadom, alebo duplikátorom (2), v ktorom je para. Časť roztoku sa oddestiluje, pričom destilát skondenzuje v kondenzátore (3) a zachytáva sa v zásobníku (4). Po skončení destilácie zostane v kotle zvyšok s nižšou koncentráciou prchavejšej zložky ako v pôvodnom roztoku.

Diferenciálna destilácia spočíva v tom, že vo veľmi malom (diferenciálnom) časovom intervale odíde z kvapalnej fázy diferenciálne malé množstvo pár a tieto majú v danom okamihu rovnovážne zloženie s kvapalinou. Pary sú však bohatšie o prchavejšiu zložku, tým sa zmenší jej koncentrácia v kvapaline, čím sa poruší rovnováha a pary, ktoré budú odchádzať v ďalšom okamihu, budú mať už menší obsah prchavejšej zložky, zodpovedajúci novému rovnovážnemu stavu, s kvapalinou ochudobnenou o prchavejšiu zložku.

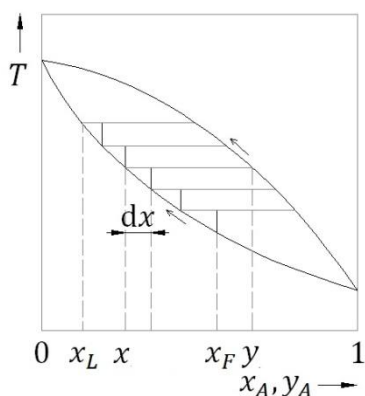


Obr. 8.5. Zariadenie pre diferenciálnu destiláciu [6]:

1 – destilačný kotol, 2 – ohrevný duplikátor, 3 – kondenzátor, 4 – zásobník kondenzátu



Obr. 8.6. Schéma diferenciálnej destilácie [6]:
 1 – destilačný kotol, 2 – ohrevný duplikátor, 3 – chladič, 4 – zásobník kondenzátu



Obr. 8.7. Diferenciálna destilácia, znázornenie v $T - x, y$ diagrame [6]

Pri diferenciálnej destilácii sa teda neustále porušuje rovnováha, pričom obsah prchavejšej zložky sa v destiláte a zvyšku stále znižuje. V dôsledku toho sa teplota pár a kvapaliny počas destilácie zvyšuje.

Diagram $T - x, y$ umožňuje sledovať, ako sa mení teplota počas diferenciálnej destilácie. Z tohto pohľadu si možno predstaviť diferenciálnu destiláciu ako veľký počet na seba nadväzujúcich rovnovážnych destilácií, pričom v každom stupni sa zmení mólový zlomok prchavejšej zložky o dx .

Keďže zloženie destilátu sa mení plynulo, možno ho zachytávať priebežne, čím sa získajú rôzne zloženia destilátu. Toto sa s výhodou využíva pri delení viaczložkových zmesí, ak tie majú dostatočný rozdiel teplôt varu. Napríklad možno pri delení zmesi s tromi zložkami odobrať v destiláte dve frakcie, jednu bohatú na zložku A, druhú bohatú na zložku B a v kotle ostane zvyšok bohatý na zložku C.

ZOZNAM SYMBOLOV

- x – mólový zlomok v kvapalnom stave (1)
- x_V – mólový zlomok prchavejšej zložky v destiláte v kvapalnom stave (1)
- x_F – mólový zlomok prchavejšej zložky v roztoku v kvapalnom stave (1)
- x_L – mólový zlomok prchavejšej zložky v destilačnom zvyšku v kvapalnom stave (1)
- y – mólový zlomok v plynnom stave (1)

y_V	– mólóv ý zlomok prchavejšej zložky v destiláte v plynnom stave	(1)
\dot{F}	– mólóv ý tok roztoku (nástre k)	(mol. s ⁻¹)
\dot{L}	– mólóv ý tok roztoku	(mol. s ⁻¹)
T	– teplota	(K)
$T_{rov n}$	– rovnovážna teplota	(K)
T_F	– teplota nástreku	(K)
\dot{V}	– mólóv ý tok destilátu	(mol. s ⁻¹)