

LEZ 03 - principi di STRIPPAGGIO LIQUIDO-GAS – [desorbimento]

OPERAZIONE LIQ-GAS: GENERALITA'

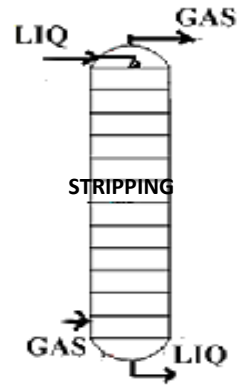
Lo stripping (**stripping**) consiste nell'eliminare un soluto volatile in un **liquido** tramite un **gas**; il liquido scende dall'alto mentre il gas strippante (vapore/gas inerte) entra dal basso. [N.B.: no riflusso-condensatore-ribollitore]

FATTORI DI PROCESSO:

Liquido: con bassa concentrazione di soluto A volatile

Temperatura T>: aumentando la temperatura migliora l'efficacia dello stripping.

Pressione p<: mediante lo stripping a **bassa pressione** è possibile ridurre la quantità di gas di stripping necessaria, e migliorare il processo di recupero del soluto.



esempi di stripping:

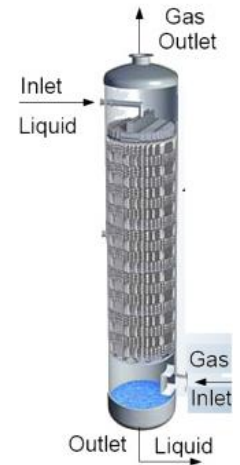
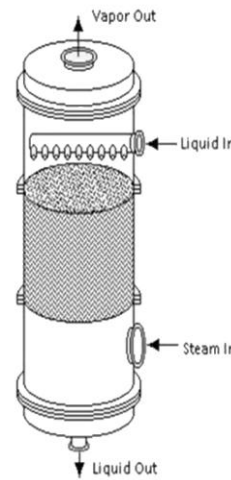
[operazione spesso successiva a assorbimento]

recuperi da liquidi di processo di:

Idrocarburi clorurati, aromatici (benzene, toluene, xilene...), alifatici, ciclici come la naftalina;

recupero di solventi da correnti liquide;

eliminazione da liquidi di Ammoniaca, Acido solfidrico, ossigeno, anidride carbonica e altri gas;



MECCANISMO: trasferimento di materia avviene per contatto (controcorrente) tra le due correnti, liquido e gas, col raggiungimento dell'equilibrio, e quindi la separazione delle fasi e il recupero del soluto strippato dal gas uscente.

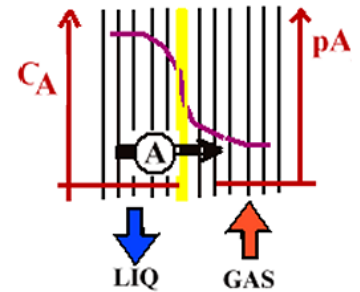
Per determinare il numero di stadi necessari alla separazione si usa un metodo grafico analogo a quello di McCabe e Thiele.

PRINCIPI- ipotesi:

- soluzioni liquide/gassose diluite, ideali
- condizioni di equilibrio liquido/gas (noto coeff.ripartiz. k)
- immiscibilità tra non soluto liquido (diluyente) **Li**, e gas strippante il soluto (**Gi**)

► Con queste ipotesi le correnti di diluyente liquido **Li** e gas strippante **Gi** si comportano da inerti, (cioè come immiscibili), con portata costante, e solo il soluto (**A**) viene scambiato tra le due correnti (cambia quindi solo la composizione delle correnti).

N.B.: il gas si arricchisce di soluto, il liquido si impoverisce di soluto: in questo caso le portate molari di liquido e gas totali non restano costanti nell'apparecchiatura: quindi si deve fare riferimento a portate di componenti inerti.



Vengono introdotte quindi non frazioni molari, ma RAPPORTI MOLARI o concentrazioni in "RAPPORTO", basate su quantità costanti di portate, definite come segue:

Y = moli A/ moli inerte fase gassosa **Gi** **fraz.rapp.** **Y = y/[1-y]** (y fraz.mol fase gas);

X = moli A/ moli inerte fase liquida **Li** **X = x/[1-x]** (x fraz.mol fase liq.);

ovviamente $y = Y/(1+Y)$; $x = X/(1+X)$;

N.B.- LEGENDA:

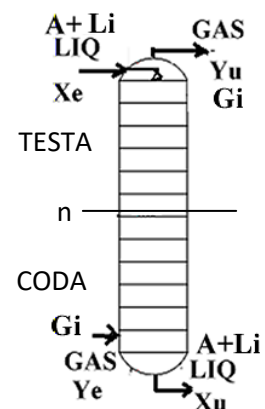
A= soluto; Gi= gas strippante; Li= diluyente, non soluto

PORTATA DI LIQUIDO ENTRANTE: **F = A+Li**; conc. in rapporto **Xe**;

PORTATA DI GAS ENTRANTE: **Gi (+A, se non puro)**; conc. in rapporto **Ye**;

PORTATA **GAS USCENTE**: **Gi+A**; conc. in rapporto **Yu**;

PORTATA LIQUIDO USCENTE: **Li+A**; conc. in rapporto **Xu**;



BILANCI DI MATERIA: - vedi fig.precedente -

→ *soluto* entrante = *soluto* uscente; [*e*=entrata; *u*=uscita; *i* = inerte];

$$G_i Y_e + L_i X_e = G_i Y_u + L_i X_u \text{ e raccogliendo:}$$

$$\blacktriangleright G_i (Y_u - Y_e) = L_i (X_e - X_u) \quad (*)$$

N.B.spesso $Y_e = 0$ GAS puro entrante;

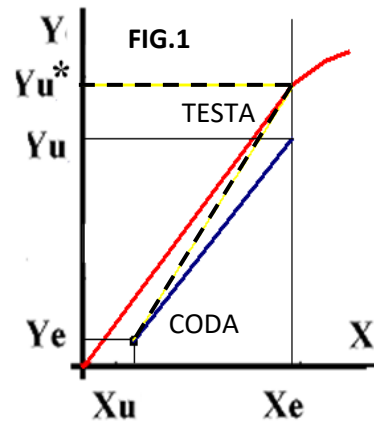
si indica portata vap.o gas come **G** o **V**, il liquido come **L** o **F**

(cfr.prec.) tra coda e piatto gen.n : $G_i Y_e + L_i X = L_i X_u + G_i Y$; $Y = L_i/G_i X + Y_e - L_i/G_i X_u$

(*) L'espressione precedente risulta una retta, chiamata **RETTA DI LAVORO**,

passante per i punti significativi testa **T** ($Y_u; X_e$) e coda **C** ($Y_e; X_u$) colonna;

Nel diagramma risulta come retta di colore **BLU** - fig 1.



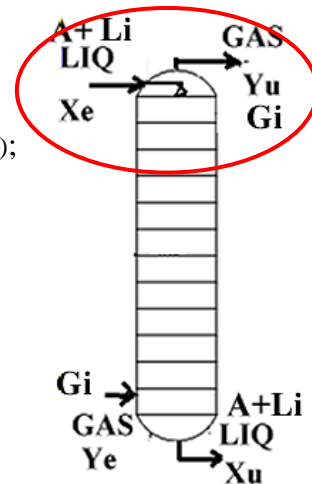
retta/curva di equilibrio $Y = K \cdot X$:

retta di colore **ROSSO** in fig., $K = \text{cost. di ripartizione}$; oppure da tabella di valori all'equilibrio X_i/Y_i .

DIMENSIONAMENTO -

DATI NOTI: (con *e*=entrata; *u*=uscita)

- $Y_e; X_u; X_e;$
 - **retta/curva di equilibrio** $Y = K X$: (retta di colore **ROSSO** in fig., $K = \text{cost. di ripartizione}$); oppure tabella di valori all'equilibrio X_i/Y_i .
 - Portate di inerti **L_i** (non soluto) e **G_i** (GAS STRIPPANTE);
 - determino la **condizione di pinch**: *massima* portata di liquido **L_i**, *minima* di gas strippante **G_i** necessario all'operazione, corrispondente a condizioni di **equilibrio** a entrata/uscita **testa** colonna, ma con N° piatti infinito: $\Rightarrow (L_i/G_i)_{\text{max}}$
 - nota la **condizione operativa**: $(L_i/G_i)_{\text{oper}} = \beta \times (L_i/G_i)_{\text{max}}$
con $\beta = \text{valore inferiore ad 1}$ (p.es. 0,64; 64% del rapp.max.)
- l'incognita risulta **Y_u**;



PROCEDIMENTO: \Rightarrow calcolo di **Y_u** e numero di **stadi di equilibrio**

Bilancio: $G_i (Y_u - Y_e) = L_i (X_e - X_u);$

1- noti $Y_e X_u X_e; G_i; L_i;$ eseguo le operazioni seguenti:

2- traccio sul diagramma la **retta/curva di equilibrio** passante per l'origine e per $Y_u^* = K \cdot X_e$; $\blacktriangleright Y_u^*$ **condizione di pinch**

3- si considera il caso di "massimo" (minima portata di gas strippante G_i necessario all'operazione) corrispondente alla zona di uscita del gas, testa colonna, in condizioni ideali di equilibrio del liquido con l'uscita del gas;

\blacktriangleright calcolo $(L_i/G_i)_{\text{max}} = (Y_u^* - Y_e) / (X_e - X_u)$

4- si considera la condizione di **operatività**, e dal bil. materia calcolo Y_u .

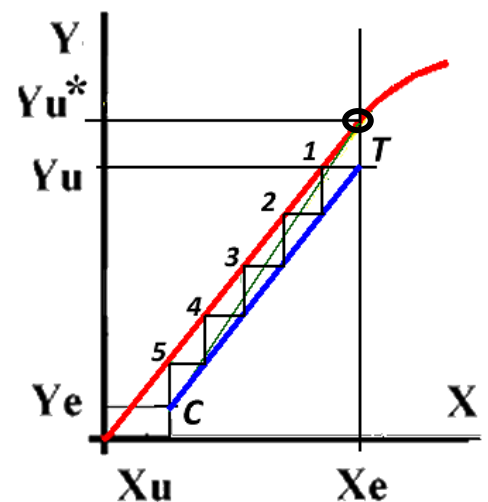
$$(L_i/G_i)_{\text{oper}} = (Y_u - Y_e) / (X_e - X_u) = \beta (L_i/G_i)_{\text{max}}$$

e ricavo per calcolo l'incognita $\rightarrow Y_u$,

5- la riporto sul diagr. tracciando il punto rappresentativo di **testa** colonna e quindi la retta di lavoro passante dai punti $(Y_e; X_u)$ e $(X_e; Y_u)$. ;

6- Si esegue quindi il calcolo degli **stadi di equilibrio** graficamente (metodo McCabe Thiele), partendo dalla **testa**, con la costruzione a gradini.

[nella figura $N_{\text{teorici}} = 5$; se il rendimento colonna è η (p.es.=60%) $N_{\text{reali}} = N_t / \eta$].



APPARECCHIATURE: Per l'uso sono indicate:

- colonne a **riempimento** con migliore efficienza, piccoli diametri e basse portate;

Colonna a corpi di riempimento:

in questo tipo d'impianto, il **liquido** è distribuito uniformemente su tutti i corpi della colonna a riempimento e scende verso il basso grazie alla forza di gravità, mentre il **gas** sale dal basso dell'impianto in controcorrente.

Grazie ai corpi di riempimento si ottiene la **massima** superficie possibile di scambio della materia, influenzando così l'altezza della colonna necessaria per ottenere un risultato apprezzabile.

Questi **stripper** sono impiegati per sostanze molto strippabili come i fluoroclorocarburi FCC (tetracloroetilene, tricloroetilene) e gli ICA idrocarburi aromatici (benzene, toluene, xilene). Anche nel caso di sostanze nocive difficilmente strippabili, come p.es. MTBE e THF, o nei casi in cui non vi sono altri sistemi economici o efficienti, si utilizza con successo le colonne a corpi di riempimento.

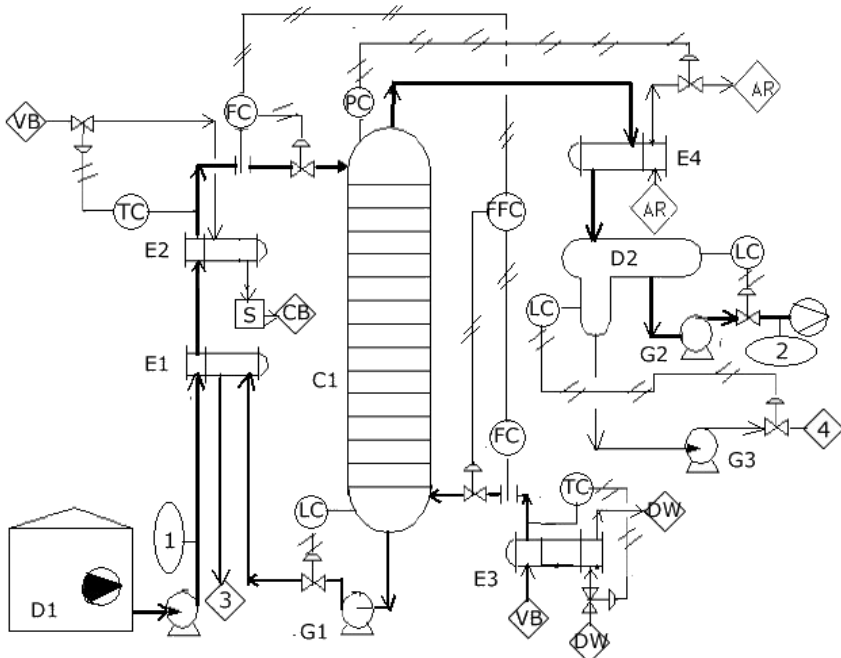
• colonne a **piatti** per alte portate, costose e con buona efficienza;

Colonna a piatti forati (stripper):

in questi tipo d'impianto, le colonne sono formate da uno o più unità di piatti forati, posti uno sopra l'altro e il liquido da strappare è immesso direttamente sul piatto superiore. Attraverso i fori dei piatti è immessa, proveniente dal basso, tanta aria (o gas opportuno), da impedire al liquido di scendere attraverso i fori: il liquido deve tracimare dal troppo-pieno, per poter colare verso il piatto successivo. Il gas che gorgolia nel liquido favorisce lo scambio di sostanze

APPENDICE

SCHEMA DI PROCESSO STRIPPING:



LEGENDA:

MATERIALI

- 1 LIQUIDO CONTENENTE IL SOLUTO
- 2 SOLUTO LIQUIDO
- 3 DILUENTE ALTOBOLLENTE LIQUIDO
- 4 CONDENSE
- VB VAPORE BASSA PRESSIONE DA SURRISCALDARE
- DW FLUIDO DOWTHERM ALTA T INGRESSO/USCITA

APPARECCHIATURE

- D1 SERBATOIO LIQUIDO DA STRIPPARE
- C1 COLONNA DI STRIPPAGGIO
- E1,2 PRERISCALDATORI
- E3 SURRISCALDATORE DEL VAPORE
- E4 CONDENSATORE
- D2 SERBATOIO SEPARATORE CONDENSE

CONTROLLI

- FFC CONTROLLO DI PORTATE IN RAPPORTO
- PC CONTROLLO DI PRESSIONE
- TC CONTROLLI TEMPERATURA
- FC CONTROLLO PORTATA
- LC CONTROLLI DI LIVELLO

Prof.A.Tonini

ESEMPI APPARECCHIATURE STRIPPING:

COLONNE A RIEMPIMENTO