



PROGRAMMA D' INSEGNAMENTO



SVOLTO

Dai Proff. _____ **Lorenzoni Marco – Salvietti Daniele** _____

Insegnanti di _____ **Tecnologie Chimiche Industriali** _____

Nella classe _____ **5B CM** _____

Per l'Anno Scolastico _____ **2023 - 2024** _____





PROGRAMMA SVOLTO

Laboratorio¹: progettazione e realizzazione di schemi di processo dei più comuni impianti industriali anche con l'impiego di AUTOCAD.

Scambi di calore (ripasso anno precedente, vol. II°):

- Calore sensibile e calore latente e relative formule: $Q = mc\Delta t$ e calore latente $Q = m\lambda$;
- Profilo termico dello scambiatore e calcolo di ΔT_{ml} ;
- Coefficiente globale di scambio termico U e area dello scambiatore di calore;
- Aspetti entropici ed entalpici e determinazione dell'andamento dell'energia libera nelle reazioni chimiche;

L'equilibrio liquido vapore

- Aspetti generali della distillazione
- L'equilibrio liquido-vapore per un componente puro;
- Le miscele ideali; la legge di Dalton e la legge di Raoult per le miscele ideali;
- Le curve di equilibrio per miscele ideali: diagrammi pressione/composizione (P/x), temperatura/composizione (T/x) e composizione liquido/composizione vapore (y/x), la volatilità relativa e la costruzione del diagramma x/y tramite $y = x \alpha_{A-B} / 1 + x (\alpha_{A-B} - 1)$;
- Deviazioni dal comportamento ideale e relativi diagrammi P/x e T/x . Miscele azeotropiche di massimo e di minimo azeotropi omogenei e eterogenei.

La rettifica continua

- La colonna di rettifica continua;
- Il bilancio globale di materia nella colonna di rettifica;
- Traffici in colonna: bilanci di materia nella zona di arricchimento e di esaurimento;
- Bilanci di energia in una colonna di rettifica continua: calore di preriscaldamento dell'alimentazione, calore al condensatore di testa nel caso di condensazione totale e parziale (cenni), calore al ribollitore di coda.
- Ipotesi di McCabe-Thiele per la determinazione del numero degli stadi teorici, la retta di lavoro di arricchimento e il rapporto di riflusso, la retta di lavoro di esaurimento le condizioni termiche dell'alimentazione, il "parametro q " e la "retta q ", dell'alimentazione e sua intersezione con le rette di lavoro superiore e inferiore. Determinazione grafica del numero di stadi con il metodo di McCabe - Thiele.
- Scelta del rapporto di riflusso operativo; rapporto di riflusso e numero di piatti; la condizione di pinch e il riflusso minimo; scelta del migliore rapporto di riflusso operativo sulla base di considerazioni economiche.

Impiantistica delle colonne di rettifica e controllo di processo nella distillazione

- Struttura delle colonne di rettifica a piatti e tipi di piatti;
- Possibili malfunzionamenti delle colonne di rettifica;
- Calcolo dei diametri della parte superiore e inferiore di una colonna di rettifica sulla base delle velocità dei vapori (cenni);
- Efficienza di una colonna e calcolo degli stadi reali, efficienza di Murphree;
- Colonne a riempimento, tipi di riempimento;
- *rappresentazione grafica UNICHIM di un impianto di rettifica continua, con colonna di distillazione frazionata a piatti e a riempimento e apparecchiature ausiliare (ribollitore di fondo tipo Kettle, riscaldamento interno a serpentino, condensatore di testa ad acqua, serbatoio di accumulo del riflusso,*

¹ In corsivo le esperienze di laboratorio.



pompa di riflusso e riflusso per gravità, scambiatore di preriscaldamento dell'alimentazione per recuperi di calore sistema per il vuoto);

- Controllo portate dell'alimentazione e del distillato, controllo del riflusso, controllo della pressione in colonna, controllo della temperatura con priorità del distillato nella sezione di arricchimento, controllo della temperatura con priorità del residuo nella sezione di esaurimento nel ribollitore, controllo del livello.
- *Vari Schemi di colonne di distillazione secondo le norme UNICHIM completi dei controlli automatici.*

La distillazione flash

- Casi di impiego della distillazione flash;
- Bilancio di materia nella distillazione flash;
- Calcolo della composizione e della portata del distillato e del residuo usando la curva di equilibrio x/y .

La distillazione discontinua o batch

- Campi di impiego della distillazione discontinua;
- Distillazione differenziale batch e andamento nel tempo delle concentrazioni di distillato e residuo;
- Rettifica discontinua con colonna: modalità in cui può essere condotta: Rettifica discontinua a riflusso costante e X_D variabile; Rettifica discontinua a X_D costante e rapporto di riflusso variabile.

La distillazione estrattiva

- Casi di impiego della distillazione estrattiva e modalità di esecuzione di una distillazione estrattiva;
- Esempio di distillazione estrattiva: miscela isotano – toluene;
- *Schema di processo: rappresentazione grafica di un impianto di distillazione estrattiva corredato di apparecchiature ausiliarie e dei controlli di processo.*

La distillazione azeotropica

- Casi di impiego della distillazione azeotropica e modalità di esecuzione di una distillazione azeotropica;
- La distillazione azeotropica per produrre dell'etanolo assoluto. Schema di impianto;
- Distillazione azeotropica di una miscela acido acetico – acqua;
- *Schema di processo: rappresentazione grafica di un impianto di distillazione azeotropica corredato di apparecchiature ausiliarie e dei controlli di processo.*

La distillazione in corrente di vapore

- Casi di impiego della distillazione in corrente di vapore e modalità di conduzione di una distillazione in corrente di vapore; Il diagramma di Hausbrand. Tensione di vapore di miscele non omogenee (fasi liquide immiscibili) e determinazione della temperatura di ebollizione di una miscela vapore-composto e delle corrispondenti pressione di vapore dei componenti;
- Calcolo del rapporto in massa tra il vapore d'acqua surriscaldato e i vapori del componente organico.

Lo stripping

- Scopo e principio di funzionamento, modalità di conduzione dello stripping: descrizione del funzionamento di una colonna;
- Concentrazioni in rapporto e collegamento con le frazioni molari. L'uso delle concentrazioni in rapporto nei processi unitari di stripping. Portate del diluente puro A e del solvente puro B e collegamento con la portata totale entrante F;
- Bilancio di materia; retta di lavoro nello stripping e sua rappresentazione grafica nel diagramma X/Y ; Retta/curva di equilibrio nello stripping. Condizioni di pinch nello stripping;
- Determinazione grafica del numero di stadi nello stripping con il metodo di Mac Cabe e Thiele



- *Schema di processo: rappresentazione grafica di un impianto di stripping corredato di apparecchiature ausiliarie e dei controlli di processo.*

L'assorbimento e il desorbimento

- La solubilità dei gas nei liquidi e le equazioni di trasferimento di materia;
- Generalità sull'assorbimento, sul desorbimento anche in confronto con lo stripping. Campi di impiego di queste tecniche di separazione.
- La solubilità dei gas nei liquidi: Legge di Henry, limiti di validità. I diagrammi di equilibrio frazione molare gas in fase gassosa / frazione molare gas in fase liquida;
- Apparecchiature usate nell'assorbimento;
- Dimensionamento delle colonne di assorbimento e di desorbimento: bilancio di materia in una colonna di assorbimento o di desorbimento;
- Determinazione del rapporto minimo solvente/gas;
- Determinazione grafica del numero di stadi con il metodo di McCabe e Thiele;
- *Schema di processo: rappresentazione grafica di un impianto di assorbimento e desorbimento correlato dei più comuni controlli di processo.*

Produzione di idrogeno, ammoniaca e acido nitrico

- Vari processi di produzione dell'idrogeno (ossidazione parziale di idrocarburi, proc. ferro/vapore, Koppers-Totzek);
- Steam Reforming: descrizione delle fasi del processo di produzione di H_2
- Ciclo di lavorazione per la sintesi dell'ammoniaca;
- Controllo cinetico e termodinamico della reazione;
- Impianto per la sintesi dell'ammoniaca, schema a blocchi e schema di processo dell'impianto, completo dei controlli automatici;
- Produzione di acido nitrico: descrizione delle fasi del processo di produzione di HNO_3 (processo Ostwald) e schema di processo dell'impianto di produzione.

Equilibrio di ripartizione e estrazione liquido-liquido con solventi totalmente immiscibili

- Schema di principio del funzionamento dell'estrazione liquido-liquido;
- Principali impieghi dell'estrazione liquido-liquido;
- Estrazione a stadio singolo con completa immiscibilità tra solvente e diluente: bilancio di materia, resa di estrazione, rapporto solvente/diluente e fattore di estrazione;
- Estrazione a stadi multipli a correnti incrociate: bilancio di materia e determinazione grafica del numero di stadi;
- Estrazione a stadi multipli in controcorrente: bilanci di materia (cenni sull'equazione di Kremser);
- Condizioni limite di funzionamento;
- Criteri per la scelta del solvente nell'estrazione liquido-liquido: immiscibilità del diluente, coefficiente di ripartizione, capacità del solvente, tensione di vapore, stabilità termica, tensione superficiale, densità, viscosità, costo, tossicità e pericolosità ambientale;
- *Le apparecchiature per l'estrazione: classificazione (estrattori a stadi e differenziali – miscelatori – decantatori, colonne, estrattori centrifughi); tini agitati a fondo conico, miscelatori-decantatori;*
- colonne di estrazione, parametri caratteristici e problematiche (HETS, holdup, ingolfamento e miscelazione assiale) *colonne spray, colonne a riempimento e a piatti, colonne agitate (con agitazione pulsante, con agitatori rotanti, con agitazione alternativa); estrattori centrifughi;*
- *Schema di processo: rappresentazione grafica di un impianto d'estrazione liquido-liquido completo dei più comuni sistemi di controllo automatici.*



Estrazione solido-liquido

- Il meccanismo dell'estrazione solido-liquido e i fattori che influenzano; principali impieghi dell'estrazione solido-liquido.
- Diagrammi ternari, (diagramma triangolare a triangolo rettangolo isoscele), e loro impiego nell'estrazione solido liquido: regola dell'allineamento delle correnti e della leva.
- Bilancio di materia nell'estrazione solido-liquido per il calcolo di portate e concentrazioni dell'estratto e del raffinato.
- L'equilibrio nell'estrazione solido-liquido: la suddivisione della miscela di estrazione e le linee di equilibrio.

Biotecnologie: generalità

- Campi di applicazione delle biotecnologie;
- Operazioni e processi unitari nelle produzioni biotecnologiche, materie prime impiegate nei fermentatori;
- Problemi inerenti la sterilizzazione delle apparecchiature, del terreno di coltura e dell'aria: sterilizzazione per filtrazione, sterilizzazione termica;
- Microorganismi utilizzati nelle biotecnologie: batteri, lieviti e muffe;
- Cinetica di accrescimento batterico: stadi in cui si divide un processo di fermentazione: curva $\ln N/\text{tempo}$, curva μ/tempo , equazione di Monod, crescita esponenziale N/t ;

Bioreattori

- Bioreattori discontinui e continui: reattori discontinui e sistemi di controllo: sterilizzazione del reattore, controllo della temperatura, immissione dei reagenti, *schema completo bioreattore STR con controlli automatici*. Reattori continui: CSTR, air lift, reattori a letto immobilizzato e a letto fluido;
- Sistemi di recupero dei prodotti: operazioni sul brodo e operazioni di recupero del metabolita;
- *Schema di processo: rappresentazione grafica di un impianto di produzione biotecnologica con reattore batch correlato di apparecchiature ausiliarie e dei controlli di processo e di un generico sistema per il recupero dei prodotti.*

Produzioni biotecnologiche su larga scala

- Produzione di etanolo;
- Produzione di acido citrico;
- Produzione di antibiotici: penicillina;
- Produzione di amminoacidi: l'acido glutammico.

Testo di riferimento: S. Natoli e M. Calatozzolo "Tecnologie Chimiche Industriali", Vol. 3° Edizioni EDISCO (TO)

Arezzo, 3 giugno 2024

Gli studenti

Gli Insegnanti

Prof. Marco Lorenzoni

Prof. Daniele Salvietti



ISTITUTO TECNICO INDUSTRIALE STATALE " GALILEO GALILEI "

52100 AREZZO Via Dino Menci, 1 – C.F.: 80002160515 – C.M.: ARTF02000T

Tel. 05753131 – Fax 0575313206

Posta elettronica: artf02000t@istruzione.it; artf02000t@pec.istruzione.it

Sito Internet: <http://www.itisarezzo.edu.it>

