Università degli Studi di Pisa

# Sintesi dei processi chimici

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Chimica

Martina Guidi e Matteo Luppichini

A.A. 2015/2016

master COPY COPISTERIA 050/83112126 388/9837745

master COPY COPISTERIA 050/8312126 388/9837745

# Sommario

**Introduzione** ..... **4**

**Capitolo 1 - Reattore** ..... **9**

1.1 Scelta del reattore ..... 10

*1.1.1 Reazioni singole* ..... *13*

*1.1.2 Reazioni multiple in parallelo con formazione di sottoprodotti* ..... *13*

*1.1.3 Reazioni multiple in serie con formazione di sottoprodotti* ..... *14*

*1.1.4 Reazioni multiple in serie e in parallelo con formazione di sottoprodotti* ..... *14*

*1.1.5 Reazioni di polimerizzazione* ..... *15*

1.2 Conversione ..... 16

*1.2.1 Reazioni singole* ..... *16*

*1.2.2 Reazioni multiple in parallelo con formazione di sottoprodotti* ..... *16*

*1.2.3 Reazioni multiple in serie con formazione di sottoprodotti* ..... *16*

1.3 Concentrazioni ..... 16

*1.3.1 Reazioni singole* ..... *16*

*1.3.2 Reazioni multiple in parallelo con formazione di sottoprodotti* ..... *18*

*1.3.3 Reazioni multiple in serie con formazione di sottoprodotti* ..... *18*

1.4 Temperatura ..... 19

*1.4.1 Reazioni singole* ..... *19*

*1.4.2 Reazioni multiple* ..... *21*

*1.4.3 Controllo della temperatura* ..... *21*

1.5 Pressione ..... 23

*1.5.1 Fase gas/vapore* ..... *23*

*1.5.2 Fase liquida* ..... *23*

1.6 Catalisi ..... 23

1.7 Continuous vs batch ..... 27

*1.7.1 Schemi batch per prodotto singolo* ..... *28*

*1.7.2 Schemi batch per prodotti multipli* ..... *29*

**Capitolo 2 – Separazione** ..... **32**

2.1 Separazione delle Fasi ..... 32

*2.1.1 Vapore* ..... *33*

*2.1.2 Liquido* ..... *33*

*2.1.3 Vapore/liquido* ..... *33*

2.2 Sistema di separazione dei vapori ..... 36

*2.2.1 Classificazione delle separazioni* ..... *38*

*2.2.2 Condensazione parziale e distillazione criogenica* ..... *39*

*2.2.3 Absorbimento* ..... *39*

*2.2.4 Adsorbimento* ..... *40*
*2.2.5 Processi a membrana* ..... *42*
*2.2.6 Pompaggio vs compressione* ..... *42*
2.3 Sistema di separazione dei liquidi ..... 47
*2.3.1 Come rimuovere i componenti leggeri se contaminano il prodotto* ..... *47*
*2.3.2 Miscele azeotropiche* ..... *48*
*2.3.3 Distillazione* ..... *48*
*2.3.4 Estrazione Liquido-Liquido* ..... *69*
**Capitolo 3 – Recupero di calore** ..... **82**
3.1 Tecnica del Pinch ..... 84
*3.1.1 Pinch di utility* ..... *88*
3.2 Rete di scambiatori ..... 95
*3.2.1 Rompere un loop* ..... *102*
3.3 Integrazione colonne di distillazione ..... 113
*3.3.1 Strumenti per forzare la colonna a lavorare nella giusta posizione* ..... *115*
*3.3.2 Pratiche convenzionali per ridurre le richieste di energia* ..... *124*
*3.3.3 Costi della colonna integrata* ..... *127*
3.4 Integrazione calore – lavoro ..... 127
*3.4.1 Macchine termiche* ..... *127*
*3.4.2 Pompe di calore* ..... *129*
*3.4.3 Cicli di refrigerazione* ..... *135*

master copy COPISTERIA 050/83121126 328/9837745

# Introduzione

Trattiamo uno sviluppo gerarchico che si può rappresentare con un **modello a cipolla** in cui il cuore è costituito dal reattore.

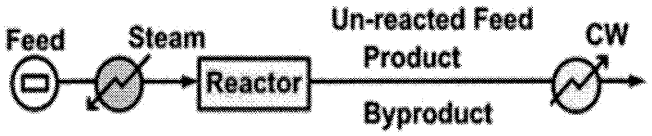



Figura 1

Il nostro problema sarà la separazione del prodotto dai sottoprodotti e dai reagenti non reagiti. La separazione più comune è fatta con le distillazioni, in cui viene sfruttata la diversa volatilità dei componenti della nostra miscela. Una corrente vapore risale la nostra colonna arricchendosi del componente volatile, mentre una fase liquida scende lungo la colonna arricchendosi del componente meno volatile. Se ottengo in coda una miscela di due componenti e se devo separarli, allora dovrò prevedere di utilizzare più metodi di separazione in serie. Ciò che non ha reagito lo ricicliamo nel processo per ridurre i costi di processo e di materie prime.

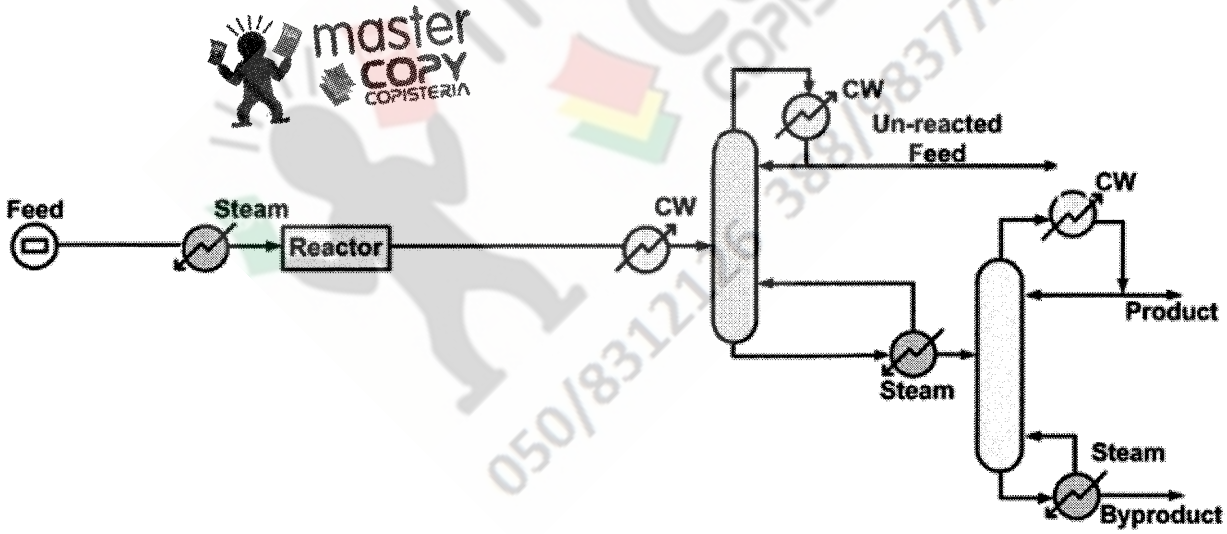



Figura 2

A livello energetico dobbiamo essere il più efficienti possibile: abbiamo delle correnti calde che devono essere raffreddate, mentre ho delle correnti fredde da scaldare. Sfrutterò le due correnti per cercare di evitare le utility che causano un aumento dei costi. Si dovranno utilizzare delle leggi e regole per scegliere le combinazioni per ottenere l'intreccio tra le correnti ottimale. Lo scopo è quello di ridurre la richiesta di vapore e acqua di torre nel processo (si riduce il costo di costo di esercizio del processo). Si dovrà cercare di ottenere il prodotto come prodotto di testa perché in coda si concentrano l'impurezze.