



Dipartimento di Energia
Politecnico di Milano
Via La Masa 34 - 20156 MILANO

Esercitazioni del corso "FONDAMENTI DI PROCESSI CHIMICI"

Prof. Luca Lietti

ESERCITAZIONE 10

1. Si consideri la reazione:



la cui cinetica è irreversibile del primo ordine rispetto alla concentrazione di A:

$$r = k C_A \text{ [kmol/h/m}^3\text{]}$$

con $k = 0.5 \text{ h}^{-1}$ e C_A in (kmol/m^3) .

Si richiede di calcolare la conversione di A per le seguenti configurazioni reattoristiche:

- a) CSTR – Volume 45 m^3
- b) serie di 3 CSTR – ciascuno di 15 m^3
- c) PFR – Volume 45 m^3

Solo A è alimentato al reattore ($Q = 10 \text{ m}^3/\text{h} - C_{A^0} = 10 \text{ kmol/m}^3$). La reazione viene condotta isotermicamente e le perdite di carico sono trascurabili.

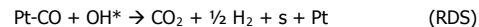
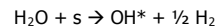
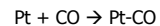
2. In un lavoro di letteratura (K.G. Azzam et al., Appl. Catal. B:Environmental, 80 (2008) 129) si riportano i seguenti dati di attività catalitica nella reazione di shift:

p_{CO} (bar)	p_{H_2} (bar)	p_{H_2O} (bar)	p_{CO_2} (bar)	p_{N_2} (bar)	Rate ($\mu\text{molH}_2 \text{ g}^{-1} \text{ s}^{-1}$)
H₂ order					
0.247	0.066	0.355	0.120	1.211	172.0
0.241	0.142	0.362	0.119	1.138	116.0
0.241	0.198	0.370	0.112	1.081	92.1
0.240	0.291	0.380	0.120	0.989	75.7
CO order					
0.241	0.198	0.370	0.112	1.081	92.1
0.173	0.192	0.360	0.122	1.153	89.8
0.115	0.192	0.363	0.121	1.211	85.1
0.057	0.191	0.366	0.120	1.267	78.5
CO₂ order					
0.241	0.198	0.370	0.112	1.081	92.1
0.240	0.196	0.360	0.243	0.961	104.7
0.238	0.195	0.358	0.367	0.840	99.2
0.237	0.194	0.365	0.493	0.716	94.3
H₂O order					
0.242	0.200	0.234	0.121	1.20	63.6
0.241	0.198	0.370	0.112	1.081	92.1
0.232	0.191	0.444	0.122	1.016	99.4
0.232	0.190	0.522	0.120	0.936	119.1

La reazione viene condotta in un reattore a letto fisso operante a 300°C in condizioni differenziali; il catalizzatore è Pt-Re/TiO₂.

Sulla scorta dei dati sopra riportati, si chiede di:

- stimare gli ordini di reazione per CO, CO₂, H₂O e H₂;
- stimare la costante cinetica della reazione a 300°C;
- derivare una equazione cinetica tipo LHHW basata sui seguenti stadi:



che sia consistente con gli ordini di reazione stimati.

SOLUZIONE:

Caso A)

Il bilancio di materia per il reattore CSTR per una cinetica del irreversibile del primo ordine ha la seguente soluzione analitica:

$$c_A = \frac{c_A^0}{1 + k \frac{V}{Q}} = \frac{c_A^0}{1 + k\tau} \quad (1)$$

Da cui si ottiene una conversione di A pari a: 69.23%

Caso B)

È possibile procedere utilizzando Equazione 1 per ognuno dei tre reattori, facendo attenzione che c_A^0 per i reattori 2 e 3 saranno le concentrazioni uscenti dai reattori 1 e 2. Nel caso in esame – visto che il tempo di contatto è uguale per i tre reattori – la soluzione per il treno di n CSTR diventa:

$$c_{A_n} = \frac{c_A^0}{(1 + k\tau_R)^n} \quad (2)$$

Per 3 CSTR in serie di $V = 15 \text{ m}^3$ ciascuno si ottiene una conversione di A pari a: 81.34%

Caso C)

Il bilancio di materia per il reattore PFR per una cinetica del irreversibile del primo ordine ha la seguente soluzione analitica:

$$c_A = c_A^0 \exp(-k\tau) \quad (3)$$

Da cui si ottiene una conversione di A pari a: 89.46%.

NOTA BENE: è buona cosa – come fatto a esercitazione – ricavare le equazioni (1), (2) e (3) partendo dalla affermazione generale di bilancio e introducendo successivamente le varie ipotesi.