



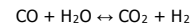
Esercitazioni del corso "FONDAMENTI DI PROCESSI CHIMICI"

Prof. Luca Lietti

ESERCITAZIONE 0

Esercizio 1

Si faccia riferimento ai gas provenienti dal Reforming II con aria, la cui composizione è riportata in tabella. Essi vengono inviati al reattore di conversione del CO, dove avviene la seguente reazione (Water Gas Shift, WGS):

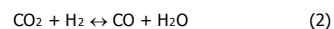
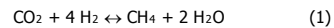


Si chiede di determinare la conversione di CO e la composizione volumetrica in uscita dal reattore affinché il tenore di CO nella corrente uscente sia ridotto allo 0.39% volumetrico sul secco.

Composizione	Portata (Nm ³ /h)	% Vol. sul secco
H₂		56.36
N₂		22.24
CO		12.56
CO₂		8.27
Ar		0.27
CH₄		0.3
H₂O	73411	
Σ_{secco}	120264	100.00
Totale	193675	

Esercizio 2

Il processo di metanazione della CO₂ può essere schematizzato secondo le seguenti reazioni:



La reazione (1) è la reazione di Sabatier, mentre la reazione (2) è la reazione di Reverse Water Gas Shift (RWGS). Il rapporto H₂/CO₂ in ingresso è pari a 4. Si chiede di calcolare la concentrazione molare del gas in uscita dal reattore, sapendo che la conversione dell'anidride carbonica è pari al 90% e la selettività a metano è pari al 95%.

Risoluzione

Esercizio 1

Si scrive il bilancio materiale per ogni componente sul reattore di conversione. Si sceglie come base di calcolo 100 mol/h di secco in ingresso. Si definisce poi il grado di avanzamento λ della reazione e si scrive la composizione del sistema in uscita in funzione di λ.

Composizione	Portata (Nm ³ /h)	n ⁱⁿ (mol/h)	n ^{out} (mol/h)
H₂		56.36	56.36 + λ
N₂		22.24	22.24
CO		12.56	12.56 - λ
CO₂		8.27	8.27 + λ
Ar		0.27	0.27
CH₄		0.3	0.3
H₂O	73411	61.04	61.04 - λ
Σ_{secco}	120264	100.00	100.00 + λ
Totale	193675	161.04	161.04

La quantità di H₂O in ingresso è calcolata secondo:

$$H_2O = \frac{73411}{120264} \cdot 100 = 61.04$$

Si impone la specifica su tenore di CO nella corrente di uscita dal reattore:

$$\frac{CO}{\Sigma_{\text{secco}}} = \frac{12.56 - \lambda}{100 + \lambda} = \frac{0.39}{100}$$

da cui si ottiene λ = 12.12 mol/h. Noto λ si può risalire alla composizione del sistema in uscita dal reattore:

Composizione	n ^{out} (mol/h)	% vol. n ^{out} sul secco	% vol. n ^{out}
H₂	68.48	61.07	42.52
N₂	22.24	19.84	13.81
CO	0.44	0.39	0.27
CO₂	20.39	18.19	12.66
Ar	0.27	0.24	0.17
CH₄	0.30	0.27	0.19
Σ_{secco}	112.12	100	-
H₂O	48.92	-	30.38

La conversione di CO è pari a 96.52 %.

Esercizio 2

Si scrive il bilancio materiale per ogni componente. Si sceglie come base di calcolo 100 mol/h di CO₂ in ingresso. Si definisce il grado di avanzamento λ_1 per la reazione di Sabatier e λ_2 per la reazione di Reverse Water Gas Shift (RWGS). Si può quindi ricavare la composizione della miscela in uscita dal reattore in funzione di λ_1 e λ_2 , come segue:

$$n_i^{out} = n_i^{in} + \sum_{j=1}^{NR} \nu_{i,j} \cdot \lambda_j$$

Composizione	n ⁱⁿ (mol/h)	n ^{out} (mol/h)
CO ₂	100	100 - λ_1 - λ_2
H ₂	400	400 - 4 λ_1 - λ_2
CH ₄	0	λ_1
H ₂ O	0	2 λ_1 + λ_2
CO	0	λ_2
Totale	500	500 - 2 λ_1

Le due specifiche sono relative alla conversione della CO₂ e alla selettività a CH₄

$$\chi_{CO_2} = \frac{F_{CO_2}^{IN} - F_{CO_2}^{OUT}}{F_{CO_2}^{IN}} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{100} = 0.9$$

$$\sigma_{CH_4} = \frac{F_{CH_4}^{OUT}}{F_{CO_2}^{IN} - F_{CO_2}^{OUT}} = \frac{\lambda_1}{\lambda_1 + \lambda_2} = 0.95$$

Si tratta di un sistema di due equazioni in due incognite, che può essere risolto ottenendo $\lambda_1 = 85.5$ mol/h e $\lambda_2 = 4.5$ mol/h. La composizione in uscita è riportata nella seguente tabella.

Composizione	n ^{out} [mol/h]	x _i [%]
CO ₂	10	3.04
H ₂	53.5	16.26
CH ₄	85.5	25.99
H ₂ O	175.5	53.34
CO	4.5	1.37
Totale	329	