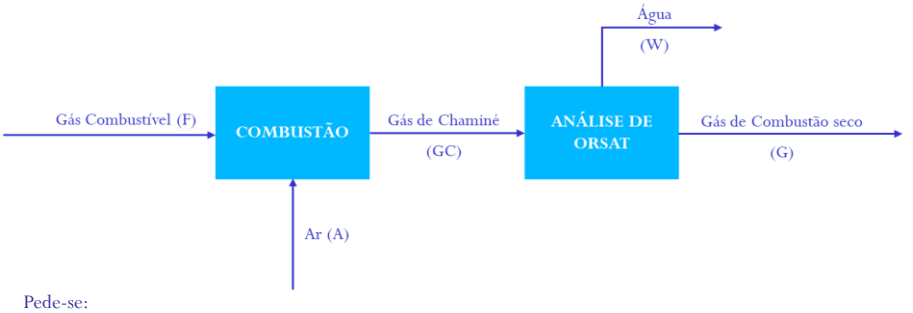
PQI 3221:
CINÉTICA QUÍMICA E PROCESSOS AMBIENTAIS

AULA 10

BALANÇO MATERIAL NA COMBUSTÃO DE GÁS COMBUSTÍVEL

Problema:

De um forno queimando gás combustível isento de O_2 resultou a seguinte composição de gás de combustão medida pela Análise de Orsat: CO_2 = 7,53%; O_2 = 7,53% e CO = 0,00%.



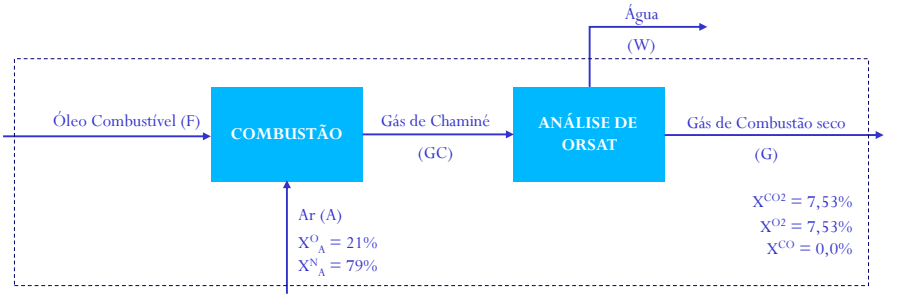
Pede-se:

A) Calcular a % de excesso de ar;

B) Calcular a composição do gás de chaminé.

SOLUÇÃO

As composições tanto do Gás de Combustão seco (G), como de Ar (A) são apresentadas em % em VOLUME (ou % MOLAR). Para elaborar o Balaço Material é conveniente adotar-se esta última abordagem (% MOLAR)



SOLUÇÃO

Assim a % de excesso de ar desejada pode ser calculada por:

$$\%\ \text{excesso de ar} = \frac{\text{excesso de } O_2 \times 100}{O_2 \text{ teórico}} = \frac{\text{excesso de } O_2 \times 100}{[O_2 \text{ do ar} - \text{excesso de } O_2]}$$

Isso porque, por meio de um balanço de O_2 pode-se notar que o O_2 alimentado ao sistema na forma de ar corresponde ao O_2 teórico (ou seja, que reage com C e H gerando respectivamente CO_2 e H_2O) mais o O_2 excesso. Assim:

$$\mathbf{O_2 \text{ do ar} = O_2 \text{ teórico} + \text{excesso de } O_2}$$

e portanto,

$$\mathbf{O_2 \text{ teórico} = O_2 \text{ do ar} - \text{excesso de } O_2}$$

SOLUÇÃO

Base de Cálculo: **G = 100 kmol**

Excesso de O_2 = (7,53/100) x 100 = 7,53 kmol

Balanço de N_2:

N_2 em G = 100 – 7,53 (= CO_2 formado) – 7,53 (= excesso de O_2) = **84,94 kmol**

Hipótese: N_2 não reage no sistema

Por conta disso, podemos dizer que essa mesma quantidade refere-se àquela de N_2 captado no ar. Dessa forma, é possível determinar o O_2 do ar, já que

O_2 do ar = N_2 do ar . (21 kmol O_2 / 79 kmol N_2) = **22,58 kmol**

Finalmente, a % de excesso de ar será dada por

% excesso de ar = 7,53 / (22,58 – 7,53) x 100% = **50,03%**

SOLUÇÃO

Para o cálculo da composição do Gás de Chaminé (GC) – ou seja, do gás úmido – será preciso determinar a quantidade molar de água formada durante da combustão.

Para tanto, devemos antes estabelecer o valor de O_2 teórico:

O_2 teórico = O_2 do ar – excesso de O_2 = 22,58 – 7,53 = **15,05 kmol**

Essa quantidade refere-se ao total de O_2 que efetivamente reagiu durante a combustão gerando CO_2 e H_2O.

Pela estequiometria de ração sabe-se que:

1kmol C reage com 1kmol O_2 para formar 1kmol CO_2

4kmol H reage com 1kmol O_2 para formar 2kmol H_2O

Logo, como a quantidade de CO_2 gerada no sistema é de 7,53 mol, o O_2 que reagiu para formar CO_2 corresponde também a 7,53 kmol e, portanto, aquele consumido para a obtenção de H_2O pode ser calculado pela diferença

O_2 formação de H_2O = O_2 teórico - O_2 formação de CO_2 = 15,05 – 7,53 = **7,52 kmol**

SOLUÇÃO

Assim sendo, a H_2O formada corresponde a

$H_2O = W = 7{,}52 \text{ x } (2 \text{ kmol } H_2O / 1 \text{ kmol } O_2) = \mathbf{15{,}04 \text{ kmol}}$

Relação estequiométrica entre O_2 e H_2O

Por fim, a quantidade molar de Gás de Chaminé (GC) será dada por

GC = [quantidade de gás seco (G)] + [quantidade de água] = 100 + 15,04 = **115,04 kmol**

Nesses termos, a composição molar (%) do Gás de Chaminé (GC) é

$CO_2 = 100 \text{ x } (7{,}53 / 115{,}04) \text{ x } 100\% = \mathbf{6{,}55\%}$
$O_2 = 100 \text{ x } (7{,}53 / 115{,}04) \text{ x } 100\% = \mathbf{6{,}55\%}$
$N_2 = 100 \text{ x } (84{,}94 / 115{,}04) \text{ x } 100\% = \mathbf{73{,}83\%}$
$H_2O = 100 \text{ x } (15{,}04 / 115{,}04) \text{ x } 100\% = \mathbf{13{,}07\%}$

BALANÇO MATERIAL COM REAÇÃO QUÍMICA

Problema:

Dióxido de enxofre reage com O_2 puro para formar SO_3. Usa-se 100% de excesso de O_2 e a reação é 60% completa em termos do SO_2. A reação estequimométrica que descreve esta transformação está indicada a seguir:

$$SO_2 + \tfrac{1}{2}\, O_2 \rightarrow SO_3$$

Nesses termos caldule:

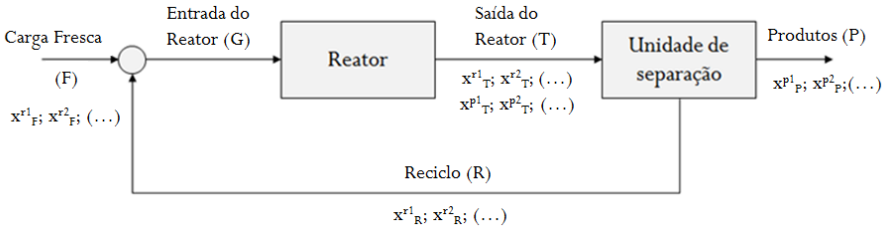
a) (%) de volume de SO_2, O_2 e SO_3 no produto;

b) A pressão parcial dos componentes no produto, se a pressão total for 300 kPa

CONVERSÃO GLOBAL E CONVERSÃO POR PASSE

É relativamente comum que processos químicos que envolvam reações tenham recuperação, parcial ou mesmo total, de reagentes. Isso ocorre a partir da colocação de sistemas que buscam separá-los dos produtos e subprodutos gerados nas reações.

Como vimos em aulas passadas, essas separações consistem, em muitos casos, de processos físicos simples, e desprovidos de reação. Os reagentes são reencaminhados para a alimentação do reator via reciclo fechado. Também na maior parte dos casos, o material recirculado se junta a carga fresca de reagentes a partir de um nó de entrada.



CONVERSÃO GLOBAL E CONVERSÃO POR PASSE

A instalação de um arranjo como esse requer que sejam conceituadas duas variáveis: Conversão Global e Conversão por Passe

Conversão Global: fração (ou porcentagem) do reagente presente na carga fresca que será convertida em produtos(s) que deixam o processo

$$\text{Conversão global} = C_g = \frac{\text{Reagente na Carga Fresca} - \text{Reagente no Produto}}{\text{Reagente na Carga Fresca}}$$

$$C_g = \left(\frac{F^{r1} - P^{r1}}{F^{r1}}\right)$$

Conversão por Passe: é a fração (ou porcentagem) do reagente presente na carga combinada que será convertida em produtos(s) que deixam o reator

Carga Combinada = Carga Fresca + Reciclo

$$\text{Conversão por Passe} = C_p = \frac{\text{Reagente na Carga Combinada} - \text{Reagente na saída do Reator}}{\text{Reagente na Carga Combinada}}$$

$$C_P = \left(\frac{G^{r1} - T^{r1}}{G^{r1}}\right) \quad \text{ou seja,}$$

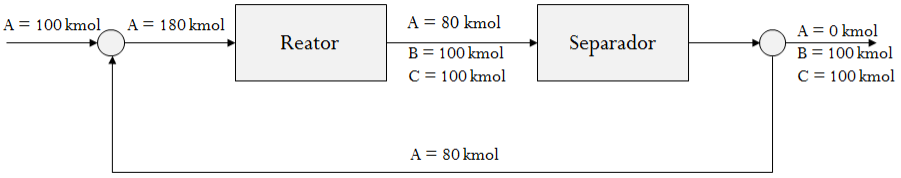
$$C_P = \left[\frac{(F^{r1} + R^{r1}) - T^{r1}}{(F^{r1} + R^{r1})}\right]$$

BALANÇO MATERIAL COM REAÇÃO QUÍMICA EM PROCESSO COM RECICLO

Problema:

Um certo processo se desenvolve segundo o arranjo e nas proporções indicadas na figura abaixo. Sabe-se que no interior do reator ocorre a seguinte transformação química:

$$A \rightarrow B + C$$



Pede-se calcular:

a) Conversão global de A;

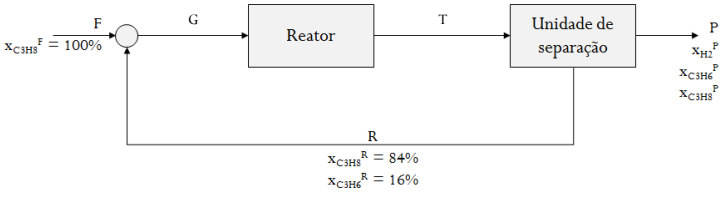
b) Conversão por passe de A.

BALANÇO MATERIAL COM REAÇÃO QUÍMICA EM PROCESSO COM RECICLO

Problema:

Propeno pode ser produzido por desidrogenação catalítica de propano de acordo com a reação química indicada a seguir:

$$C_3H_8 \rightarrow C_3H_6 + H_2$$



A conversão de propano por passe no reator é de 40%. Admitindo que produto efluente do processo contenha 4,0% de propano em quantidade de matéria, pede-se calcular:

a) Conversão global de C_3H_8;

b) A razão de reciclo (R/F)