Pirometalurgia

Exercícios – Balanço de Energia

1- Para o ferro, os seguintes dados são disponíveis:

Sólido α: Cp = 17,5 + 24,8.10-3 T (J.mol-1.K-1)

Sólido γ: Cp = 7,7 + 19,5.10-3 T (J.mol-1.K-1)

Sólido δ: Cp = 44 (J.mol-1.K-1)

Líquido: Cp = 42 (J.mol-1.K-1)

Transformação γ = >δ : 1400o C, ΔtrfH = 1180 J.mol-1

Ponto de fusão: 1535oC, ΔfusaoH = 15680 J.mol-1

Calcule o incremento de entalpia entre 298 e 1873 K.

2- a) Calcule a variação de entalpia associada à reação CH4(g) + 2 O2(g) ⬄ CO2(g) + 2 H2O(l,g) com a água formada como H2O(l) e com a água formada como H2O(g); b) calcule a temperatura adiabática para combustão do metano com quantidade de ar estequiométrica (21% volume de O2(g)) e com 20% de excesso de ar. O metano e o ar estão inicialmente a 25oC; c) o ar é agora pré-aquecido a 1000oC. Calcule a temperatura adiabática para ar estequiométrico e para 20% de excesso de ar; d) o ar é enriquecido com oxigênio para conter 30% volume de O2(g). Calcule a temperatura adiabática de chama considerando todos os reagentes a 25oC.

3- Sulfeto de zinco é ustulado com ar de acordo com a reação ZnS(s) + 3/2 O2(g) ⬄ ZnO(s) + SO2(g). a) calcule ΔHo298K e ΔHo1173K para esta reação; b) na prática, 50% de excesso de ar é usado. O sulfeto de zinco e o ar são introduzidos a 25oC e os produtos da reação são retirados a 900oC. Faça um balanço de entalpia para o processo e calcule o possível excesso ou deficiência de calor.

4- Óxido de cromo e alumínio em pó são misturados em quantidades estequiométricas para a reação Cr2O3 + 2 Al ⬄ Al2O3 + Cr. A mistura sofre ignição a 25oC e a reação é completa. Calcule a temperatura adiabática da reação. O calor introduzido para ignição é ignorado.

5) Redução carbotérmica é comumente usada para produzir metais a partir de óxidos. Calcule o calor requerido (em kcal/kg de zinco) para produzir zinco a partir da redução do ZnO com carbono. Os reagentes, ZnO e C, entram a 250oC, e o vapor de zinco e CO(g) saem a 1027oC. Use os seguintes dados:

Zn(s)⬄Zn(l) ; Tfusão = 692,5 K; ΔfusãoH = 1740 kcal/mol

Zn(l)⬄Zn(g) ; Tfusão = 1180 K; ΔfusãoH = 27565

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Componente | ΔHo (cal/mol.K) | Cp,m(cal/mol.K) |
| ZnO(s) | -83800 | 11,71+(1,22.10-3.T)-(2.18.105.T-2) |
| C(s) | 0 | 0,026+(9,307.10-3.T)-(0,354.105.T-2) |
| Zn(s) | 0 | 5,35+(2,40.10-3.T) |
| CO(g) | -26420 | 6,79+(0,98.10-3.T)-(0,11.105.T-2) |
| Zn(l) | ----- | 7,50 |
| Zn(g) | ----- | 5,00 |

Resp. 1551,1 kcal/kg Zn

6) Um forno a arco é usado para fundir sucata de cobre. A sucata está inicialmente a 25oC. O consumo é de 300 kWh/t de cobre líquido, quando aquecido até uma temperatura de 1523 K. Estime a eficiência térmica deste forno. Dados:

Ponto de fusão do cobre = 1356 K

Calor de fusão do cobre = 12970 J/mol.

Cp,m = 22,64 + 6,28.10-3 T [J/mol.K]

Cp,m = 31,38 [J/mol.K]

Resp. 69,5%

7) Calcule a quantidade de calor necessária para calcinar 1000 kg de calcário de composição 84% CaCO3, 8%MgCO3 e 8% H2O, carregado a 298 K. A cal é descarregada a 1173 K e os gases deixam o equipamento a 473 K.

Resp. 2,17 kJ.

8) É desejado produzir 10 kmol de cal a partir da calcinação do CaCO3(s) [puro] em um forno rotativo (rotary kiln). Um gás combustível de composição 7,2% CO2(g); 1,6% O2(g); 16,6% CO(g) e 74,6% N2(g) é queimado com 20% de excesso de ar para obter a desejada temperatura no Kiln. O calcário e o ar são supridos a 298 K e o gás combustível a 900 K. A cal é descarregada a 1200 K e os gases a 500 K. Calcule a quantidade de gás combustível.

Resp. 899 Nm3

9) Quanto de carbono (25oC) deve ser queimado por ar (925oC), em quantidade estequiométrica para formar CO(g), para aquecer uma tonelada de ferro a 1800oC? Qual a temperatura adiabática de chama? Qual a temperatura mínima à qual o ar deve ser pré-aquecido de modo a aquecer o ferro à 1800oC?

10) Num determinado forno são queimados 2,5 Nm3 de CO(g) (25oC) por minuto, juntamente com ar pré-aquecido a 527oC. Se as perdas são de 1500 kcal/minuto, qual o tempo necessário para fundir e aquecer 1 tonelada de cobre a 1327oC.