

PMT 3205

Físico-Química para Metalurgia e Materiais I

**Tecnologia de
Materiais**

- Criar materiais
- Produzir materiais
- Aplicar materiais

**Engenheiro
Metalurgista e
de Materiais**

- pesquisa
- produção
- gestão
- comercialização

Termodinâmica clássica: estuda o comportamento macroscópico da matéria com foco no seu estado e transformações

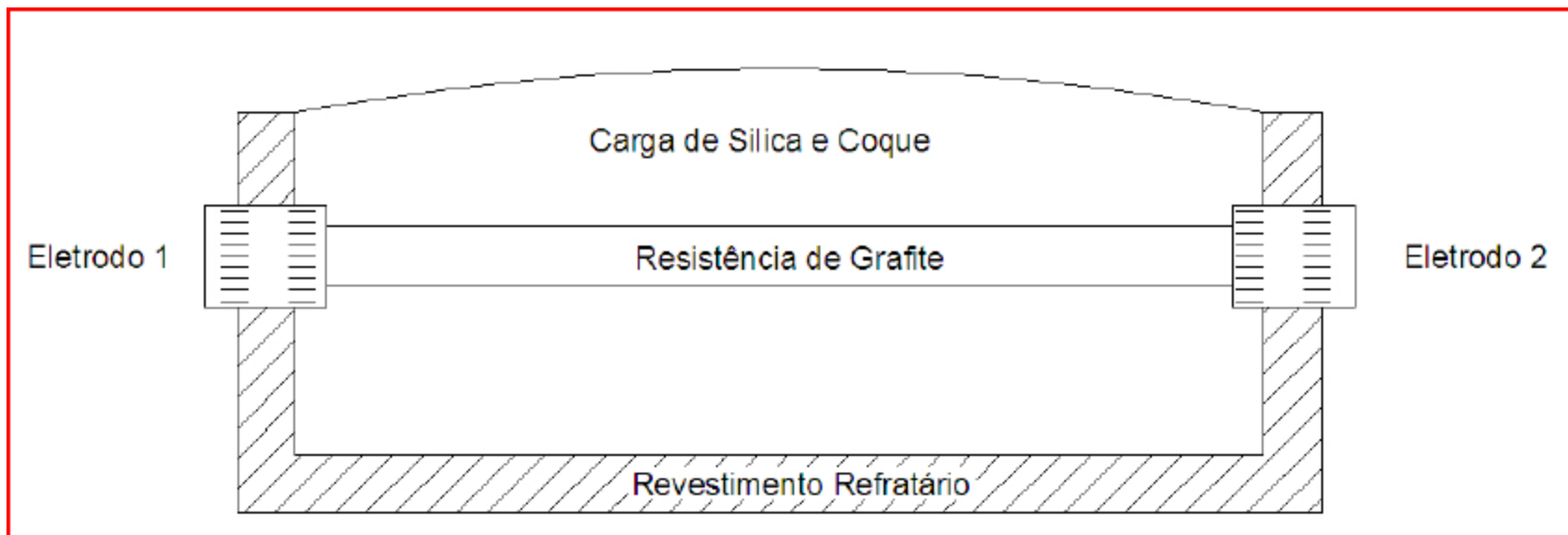
Termodinâmica estatística: estuda o comportamento microscópico da matéria.

Termodinâmica

- a) Permite determinar (através de cálculos termodinâmicos) se uma transformação é possível ou não;
- b) Calcular a influência das variáveis , por exemplo Pressão, Temperatura e composição química sobre a direcionalidade das transformações;
- c) Calcular variações de propriedades que acompanham as transformações;
- d) Calcular as condições reinantes quando o sistema se encontra em equilíbrio;
- e) A termodinâmica não estuda o mecanismo do porque e como as transformações ocorrem, simplesmente estuda se elas podem ocorrer ou não;
- f) Para a termodinâmica a variável tempo não existe. Algumas reações são termodinamicamente possíveis mas são tão lentas que para a nossa escala de tempo, elas virtualmente não ocorrem.

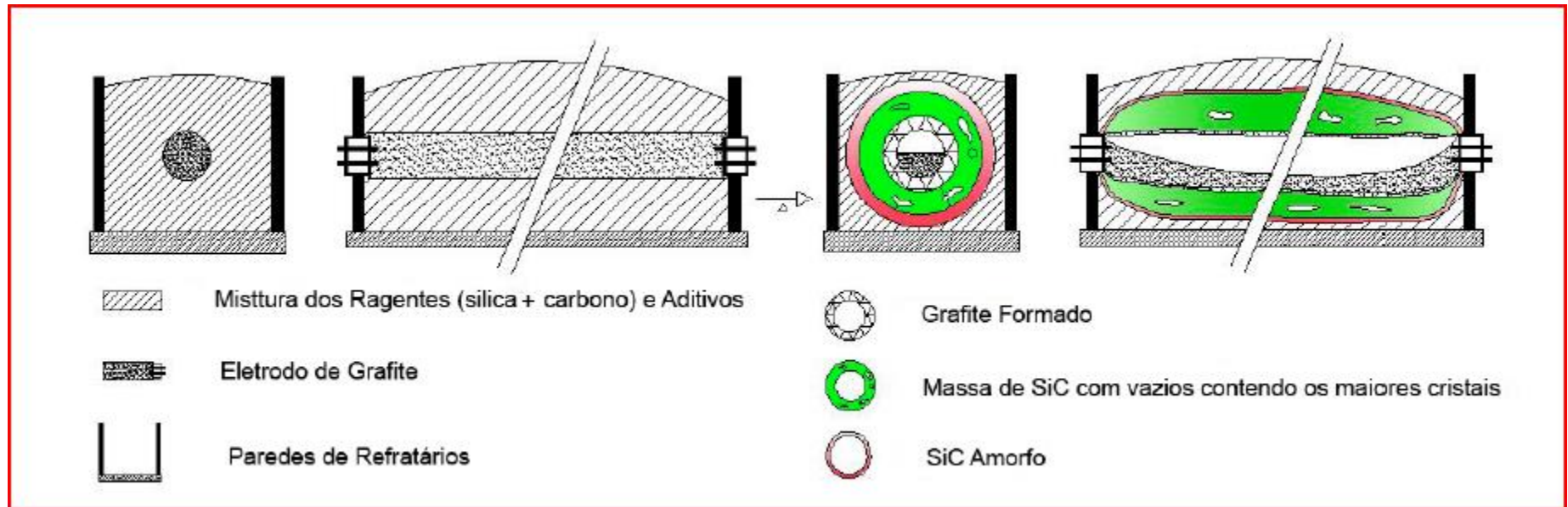
PRODUÇÃO DE SiC

PROCESSO ACHESON



PROCESSO ACHESON

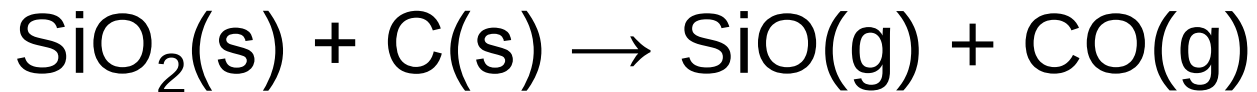
- 2000-2700°C



PROCESSO ACHESON

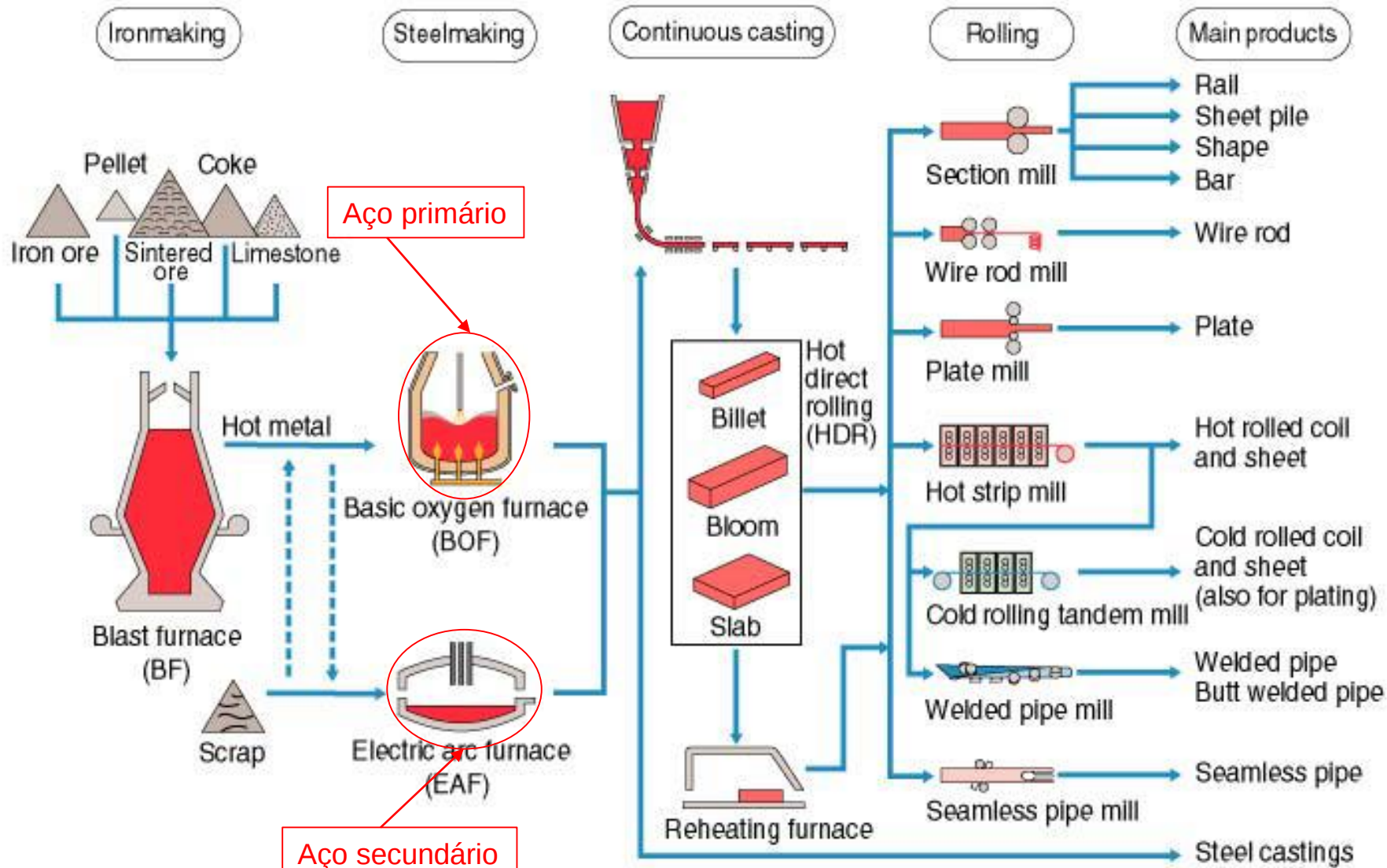


- Resultado de duas reações:



- 2,2 kWh/kg: teórico
- **6-12 kWh/kg: real**

Manufacturing Process for Iron and Steel



Redução de minério de ferro no alto forno



sinter



minério de
ferro
granulado



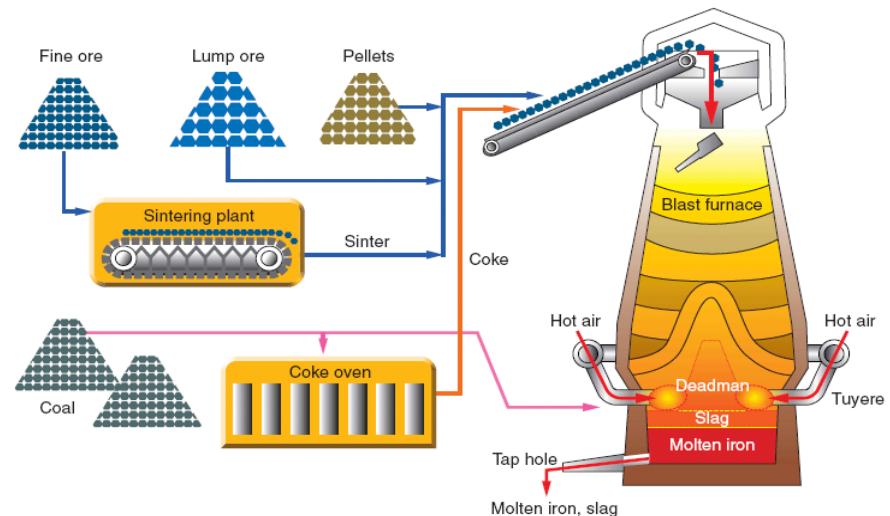
pelotas



coque



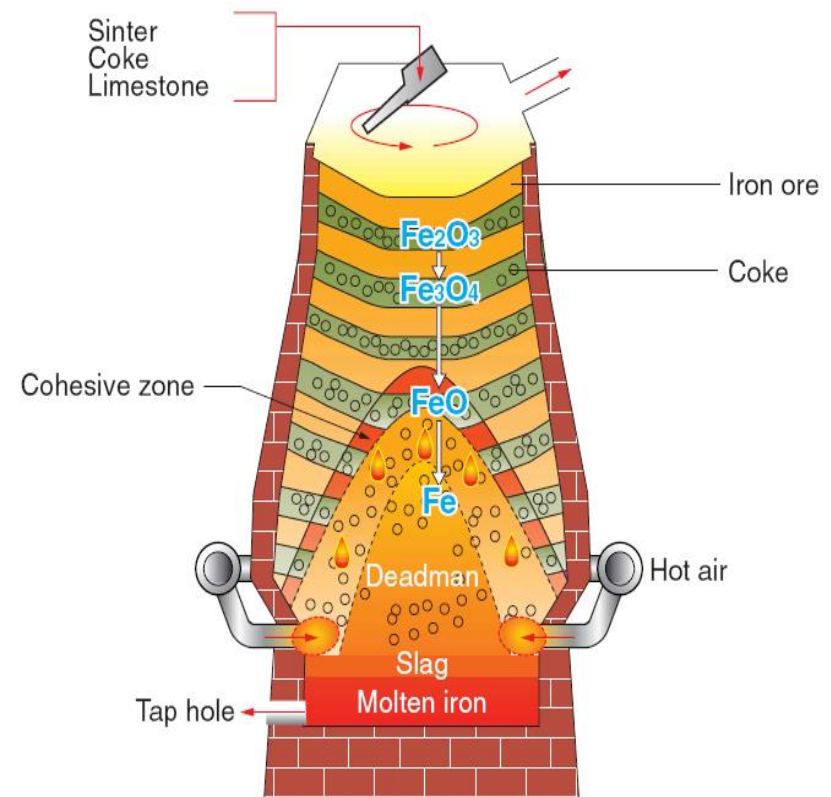
calcário



Altos fornos gigantes (>20m):

- produção 12.000 t de gusa/dia
(4,3 milhões de t/ano)
- matéria prima ferrosa 20.000 t / dia

- Como ocorre a redução do Fe_2O_3 em Fe metálico?
- Outros elementos (Mn, Si, P) são também produzidos por redução?
- Quanto se deve carregar de cada componente da carga ?
- Qual é a quantidade de minério necessário para a produção de 1 t de gusa ? E de coque ? E de ?
- A composição química do produto obtido depende da composição química das matérias primas ? Como se calcula ?
- O aumento da temperatura do ar quente soprado afeta o rendimento do processo ?
- Qual é a quantidade de C que é lançada na atmosfera?





Redução de minério de ferro no alto forno

FILME 01

Estequiometria

Balanço de Massa

REGRA GERAL



$$m_{\text{entrada}} = m_{\text{saída}}$$

- **Reações de oxidação:** metal ou um semi-metal transforma-se em um óxido; quando o cátion tem mais de uma valência pode ocorrer oxidação do óxido
- **Reações de redução:** oxigênio de um óxido é removido total ou parcialmente
- **Reações de ustulação:** sulfeto se transforma em um óxido.
- **Reações de calcinação:** carbonato transforma-se em um óxido

– **Porcentagem em peso:** $\%i = (m_i/m_t) \cdot 100$

$$m_t = m_i + m_j + m_k + \dots$$

$$\%i + \%j + \%k + \dots = 100$$

– **Fração molar ou atômica:** $X_i = n_i/n_t$

$$n_t = n_i + n_j + n_k + \dots$$

$$n_i = m_i/M_i$$

$$X_i + X_j + X_k + \dots = 1$$

- Para compostos químicos monoatômicos a fração molar é igual à atômica.
- Para compostos químicos, só a fração molar é aplicada.

Para gases ideais

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">○ $R = 0,082 \text{ atm.l/mol.K}$ ou $1,987 \text{ cal/mol.K}$ ou $8,31 \text{ J/mol.K}$○ Equação de Clapeyron<ul style="list-style-type: none">• $P.V = n.R.T$○ Lei de Dalton<ul style="list-style-type: none">• $P_{\text{total}} = p_a + p_b + p_c + \dots + p_n$• $p_i = x_i \cdot P_{\text{total}}$ | <ul style="list-style-type: none">○ Lei de Charles$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}$○ CNTP: 0°C, 1 atm<ul style="list-style-type: none">• $V = 22,4 \text{ litros}$○ %molar = %volumétrica |
|---|---|

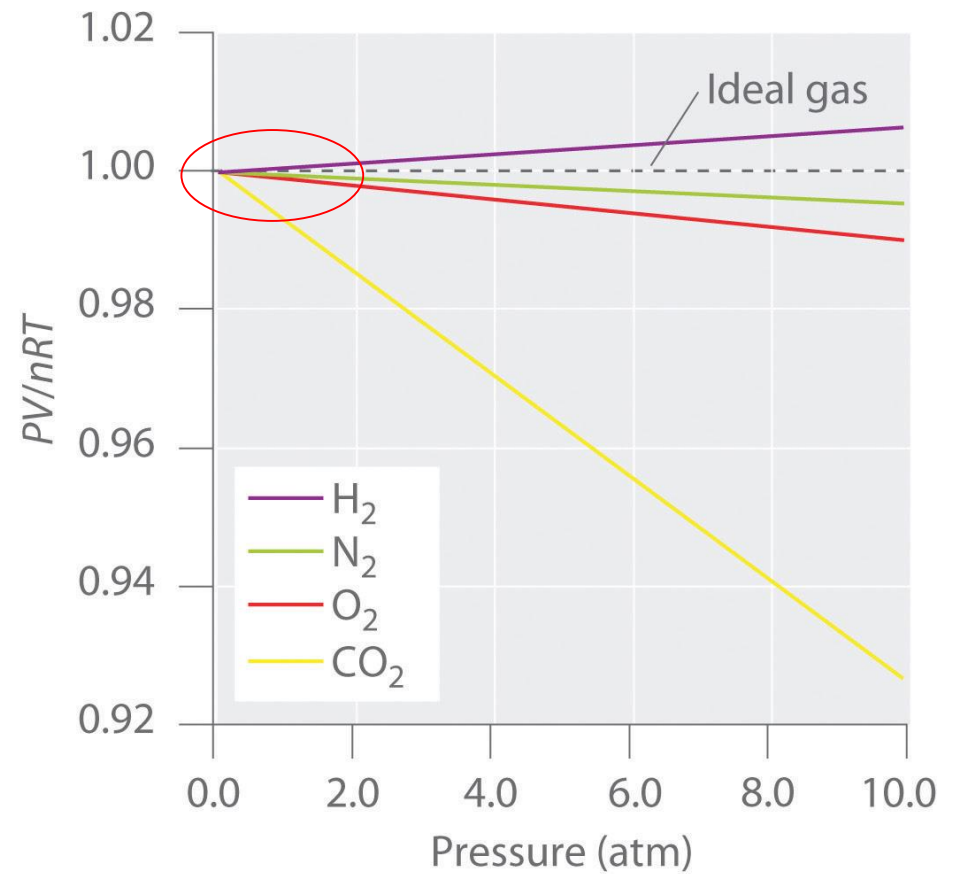
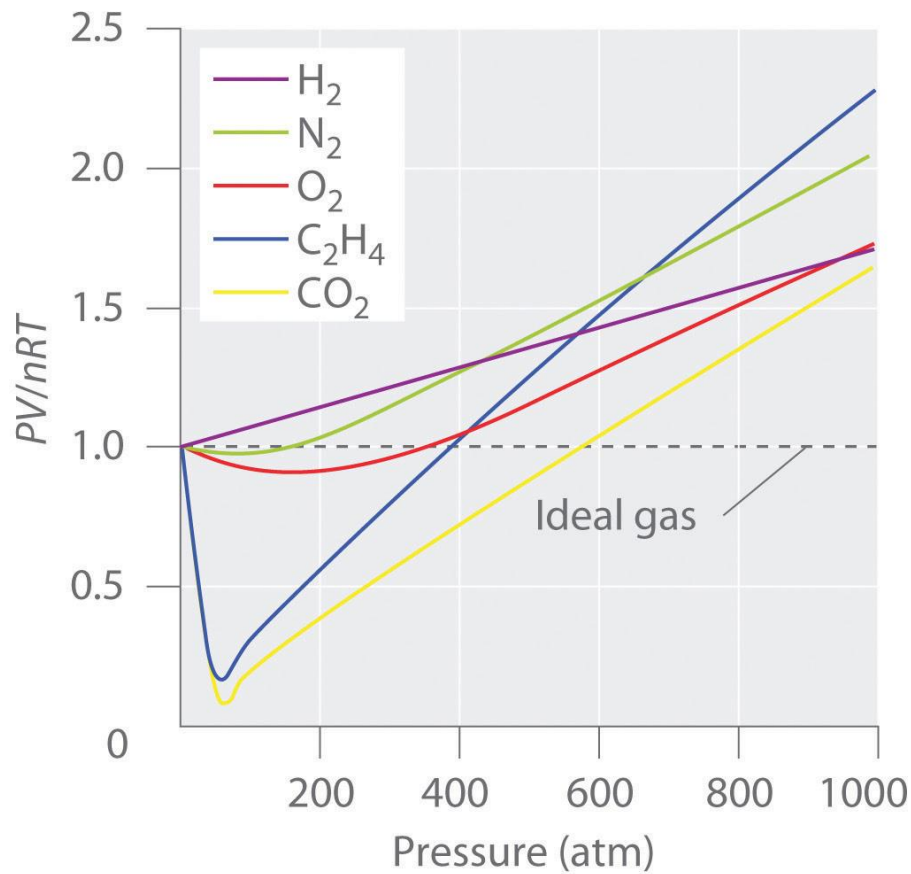
Simbologia

- $\langle i \rangle = i_{(s)} = \text{sólido}$
- $\{i\} = i_{(l)} = \text{líquido}$
- $(i) = i_{(g)} = \text{gás}$
- $\dot{i}$ ou $[i]_{\text{fase}} = \text{dissolvido}$

Regras (salvo informações no exercício)

- Reação com C: produto é CO
- Reação com CO: produto é CO₂
- Gás: ideal; composição em %molar
- Composição do ar: 80%N₂ e 20%O₂

Comportamento dos Gases



Estequiometria - Balanço de Massa

1. A análise de uma mistura gasosa é: 70% H₂, 15% CO, 5% CO₂, 5%H₂O e 5%N₂. Expresse a composição da mistura gasosa em %molar e %massa.

Se a mistura gasosa é ideal, a %volumétrica=%molar

Para uma base de cálculo de 100 moles de mistura tem-se:

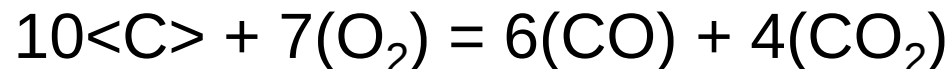
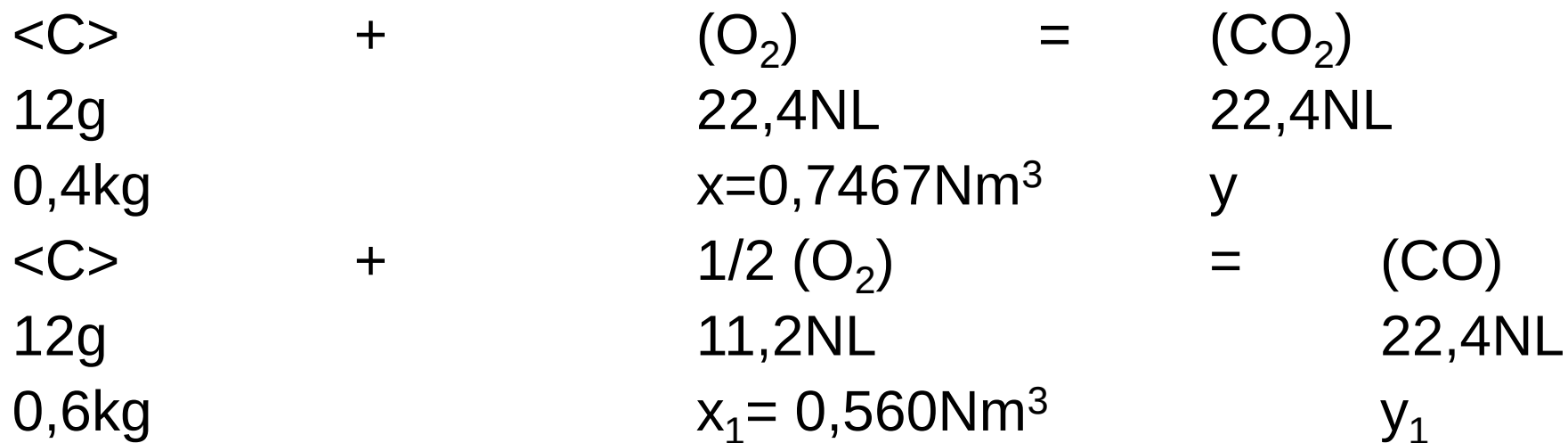
- $m_{\text{H}_2} = 70 \text{ moles} \times 2,016 \text{ g/mol} = 141,1\text{g}$
- $m_{\text{CO}} = 15 \times 28 = 420 \text{ g}$
- $m_{\text{CO}_2} = 5 \times 44 = 220 \text{ g}$
- $m_{\text{H}_2\text{O}} = 5 \times 18,02 = 90,1 \text{ g}$
- $m_{\text{N}_2} = 5 \times 28 = 140 \text{ g}$

$$m_{\text{total}} = 1011,2 \text{ g}$$

Estequiometria - Balanço de Massa

- $\%H_2 = (141,1/1011,2) \times 100 = 13,95\%$
- $\%CO = (420/1011,2) \times 100 = 41,53\%$
- $\%CO_2 = (220/1011,2) \times 100 = 21,76\%$
- $\%H_2O = (90,1/1011,2) \times 100 = 8,91\%$
- $\%N_2 = (140/1011,2) \times 100 = 13,95\%$

2. Calcular o volume de ar necessário para reagir com 1 kg de C sabendo-se que 60% do carbono vai formar CO e o restante CO₂. [11A]



$$V_{\text{total},O_2} = x + x_1 = 1,31\text{Nm}^3$$

$$V_{\text{total},ar} = V_{\text{total},O_2} / 0,2 = 6,53\text{Nm}^3$$

3. Os depósitos de minério de Cu nos EUA no início da década de 90 continham em média 0,5% Cu. O consumo de Cu neste período foi de 2,7 milhões de t. Assumindo que 2/3 da demanda de Cu é proveniente de minério, calcule a quantidade de minério que deve ser processado por ano. Assuma que a recuperação é de 84%. [11B]

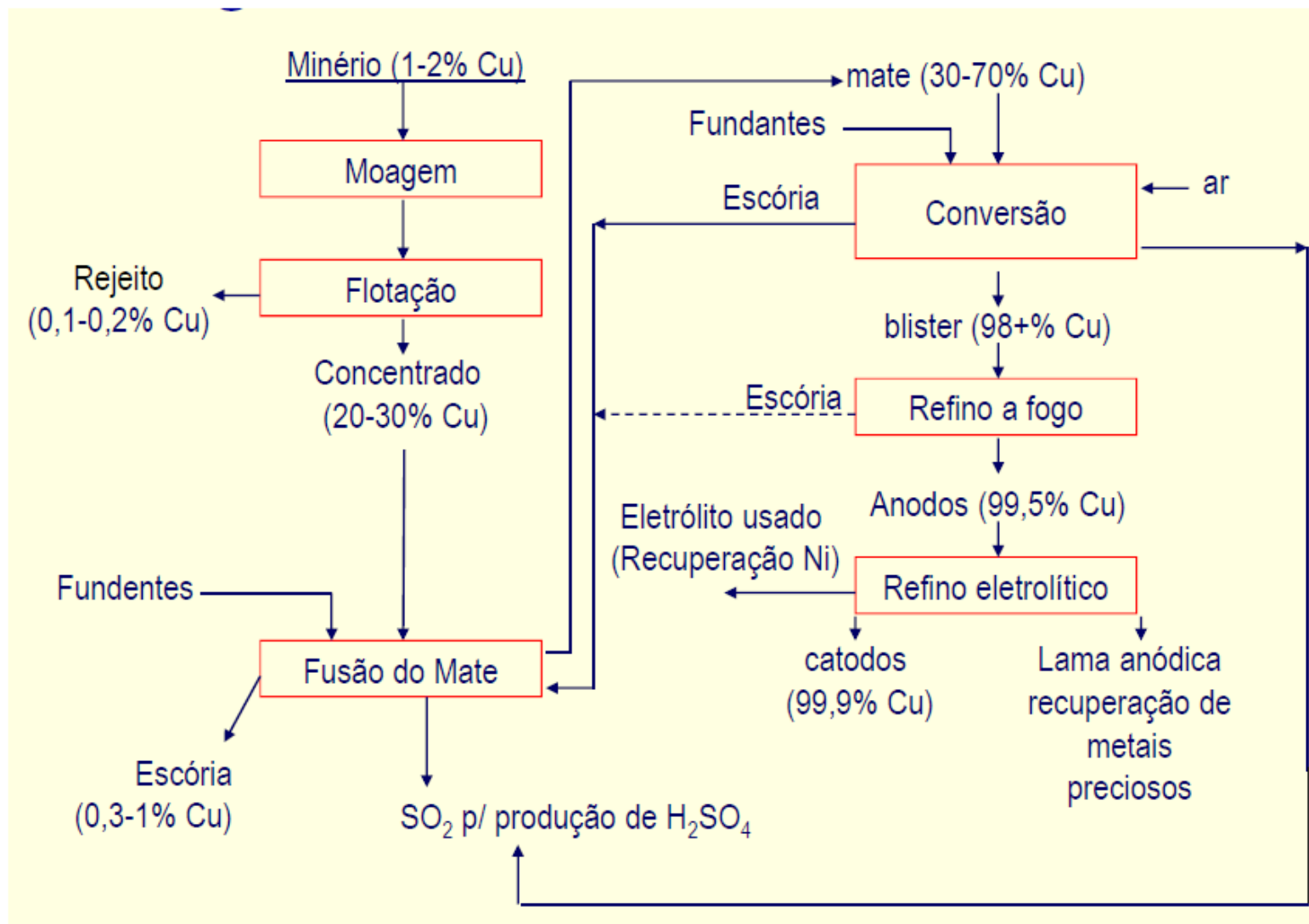
$$m_{\text{Cu}}^{\text{min}} = 2,7 \times 10^6 \times (2/3) = 1,8 \times 10^6 \text{ t}$$

$$m_{\text{min}} = (1,8 \times 10^6 / 0,005) \times (1/0,84) = 4,29 \times 10^8 \text{ t}$$

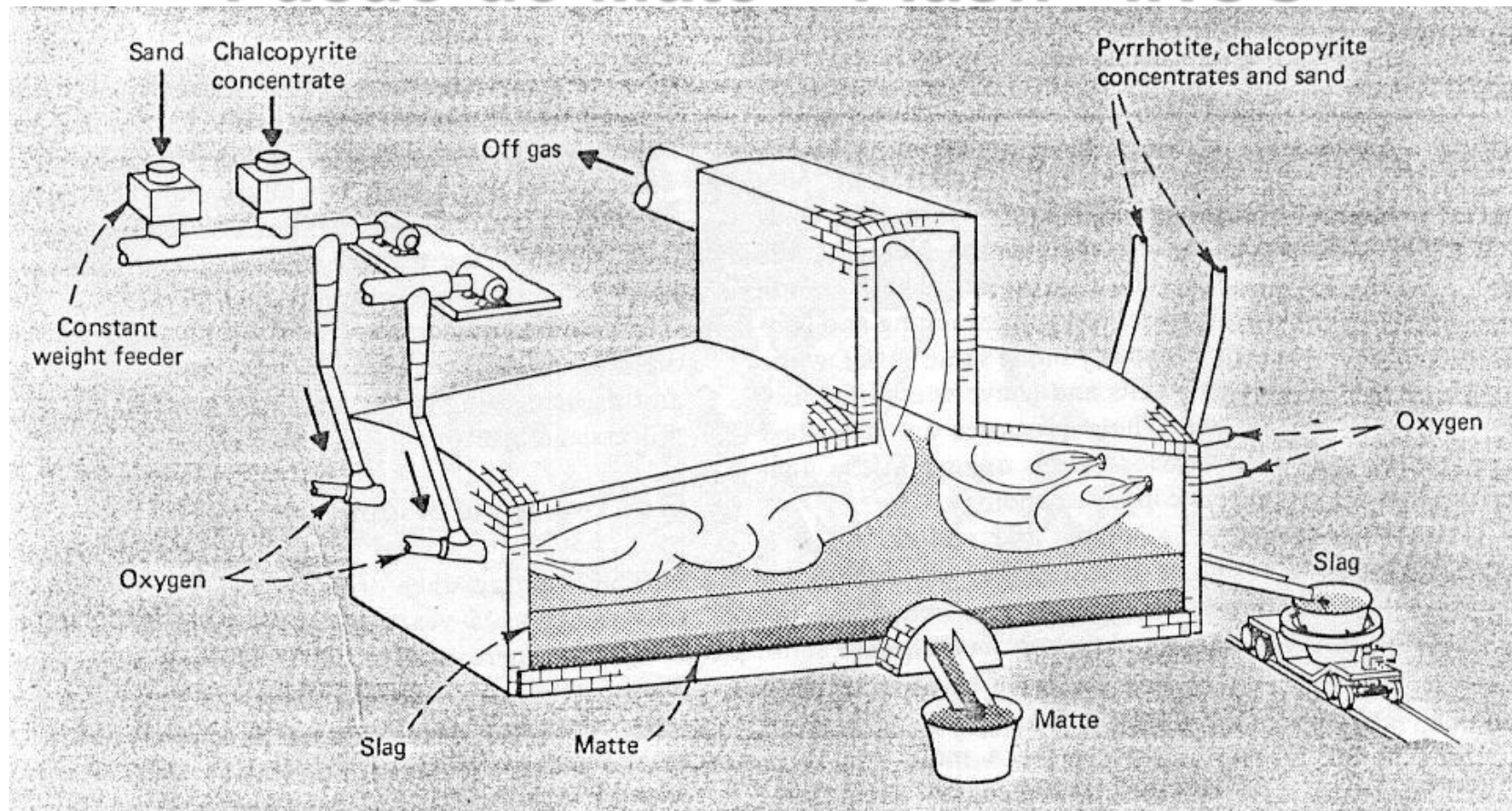
Minério de Cu

- Calcopirita CuFeS_2
- Calcocita Cu_2S
- Bornita Cu_2FeS_4
- pirita (FeS_2)
- pirrotita (Fe_{1-x}S)
- Concentração de Cu: 0,5% (minas abertas)
até 1-2% (minas subterrâneas)
 - Vale – 0,85 a 1%

Fluxograma de Produção



Fusão do Mate – Flash - INCO



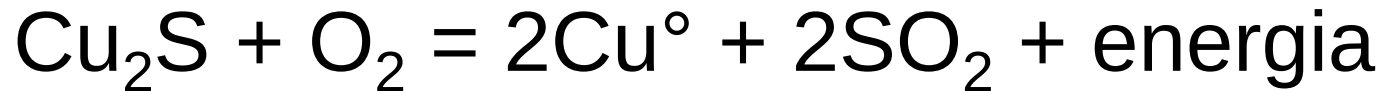
- $2\text{CuFeS}_2 + 13/2\text{O}_2 = \text{Cu}_2\text{S} + 0,5\text{FeS} + 3/2\text{FeO} + 5/2\text{SO}_2$
- $2\text{FeO} + \text{SiO}_2 = 2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$
– 1250°C

Conversão

1. Eliminação do FeS ou a formação de escória

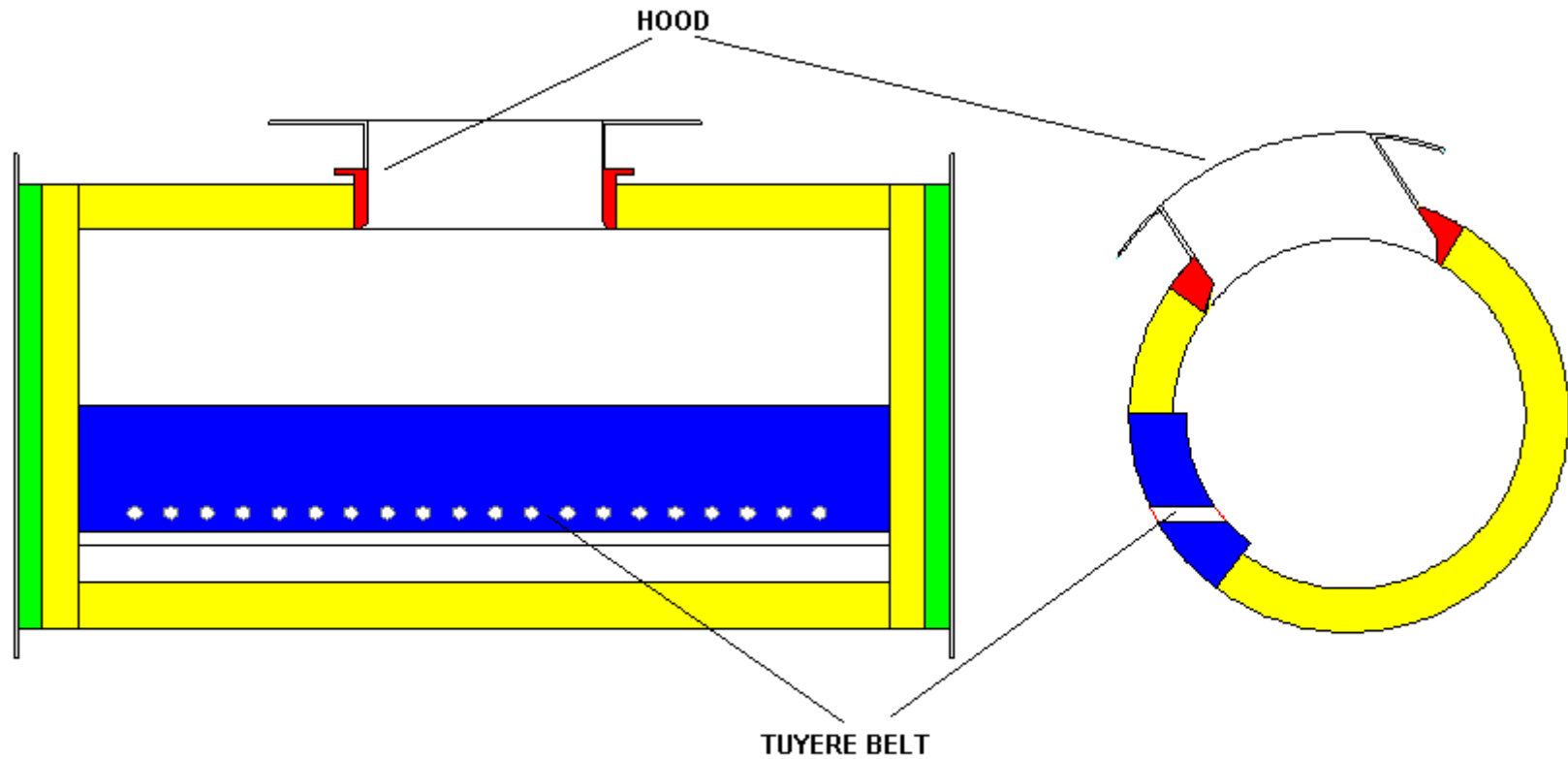


2. Formação do Cu blister



Bolhas de SO_2

Conversor Pierce-Smith



Conversor Pierce-Smith



Conversor Pierce-Smith

