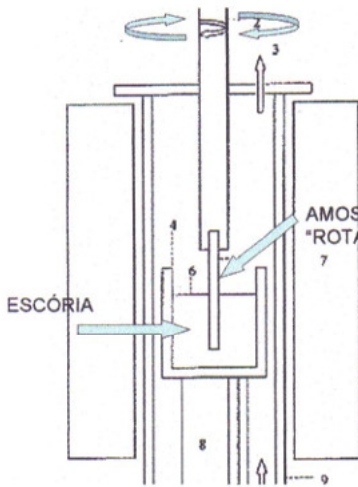


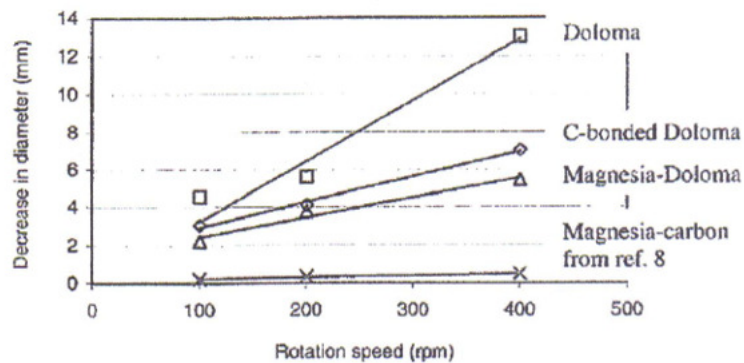
EEIMVR-UFF REFINO DOS AÇOS DEZEMBRO 2011 P2 PROVA B



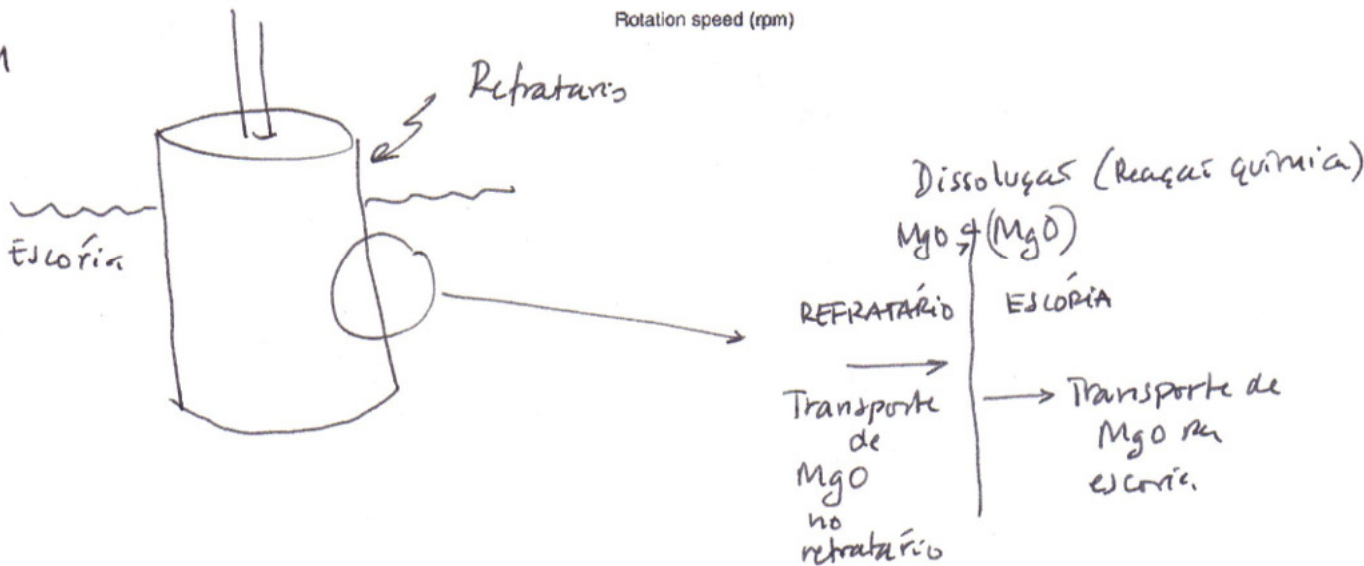
6) Brabie e colaboradores estudaram a dissolução de refratários contendo MgO em escórias contendo CaO-MgO-SiO₂-Al₂O₃. Eles usaram a técnica do cilindro rotativo, em que um cilindro do refratário gira a velocidade constante dentro da escória a ser estudada.

6.1) Quais as etapas que podem influenciar a cinética da dissolução de um refratário contendo MgO em uma escória com 0% de MgO? Faça um desenho esquemático destas etapas.

6.2) A Figura abaixo mostra o efeito da velocidade de rotação na diminuição do diâmetro do cilindro de vários refratários. Qual etapa deve controlar o processo? Porque?



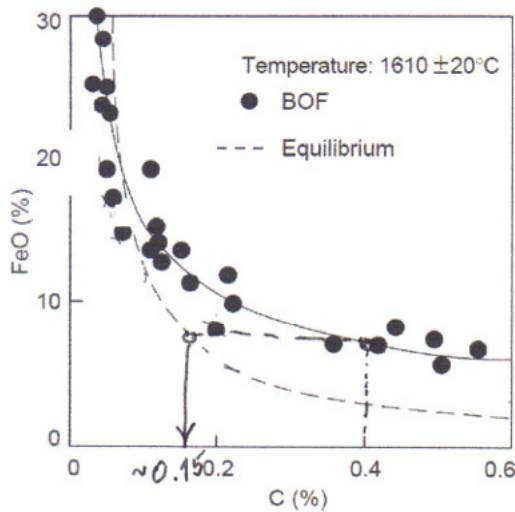
6.1



6.2 A única etapa influenciada pela velocidade de rotações, entre as 3 descritas acima é o TRANSPORTE DE MgO NA ESCÓRIA pois a rotação favorecerá a movimentação do líquido.

EEMVR-UFF REFINO DOS AÇOS DEZEMBRO 2011 P2 PROVA A

1) Em um conversor de sopro por cima, após a formação de uma escória líquida, observa-se um desequilíbrio significativo entre a atividade do FeO da escória e o teor de carbono no banho metálico, como mostra a Figura a esquerda. Enquanto está sendo soprado oxigênio no conversor, observa-se uma taxa de descarburização de 0,45%/min. Ao se atingir 0,4% de carbono no banho o sopro é interrompido e a taxa de descarburização cai dramaticamente (foi medido um valor de 0,015%/min).



Enquanto está sendo soprado oxigênio no conversor, observa-se uma taxa de descarburização de 0,45%/min. Ao se atingir 0,4% de carbono no banho o sopro é interrompido e a taxa de descarburização cai dramaticamente (foi medido um valor de 0,015%/min).

1.1) Porque a taxa de descarburização cai tão dramaticamente quando o sopro para?

1.2) A descarburização ocorre pela reação $\underline{C} + \underline{O} = \text{CO}(\text{g})$. Quais as etapas que poderiam controlar esta descarburização?

1.3) Qual o processo que faz surgir \underline{O} no metal?

1.4) Quais seriam as etapas da descarburização se ela ocorresse segundo a reação direta $\underline{C} + \text{FeO} = \text{Fe} + \text{CO}(\text{g})$.

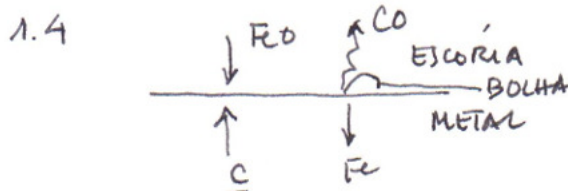
1.5) Supondo que o transporte de carbono no metal fosse a etapa controladora da cinética de descarburização, escreva a equação de fluxo da descarburização. Neste momento (quando o banho tem 0,4%C, coloque valores numéricos na equação, para os termos que você conhecer).

1.6) Conhecido o fluxo de carbono global para fora do metal, qual seria a próxima etapa para calcular o teor de carbono em função do tempo (Nota: esta método de cálculo ignoraria o mecanismo da reação no conversor mas poderia ser útil, na prática.) Quais os parâmetros que entram na equação final que você obtém ou obteria?

1.1 Durante o sopro há EMULSÃO onde a taxa de reações é alta. Sem sopro, para a formação de emulsão e para isso a depender de processos mais lentos.

1.2 Nucleação de uma bolha, transporte de \underline{O} e \underline{C} para a bolha, reações químicas, transporte de CO dentro da bolha, saída da bolha.

1.3 $\text{FeO} \rightleftharpoons \text{Fe} + \underline{O}$ ou $\text{O}_2 \rightleftharpoons \underline{O}$



1.5 $j = k (\%C(t) - \%C(\text{int})) \Rightarrow j \approx k (0,4\% - 0,15\%)$

1.6 Fazer um balanço de massa. k, A, W (ou V)

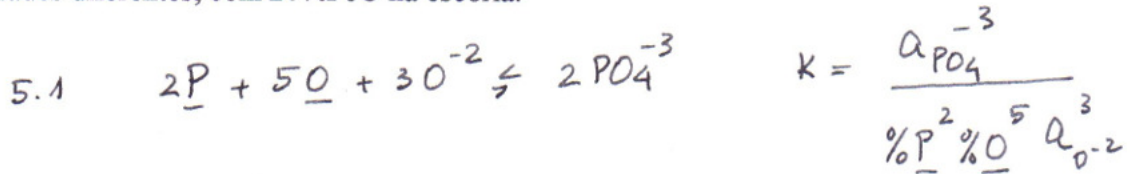
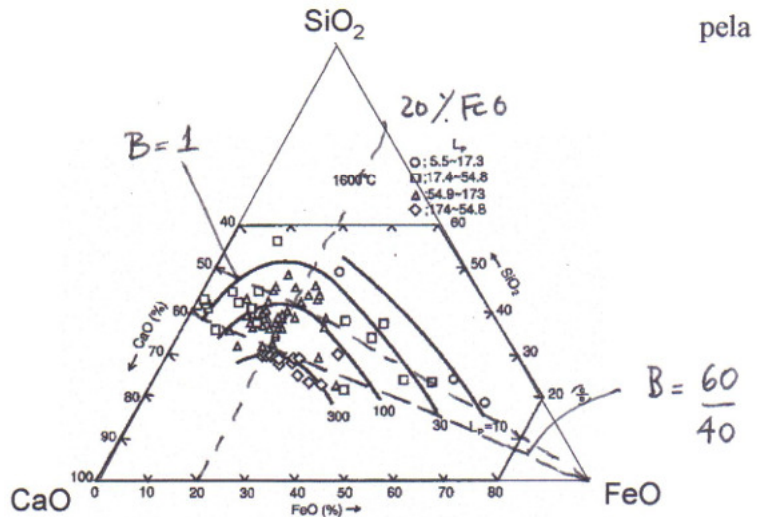
5) A Figura apresenta as razões de distribuição de fósforo em escórias "aproximadas" no sistema CaO-SiO₂-FeO. A razão de distribuição de fósforo é a relação entre $L_P = \frac{\%P \text{ na escória}}{\%P \text{ no aço}}$

5.1) Escreva a equação de desfosforação em meio oxidante. Escreva qual seria a "constante de equilíbrio" da reação de desfosforação em meio oxidante, termodinâmica.

5.2) Explique quais termos deveriam permanecer constante para que L_p dependesse SOMENTE de características da escória.

5.3) Para uma escória de basicidade constante, e supondo todas as demais condições constantes, aumentar o teor de FeO da escória além de cerca de 20% favorece a desfosforação? Explique.

5.4) Qual o efeito aparente, da figura, da basicidade sobre L_p? Mostre, no gráfico, para duas basicidades diferentes, com 20%FeO na escória.



5.2 Para que L_p seja uma constante, mesmo

$K = \frac{\gamma_{PO_4}^{-3} X_{PO_4}^{-3}}{\%P^2 \%O^5 a_{O^{-2}}^3} = \frac{X_{PO_4}^{-3}}{\%P^2}$ depende de K, $\gamma_{PO_4}^{-3}$, $\%O$ e $a_{O^{-2}}$

a $\%O$ NÃO é característica da escória. Logo L_p só tem sentido p/ um mesmo NÍVEL DE OXIDAÇÃO DO AÇO.

5.3 Pelo gráfico, para B = 1,5, o aumento do %FeO REDUZ L_p

5.4 Comparando B=1 e B=1,5 vê-se que B aumenta L_p.

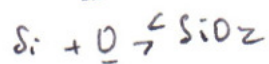
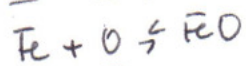
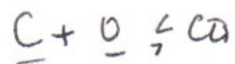
EEIMVR-UFF REFINO DOS AÇOS DEZEMBRO 2011 P2 PROVA A



6) A Figura mostra a evolução do consumo de eletricidade em uma aciaria do vale do Paraíba. Sabendo que $\Delta H_{Fe}^{25-1600C} = 387 kWh/t$ (valor da propriedade termodinâmica) comente estes resultados sob o ponto de vista de eficiência e balanço energético.

Se o consumo de energia elétrica é INFERIOR ao consumo teórico (ΔH) deve haver OUTRAS FONTES de energia.

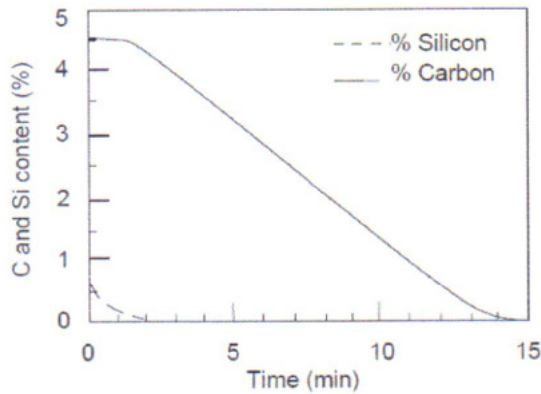
No caso, os modernos FEA utilizam a química de:



e o uso de maçaricos como fontes adicionais de energia.

EEIMVR-UFF REFINO DOS AÇOS DEZEMBRO 2011 P2 PROVA A

7. A Figura mostra a oxidação do silício e do carbono em um conversor LD de sopro combinado.

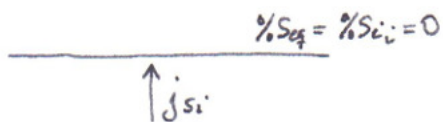


Segundo Turkdogan, a oxidação do silício ocorre antes do carbono se oxidar e é importante para a formação da escória. Ainda segundo o autor, o teor de silício de equilíbrio é aproximadamente zero e o processo de oxidação do silício é controlado pelo transporte do silício no metal líquido.

5.1) Escreva a equação de fluxo do silício dentro das premissas apresentadas acima.

5.2) Deduza uma equação para o teor de silício em função do tempo, no conversor. 5.3) Compare com a forma aproximada do gráfico da figura a esquerda.

5.1



$$j_{Si} = k (\%Si(t) - \%Si_c)$$

$$j_{Si} = k \%Si(t)$$

5.2

Balanco de Massa

$$\frac{\%Si(t)}{100} \cdot W - j_{Si} A dt = \frac{\%Si(t+dt) \cdot W}{100}$$

$$d\%Si(t) = - \frac{A k}{100 W} dt$$

integrado

$$\ln \frac{\%Si(t)}{\%Si(0)} = - \frac{A k}{100 W} t$$

5.3 A equação indica uma queda assintótica a $\%Si=0$ desde $\%Si(0)$ como mostra a figura

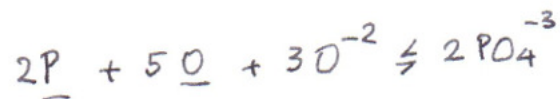
EEIMVR-UFF REFINO DOS AÇOS DEZEMBRO 2011 P2 PROVA A

9. Qual a reação que descreve a dessulfuração do aço em condições redutoras. Como é possível saber o efeito da basicidade da escória sobre a desulfuração, nestas condições? 9.1) Em uma aciaria, ao se iniciar a dessulfuração, observou-se um aumento do teor de fósforo no aço. Explique porque. Quais medidas podem ser tomadas para evitar este fenômeno?



b) A basicidade representa uma medida indireta da atividade do ion O^{-2} que é um reagente na reação acima.

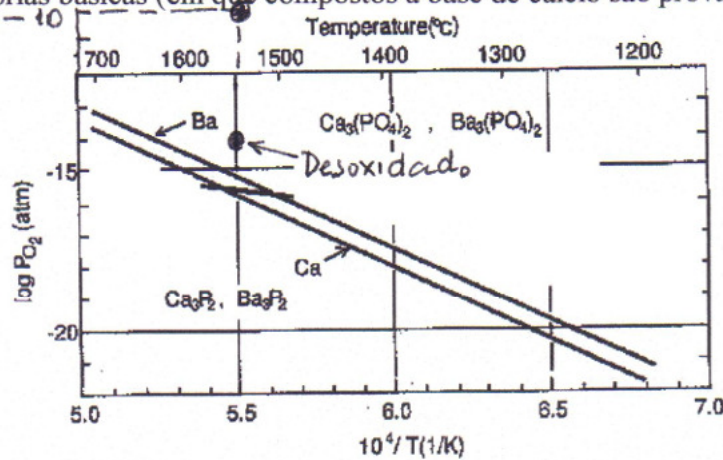
9.1 A escória contendo P não deve ter sido completamente removida ocorrendo reversão do P devido a desoxidação (necessária p/ a de-S) e o aumento de T usual



Quando $\underline{O} \downarrow$ a reação se desloca para a esquerda.

EIIMVR-UFF REFINO DOS AÇOS DEZEMBRO 2011 P2 PROVA B

4) O diagrama apresenta as regiões de estabilidade dos compostos de fósforo com cálcio e com bário. Ignorando a informação sobre o bário, e supondo que desejamos desfosforar o aço em escórias básicas (em que compostos a base de cálcio são prováveis, se descrevermos a escória de



forma "molecular") marque no gráfico um ponto correspondente a um aço bem desoxidado (4ppm de oxigênio em solução) e de um aço oxidado (500ppm em solução), ambos a 1550 °C e comente quais as condições mais adequadas para a desfosforação do aço.

4.1) Apresente a reação iônica da desfosforação do aço em condições oxidantes.

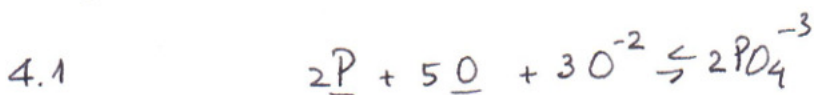
4.2) Apresente e explique três fatores importantes (termodinâmicos) para a desfosforação do aço em meio oxidante.

Nota: Use a Lei de Sievert para o oxigênio no aço a 1550 °C como $\%O = 2620 \sqrt{P_{O_2}}$

$$4 \text{ ppm} = 0,0004\% = 2620 \sqrt{P_{O_2}} \quad P_{O_2} = 2,3 \times 10^{-14}$$

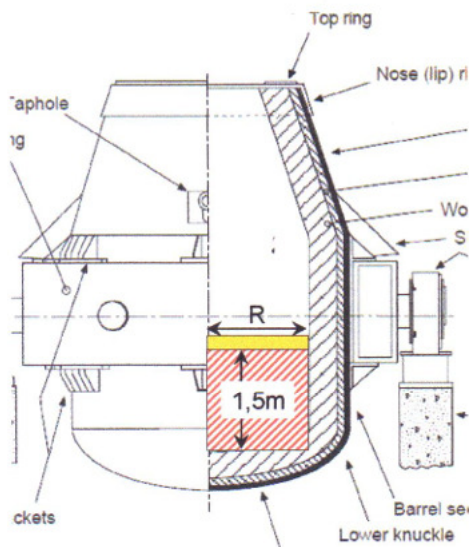
$$500 \text{ ppm} = 0,05\% = 2620 \sqrt{P_{O_2}} \quad P_{O_2} = 3,64 \times 10^{-10}$$

O aço é mais facilmente desoxidado em condições básicas que levam a formação de PO_4^{-3} (FOSFATO). Os dois pontos (mesmo o aço desoxidado) caem na formação de PO_4^{-3} na figura.



4.2 Alta atividade do O - banho oxidado
Alta atividade do O^{-2} - basicidade alta

EEIMVR-UFF REFINO DOS AÇOS DEZEMBRO 2011 P2 PROVA B



3) A Figura mostra um conversor típico de 200t. O aço tem densidade de $7,1 \text{ t/m}^3$ a temperatura do processo. Considerando que o coeficiente de transporte de massa da reação que controla a descarbonização seja o mesmo em qualquer processo dentro do conversor, e que o transporte no metal seja controlador, como você compararia a descarbonização de uma gota de metal dentro da emulsão com 10mm de diâmetro com a descarbonização na interface metal-escória do banho, empregando o que aprendeu de cinética.

Se o coeficiente de transporte de massa for o mesmo para todos os processos, o fluxo seria o mesmo desde que os teores de %C no metal e nas interfaces fossem, também, os mesmos.

Assim, fazendo o balanço de massa, a principal diferença sobre o efeito do fluxo seria dada pela relação $\frac{A}{w}$ ou $\frac{A}{V}$

No banho metálico $A = 4\pi R^2$ $V = 4\pi R^2 h$

$$\frac{A}{V} = \frac{4\pi R^2}{4\pi R^2 \cdot 1,5 \text{ m}} = \frac{1}{1,5} \text{ m}^{-1} = 0,6 \text{ m}^{-1}$$

Na gota esférica $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ $A = 4\pi r^2$

$$\frac{A}{V} = \frac{4\pi r^2}{\frac{4}{3}\pi r^3} = \frac{3}{r} = \frac{3}{0,01 \text{ m}} = 300 \text{ m}^{-1}$$

Assim, as relações $\frac{A}{V}$ são 300 m^{-1} e $0,6 \text{ m}^{-1}$. Uma diferença de 500x que deve ter um impacto muito grande sobre a variação da $\%C(t)$, se o k for o mesmo.