

AVALIAÇÃO TERMODINÂMICA DA USTULAÇÃO DE ALGUNS MINERAIS SULFETADOS

Aluno: Rodrigo Fernandes Magalhães de Souza
Orientador: Eduardo de Albuquerque Brocchi

Introdução

Os minerais sulfetados se constituem em uma importante matéria-prima no que diz respeito à obtenção de metais. Em diversos casos são transformados em óxidos que por sua vez são, subsequentemente, reduzidos. Todavia, sabe-se que também é possível a conversão de alguns sulfetos em metais, como no caso da metalurgia do cobre. E ainda, a obtenção de sulfatos pode se tornar uma alternativa atraente para certas matérias-primas. Dentro desse contexto, a definição das condições operacionais nos fornos de ustulação se faz necessária no sentido de que os produtos desejados sejam aqueles, de fato, obtidos.

Objetivos

Pode-se dizer que o objetivo do presente estudo está relacionado com a avaliação da influência de variáveis relevantes sobre os possíveis produtos formados durante a ustulação de alguns minerais sulfetados, uma vez que a termodinâmica das reações químicas pode contribuir de forma marcante na definição das condições operacionais de ustulação.

Metodologia

Selecionou-se um conjunto de minerais sulfetados que apresentam potencial interesse industrial e, em seguida, foi conduzida uma apreciação termodinâmica de alguns aspectos das reações envolvendo tais sulfetos: exotermicidade, redução e formação de sulfatos.

Resultados e Discussões

Exotermicidade das reações

Dentre as características relevantes das reações de ustulação de sulfetos encontra-se o calor liberado pelas mesmas. A Figura 1 ilustra um conjunto dessas reações.

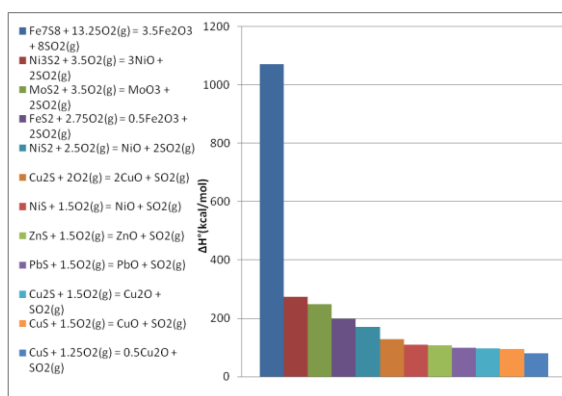


Figura 1- Exotermicidade das reações de ustulação de alguns minerais sulfetados

Observa-se que os sulfetos de ferro, em particular a pirrotita (Fe_7S_8), estão entre aqueles que viabilizam as maiores liberações de calor.

Redução direta para metal

A obtenção do metal a partir da fase sulfeto é viável quando o óxido formado na ustulação oxidante apresenta, em seqüência, alta reatividade com o sulfeto original. Considerando que a etapa de oxidação é espontânea em praticamente todos os casos é importante apreciar a viabilidade de ocorrência da segunda etapa. A Figura 2 ilustra a variação da energia livre de Gibbs de tal etapa (reação) para os principais sulfetos. Pode-se observar que apenas os sulfetos de cobre (acima de 400°C), chumbo (acima de 850°C) e níquel (a partir do NiS₂ e acima de 1000°C) apresentam tal tendência termodinâmica.

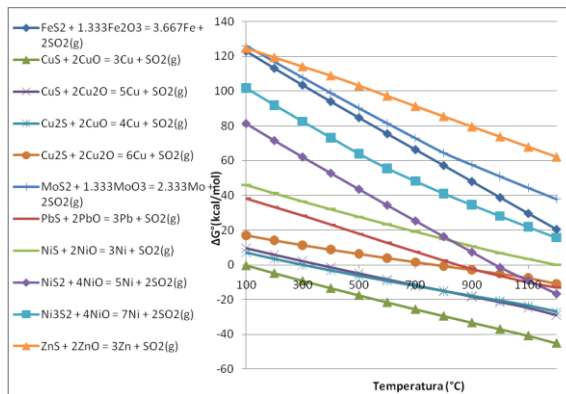


Figura 2 - ΔG° das reações que viabilizam a obtenção dos metais a partir dos sulfetos

Formação de sulfatos.

Os diagramas de predominância apresentados na Figura 3 para os sistemas cobre, ferro e molibdênio indicam que a formação simultânea de sulfato(s) e óxido(s) é viável dependendo do sistema reacional. Por exemplo, sulfato de cobre e óxido de ferro é possível ao passo que o inverso (sulfato de ferro e óxido de cobre) não pode ser implementado.

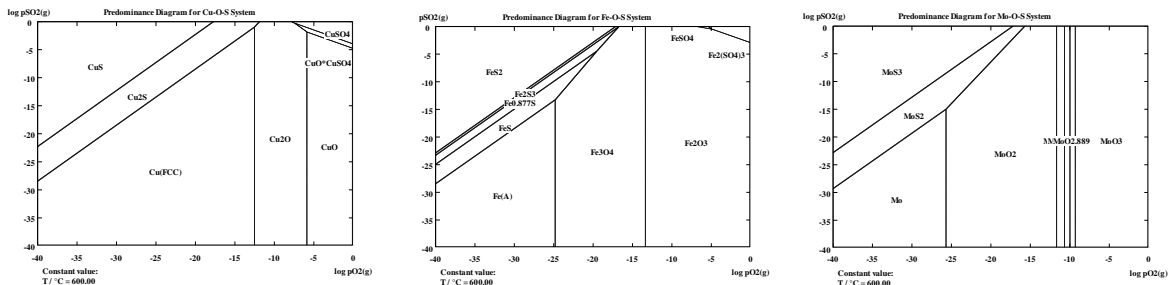


Figura 3 – Diagramas de Predominância a 600°C para os sistemas de Cu, Fe ou Mo/O/S

Conclusões

As reações de ustulação de sulfetos possuem uma marcante exotermicidade, particularmente no caso dos sulfetos de ferro.

A redução direta de sulfeto para metal é viável no caso dos sulfetos de cobre, chumbo e níquel.

A formação simultânea de sulfato(s) e óxido(s) é viável dependendo das condições operacionais implementadas nos fornos de ustulação.