

Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics

Características Termodinâmicas dos Produtos de Combustão Resultantes da Queima do Antracito com Pedras Calcárias

Sandra B. Neuckamp¹

Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, Curso de Matemática, UNIJUÍ, Ijuí, RS

A. Patricia Spilimbergo²

Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, Curso de Matemática, UNIJUÍ, Ijuí, RS

1 Introdução

Na literatura encontra-se que o carvão é composto por uma parcela de enxofre (S) [3]. Dessa forma, no resultado de sua combustão se formam substâncias poluentes do tipo SO_2 e SO_3 , indicadas genericamente por SO_x . A utilização de partículas de pedra calcária (CaO) sendo queimadas com o carvão tem se mostrado uma estratégia eficiente para contenção dos gases poluentes. Assim, o objetivo deste trabalho é pesquisar teoricamente os intervalos de captura efetiva dos poluentes SO_x por partículas de pedras calcárias, através de um modelo que considera o meio reagente no estado de equilíbrio químico [1], variando a taxa de injeção de água ou ar no processo de combustão.

2 Modelo Matemático

O meio reagente equilibrado é descrito pelas equações: da dissociação das moléculas em átomos/radicais, da conservação da quantidade de átomos e pela equação de Dalton que formam um volumoso sistema de equações algébricas não lineares. Para sua resolução é utilizado o método de Newton com algumas modificações que visam à convergência do processo iterativo.

Para este trabalho, o carvão utilizado foi do tipo Antracito e a sua composição foi dada em [3] e está apresentada na Tabela 1. O poder calorífico alto, apresentado na Tabela 1, encontra-se em btu/lb , mas para a utilização no modelo deste trabalho ([1]) foi transformado segundo a escala utilizada por ele (kJ/kg).

Tabela 1: Composição (% mássico) e Poder Calorífico Alto (ΔHa) do Antracito.

C	H	O	S	N	Cl	Umidade	Cinza	ΔHa (Btu/lb)
71,88	5,09	8,55	2,16	1,72	0,07	10,22	10,53	12,681

¹sandrabneuckamp@outlook.com

²patspi@unijui.edu.br

3 Simulações Numéricas e Resultados

Os cálculos foram realizados em função do coeficiente de excesso do oxidante (α_{ox}), que corresponde a relação entre os reagentes: combustível e oxidante. Quando $\alpha_{ox} > 1$ tem-se excesso de oxidante, quando $\alpha_{ox} < 1$ tem-se excesso de combustível e quando $\alpha_{ox} = 1$ tem-se condições estequiométricas. Pelos cálculos realizados, observa-se que a captura dos poluentes SO_x ocorre para temperaturas de $1100K$ a $1600K$, conforme [4].

Além disso, foram realizados cálculos considerando a admissão de ar secundário no meio reagente ($\alpha_{ox} > 1$) e observou-se que para $\alpha_{ox} > 2,2$ o CaO reage com SO_x transformando-se em sulfato de cálcio confirmando, assim, a captura.

Com relação a injeção de água (θ_{ag}) no meio reagente foram realizados cálculos para taxas de injeção de 10% a 45%, considerando $\alpha_{ox} \geq 1$. Observou-se, pelos resultados encontrados, que em condições estequiométricas a captura não se realiza seja qual for a taxa de injeção de água no meio reagente. Teoricamente a captura do SO_2 começa a ser realizada para taxa de injeção maior que 45%, mas neste caso tem-se a temperatura $T < 1100K$, e por serem as velocidades das reações muito lentas [4] a captura não ocorre.

É conhecido que o nível admitido de emissão de SO_2 no meio ambiente é em torno de $100ppm$, (partes por milhão) com Temperatura de aproximadamente $1300K$.

Em $\alpha_{ox} = 1,2$ verifica-se que para $\theta_{ag} \approx 24\%$ ($T \approx 1500K$) as substâncias SO e SO_3 estão totalmente capturadas e começa a redução do SO_2 ($100ppm$). Em $\alpha_{ox} = 1,5$ ocorre uma situação semelhante a $\alpha_{ox} = 1,2$, mas o regime operacional preferível é o com $\alpha_{ox} = 1,2$, pois com $\alpha_{ox} = 1,5$ a desvantagem é que a combustão é mais lenta e não estável, possibilitando o surgimento de outras substâncias poluentes.

4 Conclusões

A captura do SO_x é realizada através das reações: $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$ e $CaO + SO_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow CaSO_4$, para temperaturas, aproximadamente, menores que $1550K$. Os poluentes SO_x , se não for considerado a injeção de H_2O , são capturados quando admite-se ar secundário para $\alpha_{ox} = 2,2...3,5$. Se for injetada água no meio reagente (e esse fato simula-se pela adição de água na fórmula do oxidante, diferente de trabalhos anteriores [2]), a captura dos poluentes SO_x não se acontece quando $\alpha_{ox} = 1$, independente da taxa de injeção. Mas, no caso $\alpha_{ox} > 1$ a captura ocorre satisfatoriamente quando a taxa de injeção de H_2O assegura a faixa de temperatura de $1100K$ a $1300K$.

Referências

- [1] V. E. Alemassov, A. F. Dregalin e A. P. Tishin. *Teoria dos Propulsores*, Moscou, Mashinostroenic, 1980.
- [2] C. M. Anchau, A. P. Spilimbergo. Características Termodinâmicas dos Produtos de Combustão de “Carvão + Pedras Calcárias”, *Anais do XXVIII Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional - CNMAC*, 2005.
- [3] R. D. Litt, H. Nack, B. C. Kim e R. Tumolo. Cofiring Coal With Waste Materials, *Proceedings of 1th Annual Pittsburgh Coal Conference*, 1984.
- [4] A. Nardin, A. Optimization of sulfur retention in ash when combustion high sulfur fuels and biomass fuel in small pilot scale fluidized bed, *Fuel*, 74: 615-622, 1995.