

Medição de Velocidade de Chama Utilizando o Método do Fluxo de Calor

Autores: Mateus Beltrami, Fernando José Vinhas Sousa Coelho, Hugo Ohno Barbosa Nonaka

Orientador: Prof. Dr Fernando Marcelo Pereira

Laboratório de Combustão LC – Departamento de Engenharia Mecânica DEMEC – UFRGS

Rua Sarmento Leite, nº425, sala 109

Fone: (51) 3308-3355

1. INTRODUÇÃO

Devido ao crescimento da busca de novos combustíveis ambientalmente sustentáveis, como os biogases, é necessária a caracterização de queima de cada um desses combustíveis para que se tenha um aproveitamento eficiente desses recursos.

A velocidade adiabática de uma chama laminar plana de um dado combustível e oxidante é um parâmetro muito importante que dita o comportamento da chama, sendo dependente da pressão, temperatura inicial da mistura e razão de equivalência.

2. OBJETIVOS

Reproduzir o método do fluxo de calor para realizar as medições da velocidade de chama para Metano (CH₄). A vantagem desse método é a não necessidade de extrapolações, resultando numa maior precisão com um experimento menos complexo. Para isso o queimador construído foi baseado no trabalho de de Goey et al. (1993).

3. O MÉTODO DO FLUXO DE CALOR

A ideia básica por trás do método de fluxo de calor é compensar a perda de calor, inerente à estabilização da chama sobre uma superfície, por um ganho de calor dos gases não queimados quando eles fluem através da placa perfurada do queimador. Dessa forma, é possível obter uma chama adiabática.

3.1 O Queimador

O queimador consiste em uma câmara de pré-mistura que tem um invólucro para que seja possível controlar a temperatura de entrada dos gases. Há também uma tela logo na entrada da câmara para uniformizar o escoamento. A câmara é separada da parte superior do queimador por um isolante, já que essa parte é aquecida por outro invólucro. No topo do queimador é colocado um disco com 2mm de espessura e 30mm de diâmetro com pequenos furos de 0,5mm de diâmetro, feito de bronze que é acoplada à saída do queimador.

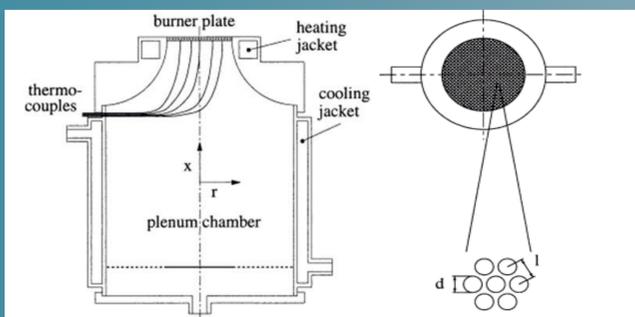


Fig. 1 - Esquema do queimador – adaptado de Bosschaart e de Goey (2003).

3.2 Medição da velocidade de chama

A fim de se determinar a velocidade de chama plana laminar adiabática em uma determinada razão de equivalência, registra-se os perfis de temperatura medidos pelos termopares na placa para diferentes velocidades dos reagentes. Os dados são então ajustados a uma curva de tendência que segue um polinômio de segunda ordem, que foi determinado a partir de um balanço de energia na placa resultando, após as devidas simplificações, em:

$$\bar{T}_p = T_c - \alpha r^2$$

onde $\alpha = q/(4\lambda_p h)$ é determinado por ajuste à concavidade do perfil de temperatura, \bar{T}_p é a temperatura média da placa, T_c é a temperatura no centro da placa, r é a posição radial, λ_p é a condutividade da placa, h é a posição axial na placa e q é o fluxo de calor.

A figura 2a a seguir mostra, como exemplo, os perfis de temperatura e respectivas curvas de ajuste para uma chama estabilizada sobre o queimador com uma mistura de razão de equivalência $\phi = 1$ (estequiométrica) de metano e ar. Cada curva gera um coeficiente parabólico diferente. Assim, os valores do coeficiente parabólico são plotados em função da velocidade de chama conforme mostra a figura 2b. Uma curva de tendência linear é ajustada. A velocidade de chama plana laminar adiabática é encontrada pela intersecção dessa reta com o eixo das abscissas, ou seja, para $\alpha = 0$

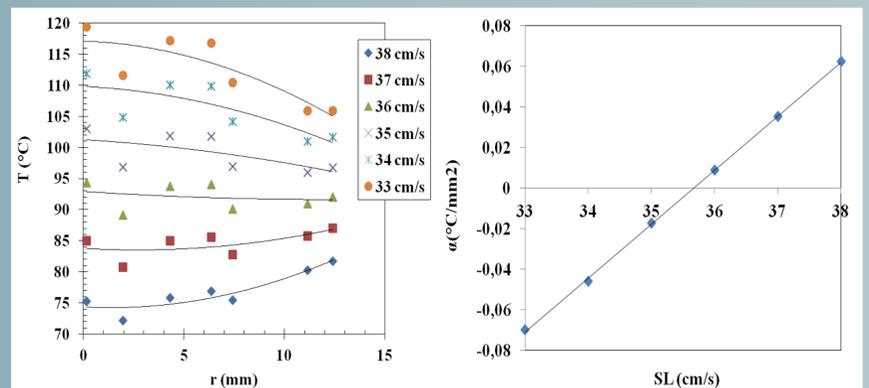


Fig 2a – Diferentes perfis de temperatura medidos para uma mistura de metano e ar com $\phi = 1$ para diferentes velocidades dos reagentes

Fig 2b – α em função da velocidade das velocidades dos reagentes

4. RESULTADOS

Os resultados de velocidade de chama obtidos estão contidos na figura 4.1 em função da razão de equivalência. Pode-se observar que nos extremos medidos, de $\phi = 0.65$ e $\phi = 1.5$ apresentam as menores velocidades de chama. Para a razão de equivalência igual a um, a velocidade encontrada foi de 35,4 cm/s.

As barras verticais representam as incertezas de medição, causadas principalmente pela diferença de altura dos termopares na placa e as barras horizontais entram as incertezas das vazões utilizadas, inerente a todos os instrumentos de medição.

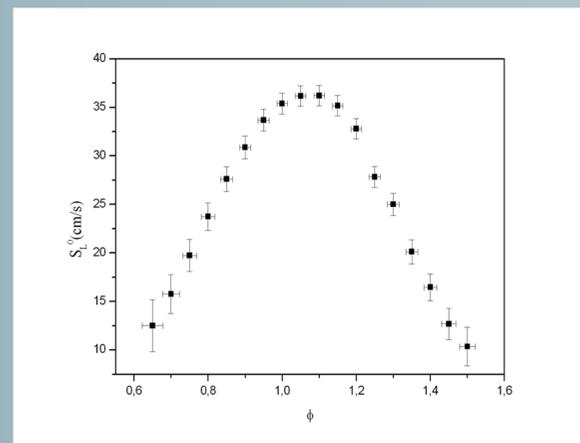


Figura 4.1 - Valores obtidos para a velocidade de chama plana adiabática S_L^0 (cm/s) em função da razão de equivalência ϕ para a pré mistura metano/ar na temperatura inicial de 298 K. $S_L^0 = 35,4$ cm/s para $\phi = 1$

A figura 4.2 mostra a diferença entre uma chama plana e uma chama não plana. Isso pode ocorrer devido a uma velocidade muito grande dos gases de entrada. Pôde-se verificar também dificuldades para estabilização de chama em razões de equivalência abaixo de 0,65 e acima de 1,5.



Figura 4.2 - (a) Chama plana e (b) visivelmente não plana para a razão estequiométrica de metano e ar. A perda da condição plana ocorre devido ao aumento da vazão dos gases reagentes

5. CONCLUSÕES

- O reprodução do experimento obteve sucesso e os resultados encontrados estão de acordo com os encontrados na literatura;
- Os erros são maiores em misturas ricas e pobres. Isso acontece principalmente pelo erro dos medidores de vazão.;
- Notou-se que o experimento é bastante sensível a dificuldades de posicionamento dos termopares;

6. REFERÊNCIAS

- De Goey, L.P.H., vanMaaren, A. and Quax, R.M., Stabilization of adiabatic premixed laminar flames on a flat flame burner. Combust. Sci. Technol. 92:201–207, 1993.
- Coelho, F.J.V.S. Medição da velocidade de chama plana laminar de misturas metano/ar e gás natural/ar utilizando o método de fluxo de calor. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, BR-RS, 2014.
- J.H.Bosschaart, L.P.H. de Goey, Detailed analysis of the Heat-Flux Method for Measuring Burning Velocities, Combustion and Flame, Volume 132, Issues 1-2, pages 170 – 180, 2003

AGRADECIMENTOS:

