ISSN: 2594-6153

Modelagem para Dimensionamento de uma Chaminé do Sistema de Combustão de uma Mistura Gasosa Contendo Propano

Fabiano Caio José, Luiz Roberto de Oliveira, Pedro Wanderley Ventura,
Walter Pereira de Carvalho Filho, Aldo Ramos Santos

Universidade Santa Cecilia - UNISANTA, Santos-SP, Brasil

E-mail: fabiano.jose@sp.senai.br

Resumo: Este artigo apresenta uma modelagem para o projeto de uma chaminé para um forno petroquímico que utiliza propano como combustível. O objetivo é determinar os parâmetros da combustão, como a vazão de ar e gases de combustão, para dimensionar o sistema de combustão e a chaminé. A metodologia utilizada consiste em calcular as quantidades de reagentes e produtos da combustão, levando em consideração o excesso de ar e as reações químicas envolvidas. A partir desses cálculos, são determinados os parâmetros para o dimensionamento da chaminé, incluindo a sua altura e diâmetro, considerando a tiragem natural e a velocidade dos gases. Os resultados obtidos permitem um dimensionamento preciso da chaminé, garantindo a eficiência e segurança do sistema de combustão.

Palavras-chave: Dimensionamento, Chaminé, Combustão, Propano, Forno Petroquímico, Gases de Combustão

Modeling for Sizing a Chimney for a Combustion System of a Gas Mixture Containing Propane

Abstract: This article presents a modeling approach for designing a chimney for a petrochemical furnace that uses propane as fuel. The objective is to determine the combustion parameters, such as air and combustion gas flow rates, to size the combustion system and the chimney. The methodology employed involves calculating the quantities of reactants and products of combustion, taking into account excess air and the chemical reactions involved. Based on these calculations, parameters for chimney sizing are determined, including its height and diameter, considering natural draft and gas velocity. The results obtained enable accurate chimney sizing, ensuring the efficiency and safety of the combustion system.

Keywords: Sizing, Chimney, Combustion, Propane, Petrochemical Furnace, Combustion Gases

Introdução

A combustão é um processo fundamental em diversas indústrias, especialmente naquelas que utilizam combustíveis fósseis para gerar energia. O projeto de sistemas de combustão, incluindo a chaminé, é crucial para garantir a eficiência, segurança e conformidade ambiental da operação [1, 2].

Neste contexto, o presente artigo aborda o dimensionamento de uma chaminé para um forno petroquímico que utiliza propano como combustível. O propano, um gás inflamável e

ISSN: 2594-6153

amplamente utilizado na indústria, exige um sistema de combustão cuidadosamente projetado para garantir a segurança e a otimização do processo [3].

A escolha adequada dos parâmetros de combustão, como a vazão de ar e gases de combustão, é fundamental para o dimensionamento da chaminé. A chaminé, por sua vez, desempenha um papel crucial na remoção dos gases de combustão e na manutenção da tiragem natural do sistema, garantindo a eficiência da combustão e a segurança da operação [4].

Este estudo visa apresentar uma metodologia para o projeto de uma chaminé, considerando os parâmetros de combustão do propano e as características do forno petroquímico. A modelagem proposta permite determinar a altura e o diâmetro da chaminé, levando em conta a tiragem natural e a velocidade dos gases, garantindo um dimensionamento preciso e seguro do sistema [5].

A relevância deste trabalho reside na necessidade de otimizar o projeto de sistemas de combustão, buscando a máxima eficiência energética e a minimização das emissões atmosféricas. O dimensionamento adequado da chaminé contribui para a segurança da operação, a redução de custos e o cumprimento das normas ambientais [6].

Objetivos

O objetivo deste estudo é determinar os parâmetros para o dimensionamento da chaminé, diâmetro e comprimento, do sistema de combustão.

Material e Métodos

Este estudo utiliza uma abordagem teórica para o dimensionamento de uma chaminé para um forno petroquímico que utiliza propano como combustível. A metodologia empregada se baseia em cálculos estequiométricos e na aplicação de leis de gases ideais.

Desenho Experimental:

Este estudo não envolve experimentos práticos. A metodologia utilizada é puramente teórica, baseada em cálculos estequiométricos e na aplicação de leis de gases ideais.

Tratamento dos Dados:

Os dados obtidos nos cálculos são organizados em tabelas e gráficos para facilitar a análise e a interpretação dos resultados.

Reprodutibilidade:

A metodologia utilizada neste estudo é facilmente reprodutível por outros pesquisadores. Os cálculos são detalhados e podem ser replicados utilizando os mesmos dados e parâmetros.

ISSN: 2594-6153

Observações:

- Os cálculos realizados neste estudo seguem as normas e convenções da engenharia química.
- A precisão dos resultados depende da precisão dos dados de entrada e das aproximações utilizadas nos cálculos.
- A metodologia pode ser adaptada para outros combustíveis e sistemas de combustão, ajustando os parâmetros e as equações de combustão.

Resultados

Os parâmetros da combustão de 100 mol/s de uma mistura gasosa contendo 80% de propano (C_3H_8), 10% de oxigênio (O_2), 5% de dióxido de carbono (CO_2) e 5% de nitrogênio (N_2), usando 40% de ar em excesso, será dimensionada o sistema de combustão.

1. **Equação balanceada:** A equação balanceada para a combustão completa do propano é: $C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$
2. **Equação de Combustão:** A primeira etapa consiste em escrever a equação balanceada da combustão do propano (C_3H_8) com ar, considerando o excesso de ar especificado no problema.

$$80\ C_3H_8 + 400\ O_2 \rightarrow 240\ CO_2 + 320\ H_2O$$

Multiplicando tudo por 80, aplicamos a lei de Pruost (proporções definidas).

3. **Oxigênio estequiométrico:** O oxigênio estequiométrico é a quantidade exata de oxigênio:

$$O_2est = 400\ mol/s$$

4. **Oxigênio no combustível:** O oxigênio no combustível se refere à quantidade de oxigênio que já está presente no próprio combustível:

$$O_2comb = 0\ mol/s$$

5. **Oxigênio teórico:** O oxigênio teórico é a quantidade de oxigênio necessária para queimar completamente um determinado combustível, considerando que a combustão ocorre em condições ideais, ou seja, com a quantidade exata de oxigênio para reagir com todo o carbono e hidrogênio do combustível.

$$O_2teo = O_2ext - O_2comb = 400 - 0 = 400{,}0\ mol/s$$

6. **Oxigênio em excesso:** O oxigênio em excesso é a quantidade de oxigênio que está presente na reação de combustão além da quantidade teórica necessária para queimar completamente o combustível.

$$O_2exc = O_2teo \times \%_{excesso} = 400 \times 40\% = 160\ mol/s$$

ISSN: 2594-6153

7. **Oxigênio Real:** O oxigênio real é a quantidade de oxigênio realmente presente na reação de combustão. Ele leva em consideração o oxigênio teórico necessário para a combustão completa mais o oxigênio em excesso que é adicionado para garantir a queima completa do combustível e outros objetivos, como reduzir a temperatura da chama ou minimizar emissões.

$$O_2real = O_2teo + O_2exc = 400 + 160 = 560 \text{ mol/s}$$

8. **Nitrogênio Acompanhante:** O nitrogênio acompanhante se refere à quantidade de nitrogênio que está presente no ar que é usado na combustão, acompanhando o oxigênio.

$$N_2acom = O_2real \times (79/21) = 560 \times 3{,}762 = 2.106{,}72 \text{ mol/s}$$

9. Quantificação das correntes que entram no sistema de combustão

   Ver figura 1

10. Quantificação das correntes que saem do sistema de combustão

    $C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$
    $3CO_2 + 4H_2O + N_2$
    N_2 não participa da reação, logo o que entra sai.
    $N_2acom = 2.106{,}72$ mol/s
    O_2exc entra e sai = 160 mol/s
    CO_2 e H_2O são retirados da equação
    CO_2 = 3 mol/s x 80 = 240 mol/s
    H_2O = 4 mol/s x 80 = 320 mol/s

11. Calcular a vazão dos gases de combustão em unidade de volume por tempo, para isso é necessário aplicar a equação de Clapeyron. O gás está CNTP – condições normais de temperatura e pressão

    P x V = n R T, sendo:
    P = 1,1 atm
    V = vazão volumétrica dos gases de combustão (L/s)
    R = constante universal dos gases = 0,082 atm.L/mol.K
    T = temperatura dos gases de combustão = 150 ºC
    n = vazão molar em mol/s
    V = [2780 (mol/s) x 0,082 (atm.L/mol.K) x 423,15 (K)] / 1,1 (atm)
    V = 87692,07 L/s
    V = 87,7 m3/s

12. Área da secção transversal

    A = V/v = 87,7 m3/s / 5 m/s = 17,54 m2
    A = Pi x d2 / 4
    d = raiz (4 x A / Pi)
    d = raiz (4 x 17,54 / Pi)
    d = 4,7 m

13. A altura da chaminé (L) com L = 20 D (D maior ou igual a 2,5 m) ou L entre 25 a 30 D (D < 2,5 m)
    L = 20 x 4,7m

ISSN: 2594-6153

L = 94 metros

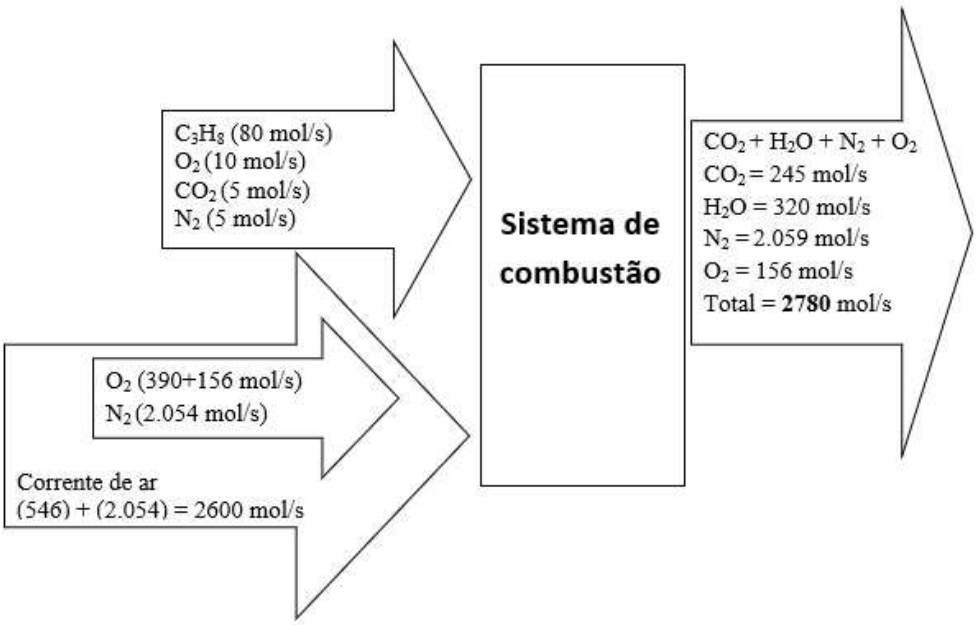

Figura 1. Balanceamento do sistema de combustão.

Conclusões

Este estudo demonstra a importância de um dimensionamento preciso da chaminé para sistemas de combustão de propano, considerando os parâmetros da combustão e as condições operacionais. A modelagem proposta, embora simplificada, fornece uma base sólida para o projeto de chaminés, garantindo a eficiência e segurança da operação.

Referências

1. Andrade MM. Introdução à metodologia do trabalho científico: elaboração de trabalhos na graduação. São Paulo: Atlas, 2005.
2. Abrahamsohn PA. Redação Científica. 2004.
3. Giulietti AM, Harley RM, Queiroz LP, Wanderley G., Van den Berg C. Biodiversidade e conservação das plantas no Brasil. Megadiversidade. 2005 1(1): 52-61.
4. Veiga Junior VF. Estudo do consumo de plantas medicinais na Região Centro-Norte do Estado do Rio de Janeiro: aceitação pelos profissionais de saúde e modo de uso pela população. Rev. bras. farmacogn. 2008;18(2):308-13.
5. Wanger H, Bladt S, Zgainski EM. Plant drug analysis. Spring-Verlag Berlin. 1984:225-30.
6. Balbino EE, Dias MF. Farmacovigilância: um passo em direção ao uso racional de plantas medicinais e fitoterápicos. Revista Brasileira de Farmacognosia. 2010 Dec;20(6):992-1000.